

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare

Tesi di Laurea Magistrale

Recupero di uno stabilimento industriale:

progettazione di un impianto di climatizzazione flessibile per
adeguarsi alle esigenze di uno spazio coworking



Relatore:

Prof. Marco Carlo Masoero

Correlatore:

Ing. Jacopo Toniolo

Candidata:

Claudia Implora

Aprile 2018

Sommario

1	Introduzione.....	5
1.1	Il paesaggio italiano.....	5
1.2	Strumenti per la tutela del paesaggio italiano.....	7
1.3	Il consumo di suolo.....	9
1.3.1	Definizioni generali.....	9
1.3.2	Aspetti storici.....	10
1.3.3	La critica al consumo di suolo.....	10
1.3.4	Il problema della misurazione e i dati sul consumo di suolo in Italia.....	12
1.3.5	Il consumo di suolo nelle aree metropolitane.....	14
1.3.6	Esempi positivi di recupero di edifici industriali dismessi.....	17
1.3.7	Non sempre è possibile il riuso.....	20
2	Obiettivo e procedura seguita.....	21
3	Programmi utilizzati.....	23
3.1	Excel.....	23
3.2	Autocad.....	23
3.3	SketchUp.....	24
3.4	Revit.....	24
3.5	Edilclima.....	24
4	Caratteristiche generali dell'edificio.....	25
4.1	Cenni storici.....	25
4.2	Cos'è Toolbox.....	27
4.3	Dati climatici.....	28
4.4	Orientamento.....	29
4.5	Descrizione dell'edificio.....	30
4.6	Planimetria e rendering dell'edificio.....	31
5	Caratteristiche dell'involucro edilizio.....	34
5.1	Stratigrafia pareti esterne.....	35
5.2	Stratigrafia copertura.....	46
5.3	Stratigrafia pavimento galleggiante.....	48
5.4	Infissi.....	50
5.5	Ponti termici.....	53

6	Calcolo del fabbisogno energetico dell'edificio.....	55
6.1	Metodi di calcolo.....	56
6.2	Definizioni iniziali	57
6.3	Durate delle stagioni di riscaldamento e raffreddamento.....	58
6.4	Calcolo del fabbisogno energetico per il riscaldamento e per il raffreddamento.....	59
6.4.1	Termini del bilancio energetico.....	60
6.4.2	Coefficiente di utilizzo	62
6.5	Risultati del calcolo per l'edificio oggetto di studio	64
6.5.1	Periodo di riscaldamento e raffreddamento	64
6.5.2	Fabbisogno energetico continuo e intermittente per il periodo di riscaldamento e di raffreddamento.....	66
7	Calcolo della potenza termica invernale richiesta.....	69
7.1	Procedura e risultati ottenuti attraverso il foglio di lavoro Excel.....	70
7.2	Valutazione di fattibilità per il cambio degli infissi.....	74
7.3	Procedura e risultati ottenuti attraverso il software Edilclima	77
7.4	Confronto fra i risultati ottenuti con i due programmi.....	85
8	Calcolo dei carichi termici estivi.....	85
8.1	Procedura e risultati ottenuti attraverso il foglio di lavoro Excel.....	87
8.2	Procedura e risultati ottenuti attraverso il software Edilclima	89
8.3	Confronto fra i risultati ottenuti con i due programmi.....	92
9	Scelta del tipo di impianto.....	93
10	Impianto Aria primaria.....	94
10.1	Calcolo portata d'aria di immissione.....	94
10.2	Calcolo portata d'aria estrazione bagni.....	96
10.3	Rete di distribuzione dell'aria.....	97
10.4	Opzioni di layout per i canali di distribuzione dell'aria.....	99
10.5	Metodo di progettazione dei canali.....	102
10.6	Prevalenza richiesta	104
10.7	Scelta dei diffusori.....	112
10.8	Rete di estrazione dell'aria	115
10.8.1	Calcolo portata d'aria di estrazione	115
10.8.2	Dimensionamento griglie di estrazione.....	119
10.8.3	Griglie di ripresa.....	120
10.9	Griglie di transito.....	122

11	Unità di trattamento aria	124
11.1	Principio di funzionamento.....	124
11.2	Pulizia e regolazione	125
11.3	Ventilatore.....	127
11.4	Scelta tecnologica	127
12	Impianto a ventilconvettori	132
12.1	Dimensionamento dei terminali per il riscaldamento e il raffrescamento	132
12.2	Scelta tecnologica	135
13	Rete idraulica	139
13.1	Dimensionamento delle linee caldo-freddo.	139
13.2	Calcolo perdite di carico	141
14	Computo metrico estimativo	145
15	Conclusione.....	150
16	Allegati.....	152
17	Indice.....	164
17.1	Indice delle figure.....	164
17.2	Indice delle tabelle.....	165
18	Bibliografia.....	166

1 Introduzione

La globalizzazione, il progresso e il semplice passare del tempo comportano cambiamenti. Possiamo semplicemente opporci ai cambiamenti? Dividerci sbrigativamente in conservatori, “laudatores temporis acti” o modernisti ad oltranza?

Occorre cogliere i cambiamenti, comprenderne le cause, esaminare e /o prevedere gli effetti, saperli gestire e dominare anziché subirli.

La realtà sociale ed economica è profondamente mutata e i vecchi edifici industriali dismessi sono uno dei segni più visibili di questi cambiamenti.

Brillanti recuperi sono stati realizzati, ma certamente molti di più sono gli edifici che restano abbandonati e vanno lentamente alla deriva. Il dibattito su cosa farne è aperto e si inserisce in un più ampio ripensamento sui modi e i luoghi in cui si svolge la nostra vita. A partire dal paesaggio che ci circonda.

1.1 Il paesaggio italiano

Il termine paesaggio deriva dal latino “pagus” che nel lessico amministrativo romano stava ad indicare una circoscrizione territoriale rurale, al di fuori dei confini della città, cioè parte di un territorio naturale colonizzato e abitato dall'uomo. Quindi il paesaggio non è semplicemente l'ambiente naturale, ma è un punto di equilibrio tra uomo e natura, il luogo dove la storia umana si è sviluppata ed ha lasciato le sue tracce. E' uno spazio che l'uomo ha sottratto alla totalità della natura, ma comunicante con essa. (1)

Il paesaggio rurale italiano è il prodotto di millenni di storia in cui civiltà e culture diverse si sono succedute e compenstrate nella sua struttura costituendone l'identità irripetibile.

Il carattere distintivo del paesaggio italiano rispetto ad altri paesaggi europei deriva proprio dalla complessità degli apporti storici che vi si possono leggere,

dalla molteplicità e stratificazione delle tracce che le molte civiltà che si sono susseguite hanno lasciato nel territorio e nelle forme di campagne e boschi. I popoli di varia origine e provenienza hanno dato alle nostre campagne un grandissimo contributo di specie vegetali, tecniche di coltivazione, modi di captazione e uso dell'acqua, con la conseguenza di far assumere al paesaggio italiano un valore storico del tutto particolare rispetto agli altri paesi europei. Senza tenere conto di questa profonda compenetrazione tra uomo e natura non sarebbe possibile né corretto svolgere valutazioni e individuare misure per la protezione del paesaggio italiano.

Tuttavia le vicende degli ultimi 150 anni hanno portato a profonde trasformazioni del paesaggio italiano modificandone le caratteristiche. Dopo l'unità d'Italia continuò per alcuni decenni l'estensione della superficie coltivata, ma dal 1920 ad oggi si è persa circa la metà dei terreni coltivati mentre progressivamente è cresciuta l'estensione dei boschi. L'aumento del bosco ha interessato soprattutto le zone di montagna e collina, dove si trovavano il 68% dei terreni coltivati, con ben il 45% in montagna.

La causa è da ricercare nell'abbandono delle montagne e delle campagne con la conseguente riconquista da parte del bosco di terreni che per secoli erano stati adibiti a coltura o a pascolo.

Attualmente quindi le foreste italiane si trovano in uno dei momenti di massima espansione, ma la qualità dei nostri boschi risulta fortemente scaduta a causa dell'abbandono di pratiche colturali tradizionali che interessavano anche i boschi: pensiamo ad esempio ai castagneti. In generale la società contadina stabiliva un rapporto con una valenza anche economica con il bosco che portava ad una costante manutenzione dello stesso che è ora venuta a mancare. I boschi che si sostituiscono ai pascoli e terreni prima coltivati modificano profondamente il paesaggio tradizionale preesistente.

Anche l'estensione delle monoculture e la necessità di meccanizzare l'agricoltura hanno contribuito a cambiare il paesaggio che in passato aveva caratteri di maggiore variabilità in quanto in uno stesso territorio colture promiscue

affiancavano comunque quelle prevalenti per le quali la zona era più versata. Queste trasformazioni hanno inciso anche sulla sostenibilità energetica in quanto sono state abbandonate le tecniche biologiche e naturali di coltivazione che rendevano i sistemi più resistenti e quindi in grado di recuperare facilmente le loro funzioni in caso di stress biotici.

In generale si è assistito a una progressiva semplificazione e omogeneizzazione del paesaggio con una perdita dei caratteri "culturali" che lo hanno storicamente contraddistinto nel contesto europeo e mondiale. Il paesaggio italiano tende ad assumere nelle aree abbandonate o marginali caratteri più "naturali" dove la mano dell'uomo risulta assente, mentre nelle aree intensamente coltivate alla semplificazione spaziale si aggiunge quella degli ordinamenti culturali. E' un processo che interessa non solo l'Italia, ma molti altri paesi europei e il Nord America. (1)

1.2 Strumenti per la tutela del paesaggio italiano

Il paesaggio italiano unitamente ai beni artistici e culturali in tutte le loro manifestazioni e alla nostra lingua costituiscono la nostra identità culturale. Per questo difendere il paesaggio significa preservare le radici della nostra vita, la geografia esistenziale di ciascuno di noi. La nostra identità culturale è fonte di forza e sicurezza per il presente e per il futuro, per questo tutelare il paesaggio non ha solo una valenza estetica ma anche giuridica e politica.

La prima legge di tutela del paesaggio fu emanata nel 1922 e porta il nome del filosofo Benedetto Croce, ministro della Pubblica Istruzione nell'ultimo governo Giolitti. Nella sua relazione il filosofo sosteneva che il paesaggio *"altro non è che la rappresentazione materiale e visibile della patria, coi suoi caratteri fisici particolari (...), formati e pervenuti a noi attraverso la lenta successione dei secoli"*. Si nasconde qui una citazione della formula di Ruskin, il paesaggio come «volto amato della Patria»

Sulla legge Croce si fondò la legge Bottai (1497/ 1939) a protezione delle bellezze naturali, di poco successiva alla legge per la tutela del patrimonio culturale. La legge Bottai fissa due strumenti per la tutela del paesaggio: l'identificazione delle aree protette «a causa del loro notevole interesse pubblico» e la redazione a cura del Ministero di «piani territoriali paesistici», da depositarsi nei singoli Comuni.

L'importanza del paesaggio risultò chiara anche ai Padri Costituenti tanto che l'art. 9 della Costituzione Italiana, al secondo comma, stabilisce che la Repubblica *“tutela il paesaggio e il patrimonio storico e artistico della Nazione”*. Esso riflette l'intimo legame fra tutela del paesaggio e tutela del patrimonio culturale, anticipando gli sviluppi del costituzionalismo europeo, secondo cui «il territorio dello Stato è reso unico dalla cultura specifica del Paese; va inteso come uno spazio culturale, non un *“factum brutum”*» (così Peter Huberle), e la tutela da parte dello Stato ne rappresenta un valore primario e un elemento altamente simbolico.

Tuttavia, nel dopoguerra in seguito all'urgenza della ricostruzione, all'incremento demografico e al forte sviluppo delle aree urbane i “piani territoriali e paesistici” che la legge Bottai riservava alla tutela dello Stato furono disattesi.

L'istituzione delle Regioni nel 1972 attribuì poi ad esse il governo del territorio, la redazione dei piani paesistici e la protezione dell'ambiente, lasciando allo Stato generiche funzioni di indirizzo e coordinamento. Occorre sottolineare che lo spostamento della tutela del paesaggio alla competenza delle Regioni è in stridente contrasto con l'art. 9 della Costituzione, che affida alla Repubblica la tutela del paesaggio e del patrimonio storico e artistico della nazione.

Nel 1975 fu istituito il Ministero per i Beni Culturali e Ambientali che presupponeva la coincidenza delle due nozioni giuridiche, annientata però con la successiva istituzione del Ministero per l'Ambiente (1985) che ha scisso le due nozioni giuridiche. Sempre nel 1985 la legge Galasso cercò di mettere ordine fra le competenze delle Regioni e quelle dello Stato in merito alla tutela dell'ambiente imponendo alle Regioni sia l'immediata redazione (spesso disattesa) di piani paesistici o urbanistico-territoriali, sia un controllo sulla gestione delle aree vincolate, affidato ai poteri sostitutivi del Ministero (mai messi in atto). Di fatto, le

Regioni hanno sub-delegato ai Comuni le competenze paesaggistiche, cancellando ogni unitarietà nella tutela del paesaggio. (2)

Un quadro normativo così contorto e contraddittorio rende possibile quella commistione di incompetenza, egoismi, spinte anarcoidi e, in taluni casi, appetiti malavitosi che è alla base di tanto scempio del territorio e del patrimonio paesaggistico italiano. (3)

1.3 Il consumo di suolo

Uno degli aspetti in cui si manifesta la trasformazione del paesaggio italiano in questi ultimi decenni è certamente legato al consumo di suolo.

1.3.1 Definizioni generali

L'ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, definisce il consumo di suolo come una *variazione da una copertura non artificiale* (suolo non consumato) *a una copertura artificiale del suolo* (suolo consumato).

Per *copertura del suolo (Land Cover)* si intende la copertura biofisica della superficie terrestre, comprese le superfici artificiali, le zone agricole, i boschi e le foreste, le aree seminaturali, le zone umide, i corpi idrici, come definita dalla direttiva 2007/2/CE. L'impermeabilizzazione del suolo, ovvero la copertura permanente con materiali artificiali (quali asfalto o calcestruzzo) per la costruzione, ad esempio, di edifici e strade, costituisce la forma più evidente e più diffusa di copertura artificiale. Le altre forme di copertura artificiale del suolo vanno dalla perdita totale della "risorsa suolo" attraverso l'asportazione per escavazione (comprese le attività estrattive a cielo aperto), alla perdita parziale, più o meno rimediabile, della funzionalità della risorsa a causa di fenomeni quali la compattazione dovuta alla presenza di impianti industriali, infrastrutture, manufatti, depositi permanenti di materiale o passaggio di mezzi di trasporto.

L'uso del suolo (*Land Use*) è, invece, un riflesso delle interazioni tra l'uomo e la copertura del suolo e costituisce quindi una descrizione di come il suolo venga

impiegato in attività antropiche. La direttiva 2007/2/CE lo definisce come una classificazione del territorio in base alla dimensione funzionale o alla destinazione socioeconomica presenti e programmate per il futuro (ad esempio: residenziale, industriale, commerciale, agricolo, silvicolo, ricreativo). (4)

Il consumo di suolo è legato in particolare alla diffusione urbana con una crescente superficie coperta da costruzioni, strade, cortili, piazzali, discariche, cantieri. Anche infrastrutture quali porti, aeroporti, impianti sportivi, campi fotovoltaici spesso visti come inequivocabili segni di sviluppo, contribuiscono al consumo di suolo.

1.3.2 Aspetti storici

Si può certamente affermare che il dopoguerra, con la sua ansia ricostruttiva di un Paese completamente distrutto, ha prodotto un'accelerazione del consumo di suolo rispetto ai decenni precedenti. Rapidamente si sono succeduti altri fenomeni quali il boom demografico degli anni '60 del secolo scorso, le migrazioni di milioni di persone dalle zone rurali verso le città con la crescita spesso senza regole delle periferie, la costruzione di grandi infrastrutture. Mentre numericamente andavano crescendo gli abitanti delle città, sempre più il loro centro perdeva la naturale funzione abitativa e anche produttiva. Anche la motorizzazione di massa ha giocato un ruolo determinante, ponendo le basi per l'inedito fenomeno di dispersione insediativa, legato alla possibilità di scegliere luoghi diversi e distanti dove risiedere rispetto ai luoghi di lavoro, di divertimento e di commercio. (5)

Il sovrapporsi di questi fattori ha portato talvolta a centri storici degradati, fatiscenti e semiabbandonati quali la vecchia Genova o Agrigento, contrapposti ad altre realtà in cui in valore del suolo e di conseguenza delle abitazioni in centro risulta proibitivo per i cittadini e i palazzi del centro sono solo più sede di Banche, Assicurazioni o alberghi, vedi Milano o Venezia.

1.3.3 La critica al consumo di suolo

Negli ultimi anni si è andata accrescendo la consapevolezza degli aspetti negativi legati a questa urbanizzazione diffusa o, come dicono gli anglosassoni "urban sprawl". I movimenti critici al riguardo ritengono che questo modello abitativo corrisponda ad un tipo di sviluppo intrinsecamente inefficiente ed energivoro,

socialmente instabile, consumatore di risorse ambientali ed in primo luogo della risorsa suolo.

Il movimento ambientalista italiano in particolare ha sempre portato avanti una decisa critica nei confronti dei modelli urbanistici che hanno cancellato il confine fra città e campagna attraverso un continuo di condomini e villette di scarsa qualità estetica.

Spesso questa critica è stata caratterizzata da una lettura nostalgica e contemplativa del presunto degrado causato dalla trasformazione del territorio. Secondo una critica meno legata a questi valori nostalgici e bucolici, occorre tenere in considerazione la complessità delle funzioni ambientali che il suolo svolge.

In sintesi il consumo dei suoli produce almeno quattro grandi effetti negativi a carico della società e dell'ambiente:

- frammentazione del paesaggio con conseguenze su flora/fauna, ecosistemi, assetto idrogeologico;
- danneggiamento in senso socio-culturale, poiché il paesaggio è anche percezione umana ed identità culturale;
- depauperamento della qualità sociale dal momento che questa forte frammentazione porta sovente alla creazione di aree isolate/emarginate;
- aumento dei costi di urbanizzazione e fornitura dei servizi. Infatti le aree a crescita incontrollata rispetto a quelle a crescita pianificata portano a costi economici di realizzazione, e di fornitura dei servizi significativamente maggiori.

Emerge un intimo rapporto fra il tema del *consumo di suolo* e quello dello “urban sprawl”. Infatti non basta considerare solo la perdita di superfici naturali od agricole ma anche la distribuzione nella matrice paesaggistica delle costruzioni ovvero la sua componente spaziale. La frammentazione dell'edificato sia in città che nelle aree rurali, anche se non appare significativa a livello della quantità del suolo consumato, porta ad uno scadimento generale della qualità del paesaggio e

rende problematico ogni piano per riportare il territorio alla situazione precedente. (6)

1.3.4 Il problema della misurazione e i dati sul consumo di suolo in Italia

Il consumo di suolo netto è valutato attraverso il bilancio tra il consumo di suolo e l'aumento di superfici agricole, naturali e semi naturali dovuto a interventi di recupero, demolizione, de-impermeabilizzazione, rinaturalizzazione o altro.

In un altro documento della Commissione Europea, si chiarisce che l'azzeramento del consumo di suolo netto significa evitare l'impermeabilizzazione di aree agricole e di aree aperte e, per la componente residua non evitabile, compensarla attraverso la rinaturalizzazione di un'area di estensione uguale o superiore, che possa tornare alle caratteristiche dei suoli naturali. (7)

Il 6 maggio 2015, l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), nell'ambito del convegno "Recuperiamo terreno. Politiche, azioni e misure per un uso sostenibile del suolo" ha pubblicato la prima cartografia nazionale del consumo di suolo come allegato all'edizione 2015 del "Rapporto sul consumo di suolo in Italia", a cura dello stesso Istituto.

Fino a pochi anni prima, infatti, in Italia non era esisteva nessuna banca dati sufficientemente accurata che informasse circa il dato, attuale e retrospettivo, di consumo di suolo. Tale dato infatti non era mai stato raccolto ed elaborato con sistematicità e criteri univoci, a partire dalla definizione di cosa debba intendersi per "consumo" di suolo.

Negli ultimi anni l'ISPRA aveva avviato un'indagine specifica finalizzata a fornire dati e cartografie sul consumo di suolo.

Il rapporto ISPRA riporta i dati a partire dagli anni '50 a livello nazionale, regionale e sui principali comuni e mostra che il consumo di suolo ha ormai intaccato oltre il 7% della superficie nazionale. Il consumo di suolo, inoltre, continua a crescere, pur segnando un importante rallentamento negli ultimi anni: *tra il 2013 e il 2015 le nuove coperture artificiali hanno riguardato altri 250 chilometri quadrati di territorio, ovvero, in media, circa 35 ettari al giorno. Una velocità di trasformazione*

di circa 4 metri quadrati di suolo che, nell'ultimo periodo, sono stati irreversibilmente persi ogni secondo. Dopo aver toccato anche gli 8 metri quadrati al secondo degli anni 2000, il rallentamento iniziato nel periodo 2008-2013 (tra i 6 e i 7 metri quadrati al secondo) si è consolidato, quindi, negli ultimi due anni, con una velocità ridotta di consumo di suolo, che continua comunque a coprire, ininterrottamente, aree naturali e agricole con asfalto e cemento, edifici e fabbricati, servizi e strade, a causa di nuove infrastrutture, di insediamenti commerciali, produttivi e di servizio e dell'espansione di aree urbane, spesso a bassa densità.

La Tabella seguente mostra la stima del suolo consumato a livello nazionale, in percentuale sulla superficie nazionale e in ettari, per anno.

	Anni '50	1989	1996	1998	2006	2008	2013	2015
Suolo consumato (%)	2,7%	5,1%	5,7%	5,8%	6,4%	6,9%	6,9%	7,0%
Suolo consumato (km²)	8.100	15.300	17.100	17.600	19.400	19.800	20.800	21.100

Tabella 1- Stima del suolo consumato a livello nazionale, in percentuale sulla superficie nazionale e in ettari, per anno

Mentre la Tabella 2 mostra la stima del suolo consumato in percentuale nelle diverse aree del territorio italiano.

	Anni '50	1989	1996	1998	2006	2008	2013	2015
Nord-ovest	3,7%	6,2%	6,8%	7,0%	7,4%	7,6%	8,4%	8,5%
Nord-est	2,7%	5,3%	6,1%	6,3%	6,8%	7,0%	7,2%	7,3%
Centro	2,1%	4,7%	5,6%	5,7%	6,3%	6,4%	6,6%	6,6%
Mezzogiorno	2,5%	4,6%	5,0%	5,2%	5,8%	6,0%	6,2%	6,3%

Tabella 2- Stima del suolo consumato in percentuale nelle diverse aree del territorio italiano

In occasione dell'ultima "Giornata mondiale del suolo" indetta dalle Nazioni unite il 5 dicembre scorso, l'Ispra ha intensificato la sua opera di sensibilizzazione nei confronti della allarmante realtà che emerge dai dati sopra riportati. (8)

1.3.5 Il consumo di suolo nelle aree metropolitane

Anche il Wwf è intervenuto nel dibattito sottolineando la situazione particolarmente grave che si incontra nelle 14 aree metropolitane italiane dove la percentuale della superficie urbanizzata dagli anni 50 ad oggi è più che triplicata (si è passati dal 3% di territorio urbanizzato al 10%) e in città come Milano e Napoli si è andati, nello stesso periodo ben oltre, passando dal 10 al 40% del proprio territorio urbanizzato. In poco più di 50 anni, nelle 14 aree metropolitane italiane sono stati convertiti ad usi urbani circa 3500 kmq di suolo, un'area di poco superiore all'intero territorio della Val D'Aosta.

Il rapporto inedito del Wwf, realizzato grazie alle elaborazioni del gruppo di ricerca dell'Università dell'Aquila che da anni collabora con l'associazione, si occupa delle 14 aree metropolitane, enti che coprono 50mila kmq e che interessano circa 1300 comuni (16% del totale), dove risiedono 21 milioni di abitanti, pari al 40% della popolazione italiana.

Il Wwf ricorda che questa crescita impetuosa è dovuta ad un incremento demografico che si è concentrato nel territorio dei comuni delle aree metropolitane (Bari, Bologna, Cagliari, Catania, Firenze, Genova, Messina, Milano, Napoli, Palermo, Reggio Calabria, Roma, Torino, Venezia) facendo registrare dal 1951 al 2001 un aumento di ben 12 milioni di persone (circa 2,5 milioni di abitanti in più ogni 10 anni), mentre nel decennio dal 2001 al 2011 il ritmo di crescita del fenomeno si è ridotto con solo 600mila nuovi abitanti.

I ricercatori dell'Università dell'Aquila, coordinati dal professor Bernardino Romano, membro del comitato scientifico del Wwf, evidenziano come si sia passati, nelle aree metropolitane, dal 1950 ad oggi, da una densità abitativa di 305 abitanti/kmq agli attuali 426 abitanti/kmq valori questi sempre superiori alle medie nazionali del periodo (157 abitanti/km nel 1951 e 197 abitanti/km su scala nazionale). Va sottolineato come nelle aree metropolitane di Napoli e Milano

l'indice di densità abitativa raggiunge valori di 10 volte superiori al valore medio nazionale.

Secondo i dati Istat, tra il 1946 e il 2000 sono stati costruiti in queste aree oltre 2.000.000 di edifici ad uso residenziale, pari a 37mila edifici ogni anno, corrispondenti a 100 edifici al giorno e il Wwf sottolinea che i dati degli ultimi 10 anni (2001-2011) mostrano come il ritmo di crescita di tale fenomeno sia diminuito (180.000 nuovi edifici contro i 400.000 mediamente realizzati per ogni decennio precedente) ma comunque non del tutto annullato. Gran parte di questi nuovi involucri edilizi sono concentrati nelle aree metropolitana di Roma (circa 35.000) e di Torino (circa 21.000).

L'analisi dell'indice di non occupazione delle abitazioni (numero di abitazioni vuote rispetto al totale delle abitazioni calcolato su base comunale) denota un valore medio molto basso pari al 16% (la metà dell'omologo valore rilevato in Appennino). Il valore più basso si registra nell'area metropolitana di Milano (solo il 6% delle abitazioni risulta essere non occupato) mentre i valori più elevati sono stati riscontrati nei territori delle città metropolitane di Reggio Calabria, Palermo e Messina.

La presidente nazionale del Wwf, Donatella Bianchi, conclude: «Un'altra legislatura volge al termine ed ancora l'Italia non ha una legge per limitare il consumo del suolo. È ormai evidente che gli appelli per approvare un provvedimento fermo da mesi al Senato sono caduti nel vuoto. Non solo il 10% del nostro territorio è già occupato da insediamenti urbani o infrastrutture ma quotidianamente s'impoverisce la qualità del nostro patrimonio naturale, dei nostri paesaggi. Come evidenzia il lavoro del gruppo di ricerca dell'Università dell'Aquila la polverizzazione delle edificazioni in aree vastissime ha portato alla frammentazione, alla "insularizzazione" degli habitat naturali più preziosi del nostro Paese: nella fascia chilometrica in immediata adiacenza ai Siti di Interesse Comunitari (SIC), dal 1950 al 2000, l'urbanizzazione è salita da 84mila ettari a 300 mila ettari, con un aumento medio del 260%. Se consideriamo che il consumo del suolo in Italia viaggia al ritmo di 30 ettari al giorno (ISPRA 2017) non possiamo non evidenziare come l'inerzia del Parlamento sul disegno di legge sul consumo

del suolo (fermo da 553 giorni) ha già provocato la perdita di altri 17mila ettari circa. Non resta quindi che appellarsi ai Comuni che da subito potrebbero diventare gli attori di una rivoluzione nella pianificazione urbanistica». (9) (10)

L'analisi fin qui condotta evidenzia gli stretti legami fra tutela del paesaggio e riduzione del consumo di suolo e come il campo d'azione su cui sarebbe prioritario agire siano le aree metropolitane del nostro Paese e in particolare le loro periferie.

Capita spesso nelle nostre città di vedere costruzioni dismesse o in rovina che non sono più utilizzate ma che potrebbero essere ristrutturare e utilizzate per i più svariati scopi limitando in questo modo la cementificazione di nuove aree di territorio. Le grandi trasformazioni socio-economiche di questi ultimi decenni hanno disseminato l'Italia di vecchie fabbriche, edifici che, il più delle volte, vanno lentamente alla deriva nell'indifferenza e nell'impotenza generale.

Ma da qualche tempo il patrimonio anche edilizio lasciato dalle grandi industrie dismesse viene considerato una potenziale ricchezza da preservare, un'occasione di rinascita, conservazione e riuso, di quelle fabbriche che furono, in particolar modo per la città di Torino, il motore del suo sviluppo industriale, economico e sociale.

La dismissione degli stabilimenti industriali, fenomeno iniziato negli anni '70, coinvolse non soltanto gli impianti produttivi, ma anche le strutture e infrastrutture ad essi collegati portando ad una profonda modificazione della trama urbanistica del territorio.

La prima conseguenza è stata la creazione di "vuoti industriali", spazi ricchi di significati, memorie e ricordi per le vecchie generazioni, ma che non hanno più una loro funzione con il rischio di venire inghiottiti dal degrado e addirittura risultare fonte di degrado per il territorio circostante.

E' fondamentale invece che queste aree che racchiudono tracce importanti del nostro recente passato vengano incluse nel disegno delle città.

Il recupero degli edifici industriali dismessi va quindi oltre il semplice concetto di restauro conservativo, ma deve portare ad un riuso, a una rifunzionalizzazione che dia

un nuovo significato a queste strutture, senza dimenticare la loro origine, la loro “prima vita”.

L'edificio industriale si trasforma in terreno privilegiato di sperimentazione per l'architettura che è chiamata a partire da quelle specificità strutturali fatte da volumi rigidi, ma semplici e coerenti per arrivare a originali soluzioni costruttive, difficilmente attuabili in altri contesti.

Negli ultimi anni i progetti che hanno avuto come oggetto vecchi edifici industriali si sono spesso rivelati delle sfide vincenti non solo per l'originalità e la bellezza delle soluzioni trovate, ma ancor più per le ricadute benefiche sull'area, sul quartiere coinvolto. (11)

1.3.6 Esempi positivi di recupero di edifici industriali dismessi

Lingotto

Uno degli esempi più celebri di riqualificazione industriale è certamente il Lingotto.

Il Lingotto di Torino comprende un insieme di edifici situato nel quartiere Nizza Millefonti. Quello che per decenni fu uno dei principali



stabilimenti di produzione della FIAT è diventato un grande centro polifunzionale comprendente: un centro commerciale, una multisala cinematografica, un centro fiere, due hotel, un'area eventi all'aperto, la pinacoteca e l'auditorium dedicati a Giovanni Agnelli, una sede distaccata del Politecnico di Torino. Sul tetto dell'edificio si trova la storica pista di prova per autovetture e un piccolo eliporto, ed è stata costruita la *Bolla*, ovvero una struttura in vetro dove ha aperto un ristorante.

Gli anni di costruzione (1915-1922) sono pressappoco gli stessi di quelli della struttura che ora occupa Toolbox, come è uguale il nome del progettista strutturale, l'ingegner Porcheddu, di cui parleremo più avanti al capitolo 4.1.

Da questo stabilimento uscirono storici modelli come la Balilla e la Topolino. Nel 1940 parte della produzione fu spostata nel più grande stabilimento di FIAT Mirafiori, ma al Lingotto continuò una parziale attività fino al 1982.

Nel 1985 fu incaricato della ristrutturazione l'architetto genovese Renzo Piano, che seppe ridare nuova vita ad uno dei più storici ed importanti edifici di Torino. (12)

Officine Grandi Riparazioni

L'Officina (od Officine) Grandi Riparazioni - O.G.R. - è un complesso di edifici situato nel quartiere Cenisia di Torino, adiacente alle antiche carceri "Le Nuove", tra Corso Castelfidardo e Via Paolo Borsellino, oggi recuperati e sede del Politecnico di Torino e del nuovo Distretto delle Arti e della Ricerca della Fondazione CRT OGR Torino.



Le Officine furono costruite nel 1895, occupavano una superficie di 190.000 m² e arrivarono ad impiegare 2.000 dipendenti adibiti alla manutenzione di veicoli ferroviari. Durante la seconda guerra mondiale, le OGR subirono tre bombardamenti che distrussero la maggior parte dei padiglioni e dei magazzini. Nel dopoguerra, cessate le attività sulle locomotive a vapore e su quelle elettriche a corrente alternata, furono adibite alla manutenzione delle automotrici. La chiusura definitiva avvenne nel 1992, gli impianti vennero dismessi e l'attività centenaria terminò. Nel 1995 il piano regolatore di Torino prevede la demolizione delle OGR, ma grazie ad una variante vennero salvate e nel 2013 la società OGR-CRT avviò il grande progetto di riqualificazione della storica fabbrica.

Nella parte ristrutturata si svolgono sia attività didattiche del Politecnico di Torino che altre di carattere culturale e ricreativo.

Nel 2015 il progetto O.G.R. si è aggiudicato il *Premio Urbanistica* nella categoria “qualità delle infrastrutture e degli spazi pubblici”. (13)

Parco Dora

Il Parco Dora rappresenta un particolare esempio di recupero di un'area industriale che è stata riconvertita a parco urbano. Fino agli anni 90 qui sorgevano gli stabilimenti della FIAT e della Michelin di cui restano pochi simboli a testimonianza di un produttivo passato: gli alti pilastri rossi che furono del capannone dello strippaggio, la torre di raffreddamento, le vasche di decantazione diventate giardini acquatici. Oggi quest'area è destinata al jogging e al riposo domenicale e chi ci passeggia forse non pensa alle decine di migliaia di torinesi che nello stesso luogo hanno lavorato per tanti anni.



Fondazione Merz

La ex-centrale termica delle Officine Lancia è stata ristrutturata con il concorso di fondi privati e pubblici e dato in concessione alla Fondazione Merz.

Dei complessivi 3200 m2, 1400 sono destinati a ospitare l'esposizione e i restanti sono

adibiti a biblioteca e servizi. La struttura originale è stata in gran parte mantenuta e la luce che illumina le sale proviene dalle ampie vetrate rigorosamente conservate.



SellaLab Biella

Come Biellese desidero concludere questa breve panoramica di esempi di recupero del patrimonio di edilizia industriale con i SellaLab di Biella.

La storia del SellaLab segue un percorso molto simile a quella di Toolbox.



Inizialmente cartiera, diventata poi lanificio, si è successivamente trasformata in banca per rinascere come incubatore di nuove imprese. Una storia lunga più di 500 anni, un cambiamento che segue i tempi moderni con una tenacia impressionante: un percorso secolare che oggi ha trovato nuova vita.

La famiglia Sella ha ricoperto e ricopre tutt'ora una posizione essenziale per Biella e il territorio. Nell'Ottocento i Sella possedevano sulle rive del torrente Cervo il Lanificio Maurizio Sella dove furono scritte pagine importanti della storia dell'industria tessile quali l'invenzione di un metodo per fissare il colorante al filo. Nel 1886 Gaudenzio Sella fondò la Banca che ha continuato a ampliare le sue attività fino ai giorni nostri.

Tutto il complesso immobiliare sulle rive del Cervo è un «bene culturale» tutelato dalla Soprintendenza da tempo sede di uffici della Banca.

Nel 2013 è stato aperto un campus digitale con spazi dedicati al coworking che intende fare da incubatore di imprese e di startup affinché questo luogo così ricco di storia continui ad avere una storia, a portare avanti insieme tradizione ed innovazione a sostegno di un territorio che ne ha assoluto bisogno. (14)

1.3.7 Non sempre è possibile il riuso

Ovunque in Italia basta percorrere poche decine di chilometri per imbattersi in vecchi stabilimenti abbandonati, per molti dei quali è certo che non ci sarà mai una possibilità di riuso, di rinascita.

La realtà dalla quale provengo, Biella, è particolarmente coinvolta da questo problema. Dopo un importante passato industriale, le crisi che hanno coinvolto il settore tessile a partire dall'ultimo decennio del secolo scorso, hanno veramente falciato le imprese sul territorio disseminandolo di edifici industriali che hanno perso la loro ragione di essere.

2 Obiettivo e procedura seguita

Scopo della presente tesi è la progettazione dell'impianto di condizionamento e idrosanitario a servizio del secondo piano dell'edificio denominato Toolbox.

Un impianto di condizionamento ha come scopo principale quello di creare e mantenere, nell'ambiente condizionato, una temperatura e una umidità relativa ai valori prefissati. Negli ambienti ad uso civile, l'impianto di condizionamento deve controllare la temperatura e l'umidità relativa e garantire, al tempo stesso, una filtrazione e una velocità dell'aria in ambiente che assicurino le migliori condizioni di benessere alle persone presenti. La conoscenza delle funzioni e delle reazioni del corpo umano alle molteplici mansioni di lavoro o attività ai diversi valori delle condizioni igrometriche facilita lo studio e la realizzazione di un efficiente impianto di condizionamento. Per eseguire il bilancio termico e' indispensabile conoscere tutti gli elementi che vanno ad incidere sull'ambiente.

Una corretta stima dei carichi termici potrà consentire la scelta dell'impianto più indicato a conseguire i risultati prestabiliti e, al tempo stesso, quello più economico.

Tenuto conto della specificità dell'edificio, come emergerà dall'analisi successiva, si e' scelto un impianto con aria primaria e ventilconvettori a due tubi. Grazie all'aria primaria si effettua il ricambio d'aria. I ventilconvettori, in funzione estiva o invernale servono per sopperire ai carichi termici.

Nell'affrontare la progettazione di quest'impianto è stata seguita la seguente procedura:

a) Rilievo e raccolta di tutti i dati inerenti all'edificio

Si è eseguita, per quanto possibile, un'analisi delle strutture esistenti e si è predisposta l'implementazione di opportuni strati di isolante termico per ridurre le dispersioni. Si è eseguito un rilievo accurato per consentire una razionale sistemazione dei vari componenti ed anche una simmetrica ripartizione dei ventilconvettori che possa consentire future diverse ripartizioni degli ambienti senza sconvolgere la funzionalità dell'impianto.

b) Calcolo dei carichi termici invernali dei singoli ambienti

Per ciascun locale si è calcolato il carico sensibile, prendendo in considerazione la superficie delle pareti disperdenti, l'esposizione e il gradiente termico. I carichi termici così calcolati saranno forniti dai ventilconvettori.

c) Calcolo dei carichi termici estivi dei singoli ambienti

Per ciascun locale si sono presi in considerazione gli apporti di energia radiante attraverso i vetri, il calore trasmesso attraverso pareti e tetti, gli apporti di calore dovuti a persone e apparecchiature presenti nonché la quota di calore relativo a perdite e infiltrazioni da canali.

d) Calcolo dell'aria primaria e dimensionamento dei canali

Attraverso il numero di ricambi previsto dalla normativa, è stata calcolata la portata di aria primaria da immettere. Il sistema di distribuzione dell'aria primaria è stato dimensionato con il metodo a recupero di statico. Questo metodo riduce il lavoro della regolazione ed equilibra il sistema. La rete è progettata a bassa velocità.

e) Scelta dell'unità centrale per il trattamento dell'aria primaria

f) Scelta dei ventilconvettori

I ventilconvettori sono di tipo verticale e sono stati scelti in base alla funzione della struttura dell'edificio, della sua destinazione e del carico sensibile massimo ambiente estivo da annullare. Il ventilconvettore scelto per annullare il carico sensibile estivo risulta in grado di erogare, con la stessa batteria, il calore necessario per compensare le dispersioni invernali e le possibili infiltrazioni d'aria esterna che possono verificarsi attraverso gli infissi.

g) *Tubazioni per l'acqua a servizio dei ventilconvettori*

Nell'impianto a due tubi, per la distribuzione dell'acqua calda e refrigerata s'impiegano le stesse tubazioni. I ventilconvettori sono muniti di una sola batteria nella quale circola, in funzione della stagione, acqua calda o refrigerata. (15)

3 Programmi utilizzati

3.1 Excel

Per effettuare la maggior parte dei calcoli presenti all'interno della tesi è stato utilizzato il programma Excel. Microsoft Excel è un software prodotto da Microsoft, dedicato alla produzione ed alla gestione di fogli elettronici. Viene lanciato sul mercato nel 1995 e sebbene non sia né il primo né l'unico foglio elettronico, attualmente è quello più diffuso ed utilizzato. Il programma Excel è in grado di effettuare ogni tipo di calcolo da quelli matematici a quelli logici ecc.. Inoltre consente la realizzazione di tabelle, di grafici e di piccoli database. (16)

3.2 Autocad

Per progettare, disegnare i canali, le tubazioni e i ventilconvettori dell'impianto è stato impiegato il programma AutoCAD. AutoCad è un software CAD, acronimo di computer aided design, ovvero progettazione e disegno assistiti dal computer, sviluppato nel 1982 dalla società californiana Autodesk. Usato soprattutto da ingegneri, architetti e geometri, ricorre alla tecnologia informatica per la progettazione di un progetto sia in 2D che in 3D. In parole più semplici, CAD è in grado di sostituire il disegno manuale con un processo automatizzato. Tutto ciò permette di esplorare idee e visualizzare concetti. AutoCAD è stato il primo programma CAD ed è tutt'ora il più diffuso. (17)

3.3 SketchUp

SketchUp è un'applicazione di computer grafica per la modellazione 3D, creata nel 1999 da @Last e disposta alla progettazione architettonica, all'urbanistica, all'ingegneria civile, allo sviluppo di videogiochi e alle professioni correlate. SketchUp è un software di modellazione 3D versatile, intuitivo e facile da utilizzare. E' in grado di creare forme bidimensionali e tridimensionali, dando al disegnatore uno strumento potente e veloce, in grado di aiutarlo dal punto di vista grafico e di consentirgli un'esplorazione dinamica e creativa degli oggetti, dei materiali e dell'impatto della luce solare. (18)

3.4 Revit

Revit è stato indispensabile per la rappresentazione grafica in 3D sia dell'edificio che degli impianti termici progettati. Revit, creato a partire dagli anni 2000, è un software BIM (Building Information Modeling) altamente funzionale per la modellazione e il disegno. L'uso di questo programma permette la gestione di moltissime fasi, dalla pianificazione alla costruzione dell'edificio, ma non solo, attraverso la sua multidisciplinarietà supporta la collaborazione di più persone. L'aspetto più importante e significativo è che riesce a sviluppare un esempio altamente fedele della realtà mediante elementi tridimensionali. (19)

3.5 Edilclima

Edilclima è stato utilizzato come strumento di verifica dei calcoli di potenza termica estiva ed invernale fatti precedentemente attraverso Excel. Edilclima sviluppa programmi di calcolo per la verifica dei vincoli di legge e per la progettazione impiantistica. Il software, negli ultimi vent'anni, è diventato un punto di riferimento per la progettazione termotecnico-impiantistica, per la completezza dei prodotti e per la qualità dei servizi offerti. L'obiettivo di Edilclima rimane quello di distribuire strumenti flessibili di calcolo che diano però al

progettista il compito decisionale primario, sempre nel rispetto delle normative.
(20)

4 Caratteristiche generali dell'edificio

L'edificio oggetto del presente lavoro è situato in Via Agostino da Montefeltro 2, Torino.

4.1 Cenni storici

L'edificio fu costruito nel 1919 e il progettista fu l'ingegner Giovanni Antonio Porcheddu. Il suo nome e' legato all'introduzione in Italia della tecnica del cemento armato.



L'ingegner Porcheddu ha una storia che merita di essere conosciuta. Nato in Sardegna nel 1860, da una famiglia di modeste condizioni sociali, rimase orfano in tenera età . Dopo essere stato allevato da alcuni stretti parenti, si trasferì a Sassari, ove conseguì la licenza tecnica inferiore, pagandosi gli studi lavorando come muratore.

Successivamente, grazie ad un sussidio dell'amministrazione provinciale e il contributo dei parenti, si diplomò all'istituto tecnico superiore di Sassari. Ottenuta, quindi, un'ulteriore borsa di studio, lasciò la Sardegna per frequentare i corsi di ingegneria civile, prima all'Università di Pisa e poi al prestigioso Politecnico di Torino, ove si laureò a trent'anni, nel 1890. L'anno successivo conseguì anche una seconda laurea in ingegneria elettrotecnica. Rientrato in Sardegna, Porcheddu fu assunto dall'amministrazione delle miniere, ma tornò nuovamente a Torino per conseguire, nel 1892, una terza laurea in ingegneria mineraria. Dopo aver aperto uno studio tecnico, entrò in contatto con l'ingegnere francese François

Hennebique, che aveva ideato e brevettato una nuova tecnica costruttiva che utilizza un conglomerato cementizio armato internamente con profilati di ferro disposti e rafforzati con apposite staffe. Porcheddu comprese la portata di tale innovazione e si assicurò la concessione esclusiva per l'applicazione del brevetto in Italia. Fondò una sua impresa e realizzò molte importanti opere. Fu il progettista dello stabilimento FIAT Lingotto e del ponte Risorgimento a Roma. (21)

L'edificio inizialmente ospitò la fonderia Carlo Garrone. Nel 1958 fu acquistato dall'impresa Ghia-Osi, produttrice delle prime carrozzerie in alluminio. Tale attività proseguì fino al 1978, quando la fabbrica passò nelle mani del GB Sportelli, proprietaria di una catena di negozi di abbigliamento. E' lì che lavorò, dal 1988 al 2008, Aurelio Balestra, il "padre" di Toolbox. Egli era direttore generale quando, a causa della crisi incalzante e del passaggio generazionale della proprietà venne licenziato. Nel 2009 la GB Sportelli lasciò l'edificio di via Montefeltro, sua sede storica, e i proprietari dei muri chiesero a lui un'idea: come occupare quell' area di 8000 metri quadrati lungo la ferrovia, tra il cavalcavia di corso Dante e il Mauriziano? Aurelio Balestra navigando su internet scoprì il coworking, nato nel 2006 negli Stati Uniti. Vide la possibilità di realizzarlo nell'edificio di via Montefeltro e l'8 aprile 2010 fu inaugurato Toolbox. (22)



Figura 1- Edificio attuale Toolbox negli anni '70



Figura 2- Edificio Toolbox ai giorni nostri

4.2 Cos'è Toolbox

Toolbox Coworking è un hub creativo dedicato al lavoro: i suoi 8.000 metri quadrati ospitano oltre 150 attività diverse, più di 400 membri tra freelance, professionisti, startup e aziende innovative, tutti sotto lo stesso tetto accomunati dallo stesso spirito collaborativo e dalla stessa intraprendenza.

E' uno spazio per fare innovazione, che promuove la collaborazione, la serendipity e l'inter-disciplinarietà, una vera e propria piattaforma abilitante per dare forma a nuove idee di business, allargare la rete professionale e dare forza a nuovi progetti.

(23). Completano il quadro:

- un calendario di oltre 300 eventi l'anno,
- Fablab Torino, il laboratorio open source di fabbricazione digitale e maker space,
- Print Club Torino, il laboratorio collaborativo di stampa e sperimentazione grafica,
- Casa Jasmina, l'appartamento dedicato a Internet delle Cose e design Open Source,
- DigifabTURING, il progetto che sperimenta l'utilizzo della robotica in arte, architettura e design.

4.3 Dati climatici

L'edificio oggetto della presente tesi è ubicato nel comune di Torino. Il comune di Torino è situato in zona pianeggiante ad un'altitudine compresa fra i 204 m s.l.m. e i 715 m s.l.m. e appartiene alla zona climatica E con 2617 gradi giorno.

Il grafico in figura 3 mostra l'andamento della temperatura media giornaliera nel corso dell'anno ed è indispensabile per il calcolo dei Gradi Giorni. Il Decreto del Presidente della Repubblica del 26 agosto 1993, numero 412, fissa convenzionalmente la temperatura ambiente a 20°C e definisce i gradi giorno come "somma estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente, convenzionalmente fissata a 20°C, e la temperatura media esterna giornaliera".

Per determinare i gradi giorno viene prima di tutto individuato il periodo di riscaldamento per la località presa in esame. Il primo giorno di riscaldamento inizia quando per tre giorni consecutivi la temperatura è minore o uguale alla t_{er} , temperatura esterna di riferimento, fissata a 12 °C. Invece, per individuare l'ultimo giorno di riscaldamento, si identifica il momento in cui per tre giorni consecutivi la temperatura esterna è maggiore o uguale a quella di riferimento.

La formula utilizzata è la seguente:

$$GG = \sum_{j=1}^N (t_{ir} - t_{mgj})$$

in cui:

GG= gradi giorno

j = numero di giorni di riscaldamento, visibili all'interno del grafico dall'area delimitata dalle linee verticali.

t_{ir} = temperatura interna di riferimento;

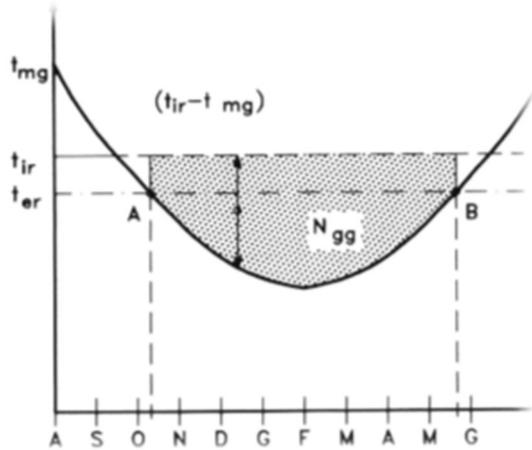


Figura 3- Grafico rappresentante i Gradi Giorno.

Fascia	Da [GG]	A [GG]	Ore giornaliere ^[1]	Data inizio ^[1]	Data fine ^[1]	Numero comuni
A	0	600	6	1° dicembre	15 marzo	2
B	601	900	8	1° dicembre	31 marzo	157
C	901	1400	10	15 novembre	31 marzo	989
D	1401	2100	12	1° novembre	15 aprile	1611
E	2101	3000	14	15 ottobre	15 aprile	4271
F	3001	+∞	nessuna limitazione (tutto l'anno)			1071

Tabella 3- Classificazione delle zone climatiche.

La tabella sopra raffigurata mostra la classificazione per gradi giorno delle fasce climatiche. Per ogni zona si individuano le date di accensione e spegnimento degli impianti di riscaldamento e le ore di funzionamento giornaliere consentite. La fascia climatica F è quella con il clima più rigido, in questo caso non vi sono limitazioni di legge sui periodi di riscaldamento.

4.4 Orientamento

In di questo paragrafo viene contestualizzata la posizione e l'orientamento della parte di edificio oggetto di studio.

Nella figura 4 viene mostrata un'immagine presa da satellite che permette l'individuazione della struttura e le caratteristiche dell'ambiente circostante. Con il

colore rosso vengono evidenziati i confini della parte di stabilimento interessata al progetto. L'orientamento della foto segue il Nord.

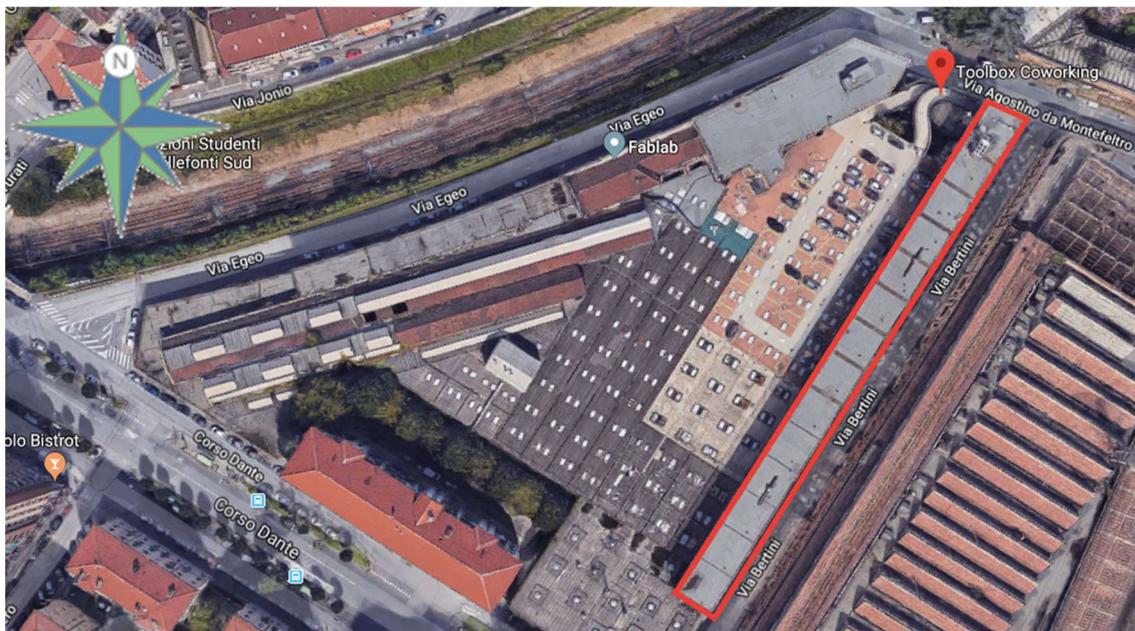


Figura 4- Vista dell'edificio da satellite con indicazione dell'orientamento.

4.5 Descrizione dell'edificio

Lo stabile si sviluppa su quattro livelli: piano interrato, piano terra, primo e secondo piano. Si tratta complessivamente di circa 8.000 m².

Il piano interrato, il pian terreno e il primo piano sono già stati oggetto di ristrutturazione e ospitano le diverse attività nominate nel paragrafo precedente.

La parte interessata dallo studio è il secondo piano della struttura, che presenta una superficie di 688 m² ed è costituita dai seguenti locali:

- Ufficio angolo sinistra (19 m²)
- Stanza skype (2,3 m²)
- Sala relax (7 m²)
- Sala riunioni sinistra (19 m²)
- Ufficio sinistra (12 m²)

- Open space sinistra dotato di 48 postazioni lavoro (255 m²)
- Tre uffici con 5 postazioni di lavoro (32 m² cadauno)
- Spazi comuni (49 m²)
- Sala riunioni destra (6 m²)
- Open space destra (160 m²)
- Bagno sinistra (7 m²)
- Bagno destra (7 m²)
- Bagno disabili (4 m²)

I vari livelli sono collegati tramite scale ed ascensore.

Nel piano interrato vi è il locale tecnico che ospita i vari macchinari a servizio dell'impianto di riscaldamento, raffreddamento e acqua calda sanitaria.

La copertura dell'edificio è costituita da una copertura piana calpestabile, su cui troveranno spazio alcune componenti dell'impianto di climatizzazione e ventilazione.

4.6 Planimetria e rendering dell'edificio

La successiva figura 6 mostra la pianta della porzione di edificio interessata a questo studio con la suddivisione nei diversi ambienti e un'ipotesi di arredamento per valutare il numero delle postazioni di lavoro. Il disegno è stato eseguito con Autocad.

Con SketchUp è stato invece disegnato il rendering degli stessi ambienti in figura 5. Si fa notare l'estensione della superficie finestrata.

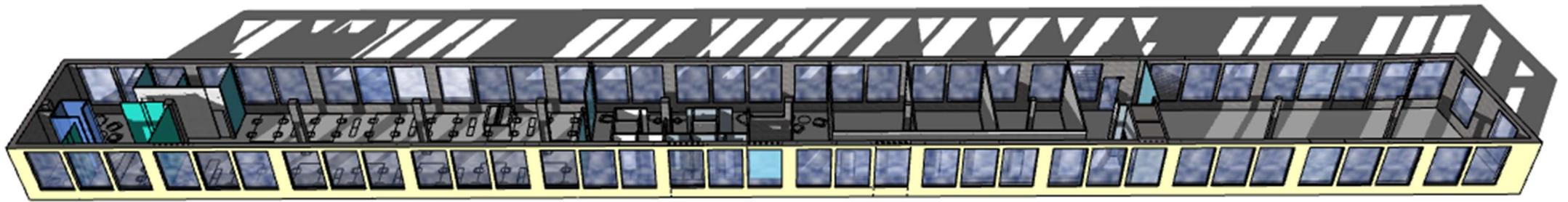


Figura 5- Rendering secondo piano via Bertini realizzato con Sketch up

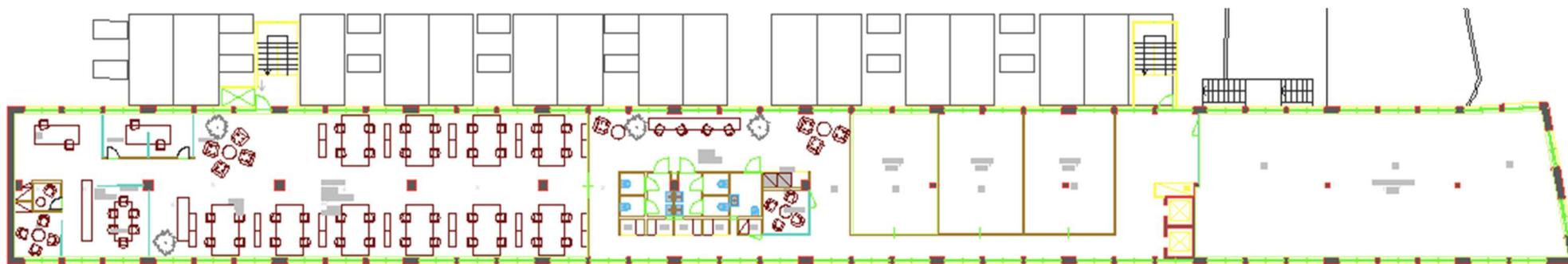


Figura 6- Pianta secondo piano via Bertini

5 Caratteristiche dell' involucro edilizio

L'edificio è caratterizzato da una struttura portante in cemento armato.

Le murature del secondo piano non presentano isolante e sono costituite da mattoni pieni con spessore di circa 25 cm. Al fine di ottenere una trasmittanza termica inferiore o uguale a 0,27 W/m² K come previsto da legge Decreto Legislativo 192/05, si è valutata la possibilità di inserire dei pannelli di isolante, in particolar modo di poliuretano espanso, marca Isotec linea di cui si forniscono nel seguito le caratteristiche tecniche.

ISOTEC LINEA è un pannello strutturale isolante per coperture e pareti non ventilate. I pannelli realizzano l'ideale struttura di supporto su cui rivestimenti in zinco, rame, fibrocemento ed altre finiture non ventilate possono agevolmente essere applicati. Il pannello è composto da un'anima isolante in schiuma di poliuretano rigido autoestinguente ricoperta da un involucro di alluminio goffrato, reso portante da un profilo in acciaio rivestito in lega di alluminio, zinco e silicio.

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche tecniche dell'isolante.

CARATTERISTICA	U.M	VALORE	METODO DI PROVA
Densità	kg/m ³	38,0	UNI EN ISO 845
Conduttività termica $\lambda_{mean,i}$	W/mK	0,021	UNI EN 12667
Conduttività termica dichiarata λ_0 (valore invecchiato ponderato per 25 anni di esercizio)	W/mK	0,022	UNI EN 13165 Appendici A e C
Conduttanza termica U	W/m ² K	0,37 - 60 mm 0,28 - 80 mm 0,22 - 100 mm 0,18 - 120 mm 0,14 - 160 mm	$U = \lambda_0 / d$ (d= sp. pannello in m)
Resistenza termica dichiarata R₀ (valore invecchiato ponderato per 25 anni di esercizio)	m ² K/W	2,70 - 60 mm 3,60 - 80 mm 4,50 - 100 mm 5,45 - 120 mm 7,25 - 160 mm	UNI EN 13165
Costanza termica	°C	- 50 + + 100	UNI 9051
Stabilità dimensionale DS(70)	livello	3	UNI EN 1604
Resistenza a compressione al 10% di deformazione CS(10\Y)	kPa	≥ 120	UNI EN 826
	kg/cm ²	≥ 1,22	UNI EN 826
Resistenza alla diffusione del vapore acqueo MU	μ	> 50000	UNI EN 12086
Assorbimento acqua a lungo periodo WL(T)	%	< 0,6	UNI EN 12087
Calore specifico	J/kgK	1400	UNI EN ISO 10456
Reazione al fuoco	classe	0 - 2	DM 26/06/84 DM 03/09/01
	euroclasse	F	EN 13501-1

Tabella 4 – Caratteristiche tecniche dell'isolante

5.1 Stratigrafia pareti esterne

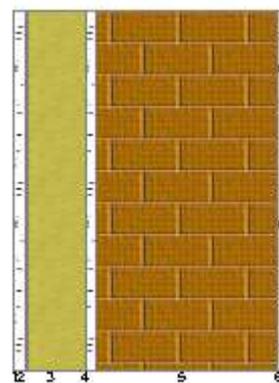
Il calcolo della trasmittanza delle pareti e delle solette è stato effettuato con il programma Edilclima, inserendo i dati relativi ai diversi strati di materiale incluso lo strato isolante.

Si riportano i risultati ottenuti.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: *Perimetrale*

Trasmittanza termica	0,242	W/m ² K
Spessore	376	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-8,0	°C
Permeanza	3,478	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	508	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	454	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,030	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,125	-
Sfasamento onda termica	-11,4	h



Stratigrafia:

N	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Cartongesso in lastre	15,00	0,210	0,071	700	1,00	10
2	Barriera vapore in fogli di P.V.C.	1,00	0,160	0,006	1390	0,90	50000
3	Poliuretano espanso rigido imperm. ai gas	80,00	0,023	3,478	35	1,40	60
4	Intonaco di gesso	15,00	0,570	0,026	1300	1,00	10
5	Mattone pieno	250,00	0,781	0,320	1800	0,84	9
6	Intonaco di calce e sabbia	15,00	0,800	0,019	1600	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,086	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conducibilità termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Le caratteristiche complessive della parete risultano:

Spessore [cm]	Trasmittanza [W/m ² K]
37,6	0,242

Tabella 5- Caratteristiche complessive della parete

Sempre con il programma Edilclima viene eseguita la “verifica termoigrometrica” per verificare l’assenza di formazione di condensa superficiale e interstiziale. Dalla scheda “grafici” si possono evidenziare per ogni mese temperature e pressioni di

vapore. I risultati delle caratteristiche termiche e dinamiche del componente vengono visualizzati insieme ad alcuni dati geometrici riassuntivi.

Di seguito vengono visualizzate le caratteristiche igrometriche dei componenti opachi verticali con gli opportuni grafici in cui si individua l'andamento di temperatura e pressione al variare degli strati del muro. Come si può vedere, la verifica termoigrometrica è soddisfatta la struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale ed interstiziale.

Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: Perimetrale

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

Condizioni al contorno

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0 °C**

Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore
(0,006 kg/m³)**

Verifica criticità di condensa superficiale

Verifica condensa superficiale ($f_{RSt,max} \leq f_{RSt}$)	Positiva
Mese critico	gennaio
Fattore di temperatura del mese critico	$f_{RSt,max}$ 0,714
Fattore di temperatura del componente	f_{RSt} 0,941
Umidità relativa superficiale accettabile	80 %

Verifica del rischio di condensa interstiziale

Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

Risultati mensili condensa superficiale ed interstiziale secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: *Perimetrale*

RISULTATI VERIFICA DELLA CONDENZA SUPERFICIALE

Mese	θ_{int} [°C]	θ_{est} [°C]	P_{int} [Pa]	P_{est} [Pa]	θ_{acc} [°C]	P_{acc} [Pa]	f_{RSI} [-]
<i>ottobre</i>	<i>20,0</i>	<i>12,6</i>	<i>1543</i>	<i>1180</i>	<i>16,9</i>	<i>1928</i>	<i>0,585</i>
<i>novembre</i>	<i>20,0</i>	<i>6,8</i>	<i>1410</i>	<i>841</i>	<i>15,5</i>	<i>1762</i>	<i>0,660</i>
<i>dicembre</i>	<i>20,0</i>	<i>2,0</i>	<i>1345</i>	<i>606</i>	<i>14,8</i>	<i>1681</i>	<i>0,710</i>
<i>gennaio</i>	<i>20,0</i>	<i>0,4</i>	<i>1312</i>	<i>516</i>	<i>14,4</i>	<i>1640</i>	<i>0,714</i>
<i>febbraio</i>	<i>20,0</i>	<i>3,2</i>	<i>1302</i>	<i>606</i>	<i>14,3</i>	<i>1628</i>	<i>0,660</i>
<i>marzo</i>	<i>20,0</i>	<i>8,2</i>	<i>1102</i>	<i>583</i>	<i>11,7</i>	<i>1377</i>	<i>0,299</i>
<i>aprile</i>	<i>20,0</i>	<i>12,7</i>	<i>1163</i>	<i>804</i>	<i>12,6</i>	<i>1454</i>	<i>-0,020</i>

Legenda simboli

θ_{int}	Temperatura dell'ambiente interno
θ_{est}	Temperatura dell'ambiente esterno
P_{int}	Pressione dell'ambiente interno
P_{est}	Pressione dell'ambiente esterno
θ_{acc}	Temperatura minima accettabile sulla superficie interna
P_{acc}	Pressione minima accettabile sulla superficie interna
f_{RSI}	Fattore di temperatura superficiale

RISULTATI VERIFICA DELLA CONDENSA INTERSTIZIALE

Mese	θ_{int} [°C]	θ_{est} [°C]	φ_{int} [%]	φ_{est} [%]	g_c [g/m ²]	M_a [g/m ²]	Periodi	Stato
<i>ottobre</i>	<i>20,0</i>	<i>12,6</i>	<i>66</i>	<i>81</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>Asciutto</i>
<i>novembre</i>	<i>20,0</i>	<i>6,8</i>	<i>60</i>	<i>85</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>Asciutto</i>
<i>dicembre</i>	<i>20,0</i>	<i>2,0</i>	<i>58</i>	<i>86</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>Asciutto</i>
<i>gennaio</i>	<i>20,0</i>	<i>0,4</i>	<i>56</i>	<i>82</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>Asciutto</i>
<i>febbraio</i>	<i>20,0</i>	<i>3,2</i>	<i>56</i>	<i>79</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>Asciutto</i>
<i>marzo</i>	<i>20,0</i>	<i>8,2</i>	<i>47</i>	<i>54</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>Asciutto</i>
<i>aprile</i>	<i>20,0</i>	<i>12,7</i>	<i>50</i>	<i>55</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>Asciutto</i>
<i>maggio</i>	<i>18,0</i>	<i>16,7</i>	<i>70</i>	<i>65</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>Asciutto</i>
<i>giugno</i>	<i>21,1</i>	<i>21,1</i>	<i>72</i>	<i>68</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>Asciutto</i>
<i>luglio</i>	<i>23,3</i>	<i>23,3</i>	<i>68</i>	<i>64</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>Asciutto</i>
<i>agosto</i>	<i>22,6</i>	<i>22,6</i>	<i>75</i>	<i>71</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>Asciutto</i>
<i>settembre</i>	<i>18,8</i>	<i>18,8</i>	<i>76</i>	<i>69</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>Asciutto</i>

Legenda simboli

θ_{int}	Temperatura dell'ambiente interno
θ_{est}	Temperatura dell'ambiente esterno
φ_{int}	Umidità relativa dell'ambiente interno
φ_{est}	Umidità relativa dell'ambiente esterno
g_c	Flusso di vapore condensato
M_a	Quantità di condensa accumulata
Periodi	Periodi del mese

Distribuzione delle temperature e delle pressioni nella struttura

Descrizione della struttura: *Perimetrale*

DISTRIBUZIONE DELLA TEMPERATURA NELLA STRUTTURA [°C]

Strato	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set
<i>Amb.</i>	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	21,1	23,3	22,6	18,8
<i>Int.</i>	19,6	19,2	18,9	18,8	19,0	19,3	19,6	17,9	21,1	23,3	22,6	18,8
1	19,4	19,0	18,6	18,5	18,7	19,1	19,4	17,9	21,1	23,3	22,6	18,8
2	19,4	19,0	18,6	18,5	18,7	19,1	19,4	17,9	21,1	23,3	22,6	18,8
3	13,3	8,1	3,7	2,3	4,8	9,3	13,4	16,8	21,1	23,3	22,6	18,8
4	13,3	8,0	3,6	2,2	4,7	9,3	13,4	16,8	21,1	23,3	22,6	18,8
5	12,7	7,0	2,3	0,7	3,4	8,4	12,8	16,7	21,1	23,3	22,6	18,8
6	12,7	6,9	2,2	0,6	3,4	8,3	12,8	16,7	21,1	23,3	22,6	18,8
<i>Est.</i>	12,6	6,8	2,0	0,4	3,2	8,2	12,7	16,7	21,1	23,3	22,6	18,8

Valori sul lato esterno dello strato;

Amb.=ambiente interno;

Int.=a valle dello strato liminare interno;

Est. = ambiente esterno

DISTRIBUZIONE DELLA PRESSIONE PARZIALE DEL VAPORE NELLA STRUTTURA [Pa]

Strato	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set
<i>Amb.</i>	1543	1410	1345	1312	1302	1102	1163	1452	1802	1937	2053	1647
<i>Int.</i>	1543	1410	1345	1312	1302	1102	1163	1452	1802	1937	2053	1647
1	1542	1408	1343	1310	1301	1101	1162	1452	1802	1937	2053	1646
2	1226	914	700	618	695	649	850	1263	1715	1850	1966	1522
3	1196	866	639	551	637	606	820	1245	1706	1841	1957	1510
4	1195	865	637	549	635	605	819	1244	1706	1841	1957	1510
5	1181	842	608	518	608	584	805	1236	1702	1837	1953	1504
6	1180	841	606	516	606	583	804	1235	1702	1837	1953	1504
<i>Est.</i>	1180	841	606	516	606	583	804	1235	1702	1837	1953	1504

Valori sul lato esterno dello strato;

Amb.= ambiente interno;

Int.= a valle dello strato liminare interno;

Est.= ambiente esterno

DISTRIBUZIONE DELLA PRESSIONE DI SATURAZIONE NELLA STRUTTURA [Pa]

Strato	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set
<i>Amb.</i>	2337	2337	2337	2337	2337	2337	2337	2063	2501	2859	2741	2169
<i>Int.</i>	2274	2226	2187	2174	2197	2238	2275	2053	2501	2859	2741	2169
<i>1</i>	2256	2195	2145	2129	2158	2210	2258	2050	2501	2859	2741	2169
<i>2</i>	2255	2192	2142	2125	2154	2207	2256	2050	2501	2859	2741	2169
<i>3</i>	1528	1077	798	720	861	1174	1537	1915	2501	2859	2741	2169
<i>4</i>	1523	1071	791	714	854	1168	1532	1914	2501	2859	2741	2169
<i>5</i>	1468	1000	718	641	781	1099	1478	1902	2501	2859	2741	2169
<i>6</i>	1465	996	714	637	777	1095	1475	1902	2501	2859	2741	2169
<i>Est.</i>	1458	988	705	629	768	1087	1468	1900	2501	2859	2741	2169

Valori sul lato esterno dello strato;

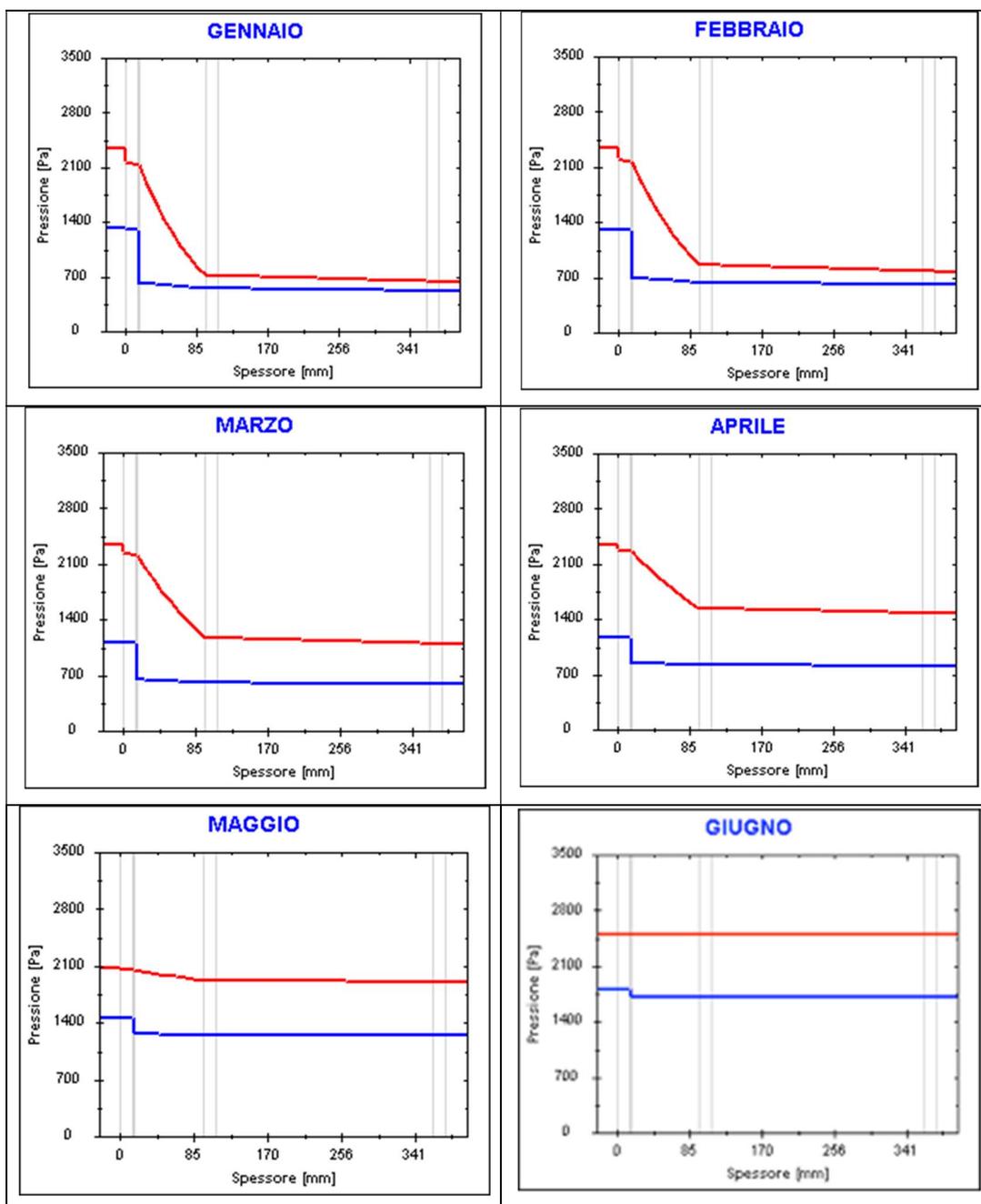
Amb.= ambiente interno;

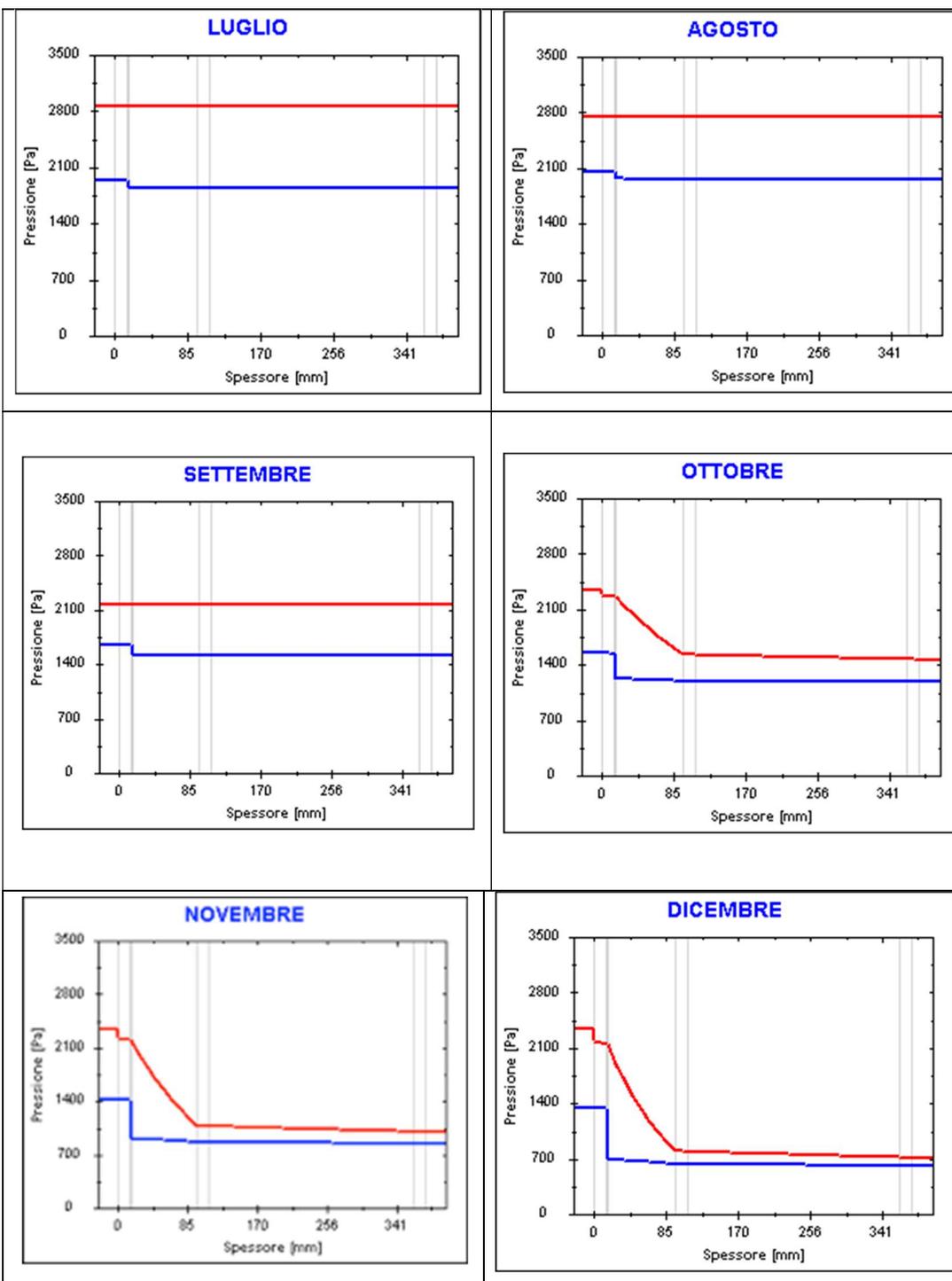
Int.= a valle dello strato liminare interno;

Est.= ambiente esterno

Grafici mensili delle pressioni parziali e di saturazione del vapore

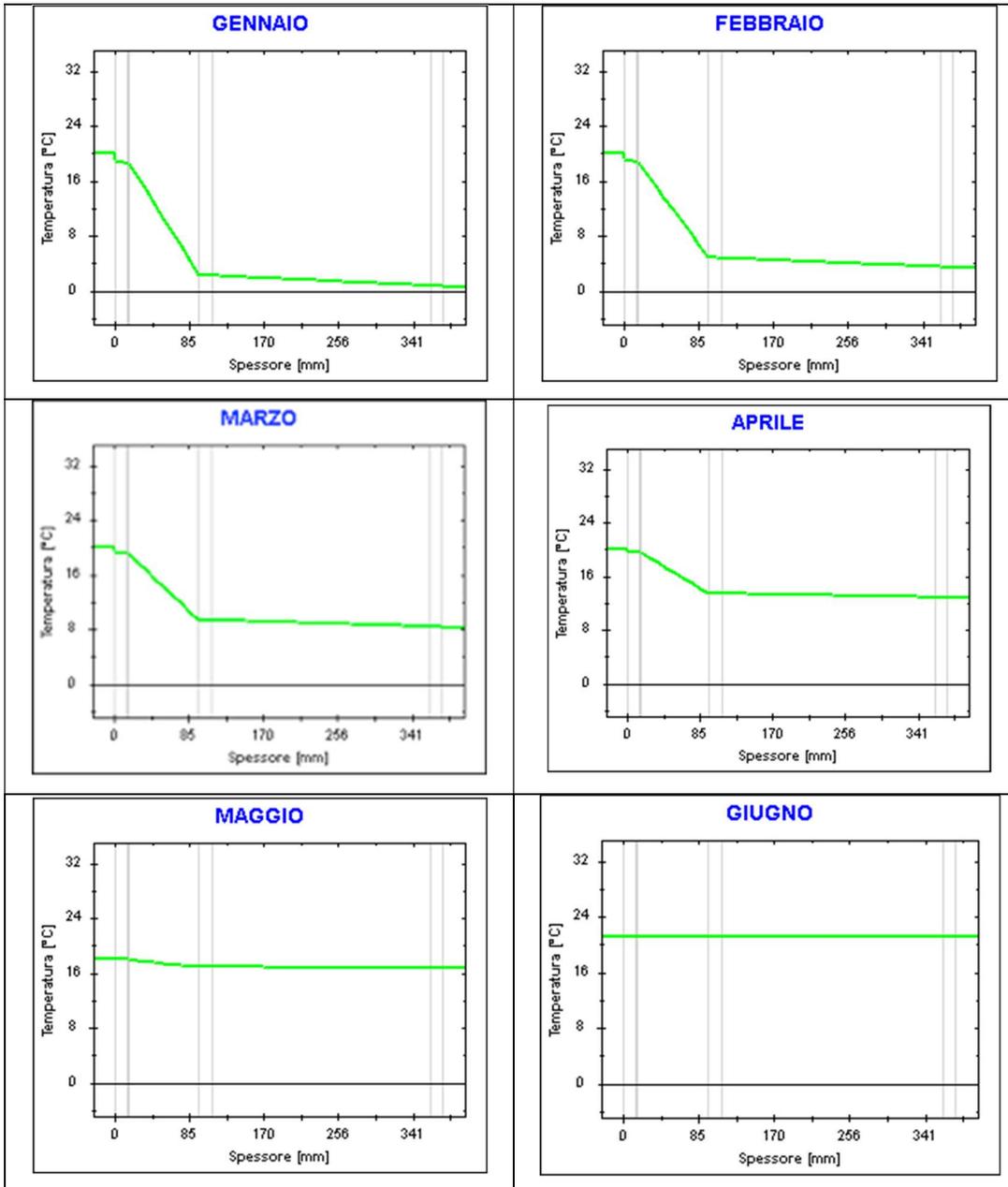
Descrizione della struttura: *Perimetrale*

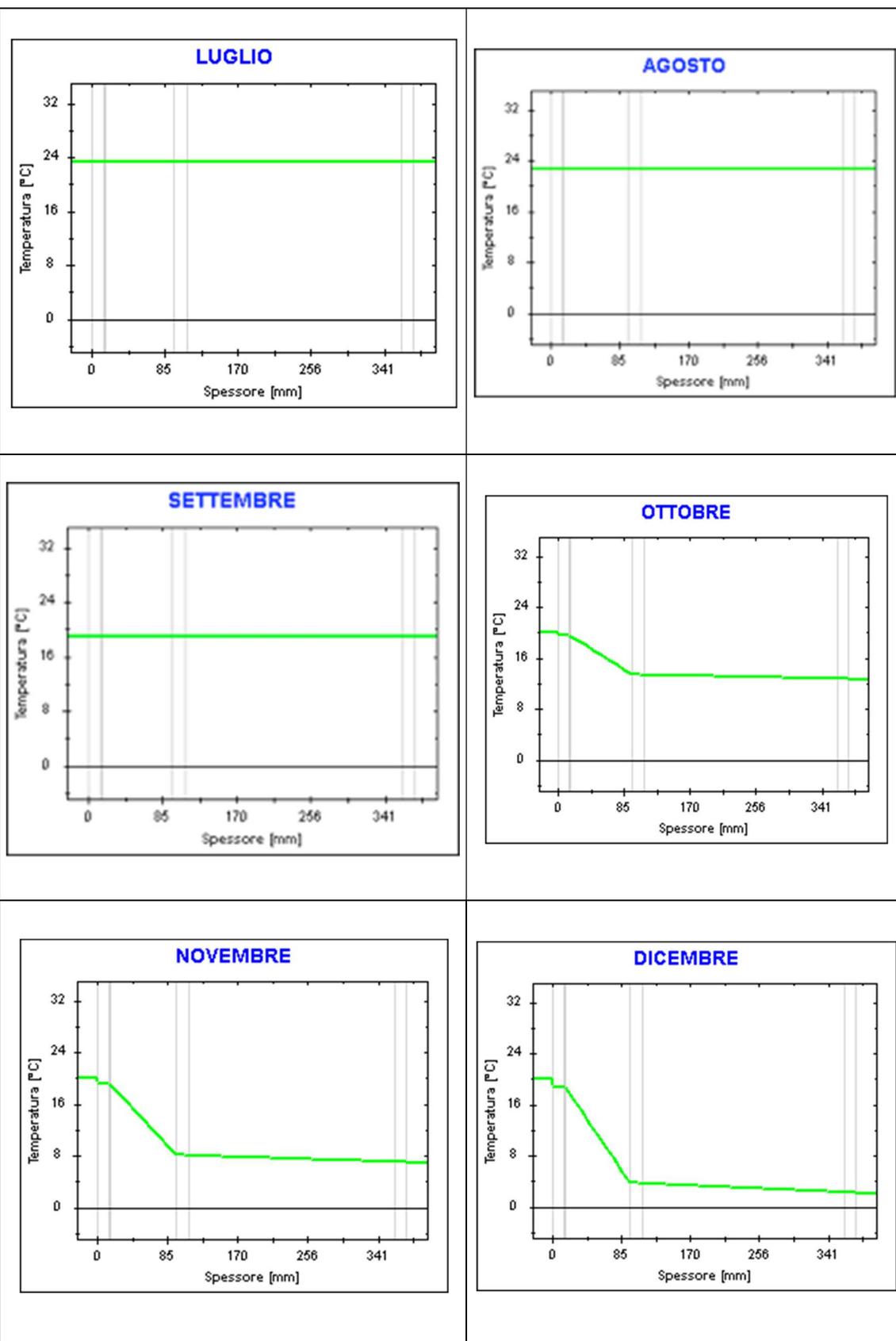




Grafici mensili delle temperature [°C]

Descrizione della struttura: *Perimetrale*





5.2 Stratigrafia copertura

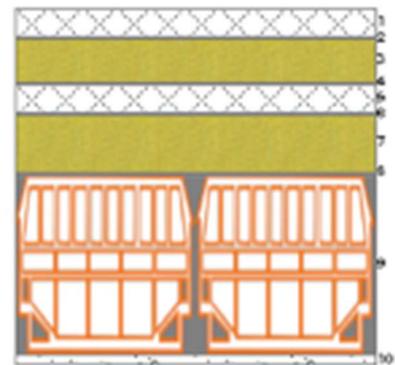
Il tetto dell'edificio è costituito da una copertura piana e il solaio è in laterocemento. La soletta di copertura ha uno spessore di circa 25 cm e presenta un pannello coibente esterno in lana di roccia risalente a circa 20 anni fa. Anche in questo caso si ipotizza di utilizzare poliuretano espanso per eseguire un isolamento a cappotto. Di seguito si riportano le caratteristiche costruttive, nonché i vari strati che formano il solaio costituente la copertura piana.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: *Copertura*

Trasmittanza termica	0,242	W/m ² K
Spessore	490	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-8,0	°C
Permeanza	0,372	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	670	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	646	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,005	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,023	-
Sfasamento onda termica	-18,2	h



Stratigrafia:

N .	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,086	-	-	-
1	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	40,00	1,490	0,027	2200	0,88	70
2	Impermeabilizzazione con bitume	1,00	0,170	0,006	1200	1,00	18800 0
3	Poliuretano espanso rigido impermeabile ai gas	60,00	0,023	2,609	35	1,40	60
4	Barriera vapore in fogli di P.V.C.	2,00	0,160	0,013	1390	0,90	50000
5	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	40,00	1,490	0,027	2200	0,88	70
6	Impermeabilizzazione con bitume	1,00	0,170	0,006	1200	1,00	18800 0
7	Lana di roccia esistente	80,00	0,090	0,889	150	1,03	1
8	Barriera vapore in bitume puro	1,00	0,170	0,006	1050	1,00	50000
9	Soletta in laterizio	250,0 0	0,720	0,347	1800	0,84	9
10	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800	0,019	1600	1,00	10
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Le caratteristiche complessive del solaio sono:

Spessore [cm]	Trasmittanza [W/m ² K]
49,0	0,242

Tabella 6- Caratteristiche complessive del solaio

Come si nota dalla tabella che ne riassume la stratigrafia, nel solaio, sul lato caldo dell'isolante è presente uno strato di barriera al vapore che impedisce la formazione di condensa interstiziale, mentre sul lato esterno si trova lo strato impermeabilizzante a protezione dell'isolante dagli agenti esterni.

Il rivestimento interno eseguito con termointonaco permette di aumentare ulteriormente le prestazioni termiche dell'elemento e limita le dispersioni lineari o puntuali tra i giunti dei materiali sovrastanti grazie alla sua posa in opera senza soluzione di continuità.

5.3 Stratigrafia pavimento galleggiante

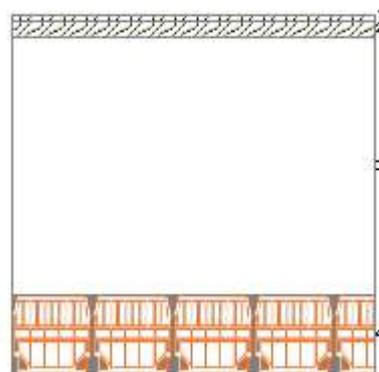
Il pavimento del secondo piano non poggia direttamente sulla malta di sottofondo come avviene nella copertura, bensì si ha un pavimento galleggiante, per permettere la posa di apparecchiature, condotte e tubazioni al di sotto di esso.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: *Pavimento galleggiante*

Trasmittanza termica	0,945	W/m ² K
Spessore	630	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	22,0	°C
Permeanza	57,307	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	278	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	278	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,289	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,305	-
Sfasamento onda termica	-8,2	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,170	-	-	-
1	Pannelli di fibra di legno duri e extraduri	10,00	0,140	0,071	800	1,70	72
2	Pannello truciolare	30,00	0,140	0,214	600	1,70	50
3	Intercapedine non ventilata Av<500 mm ² /m	450,00	1,895	0,238	-	-	-
4	Soletta in laterizio	140,00	0,720	0,194	1800	0,84	9
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,170	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK

R	Resistenza termica	m^2K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m^3
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

5.4 Infissi

Gli infissi svolgono un ruolo importante in questo edificio. Il secondo piano ha 72 finestre di $5,6 m^2$ ciascuna, per una superficie vetrata complessiva di circa $403 m^2$. I serramenti sono in alluminio, senza taglio termico, con vetro camera. Si ipotizza che risalgano agli anni '80 e che abbiano una trasmittanza termica pari a $3,5W/m^2K$.

A tal proposito, al capitolo 7.2 è stato eseguito uno studio per verificare il possibile costo in caso di sostituzione e il conseguente Pay Back Time.

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI

secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

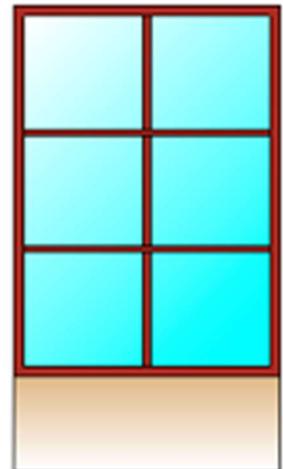
Descrizione della finestra: *Finestra 200x280*

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	Singolo		
Classe di permeabilità	Senza classificazione		
Trasmittanza termica	U_w	3,449	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	2,545	W/m ² K

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	0,57	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,57	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,850	-



Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,00	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni del serramento

Larghezza		200,0	cm
Altezza		280,0	cm

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	U_f	7,00	W/m ² K
K distanziale	K_d	0,02	W/mK
Area totale	A_w	5,600	m ²
Area vetro	A_g	4,557	m ²
Area telaio	A_f	1,043	m ²

Fattore di forma	F_f	0,81	-
Perimetro vetro	L_g	20,920	m
Perimetro telaio	L_f	9,600	m

Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	λ	R	
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	
Primo vetro	6,0	1,00	0,006	
Intercapedine	-	-	0,211	
Secondo vetro	6,0	1,00	0,006	
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	

Legenda simboli

s	Spessore	mm
λ	Conduttività termica	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo	U	2,938	W/m ² K
---------------------------------	---	--------------	--------------------

Muro sottofinestra

Struttura opaca associata	M1	Perimetrale	
Trasmittanza termica	U	0,244	W/m ² K
Altezza	H_{sott}	71,00	cm
Area		1,42	m ²

Ponte termico del serramento

Ponte termico associato	Z3	P.T. serramenti, porte e finestre	
Trasmittanza termica lineica	Ψ	0,100	W/mK
Lunghezza perimetrale		9,60	m

5.5 Ponti termici

Il calcolo dei ponti termici è basato su simulazioni ad elementi finiti determinate tramite le procedure dettagliate descritte dalle normative. Il ponte termico è definito come quella zona locale, limitata dell'involucro edilizio che rappresenta una densità di flusso termico maggiore rispetto agli elementi costruttivi adiacenti.

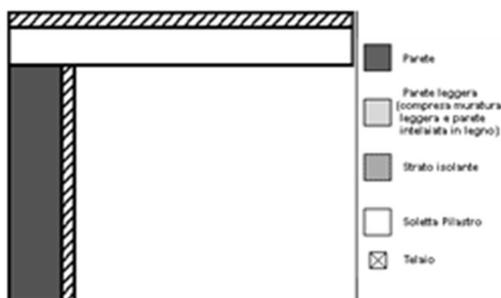
In questo caso i ponti termici sono causati da disomogeneità geometrica in corrispondenza dei giunti tra parete e pavimento e parete e soffitto; e dalla disomogeneità di materiale dettata dalla presenza di pareti finestrate che hanno resistenza termica diversa da quella dei componenti opachi.

Nelle figure sottostanti vengono riportati i tre differenti ponti termici presenti.

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI PONTI TERMICI

Descrizione del ponte termico: *P.T. coperture*

Trasmittanza termica lineica di calcolo	0,200 W/mK
Riferimento	UNI EN ISO 14683
	Sigla = R03
Note	Trasmittanza termica lineica di riferimento = 0,4 W/mK. Isolamento interno e dall'alto

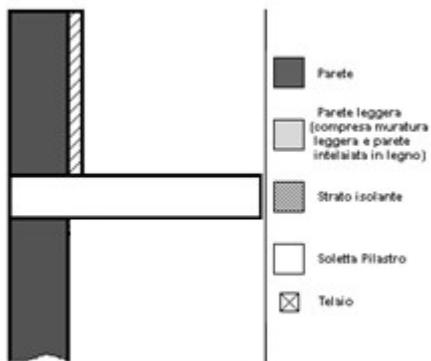


Descrizione del ponte termico: *P.T. pavimenti sospesi*

Trasmittanza termica lineica di calcolo **0,275** W/mK

Riferimento **UNI EN ISO 14683**

Note



Sigla = GF11

Trasmittanza termica lineica di riferimento = 0,55 W/mK.

Isolamento interno - pavimento isolato dal basso

Descrizione del ponte termico: *P.T. serramenti, porte e finestre*

Trasmittanza termica lineica di calcolo **0,100** W/mK

Riferimento **UNI EN ISO 14683**

Note



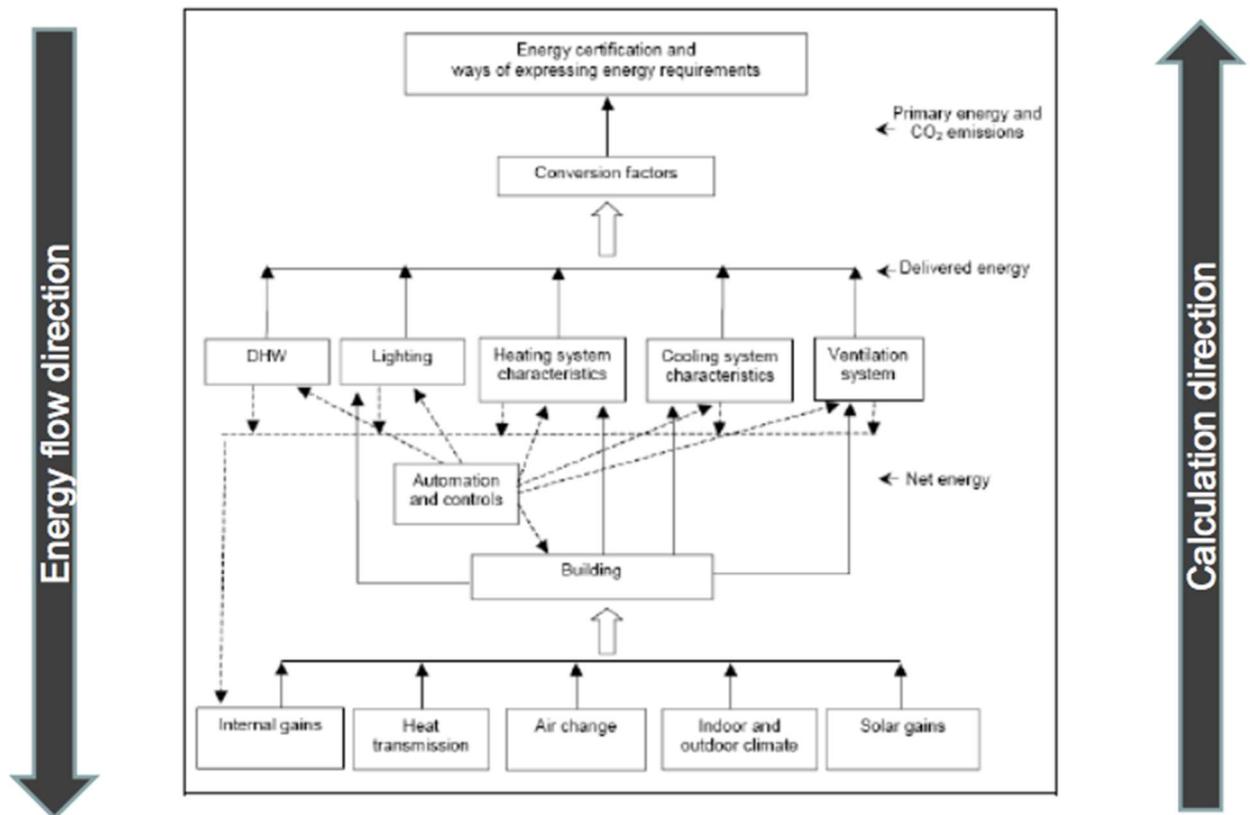
Sigla = W12

Trasmittanza termica lineica di riferimento = 0,1 W/mK.

Serramento in mezzeria - Isolamento interno continuo

6 Calcolo del fabbisogno energetico dell'edificio

Prima di procedere alle fasi di progettazione vera e propria si è eseguito il calcolo del fabbisogno energetico dell'edificio ai sensi nella norma UNI EN ISO 13790. (24) La figura sottostante evidenzia la direzione del flusso energetico e la direzione di esecuzione del calcolo.



E' necessario definire alcuni termini quali:

- Fabbisogno energetico: quantità di energia per mantenere la temperatura ad un certo valore prefissato.
- Uso energetico: quantità di energia che devo immettere per soddisfare il fabbisogno energetico tenendo conto dei fattori di utilizzo

- Apporti di calore: calore generato gratuitamente all'interno dell'ambiente. Può essere suddiviso in solare o interno, ovvero prodotto da persone, illuminazione, pc..
- Temperatura di set point: temperatura interna assunta per calcolare il fabbisogno d'energia.
- Temperatura di set back: temperatura di set point mantenuta durante periodi ridotti di riscaldamento o raffreddamento.

6.1 Metodi di calcolo

Vi sono due diversi metodi per calcolare il fabbisogno energetico di caldo e freddo:

- Metodo in “quasi-steady state”, col quale viene calcolato il fabbisogno energetico per un tempo sufficientemente lungo (un mese o un'intera stagione) tenendo in considerazione gli effetti dinamici attraverso un fattore di utilizzo.
- Metodo dinamico, calcola il fabbisogno energetico su piccoli intervalli di tempo, tipicamente un'ora, tenendo in considerazione il calore accumulato e rilasciato dalla massa dell'edificio (inerzia termica).

Il primo metodo, certamente più semplice, dà risultati sostanzialmente corretti nell'arco dell'anno, ma poco precisi per i mesi di inizio e fine della stagione estiva.

Nel nostro caso è stato utilizzato il metodo quasi-steady state tenendo conto di opportuni fattori di utilizzo. Per il riscaldamento, il fattore di utilizzo tiene conto degli apporti di calore interno e solare, Q_i e Q_s . Questo perché solo una parte di loro è effettivamente utile, il resto potrebbe portare ad un aumento indesiderato della temperatura interna.

Per il raffrescamento, il fattore di utilizzo considera Q_t e Q_v , ovvero il calore per trasmissione e ventilazione. Solo una parte di questi è in grado di diminuire il fabbisogno di freddo. La parte di calore di trasmissione e ventilazione “non utilizzata” è quella che si ha nei periodi di tempo in cui il raffreddamento non è richiesto, come la notte.

6.2 Definizioni iniziali

Occorre definire:

- i contorni cioè gli elementi che separano lo spazio condizionato dallo spazio esterno, da un ambiente non condizionato o da un edificio adiacente.
- Le zone: spazi che hanno la stessa temperatura di set point, nei quali la temperatura interna ha una variazione trascurabile e che sono controllati da un unico sistema. Un edificio può essere trattato come un'unica zona o come più zone. Nel nostro caso, per semplicità, l'edificio è stato trattato come un'unica zona.
- La temperatura di set point interna cioè temperatura che si intende mantenere nella zona da condizionare.
- Lunghezza dei periodi di riscaldamento e raffreddamento

Per i calcoli standard, la lunghezza della stagione di riscaldamento è definita attraverso le zone climatiche, in base alle quali Torino appartiene alla zona E in cui il periodo di riscaldamento dura dal 15 ottobre al 15 aprile.

Per i calcoli più precisi, invece, la lunghezza del periodo di riscaldamento è assunta quando:

$$\gamma_H < \gamma_{H,lim} = \frac{1 + a_H}{a_H}$$

Nel caso di definizione del periodo di raffreddamento la formula usata è la seguente:

$$1/\gamma_c < 1/\gamma_{c,lim} = \frac{1 + a_c}{a_c}$$

dove $\gamma = \frac{Q_{hg}}{Q_{hl}} = \frac{Q_s + Q_i}{Q_t + Q_v}$, calcolata per ogni mese.

6.3 Durate delle stagioni di riscaldamento e raffrescamento

Per determinare la durata della stagione di riscaldamento si seguono i seguenti passi:

- Si determina il valore limite $\gamma_{H,lim}$
- Si determina γ_H all'inizio e alla fine di ogni mese, chiamando $\gamma_{H,1}$ il valore piu' piccolo e $\gamma_{H,2}$ il valore piu' grande
- Se $\gamma_{H,2} < \gamma_{H,lim}$ tutti i giorni del mese richiedono riscaldamento
- Se $\gamma_{H,1} > \gamma_{H,lim}$ nessun giorno del mese ha bisogno di riscaldamento
- Altrimenti, per trovare in che giorno si deve iniziare o smettere di scaldare, si può usare la seguente formula, in cui f_H indica il periodo in cui si richiede di riscaldare:
 - $f_H = 0.5 * (\gamma_{H,lim} - \gamma_{H,1}) / (\gamma_H - \gamma_{H,1})$ se $\gamma_H > \gamma_{H,lim}$
 - $f_H = 0.5 + 0.5 * (\gamma_{H,lim} - \gamma_H) / (\gamma_{H,2} - \gamma_H)$ se $\gamma_H \leq \gamma_{H,lim}$

Per determinare la durata della stagione di raffreddamento si seguono i seguenti passi:

- Si determina il valore limite $(1/\gamma_c)_{lim}$
- Si determina $1/\gamma_c$ all'inizio e alla fine di ogni mese, chiamando $(1/\gamma_c)_1$ il valore piu' piccolo e $(1/\gamma_c)_2$ il valore piu' grande
- Se $(1/\gamma_c)_2 < (1/\gamma_c)_{lim}$ tutti i giorni del mese richiedono raffreddamento
- Se $(1/\gamma_c)_1 > (1/\gamma_c)_{lim}$ nessun giorno del mese ha bisogno di raffreddamento
- Altrimenti, per trovare in che giorno si deve iniziare o smettere di raffreddare si può usare la seguente formula, in cui f_c indica il periodo in cui si richiede il raffrescamento:
 - $f_c = 0.5 * ((1/\gamma_c)_{lim} - (\frac{1}{\gamma_c})_1) / ((\frac{1}{\gamma_c}) - (1/\gamma_c)_1)$ se $(1/\gamma_c) > (1/\gamma_c)_{lim}$
 - $f_c = 0.5 + 0.5 * ((1/\gamma_c)_{lim} - (\frac{1}{\gamma_c})) / ((\frac{1}{\gamma_c})_2 - (1/\gamma_c))$ se $(1/\gamma_c) \leq (1/\gamma_c)_{lim}$

6.4 Calcolo del fabbisogno energetico per il riscaldamento e per il raffreddamento

La procedura di calcolo per ottenere il fabbisogno di energia estiva e invernale dell'edificio è composta dai seguenti passi:

- Definizione delle condizioni interne ed esterne
- Calcolo delle caratteristiche di calore per trasmissione e ventilazione
- Calcolo degli apporti gratuiti interni e solari
- Calcolo di γ e definizione delle lunghezze delle stagioni di riscaldamento e raffreddamento
- Calcolo i parametri dinamici η_h e η_c .

Domanda di energia per il riscaldamento

La formula generale per il calcolo del fabbisogno energetico invernale e' la seguente:

$$Q_h = Q_t + Q_v - (Q_s + Q_i)$$

Il problema di questa equazione sta nel fatto che la temperatura interna T_i varia continuamente per via:

- dell'intermittenza notturna
- del sovrariscaldamento dovuto agli apporti interni e solari Q_i e Q_s

inoltre, anche il calore per trasmissione e quello per ventilazione dipendono dalla temperatura interna variabile. Per semplificare il problema introduciamo le variabili $Q_{t,ref}$ e $Q_{v,ref}$ che fanno riferimento alla temperatura interna di set-point, considerata fissa. La formula diventa quindi:

$$Q_h = Q_t + Q_v - (Q_s + Q_i) = Q_{t,ref} + Q_{v,ref} - \eta_h (Q_s + Q_i)$$

Dove η_h è il coefficiente di utilizzo (guadagno).

Domanda di energia per il raffreddamento

Il fabbisogno di energia per il freddo è calcolato come:

$$Q_c = Q_s + Q_i - \eta_c (Q_{t,ref} + Q_{v,ref}) = Q_{hg} - \eta_c Q_{hl}$$

Dove

η_c è il coefficiente di utilizzo (perdite)

Il fattore di utilizzo η_c è funzione del rapporto tra bilancio termico e l'inerzia termica dell'edificio. Se Q_{hl} è negativo, il fattore di utilizzo viene imposto uguale a 1 e, conseguentemente, le perdite negative vengono considerate come guadagni.

Il fabbisogno energetico per la deumidificazione, ovvero per sopperire al calore latente, non è incluso in questo calcolo.

6.4.1 Termini del bilancio energetico

In questo paragrafo viene chiarito il significato dei termini introdotti nelle formule precedenti.

Q_t: perdita di calore per trasmissione

$$Q_t = H_t (T_i - T_e) t = (H_D + H_G + H_U + H_A) (T_i - T_e) t$$

In cui i pedici:

D si riferisce alla trasmissione del calore verso l'ambiente esterno;

A verso gli spazi condizionati adiacenti;

U verso gli spazi non condizionati;

G verso il terreno

t è la durata del mese considerato

Nel caso in cui la temperatura dell'altro edificio o ambiente confinante non sia uguale alla temperatura esterna, si considera un fattore di aggiustamento, calcolato mediante un rapporto di temperature.

Q_v: perdita di calore per ventilazione

$$Q_v = H_v (T_i - T_e) t = \frac{\rho_a c_a}{3600} \left[\sum_k q_{v,k} b_{v,k} \right] (T_i - T_e) t$$

Dove

$\rho_a c_a$ è il prodotto tra la densità dell'aria e il suo calore specifico ($\frac{\rho_a c_a}{3600} = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \text{ K})$)

$q_{v,k}$ è il time average flow rate misurato in m^3/h

$b_{v,k}$ è un fattore di aggiustamento che assume valore diverso da uno nel caso in cui la temperatura dell'aria in ingresso non sia uguale alla temperatura esterna, come avviene nel caso di ventilazione meccanica con batteria di pre-riscaldamento, pre-raffreddamento o scambiatore di calore.

Q_{int}: Apporti interni di calore

Gli apporti interni di calore consistono nel calore generato all'interno dello spazio condizionato da sorgenti non utilizzate intenzionalmente per produrre calore.

Questi includono:

- calore generato dagli occupanti
- dissipazione di calore da luci o attrezzature elettriche
- calore dissipato o assorbito dai sistemi di ventilazione
- calore prodotto da servizi

$$Q_{int} = \left[\sum \phi_{int} + \sum (1 + b_{tr}) \phi_{int,u} \right] t$$

Dove

ϕ_{int} è il time average flow rate dalla sorgente interna

b_{tr} è il fattore di riduzione per gli spazi adiacenti non condizionati con formazione interna di calore

$\phi_{int,u}$ è il time average flow rate delle sorgenti interne negli spazi non condizionati

t è il tempo considerato

Q_{sol} : apporti solari interni

Gli apporti solari interni sono il risultato di

- radiazione solare nella località di interesse
- orientamento delle superfici
- ombreggiamenti permanenti o mobili
- trasmittanza e assorbimento della superficie

Per il metodo mensile e stagionale, la somma dei carichi termici provenienti dal sole è calcolato attraverso la seguente formula:

$$Q_{sol} = \left[\sum \phi_{sol,k} + \sum (1 - b_{tr,j}) \phi_{sol,u,j} \right] t$$

in cui:

$b_{tr,j}$ è il fattore di aggiustamento per gli spazi non condizionati con sorgente interna di calore j .

6.4.2 Coefficiente di utilizzo

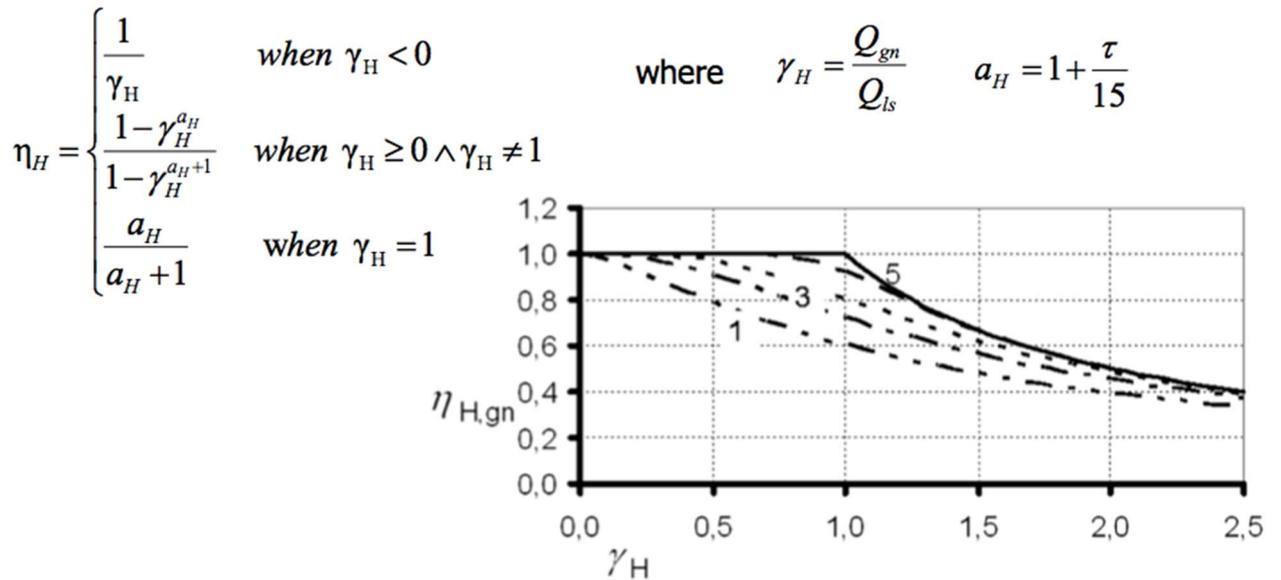
Il coefficiente di utilizzo degli apporti gratuiti η_h e' funzione della costante di tempo dell'edificio e di γ precedentemente definito come: $\gamma = \frac{Q_{hg}}{Q_{hl}} = \frac{Q_s + Q_i}{Q_t + Q_v}$.

La costante di tempo dell'edificio, espressa in ore, quantifica la sua inerzia termica ed e' definita come:

$$\tau = \frac{C_m/3600}{H_t + H_v}$$

in cui C_m è la capacità termica dell'involucro edilizio (J/K). Il coefficiente di utilizzo assume valori diversi per il riscaldamento o il raffreddamento e nel seguito sono riportate le relazioni empiriche che consentono di determinarlo.

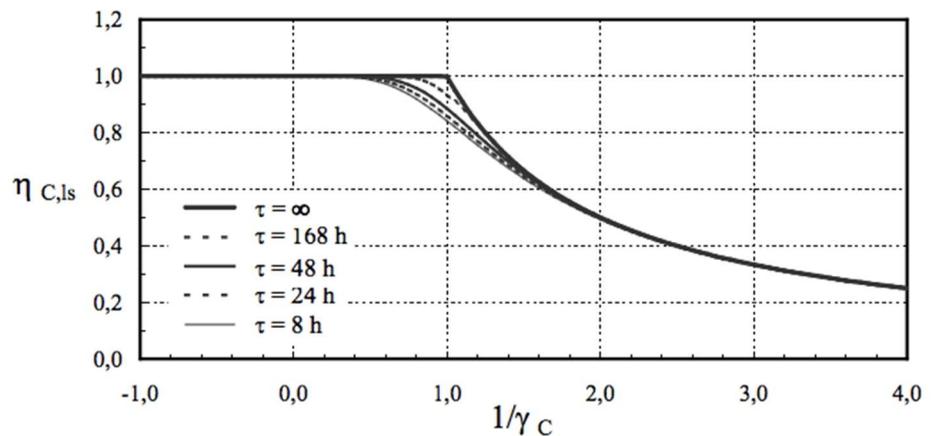
Utilizzando il grafico sotto riportato è possibile determinare $\eta_{H,gn}$, necessario al fine di calcolare il calore necessario al riscaldamento dell'edificio Q_H .



- 1: building time constant τ equal to 8 hours (low thermal inertia)
- 3: building time constant τ equal to 2 days
- 5: building time constant τ infinite (high thermal inertia)

Con un analogo procedimento di calcolo è possibile ricavare il coefficiente di utilizzo delle perdite per raffreddamento η_c . Dopo aver definito $\gamma_c = \frac{Q_{gn}}{Q_{ls}}$ e a_c , coefficiente che dipende dall'inerzia termica dell'edificio, si utilizzano le relazioni e il grafico sotto riportati.

$$\eta_C = \begin{cases} 1 & \text{when } \gamma_C < 0 \quad \text{where} \quad \gamma_C = \frac{Q_{gn}}{Q_{ls}} \quad a_C = 8,1 + \frac{\tau}{17} - 13 \frac{A_w}{A_f} \\ \frac{1 - \gamma_C^{-a_C}}{1 - \gamma_C^{-(a_C+1)}} & \text{when } \gamma_C > 0 \wedge \gamma_C \neq 1 \\ \frac{a_C}{a_C + 1} & \text{when } \gamma_C = 1 \end{cases}$$



6.5 Risultati del calcolo per l'edificio oggetto di studio

Applicando la metodologia spiegata nei capitoli precedenti si è ricavato il foglio di Excel. Da questo sono stati appunto ricavati sia la durata dei periodi di riscaldamento e raffreddamento che i fabbisogni energetici sia per funzionamento continuo sia tenendo conto dell'intermittenza. I sopracitati risultati sono brevemente discussi nel seguito.

6.5.1 Periodo di riscaldamento e raffreddamento

E' stato possibile determinare la durata del periodo di riscaldamento, che si verifica quando $\gamma_H < \gamma_{H,lim} = \frac{1+a_H}{a_H}$, con $a_h = 1 + \frac{\tau}{15}$ e $\gamma_h = \frac{Q_{hg}}{Q_{hl}} = \frac{Q_s + Q_i}{Q_t + Q_v}$.

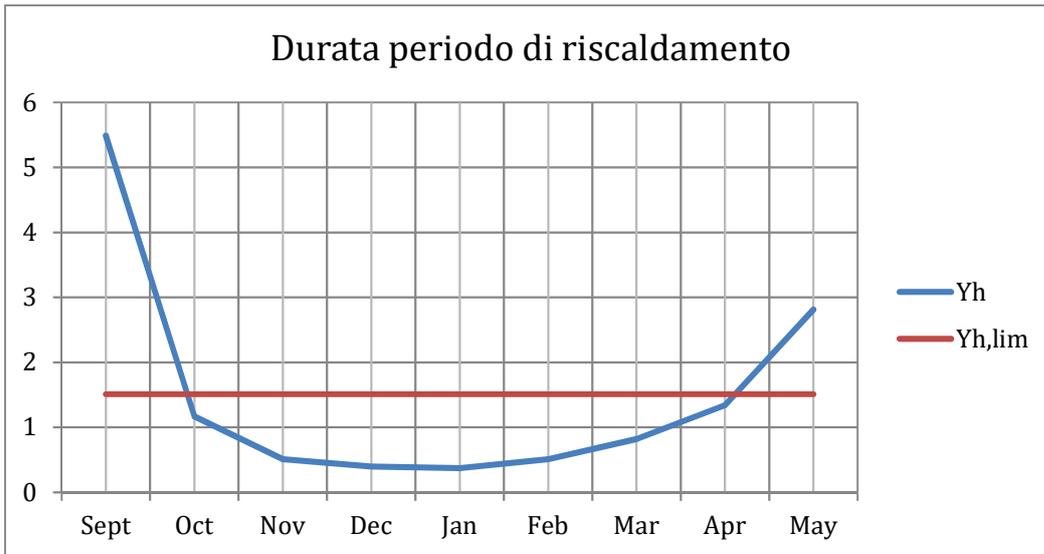


Figura 6- Durata del periodo di riscaldamento

Si può notare che, in base al calcolo effettuato il periodo di riscaldamento inizierebbe il 13 di Ottobre e finirebbe il 17 di Aprile, risultando leggermente più corto e sfalsato rispetto a quanto previsto dalle normative. Il motivo principale risiede nell'aver utilizzato le temperature medie mensili relative ad un particolare anno anziché dei valori mediati su un cospicuo numero di anni.

La durata del periodo di raffreddamento si verifica quando $1/\gamma_c < 1/\gamma_{c,lim} = \frac{1+a_c}{a_c}$,

con $a_c = 8,1 + \frac{\tau}{17} - 13 \frac{A_w}{A_f}$ e $\gamma_c = \frac{Q_{cg}}{Q_{cl}} = \frac{Q_s + Q_i}{Q_t + Q_v}$ ed è mostrata nel seguente grafico.

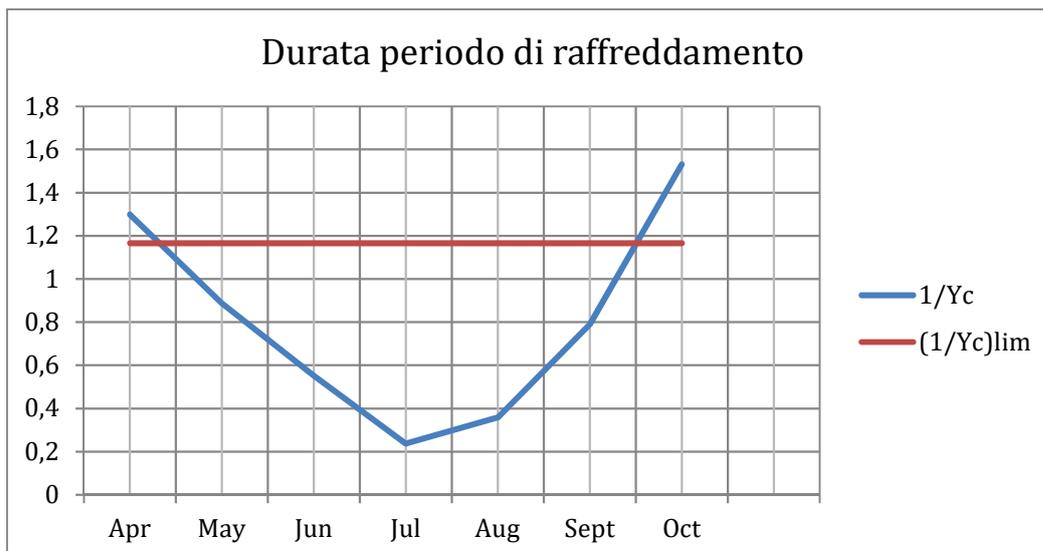


Figura 7- Durata del periodo di raffreddamento

Dal grafico si nota come l'edificio richiederebbe il condizionamento da fine Aprile, approssimativamente intorno al 25 Aprile, fino a fine Settembre. Questo periodo di raffreddamento risulta così lungo per via dell'elevata superficie vetrata che caratterizza il fabbricato, la quale non contribuisce al fattore legato all'inerzia termica e accentua il contributo energetico derivante dagli apporti solari.

6.5.2 Fabbisogno energetico continuo e intermittente per il periodo di riscaldamento e di raffreddamento

Dopo aver calcolato i giorni di riscaldamento, che corrispondono verosimilmente al periodo di accensione e spegnimento dell'impianto definito da normativa per la località di Torino, è stato ricavato il fabbisogno energetico continuo per il riscaldamento dell'edificio. La formula utilizzata è la seguente:

$$Q_h = Q_{\text{losses}} - \eta_t * Q_{\text{gains}}$$

In cui:

Q_{losses} è la somma tra il calore disperso per ventilazione e quello disperso per trasmissione, precedentemente calcolati

Q_{gains} rappresenta gli apporti gratuiti solari ed interni, che in parte diminuiscono l'effettivo fabbisogno energetico

η_t il fattore di utilizzo, che dipende solamente dal costante di tempo dell'edificio.

Questo valore rappresenta l'energia che l'edificio richiederebbe se fosse riscaldato tutto il giorno per tutti i giorni di riscaldamento. In realtà il secondo piano considerato si presume che verrà occupato 10 ore al giorno, dalle 08:00 alle 18:00, dal lunedì al venerdì. Quindi è stato calcolato il calore effettivamente richiesto dall'edificio con l'utilizzazione ad intermittenza dell'impianto, considerando un parametro "a" calcolato attraverso una formula empirica basata sulla costante di tempo dell'edificio, su γ e sul tempo di utilizzo del piano.

Il grafico sotto riportato mostra per ogni mese di riscaldamento il valore di energia continua e intermittente consumata dall'impianto termico per soddisfare il benessere degli occupanti.

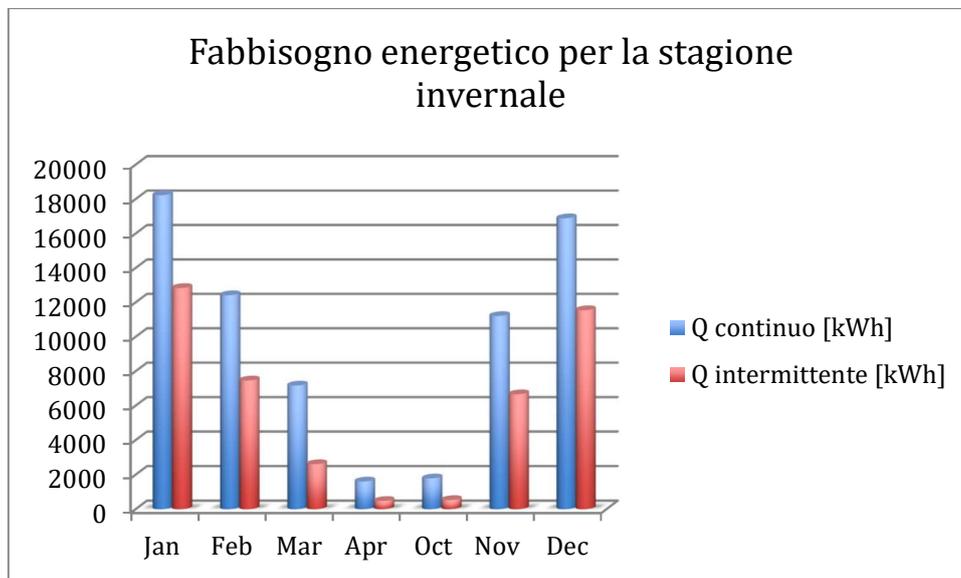


Figura 8- Fabbisogno energetico per la stagione invernale con l'impianto in funzionamento continuo o intermittente

Si noti come i mesi che richiedono più energia sono, come da previsione, i mesi più freddi dell'anno, ovvero Dicembre e Gennaio. Da questo dato si deduce la grande importanza che la temperatura esterna assume ai fini del fabbisogno energetico.

Facendo un confronto tra le due energie calcolate, si vede ovviamente un valore del fabbisogno energetico intermittente più basso rispetto al fabbisogno continuo per ogni mese, ma il rapporto tra i due non rimane costante. La differenza maggiore risulta verificarsi nei mesi di inizio e fine riscaldamento, Ottobre e Aprile, questo potrebbe anche essere dovuto ad errori nell'utilizzo del modello quasi steady state, come detto all'inizio; mentre la differenza minore si ha nei mesi più rigidi di Dicembre e Gennaio, con il calore intermittente che è circa il 30% in meno di quello continuo.

Il procedimento eseguito per calcolare l'energia necessaria nei periodi caldi è analogo. La formula utilizzata è la seguente:

$$Q_c = Q_{\text{gains}} - \eta_c * Q_{\text{losses}}$$

Gli apporti interni e solari, che nel caso del periodo di riscaldamento riducevano il fabbisogno energetico, in questa situazione svolgono il ruolo inverso, ovvero contribuiscono al fabbisogno energetico estivo dell'edificio.

Anche in questo caso, oltre al fabbisogno energetico con l'utilizzo dell'edificio continuo, è stato calcolato il fabbisogno energetico per un utilizzo intermittente.

Si riporta nel grafico di figura 9 il confronto tra i due fabbisogni energetici per il raffreddamento valutati mese per mese.

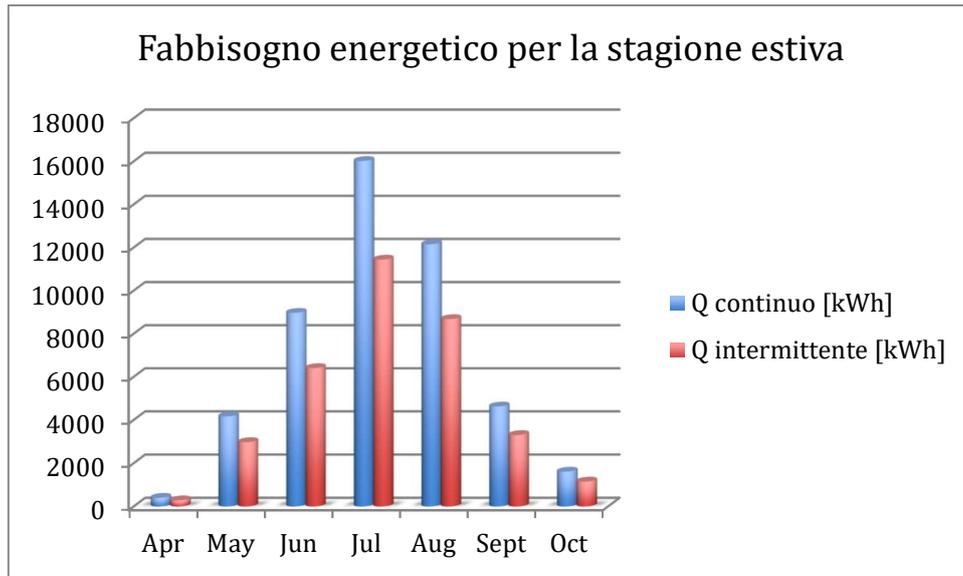


Figura 9- Fabbisogno energetico per la stagione estivo con l'impianto in funzionamento continuo o intermittente

Luglio risulta essere il mese che richiede più energia per il raffrescamento. Questo è dettato sia dalla temperatura esterna, maggiore rispetto agli altri mesi, e sia dalla radiazione solare mensile, che porta un valore significativo di apporto solare. Per quel che riguarda il paragone tra Q_{continuo} e $Q_{\text{intermittente}}$, quest'ultimo risulta nuovamente essere inferiore di circa il 30% rispetto al fabbisogno continuo.

7 Calcolo della potenza termica invernale richiesta

Nel capitolo precedente si è calcolato il fabbisogno energetico dell'edificio, ma ai fini della progettazione occorre porsi nelle condizioni più svantaggiose calcolando la potenza termica richiesta in tali circostanze.

Si sono applicati i criteri appresi nel corso di *Design of HVAC* del Professor M.C. Masoero (25) e impiegate le puntualizzazioni presenti sul testo *Manuale della climatizzazione*. (26)

I calcoli delle potenze termiche invernali ed estive sono stati effettuati utilizzando due procedure differenti. La prima prevede la predisposizione di fogli di calcolo Excel, in cui è stata ricavata la potenza invernale ed estiva per ogni locale presente

nella parte di edificio oggetto di studio. In questo modo, attraverso il foglio di lavoro di Excel si può vedere ogni formula utilizzata ai fini della progettazione, andando a seguire individualmente e passo per passo il metodo usato come descritto al capitolo 7.1.

La seconda procedura è invece stata effettuata attraverso il software di termotecnica Edilclima in conformità alle specifiche tecniche della normativa UNI 11300 ed è stato utilizzato come strumento di verifica per i risultati trovati precedentemente attraverso Excel. In questo caso l'edificio è stato per semplicità trattato come un unico ambiente.

7.1 Procedura e risultati ottenuti attraverso il foglio di lavoro Excel

Il calcolo dei carichi termici invernali viene eseguito per la temperatura minima di progetto, ovvero -8°C . Per ogni locale vengono calcolate le potenze termiche sensibili. Il calcolo viene effettuato in regime stazionario e non vengono presi in considerazione gli apporti gratuiti (interni e/o esterni), ossia:

- Le sorgenti interne: persone e apparecchiature interne (PC, lampade, ecc.);
- Le sorgenti esterne: radiazione solare

Per quel che riguarda le potenze termiche sensibili, si calcola la potenza dispersa attraverso la superficie opaca e attraverso la superficie vetrata delle pareti disperdenti, ossia quelle confinanti con l'ambiente esterno, il pavimento e la copertura. Il calcolo viene effettuato attraverso la seguente formula:

$$\dot{Q} = \alpha_i \cdot U_i \cdot S_i \cdot \Delta T_i$$

Dove α_i è un coefficiente che dipende dall'esposizione della parete:

- $\alpha_i = 1$ per pareti esposte a Sud
- $\alpha_i = 1,10 \div 1,15$ per pareti esposte ad Est
- $\alpha_i = 1,15 \div 1,20$ per pareti esposte a Nord
- $\alpha_i = 1,05 \div 1,10$ per pareti esposte ad Ovest

U_i è la trasmittanza termica della parete, S_i la superficie della parete stessa e ΔT_i la differenza di temperatura tra l'ambiente interno (22°C) e l'ambiente esterno (la cui minima a Torino è -8°C). Nei calcoli si prendono quindi in considerazione i muri confinanti con l'ambiente esterno e la copertura, in quanto la parte di edificio considerata si trova all'ultimo piano. Discorso diverso si fa per il pavimento per cui si considera la temperatura dell'ambiente confinante, ossia il primo piano, che viene riscaldato e quindi si ha una gradiente termico pari a zero.

Siccome il piano viene mantenuto in leggera sovrappressione, grazie all'utilizzo dell'aria primaria inviata dalla UTA, la potenza termica calcolata non viene sommata al carico termico che si dovrebbe fornire per scaldare l'aria esterna che entrerebbe dagli infissi se non vi fosse l'impianto ad aria.

La tabella sottostante riporta le trasmittanze utilizzate per il calcolo dei carichi termici. Si noti come la trasmittanza termica delle superfici vetrate sia molto alta, più del doppio di quella prevista da normativa, questo perché gli infissi risalgono agli anni '80 circa.

TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	
PARETI	0,27
VETRI	3,5
TETTO	0,24
SOFFITTO COPERTO	0,24
PAVIMENTO	0,27
PAVIMENTO COPERTO	0,5
APPARTAMENTO CONFINANTE	0,8
PARETI SCALE	0,8

Tabella 7- Trasmittanza delle superfici presenti nella struttura

Tutti i carichi termici sensibili così calcolati vengono incrementati di un 20% sia per tener conto dei ponti termici sia perchè è consigliata una maggiorazione della potenzialità negli impianti con funzionamento intermittente come questo, il quale viene spento ogni notte e durante i week end. Questa maggiorazione serve ad abbreviare i tempi della messa a regime dell'impianto.

In questo calcolo la potenza termica latente, che dipende dalle persone presenti, in particolare dal vapore emesso attraverso la respirazione e traspirazione di ogni individuo, non è stata considerata perché l'impianto non prevede il controllo dell'umidità.

La tabella 8 mostra il foglio Excel appositamente predisposto ed utilizzato per il calcolo dei carichi termici invernali. La stessa procedura è stata seguita per tutti gli ambienti e i relativi fogli Excel sono presenti all'Allegato 1.

UFFICIO ANGOLO SINISTRA								
ESPOSIZIONE		APPORTO UNITARIO	BASE	ALTEZZA	SUPERFICIE	FATTORE CORRETTIVO ESPOSIZIONE	DT	CARICO SENSIBILE
		K						
		W/m2°C	m	m	m2	—	°C	W
SUD/OVEST	TRASM.V	3,50	0,0		0,0	1,05	30	0
	TRASM.M	0,27	4,8	3,8	18,1	1,05	30	154
NORD/ OVEST	TRASM.V	3,50	4,0	2,8	11,2	1,15	30	1.352
	TRASM.M	0,27	4,9	3,8	7,6	1,15	30	70
TETTO	TRASM.M	0,24			18,9	1,1	30	150
CARICO TERMICO DISPERSIONI ESCLUSO CARICO NECESSARIO PER ARIA ESTERNA								1.727
COEFFICIENTE DI SICUREZZA							1,2	2.072

Tabella 8- Calcolo del carico termico invernale per "ufficio angolo sinistra"

Nella tabella seguente, si riassumono i carichi termici invernali calcolati per ogni locale.

Come si vede dall'ultima riga, la potenza totale richiesta per riscaldare la porzione dell'edificio oggetto del progetto è di circa 66 kW.

AMBIENTE	CARICO TERMICO INVERNALE [W]
UFFICIO ANGOLO SINISTRA	2.072
STANZA SKYPE	22
SALA RELAX	968
SALA RIUNIONE SINISTRA	1.737
UFFICIO SINISTRA	1.834
OPENSACE SINISTRA	17.882
UFFICIO 1	2.005
UFFICIO 2	2.005
UFFICIO 3	2.016
SPAZI COMUNI	18.637
SALA RIUNIONE DESTRA	59
OPENSACE DESTRA	16.528
BAGNO SINISTRA	68
BAGNO DESTRA	64
BAGNO DISABILI	40
TOTALE	65.937

Tabella 9- Carichi termici invernali dei diversi ambienti, con gli infissi attualmente presenti

Gli stessi calcoli sono stati eseguiti variando la trasmittanza termica delle finestre e imponendola uguale a $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, valore limite di legge.

Dalla tabella che segue si possono vedere le differenze notevoli di carichi termici ottenuti in questo caso. I bagni e la sala riunione di destra, non sono influenzati dal cambiamento della trasmittanza termica degli infissi, in quanto non hanno superfici vetrate. La potenza termica totale, con infissi nuovi, risulta essere circa 32 kW, meno della metà di quella calcolata in precedenza con le finestre vecchie. La grande differenza di carichi termici è dettata dal fatto che questo piano presenta

una superficie vetrata molto elevata, si hanno infatti 72 finestre di 5,6 m², corrispondenti a una superficie totale di 403 m².

AMBIENTE	CARICO TERMICO INVERNALE [W]
UFFICIO ANGOLO SINISTRA	1.099
STANZA SKYPE	22
SALA RELAX	524
SALA RIUNIONE SINISTRA	848
UFFICIO SINISTRA	860
OPENSACE SINISTRA	9.055
UFFICIO 1	1.031
UFFICIO 2	1.031
UFFICIO 3	1.042
SPAZI COMUNI	8.519
SALA RIUNIONE DESTRA	59
OPENSACE DESTRA	8.060
BAGNO SINISTRA	112
BAGNO DESTRA	104
BAGNO DISABILI	66
TOTALE	32.432

Tabella 10- Carichi termici invernali dei diversi ambienti, se gli infissi venissero cambiati

7.2 Valutazione di fattibilità per il cambio degli infissi

Come già accennato nei precedenti paragrafi, l'edificio presenta un numero molto elevato di infissi risalenti agli anni '80. Questi hanno una trasmittanza termica molto elevata e come visibile dalle tabelle sopra riportate causano quasi il doppio

delle dispersioni rispetto all'utilizzo dei vetri d'oggi che hanno trasmittanza termica di $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$.

A tal proposito è stato effettuato uno studio per valutare il beneficio economico derivante dal cambio delle finestre e il tempo di ritorno dell'investimento effettuato.

Dal sito dell' ARPA Piemonte sono stati importati, su un foglio di lavoro Excel, i vari giorni di riscaldamento, escludendo i fine-settimana e le altre festività, e le relative temperature medie registrate. Tramite i carichi termici calcolati in precedenza, relativi agli infissi nuovi e vecchi, sono state calcolate le potenze termiche corrette per ambo i casi, con la seguente formula:

$$P_{media}[W] = P_{max} * \frac{\Delta t_{medio}}{\Delta t_{progetto}}$$

In cui:

P_{media} rappresenta la potenza media giornaliera o potenza corretta

P_{max} rappresenta la potenza massima, ovvero quella relativa alle condizioni di progetto

Δt_{medio} e' il gradiente termico tra la temperatura che si vuole mantenere all'interno dell'edificio e la temperatura media giornaliera

$\Delta t_{progetto}$ e' il gradiente termico di progetto, ovvero la differenza tra la temperatura di progetto all'interno dell'edificio e la temperatura esterna di progetto, che a Torino è di -8°C .

Il passaggio per individuare le potenze termiche medie è indispensabile per riuscire ad individuare l'energia effettivamente consumata. Le potenze termiche medie sono infatti le effettive potenze consumate giorno per giorno. In fase di progettazione, invece, bisogna sempre dimensionare l'impianto tenendo conto delle situazioni più sfavorevoli, da cui deriva la potenza massima.

Successivamente, dopo aver calcolato per ogni giorno le potenze medie per gli infissi vecchi e nuovi, si ricava la potenza media risparmiata facendo una sottrazione tra le due potenze corrette.

Per il calcolo dell'energia risparmiata sono state fatte due ipotesi:

- le ore giornaliere di funzionamento dell'impianto sono 10 (8.00 – 18.00)
- il rendimento dell'impianto termico è dell' 80%

Moltiplicando la potenza risparmiata per il numero di ore di funzionamento e dividendola per il rendimento e per 1000, si ottiene l'energia risparmiata ogni giorno espressa in kWh. Sommando le energie risparmiate giornaliere, si ricava il risparmio energetico annuale che risulta essere di 27.943 kWh/y.

Dal risparmio in termini energetici si passa al risparmio in termini di consumo metano ed infine a quello economico.

Per trovare il metano risparmiato in Sm^3 , si divide l'energia risparmiata per il potere calorifico del metano ($9,27 kWh/Sm^3$), da cui si ottiene un risparmio di $3.014 Sm^3/y$.

Si ipotizza che il costo del metano in bolletta sia di $0,77 €/Sm^3$. Moltiplicando il prezzo del metano per il volume di metano risparmiato ricaviamo il risparmio economico annuo di $2.321€/y$.

Sono stati ipotizzati i costi in €/m² sia delle intere finestre ($200 €/m^2$), sia dei singoli infissi ($100 €/m^2$), entrambi compresi di posa. La superficie vetrata dell'edificio e' di $403 m^2$, quindi risultano dei costi di $80.640 €$ per il cambio totale delle finestre, ipotizzando una cornice in PVC e $40.320 €$ per il cambio dei soli vetri. Da quest'anno la detrazione fiscale che riguarda il cambio degli infissi è diminuita dal 65% del 2016 al 50%. Tenendo conto di quest'ultima aliquota, per entrambi i costi ottenuti si ottengono rispettivamente gli importi di $40.320 €$ e $20.160 €$.

Per ottenere il pay back time, ovvero gli anni che servono affinché l'investimento iniziale per cambiare finestre o infissi sia completamente ripagato dal risparmio di metano, si è diviso il costo dell'investimento con detrazione per il costo di metano risparmiato annualmente. In realtà bisognerebbe utilizzare dei fattori di attualità in grado di tenere conto della variazione del costo di metano negli anni. Per i due casi si ottengono pay back time di 17 anni se si cambiano le intere finestre e la metà, ovvero 9 anni, per il solo cambiamento dei vetri.

Questo risultato dimostra quanto la sostituzione delle vecchie finestre non sia economicamente sostenibile. Purtroppo il pay back time ottenuto risulta in linea con quelli calcolati per questa tipologia di interventi, che si aggirano intorno ai 20 anni. Tutto ciò va ovviamente a discapito dell'ambiente.

7.3 Procedura e risultati ottenuti attraverso il software Edilclima

Il programma effettua il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici in conformità alle specifiche tecniche UNI TS 11300. Vengono presi in considerazione i servizi di climatizzazione invernale ed estiva e i consumi di energia per ventilazione e illuminazione. Tramite una semplice interfaccia si è in grado di inserire i dati necessari per calcolare:

- potenza invernale, per il dimensionamento dell'impianto di riscaldamento e la corretta valutazione dei rendimenti, secondo norma UNI EN 12831;
- energia utile invernale ed estiva secondo UNI/TS 11300-1, per la caratterizzazione dell'involucro edilizio;
- potenza estiva, per il dimensionamento dell'impianto di climatizzazione estiva. (27)

La prima maschera è quella relativa ai dati generali, qui occorre inserire i dati di progetto; da questa scheda è inoltre possibile indicare al programma lo scopo del calcolo. Passando alla scheda dati climatici si inserisce la località in cui si trova l'edificio, in questo caso Torino; in automatico la maschera risulta compilata con tutti i dati climatici della località scelta.

DATI CLIMATICI DELLA LOCALITÀ

Caratteristiche geografiche

Località	Torino		
Provincia	Torino		
Altitudine s.l.m.		239	m
Latitudine nord	45° 7'	Longitudine est	7° 43'
Gradi giorno	2617		
Zona climatica	E		

Località di riferimento

per la temperatura	Torino
per l'irradiazione	I località: Torino
	II località: Torino
per il vento	Torino

Caratteristiche del vento

Regione di vento:	A
Direzione prevalente	Nord-Est
Distanza dal mare	> 40 km
Velocità media del vento	0,8 m/s
Velocità massima del vento	1,6 m/s

Dati invernali

Temperatura esterna di progetto	-8,0 °C
Stagione di riscaldamento convenzionale	dal 15 ottobre al 15 aprile

Dati estivi

Temperatura esterna bulbo asciutto	30,5 °C
Temperatura esterna bulbo umido	22,3 °C
Umidità relativa	50,0 %
Escursione termica giornaliera	11 °C

Temperature esterne medie mensili

Descrizione	u.m.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Temperatura	°C	0,4	3,2	8,2	12,7	16,7	21,1	23,3	22,6	18,8	12,6	6,8	2,0

Irradiazione solare media mensile

Esposizione	u.m.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Nord	MJ/m ²	1,8	2,5	3,7	5,5	7,6	9,1	9,1	6,3	4,2	2,9	1,9	1,5
Nord-Est	MJ/m ²	1,9	3,2	5,5	8,4	10,5	11,8	12,6	9,4	6,3	3,9	2,2	1,7
Est	MJ/m ²	4,1	6,1	8,9	11,7	12,9	13,9	15,4	12,5	9,6	7,1	4,4	4,0
Sud-Est	MJ/m ²	7,1	9,1	11,3	12,4	12,0	12,1	13,7	12,5	11,3	10,0	7,3	7,4
Sud	MJ/m ²	9,0	10,8	11,9	11,2	9,8	9,5	10,6	10,7	11,2	11,6	9,2	9,6
Sud-Ovest	MJ/m ²	7,1	9,1	11,3	12,4	12,0	12,1	13,7	12,5	11,3	10,0	7,3	7,4
Ovest	MJ/m ²	4,1	6,1	8,9	11,7	12,9	13,9	15,4	12,5	9,6	7,1	4,4	4,0
Nord-Ovest	MJ/m ²	1,9	3,2	5,5	8,4	10,5	11,8	12,6	9,4	6,3	3,9	2,2	1,7
Orizzontale	MJ/m ²	5,0	7,8	12,2	17,0	19,6	21,5	23,5	18,5	13,5	9,3	5,5	4,7

Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione: **272** W/m²

Entrando nella maschera di “componenti involucro”, si attiva un menu ad albero per la creazione di muri, pavimenti, soffitti, ponti termici e componenti finestrati. Per ogni tipologia di elemento è possibile creare una nuova struttura o importarla da un altro lavoro.

La definizione delle caratteristiche di un componente avviene dalla scheda Dati generali; il programma consente l'inserimento diretto dei valori caratterizzanti l'elemento. Dalla scheda successiva denominata Stratigrafia è possibile caratterizzare la stratigrafia del componente utilizzando i materiali presenti negli archivi Edilclima.

La creazione di locali climatizzati è avvenuta attraverso input grafico, disegnando le pareti e inserendo il locale. Terminata la creazione grafica dei locali tutti i dati relativi alle strutture disperdenti vengono automaticamente compilati. Selezionando poi i nodi relativi ad un locale si possono inserire o modificare i dati inerenti le caratteristiche dimensionali, le temperature interne di progetto, gli apporti interni aggiuntivi e i dati relativi alla ventilazione. Per ogni locale è possibile indicare se è presente una ventilazione di tipo naturale, meccanico o ibrida. Nel nostro caso non consideriamo le perdite per ventilazione, in quanto abbiamo una ventilazione meccanica e queste perdite vengono tenute in conto per il dimensionamento dell'UTA.

Qui sotto vengono riportati i risultati del fabbisogno di potenza termica invernale differenziando le dispersioni in base ai componenti opachi, vetrati e ai ponti termici e le dispersioni di ogni superficie in base al suo orientamento.

FABBISOGNO DI POTENZA TERMICA INVERNALE secondo UNI EN 12831

Dati climatici della località:

Località	Torino	
Provincia	Torino	
Altitudine s.l.m.	239	m
Gradi giorno	2617	
Zona climatica	E	
Temperatura esterna di progetto	-8,0	°C

Dati geometrici dell'intero edificio:

Superficie in pianta netta	685,81	m ²
Superficie esterna lorda	1706,39	m ²
Volume netto	2626,65	m ³
Volume lordo	3747,92	m ³
Rapporto S/V	0,46	m ⁻¹

Opzioni di calcolo:

Metodologia di calcolo	Vicini presenti	
Coefficiente di sicurezza adottato	1,00	-

Coefficienti di esposizione solare:

	Nord: 1,20	
Nord-Ovest: 1,15		Nord-Est: 1,20
Ovest: 1,10		Est: 1,15
Sud-Ovest: 1,05		Sud-Est: 1,10
	Sud: 1,0	

DISPERSIONI DEI COMPONENTI

Dettaglio delle dispersioni per trasmissione dei componenti

Dispersioni strutture opache:

Co d	Tipo	Descrizione elemento	U [W/m ² K]	θ _e [°C]	S _{Tot} [m ²]	Φ _{tr} [W]	% Φ _{Tot} [%]
M1	T	Perimetrale	0,244	-8,0	546,03	4498	7,2
S1	T	Copertura	0,245	-8,0	757,16	5557	8,9

Totale: **10055 16,1**

Dispersioni strutture trasparenti:

Co d	Tipo	Descrizione elemento	U [W/m ² K]	θ _e [°C]	S _{Tot} [m ²]	Φ _{tr} [W]	% Φ _{Tot} [%]
W1	T	Finestra 200x280	3,449	-8,0	403,20	47024	75,3

Totale: **47024 75,3**

Dispersioni dei ponti termici:

Co d	Tipo	Descrizione elemento	Ψ [W/mK]	L _{Tot} [m]	Φ _{tr} [W]	% Φ _{Tot} [%]
Z1	-	P.T. coperture	0,200	191,75	1294	2,1
Z2	-	P.T. pavimenti sospesi	0,275	191,75	1780	2,8
Z3	-	P.T. serramenti, porte e finestre	0,100	691,20	2337	3,7

Totale: **5411 8,7**

Legenda simboli

- U Trasmittanza termica dell'elemento disperdente
- Ψ Trasmittanza termica lineica del ponte termico
- θ_e Temperatura di esposizione dell'elemento
- S_{Tot} Superficie totale su tutto l'edificio dell'elemento disperdente
- L_{Tot} Lunghezza totale su tutto l'edificio del ponte termico
- Φ_{tr} Potenza dispersa per trasmissione
- %Φ_{Tot} Rapporto percentuale tra il Φ_{tr} dell'elemento e il Φ_{tr} totale dell'edificio

DISPERSIONI COMPLESSIVE DELL'EDIFICIO

Dispersioni per Trasmissione raggruppate per esposizione:

Prospetto Nord-Est:

Cod	Descrizione elemento	U [W/m ² K] Ψ[W/mK]	θ _e [°C]	Sup.[m ²] Lungh.[m]	Φ _{tr} [W]	%Φ _{Tot} [%]
M1	Perimetrale	0,244	-8,0	33,57	295	0,5
Z1	P.T. coperture	0,200	-8,0	9,04	65	0,1
Z2	P.T. pavimenti sospesi	0,275	-8,0	9,04	89	0,1
Z3	P.T. serramenti, porte e finestre	0,100	-8,0	19,20	69	0,1
W1	Finestra 200x280	3,449	-8,0	11,20	1391	2,2

Totale: **1910 3,1**

Prospetto Sud-Est:

Cod	Descrizione elemento	U [W/m ² K] Ψ[W/mK]	θ _e [°C]	Sup.[m ²] Lungh.[m]	Φ _{tr} [W]	%Φ _{Tot} [%]
M1	Perimetrale	0,244	-8,0	238,56	1924	3,1
Z1	P.T. coperture	0,200	-8,0	87,79	579	0,9
Z2	P.T. pavimenti sospesi	0,275	-8,0	87,79	797	1,3
Z3	P.T. serramenti, porte e finestre	0,100	-8,0	336,00	1109	1,8
W1	Finestra 200x280	3,449	-8,0	196,00	22310	35,7

Totale: **26719 42,8**

Prospetto Sud-Ovest:

Cod	Descrizione elemento	U [W/m ² K] Ψ[W/mK]	θ _e [°C]	Sup.[m ²] Lungh.[m]	Φ _{tr} [W]	%Φ _{Tot} [%]
M1	Perimetrale	0,244	-8,0	43,04	331	0,5
Z1	P.T. coperture	0,200	-8,0	8,69	55	0,1
Z2	P.T. pavimenti sospesi	0,275	-8,0	8,69	75	0,1

Totale: **461 0,7**

Prospetto Nord-Ovest:

Cod	Descrizione elemento	U [W/m²K] Ψ[W/mK]	θ_e [°C]	Sup.[m²] Lungh.[m]	Φ_{tr} [W]	%Φ_{Tot} [%]
M1	Perimetrale	0,244	-8,0	230,86	1947	3,1
Z1	P.T. coperture	0,200	-8,0	86,23	595	1,0
Z2	P.T. pavimenti sospesi	0,275	-8,0	86,23	818	1,3
Z3	P.T. serramenti, porte e finestre	0,100	-8,0	336,00	1159	1,9
W1	Finestra 200x280	3,449	-8,0	196,00	23324	37,3

Totale: **27843** **44,6**

Prospetto Orizzontale:

Cod	Descrizione elemento	U [W/m²K] Ψ[W/mK]	θ_e [°C]	Sup.[m²] Lungh.[m]	Φ_{tr} [W]	%Φ_{Tot} [%]
S1	Copertura	0,245	-8,0	757,16	5557	8,9

Totale: **5557** **8,9**

Legenda simboli

- U Trasmittanza termica di un elemento disperdente
- Ψ Trasmittanza termica lineica di un ponte termico
- θ_e Temperatura di esposizione dell'elemento
- Sup. Superficie di un elemento disperdente
- Lungh. Lunghezza di un ponte termico
- Φ_{tr} Potenza dispersa per trasmissione
- %Φ_{Tot} Rapporto percentuale tra il Φ_{tr} dell'elemento e il totale dei Φ_{tr}

7.4 Confronto fra i risultati ottenuti con i due programmi

La potenza invernale richiesta, calcolata con il software Edilclima, risulta di 62.490W, dei quali il 75,3% è dovuto alle dispersioni per trasmissione dei componenti vetrati.

I risultati ottenuti con il foglio Excel danno una potenza termica di 65.937 W. La differenza fra i due procedimenti è davvero molto ridotta, circa 3 kW cioè inferiore al 5% del totale. Questa differenza può essere dovuta al modo di calcolare i ponti termici, infatti, come già detto, nello svolgimento con Excel, i ponti termici non vengono calcolati, ma se ne tiene conto aggiungendo, ai risultati ottenuti, un fattore del 20%. Un'altra cosa da notare è che nel caso di Excel, si esaminano i locali singolarmente, mentre con Edilclima è stato creato un unico locale per l'intero piano.

8 Calcolo dei carichi termici estivi

Anche per il dimensionamento della potenza termica da sottrarre in funzionamento estivo, occorre prendere in considerazione la condizione più sfavorevole. Il fattore predominante è costituito dall'irraggiamento che varia fortemente nel corso della giornata. La radiazione solare, che attraversa le parti trasparenti dell'involucro edilizio, colpisce le superfici interne dei muri e dei solai e ne innalza le temperature superficiali. Si instaurano, quindi, due flussi: conduttivo verso l'interno del materiale, convettivo verso l'ambiente, come schematizzato nella figura seguente.

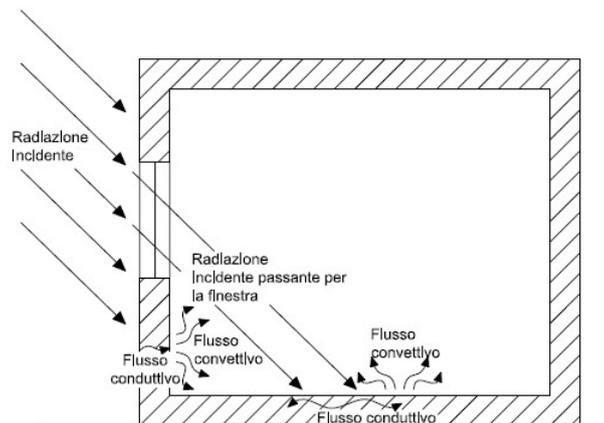


Figura 6- Comportamento della radiazione solare incidente

Il calore trasmesso per conduzione viene accumulato nelle strutture e quello trasmesso per convezione diventa un carico istantaneo per l'impianto di condizionamento. I tempi in cui le diverse strutture accumulano e rilasciano calore dipendono dalle caratteristiche termiche degli elementi stessi. Dal momento che non valgono le condizioni di stazionarietà, sarebbe necessario un approccio in regime dinamico al problema. Sono però stati sviluppati dei metodi semplificati che permettono di valutare la potenza sensibile istantanea oraria di riferimento che l'impianto di raffrescamento estivo deve fornire al fine di garantire l'ottenimento delle condizioni di comfort. Per tenere conto dei fenomeni inerziali, dovuti alla capacità di accumulo termico delle strutture, vengono introdotti dei fattori correttivi che permettono di calcolare con discreta approssimazione gli effettivi flussi termici scambiati.

Le condizioni normali di progetto estive a Torino sono riportate nella Tabella 11 e si riferiscono alle ore 16 del mese di luglio.

Esse corrispondono alle temperature a bulbo secco ed umido che mediamente si verificano per la località di Torino nel periodo estivo. Queste temperature possono essere superate per qualche ora e per qualche giorno della stagione estiva. Un fattore che incide sulla determinazione del carico termico estivo e che deve essere tenuto in conto in fase di progetto è quello relativo alla escursione termica giornaliera della temperatura esterna a bulbo secco. Le massime temperature

esterne che possono verificarsi (eccezionalmente) in particolari stagioni calde non vanno prese in considerazione nella progettazione degli impianti civili destinati al benessere delle persone.

Condizioni	Temperatura Bulbo Secco	Temperatura Bulbo Umido	Umidita' relativa	Punto di rugiada	Titolo
Unita' di misura	°C	°C	%	°C	g/kg
Esterne	31	25,5	50	23	18
Interne	26		50		10
Differenza	5				8

Tabella 11- Condizioni di progetto estive adottate

La maggior parte delle persone si sente a proprio agio con una temperatura a bulbo secco di 24-25°C ed una umidità relativa intorno al 50%. Tale temperatura, pertanto, può essere assunta quale ideale per la progettazione di impianti civili. In pratica, poiché solo eccezionalmente i carichi termici (irraggiamento, persone presenti, illuminazione, ecc.) raggiungono contemporaneamente il loro valore massimo, al fine di ottenere degli impianti più economici, si usa progettare per temperature ambiente di uno o due gradi superiori a quelle sopraindicate, nel nostro caso la temperatura interna di progetto si assume di 26 °C.

8.1 Procedura e risultati ottenuti attraverso il foglio di lavoro Excel

La scelta delle apparecchiature necessarie per assicurare il condizionamento degli ambienti in esame deve tener conto sia degli apporti di calore che provengono dall'esterno, sia di quelli che si creano all'interno dell'ambiente da condizionare. La determinazione dell'ora nella quale si verifica il massimo carico termico può comportare diverse stime eseguite per ore diverse della giornata. In pratica è molto raro che i diversi carichi termici raggiungano contemporaneamente il loro valore massimo. Per avere dei risultati accettabili, occorre applicare ai diversi valori dei carichi dei coefficienti di correzione. Le tabelle sotto riportate mostrano

il foglio Excel utilizzato per la stima dei carichi termici prendendo come riferimento uno dei moduli più noti, ovvero il modulo E20 Carrier. (26)

I carichi esterni risultano essere:

- irraggiamento diretto attraverso le superfici vetrate
- radiazione e trasmissione attraverso pareti esterne e tetto
- trasmissione eccettuate attraverso pareti esterne e tetto

I carichi interni sono invece quelli che si creano all'interno dell'ambiente condizionato. A questi carichi, viene applicato un coefficiente di simultaneità per tener conto della saltuarietà di funzionamento dei componenti. In particolare, per le persone è stato scelto il valore 0,9 e per l'illuminazione 0,85. Le principali sorgenti di calore interno che si trovano nell'edificio in questione possono comprendere: persone presenti, illuminazione, pc, stampanti, distributori automatici di bevande.

La tabella 12 mostra il foglio Excel appositamente predisposto ed utilizzato per il calcolo dei carichi termici estivi. La stessa procedura è stata seguita per tutti gli ambienti e i relativi fogli Excel sono presenti all'Allegato 2.

UFFICIO ANGOLO SINISTRA					
Denominazione	U.M.	Superficie Quantità	Radiazioni W/m2	Coefficienti	Potenza
Calcolo delle radiazioni solari attraversi i vetri					
Finestre NO	m ²	11,2	329,2	0,2	737 w
Radiazioni e trasmissioni attraverso pareti e tetto.					
Pareti SO	m ²	18,1	17,6	0,27	86 w
Pareti NO	m ²	7,4	5,5	0,27	11 w
Tetto soleggiato	m ²	18,9	21,1	0,24	96 w
Calore interno					
Persone		2		71,00	142 w
Potenza el. installata		2		200,00	400 w
Illuminazione	m ²	19		10,00	189 w
Totale parziale					1.661 w
Calore sensibile effettivo ambiente					
Calore latente					
Infiltrazioni	l/s				
Persone	n	2		61,00	122 w
Vapore	g/s	0			0 w
Totale parziale					122 w
Calore latente effettivo ambiente					
					122 w
Calore totale effettivo ambiente.					
					2.300 w

Tabella 12- Calcolo del carico termico estivo per "ufficio angolo sinistra"

Nella tabella seguente, si riassumono i carichi termici estivi sensibili, latenti e totali calcolati per ogni locale.

Come si vede i bagni non vengono presi in considerazioni. La potenza totale richiesta per raffrescare l'intero ambiente è di circa 58 kW.

AMBIENTE	CALORE SENSIBILE [W]	CALORE LATENTE [W]	CARICO TERMICO ESTIVO [W]
UFFICIO ANGOLO SINISTRA	1661	122	1.783
STANZA SKYPE	306	61	367
SALA RELAX	499	244	743
SALA RIUNIONE SINISTRA	1021	366	1.387
UFFICIO SINISTRA	1478	122	1.600
OPENSACE SINISTRA	20742	2928	23.670
UFFICIO 1	2585	305	2.890
UFFICIO 2	2585	305	2.890
UFFICIO 3	2586	305	2.891
SPAZI COMUNI	6411	183	6.594
SALA RELAX DESTRA	165	61	226
OPENSACE DESTRA	11375	1220	12.595
TOTALE	51414	6222	57.636

Tabella 13 - Carichi termici estivi dei diversi ambienti con suddivisione tra calore sensibile e latente

8.2 Procedura e risultati ottenuti attraverso il software Edilclima

Il calcolo del fabbisogno estivo di potenza è effettuato da Edilclima secondo il metodo Carrier Pizzetti. Per questo calcolo è necessario inserire dati aggiuntivi raggruppati nella sezione “ Dati potenza estiva”. Si inseriscono la temperatura interna estiva desiderata, nel nostro caso 26°C, il tasso di ventilazione e il numero di persone, nel nostro caso 100. Inoltre, nella sezione Locali climatizzati è

opportuno indicare le ore di funzionamento dell'impianto di raffrescamento, che corrisponde a 10 ore al giorno.

I risultati della potenza estiva possono tener conto della scelta fatta del fattore di accumulo e considerare o escludere i carichi per ventilazione negativi. Il calcolo è fatto per tutte le ore del giorno, dalle 8 alle 18, per il mese di picco e per tutti i mesi da Maggio a Dicembre. Nella tabella vengono distinti i carichi dovuti all'irraggiamento solare, alla trasmissione termica, alla ventilazione e alla presenza di persone o apparecchiature elettriche. Inoltre possono essere visualizzati i carichi da irraggiamento solare e per trasmissione termica riferiti a ciascun componente opaco e finestrato; questo è utile per identificare attraverso quali componenti si ha il maggior contributo dei carichi termici estivi.

Dal programma, l'ora di massimo carico risulta essere le 18 del mese di Luglio. Dalle tabelle sottostanti si può vedere il dettaglio dei carichi termici estivi per le sei fasce orarie, distinguendo tra carichi termici complessivi, per ventilazione (che in questo caso è stata imposta uguale a zero, in quanto trattata dalla UTA) e interni.

DETTAGLIO LOCALI

Distinta dei carichi termici estivi

Zona: **1** Locale: **1** Descrizione: **TOOLBOX**

Scambi termici per irraggiamento, trasmissione e ventilazione:

Temperatura bulbo secco	26,0 °C	Superficie utile	685,8 m ²
Temperatura bulbo umido	20,0 °C	Volume netto	2626,7 m ³
Umidità relativa interna	58,4 %	Ricambio di picco	0,0 vol/h

Carichi interni:

Numero di persone	100,00 0 persone	Potenza elettrica per m ²	10 W/m ²
Q sensibile per persona	64 W/pers	Altro Q sensibile	20000 W
Q latente per persona	46 W/pers	Altro Q latente	0 W

Mese: **Luglio**

Carichi termici complessivi:

Ora	Q _{Irr} [W]	Q _{Tr} [W]	Q _v [W]	Q _c [W]	Q _{gl,sen} [W]	Q _{gl,lat} [W]	Q _{gl} [W]
8	13654	1066	0	37858	47978	4600	52578
10	17026	464	0	37858	50748	4600	55348
12	15087	4172	0	37858	52518	4600	57118
14	9298	9724	0	37858	52280	4600	56880
16	10779	9993	0	37858	54030	4600	58630
18	13065	8687	0	37858	55011	4600	59611

Dettaglio dei carichi termici interni:

Ora	Q _{lat,pers} [W]	Q _{sen,pers} [W]	Q _{pers} [W]	Q _{sen,elett} [W]	Q _c [W]
8	4600	6400	11000	6858	37858
10	4600	6400	11000	6858	37858
12	4600	6400	11000	6858	37858
14	4600	6400	11000	6858	37858
16	4600	6400	11000	6858	37858
18	4600	6400	11000	6858	37858

Dettaglio dei carichi termici per ventilazione:

Ora	Dh _{lat} [kJ/kg]	Dh _{sen} [kJ/kg]	Q _{v,lat} [W]	Q _{v,sen} [W]	Q _v [W]
8	4,1	-3,3	0	0	0
10	3,6	-0,8	0	0	0
12	4,5	1,8	0	0	0
14	4,0	4,2	0	0	0
16	4,0	4,2	0	0	0
18	3,3	3,1	0	0	0

Legenda simboli

Q _{Irr}	Carico dovuto all'irraggiamento
Q _{Tr}	Carico dovuto alla trasmissione
Dh _{lat}	Differenza di entalpia latente per l'aria di rinnovo
Dh _{sen}	Differenza di entalpia sensibile per l'aria di rinnovo
Q _{v,lat}	Carico latente dovuto alla ventilazione
Q _{v,sen}	Carico sensibile dovuto alla ventilazione
Q _{lat,pers}	Carico latente dovuto alla presenza di persone
Q _{sen,pers}	Carico sensibile dovuto alla presenza di persone
Q _{sen,elett}	Carico sensibile dovuto alla presenza di macchinari elettrici

E' inoltre possibile andare a individuare i carichi da irraggiamento solare attraverso ogni componente finestrato.

8.3 Confronto fra i risultati ottenuti con i due programmi

La potenza termica estiva, calcolata con il metodo Carrier Pizzetti attraverso il software Edilclima, risulta essere di 59.611 W, mentre il risultato del calcolo effettuato con il foglio Excel è di 57.636 W. Anche in questo caso estivo la differenza è davvero minima di circa 2 kW. Si precisa che, nel calcolo con Edilclima, visto che si è considerato l'intero piano come unica zona, vengono inclusi erroneamente nel raffrescamento anche i bagni.

9 Scelta del tipo di impianto

Dopo aver studiato le caratteristiche dell'edificio oggetto di studio e aver calcolato la potenza richiesta per raggiungere condizioni di benessere nella stagione invernale e estiva, si passa alla parte più tecnologica del lavoro.

Per raggiungere le condizioni ottimali di confort termico, si è scelto un impianto con aria primaria e ventilconvettori a due tubi, particolarmente indicato per edifici con molti ambienti come alberghi, uffici, residence ecc.

Le condizioni termoigrometriche degli ambienti vengono controllate in parte dall'aria primaria ed in parte da quella secondaria. Nei sistemi a due tubi, la batteria dell'unità locale, a seconda della stagione, viene alimentata con acqua calda o fredda per riscaldare o raffreddare l'aria secondaria spinta dal ventilatore dell'unità. Il ventilconvettore è munito della bacinella per la raccolta e lo scarico della condensa. All'aria primaria, distribuita attraverso i canali, spetta il compito di assicurare il necessario rinnovo dell'aria che viene realizzato da un recuperatore entalpico e da una batteria, i quali consentono di immettere in ambiente aria a temperatura di 22°C per tutto l'anno. Il sistema realizzato con ventilconvettori ed aria primaria possiede tra l'altro le seguenti caratteristiche:

1. *Riscaldamento o raffreddamento degli ambienti*

Nella stagione invernale, o per temperature al di sotto di quella di inversione del ciclo (16-18°C), alle batterie dei ventilconvettori viene inviata acqua calda mentre l'unità di trattamento dell'aria primaria immette in ambiente aria ad una temperatura costante di 22°C. Nella stagione estiva, o per temperature superiori a quella d'inversione del ciclo, le batterie dei ventilconvettori vengono alimentate con acqua refrigerata e l'aria primaria viene immessa alla temperatura di 22°C.

2. *Controllo individuale della temperatura di ciascun ambiente*

Con il sistema ad aria primaria e ventilconvettori a due tubi è possibile ottenere un controllo individuale della temperatura sia in fase invernale sia in fase estiva, attraverso la regolazione di ogni fan coil.

3. *Rinnovo dell'aria ambiente*

Con l'immissione dell'aria primaria costituita da tutta aria esterna, viene garantito un costante rinnovo dell'aria ambiente.

10 Impianto Aria primaria

10.1 Calcolo portata d'aria di immissione

Come già detto, i carichi termici invernale ed estivo calcolati nei paragrafi precedenti vengono soddisfatti dalla batteria di scambio termico dei ventilconvettori.

Viene ora determinata la quantità d'aria necessaria per realizzare il ricambio d'aria previsto dalla normativa, con riferimento alla norma UNI 10339, che fornisce la classificazione degli impianti e i loro requisiti minimi.

A seconda delle funzioni svolte, delle modalità di funzionamento e della localizzazione dei trattamenti, il nostro impianto viene classificato, tramite il prospetto I della normativa, di tipo X011.

- X indica che si tratta di un impianto per climatizzazione,
- 0 indica il tipo di servizio, in questo caso permanente,
- 1 fa riferimento al funzionamento discontinuo periodico
- l'ultimo numero 1 riguarda il trattamento centralizzato dell'aria esterna.

Andando ad analizzare il prospetto II, si individua la funzione svolta, che nel nostro caso risulta essere la climatizzazione estiva. Attraverso il prospetto III si individua, a seconda della categoria dell'edificio e del locale, la portata d'aria esterna necessaria per ogni persona.

La categoria che rappresenta il nostro caso è classificata come *Edifici per uffici e assimilabili* e a seconda dell'ambiente che può essere: uffici singoli, open space, locali riunione ecc., si trovano portate d'aria di $10/11 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ per persona.

Inoltre, attraverso la nota A, si trovano i volumi/s necessari per l'estrazione d'aria dei bagni; questi corrispondono a 0,022 vol/s che vanno moltiplicati per il volume dei bagni escludendo gli antibagni.

Tramite i prospetti V e VI si ottiene la classificazione dei filtri e la loro efficienza, che risultano essere classe 5-7 M+A.

Infine, attraverso l'appendice A, si ricava l'ultimo dato utile per il calcolo, ovvero l'indice di affollamento "ns", anche questo variabile a seconda della classificazione degli edifici per categorie.

Per determinare la portata d'aria da immettere in ambiente, abbiamo stimato per ogni ambiente il numero di occupanti moltiplicando la superficie per l'indice di affollamento dato dalla norma. Conoscendo poi la portata d'aria necessaria per persona, indicata con w_u , dal numero di occupanti si ricava la portata d'aria teorica; questa viene infine resa di progetto andando ad arrotondare per eccesso.

Le tabelle che seguono indicano i valori di portata dell'aria ottenuti per i vari locali:

SCHEDA DI CALCOLO DELLE CONDIZIONI TERMO IGROMETRICHE E DELLE PORTATE D'ARIA IN BASE ALLA NORMA UNI10339			
SCHEDA TECNICA DELL'UNITA'			
CLASSIFICAZIONE DELL'IMPIANTO	X011		PROSPETTO "I"
FUNZIONI SVOLTE	CLIMATIZZAZIONE ESTIVA		PROSPETTO "II"
	CLASSE 5 - 7 M+A		PROSPETTI "V" E "VI"
	FILTRAZIONE		
	RISCALDAMENTO		
	RAFFRESCAMENTO		
	DEUMIDIFICAZIONE		
CONDIZIONI ESTERNE DI PROGETTO			
	ESTIVE	T	31 °C
		UR%	50 %
	INVERNALI	T	-8 °C
		UR%	50 %
CONDIZIONI INTERNE DI PROGETTO			
	ESTIVE	T	26 °C
		UR%	- %
	INVERNALI	T	22 °C
		UR%	- %

Tabella 14- Classificazione dell'impianto e condizioni di progetto

AMBIENTE	A (mq)	Ns (p/mq)	N° persone	wu (l/s*pers)	w (l/s)	wt (mc/h)	wr (mc/h)
PIANO SECONDO VIA BERTINI							
UFFICIO ANGOLO SINISTRA	18,9	0,06	2	11	22,0	79	80
STANZA SKYPE	2,3	0,06	1	11	11,0	40	50
SALA RELAX	7	0,06	1	11	11,0	40	50
SALA RIUNIONE	19,3	0,60	12	10	120,0	432	450
UFFICIO SINISTRA	12,4	0,06	1	11	11,0	40	50
OPENSACE SINISTRA	255	0,12	31	11	341,0	1.228	1250
UFFICIO 1	32	0,06	2	11	22,0	79	100
UFFICIO 2	32	0,06	2	11	22,0	79	100
UFFICIO 3	32	0,06	2	11	22,0	79	100
SPAZI COMUNI	49,1	0,06	3	11	33,0	119	150
SALA RIUNIONE DESTRA	6,2	0,06	1	10	10,0	36	50
OPENSACE DESTRA	160	0,12	20	11	220,0	792	800
TOTALE						3.042	3.250

Tabella 15- Portata d'aria per i diversi ambienti e totale

CATEGORIE		PROSPETTO "III"
Ns (p/mq)	INDICE DI AFFOLLAMENTO	APPENDICE "A"
wu (l/s*pers)	PORTATE D'ARIA ESTERNA	PROSPETTO "III"
VELOCITA'	VELOCITA' DELL'ARIA	APPENDICE "C", PROSPETTO "X"
wt	PORTATA RICHIESTA DALLA NORMA UNI 10339	
wr	PORTATA DI PROGETTO	

Tabella 16- Legenda simboli

10.2 Calcolo portata d'aria estrazione bagni

Il discorso varia leggermente per quanto riguarda l'estrazione dai servizi igienici. Ricordiamo che questi devono sempre essere in leggera depressione rispetto all'ambiente circostante per evitare che gli odori possano diffondersi all'esterno. Come stabilisce la norma UNI 10339 , in questo caso bisogna prendere in considerazione la superficie effettiva del bagno escludendo l'antibagno. Moltiplicando il volume per i ricambi d'aria si trova la portata d'aria da estrarre.

ESTRAZIONE ARIA DAI SERVIZI IGIENICI						
AMBIENTE	A (mq)	h (m)	V (mc)	wu (Vol/s)	w (l/s)	wt (mc/h)
PIANO SECONDO VIA BERTINI						
BAGNO SX 1	1,6	3,80	6,1	0,0022	0,013	48
BAGNO SX 2	1,6	3,80	6,1	0,0022	0,013	48
BAGNO DX 1	1,6	3,80	6,1	0,0022	0,013	48
BAGNO DX 2	1,6	3,80	6,1	0,0022	0,013	48
BAGNO DISABILI	4,2	3,80	16,0	0,0022	0,035	126
TOTALE						319

Tabella 17- Estrazione aria dai servizi igienici

Per evitare che l'estrazione dedicata ai bagni potesse estrarre, se in funzionamento, anche l'aria trattata degli altri ambienti, e per omogeneizzare l'impianto di estrazione generale dell'UTA senza che dovesse aspirare quantità d'aria diversa nell'arco della giornata, si è previsto un ventilatore dedicato per l'immissione dell'aria nei servizi igienici. Inoltre, per immettere aria alla temperatura stabilita si prevede l'utilizzo di uno scambiatore di calore e di una piccola batteria.

Infine bisogna ricordare che le prese dell'aria esterna devono essere poste ad un'altezza dal piano di calpestio superiore a 4 m.

10.3 Rete di distribuzione dell'aria

La funzione di una rete di canali è quella di convogliare l'aria dalla centrale di trattamento, spesso indicata con UTA, ai vari locali o zone da condizionare. L'aria viene "soffiata" dal ventilatore di mandata in un sistema di condotte a dimensione variabile ed immessa in ambiente attraverso appositi diffusori.

I canali vengono comunemente classificati in base alla velocità dell'aria ed alla pressione interna. La nostra rete di distribuzione sarà "a bassa" velocità in quanto l'aria si muoverà a velocità sempre inferiori a 13 m/s. La progettazione dei canali è influenzata fortemente dallo spazio disponibile nella struttura dell'edificio ed

anche dall'aspetto estetico dei canali stessi, senza dimenticare l'aspetto economico. Nel presente caso di studio sono proposte due possibili opzioni di posizionamento dei canali che sono state analizzate e vengono nel seguito dettagliatamente descritte.

Nel progettare le reti di distribuzione dell'aria occorre determinare le perdite di carico nelle condotte della rete stessa. Il calcolo di queste perdite andrà a definire l'energia che dovrà fornire il ventilatore di mandata dell'unità di trattamento aria affinché tutti gli ambienti ricevano la quota di ventilazione necessaria.

Le perdite di carico, ossia le cadute di pressione, sono di due tipi:

Perdite distribuite (lunghezza del condotto): $\Delta p_d [mm \text{ c. a.}] = \frac{65 \cdot f \cdot v^{1,82}}{D^{1,22} \cdot 10} L$

Perdite concentrate (curve e giunzioni dei condotti): $\Delta p_c = \beta \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot w^2$

Dove f è un fattore di attrito, β un coefficiente di perdita specifico, L la lunghezza del condotto, D il diametro, ρ la densità dell'aria, w la sua velocità e v la sua viscosità.

Perdite distribuite: per il calcolo delle perdite distribuite si utilizzano due diametri: il diametro idraulico e il diametro equivalente. Il diametro idraulico di un condotto rettangolare è il diametro equivalente di un condotto circolare dove a parità di velocità dell'aria si ha la stessa perdita di carico: $d_h = \frac{4 \cdot Area}{Perimetro \text{ bagnato}}$

Il diametro equivalente di un condotto rettangolare corrisponde al diametro di un condotto circolare che a parità di portata e di fattore di attrito, produce la stessa perdita di pressione del condotto rettangolare: $d_e = 1.3 \cdot [(a \cdot b)^{0.625} / (a + b)^{0.25}]$ dove a è il lato maggiore del condotto e b il lato minore.

Il fattore di attrito è definito in base al numero di Reynolds e dipende dal tipo di moto (laminare o turbolento), dalla velocità e dalla viscosità dell'aria e dalla rugosità dei condotti.

Perdite concentrate: si hanno perdite concentrate all'imbocco e allo sbocco dei condotti, in presenza di curve, giunzioni e/o diramazioni.

Tutta la UTA si trova in depressione, essendo dietro al ventilatore di mandata della rete di immissione e bisogna tenere in considerazione le perdite causate dai suoi componenti quali filtri, batteria di riscaldamento e raffreddamento, e ruota entalpica.

10.4 Opzioni di layout per i canali di distribuzione dell'aria

Durante la progettazione dei canali sono state proposte due possibili opzioni di layout.

- La prima ipotesi, come visibile nel rendering di figura 13, prevede il passaggio dei canali di mandata e aspirazione a vista.

Ha una disposizione molto semplice, che risulta poco costosa dal punto di vista economico. La rete d'aria progettata è costituita da una dorsale principale. L'UTA è posizionata in maniera abbastanza centrale sulla copertura, in modo che la rete sia il più possibile bilanciata da entrambi i lati. I canali scendono dall'UTA posta in copertura all'altezza del bagno dei disabili. La portata totale d'aria da immettere è di $3.330 \text{ m}^3/\text{h}$. Il ramo che percorre la parte sinistra dell'ambiente va a diminuire di dimensioni man mano il canale si propaga verso l'estremità. Vi è una diramazione che si stacca dalla dorsale all'altezza del primo ufficio di sinistra e una diramazione composta da tre canali alla fine del locale per permettere la climatizzazione di stanza skype, sala relax e ufficio. Andando invece ad analizzare il lato sinistro dell'ambiente si osserva la continuazione della stessa dorsale che si restringe prima di entrare nell'open space di destra.

Per quanto riguarda l'aspirazione, si sono previste tre griglie di ripresa posizionate all'ingresso dell'open space di sinistra, dell'ufficio 1 e dell'open space di destra, che aspirano rispettivamente: $1.740 \text{ m}^3/\text{h}$, $270 \text{ m}^3/\text{h}$ e $720 \text{ m}^3/\text{h}$.

Come già detto, nel momento in cui si realizza un qualsiasi impianto, bisogna tener conto dei possibili cambiamenti strutturali che l'edificio può

subire nell'arco degli anni. In questo caso è facile pensare che lo spazio possa essere convertito da open space ad uffici singoli. E' stato quindi richiesto agli architetti una pianta che ipotizzasse la possibile suddivisione degli spazi. Tenendo conto di questa, la prima opzione potrebbe risultare molto svantaggiosa, in realtà, con l'ipotesi degli uffici separati, si sarebbe prevista l'installazione di un controsoffitto in grado di nascondere i canali.

- La seconda ipotesi, mostrata nella figura 12, prevede il passaggio dei canali d'aria sotto pavimento. La nostra struttura dispone infatti di un pavimento galleggiante, al di sotto del quale l'altezza risulta sufficiente (circa 44 cm) per l'installazione dell'impianto d'aria, di quello a due tubi d'acqua e delle canaline elettriche.

L'UTA non cambia posizione rispetto all'opzione precedentemente mostrata, anche in questo caso si cerca una simmetria d'immissione e di estrazione dell'aria. Varia leggermente la discesa e risalita del canale che manda e porta aria all'UTA, che si trovano al di sotto dei locali bagni. Questo per cercare di non avere interferenze con i tubi di scarico.

In questa configurazione, ogni canale d'aria deve affiancare i fan coil, di cui in seguito parleremo, poiché si prevede di immettere l'aria mediante diffusori a griglia posti sotto di essi.

La aspirazione è effettuata negli stessi punti dell'opzione uno, anche qui sono previste tre griglie di ripresa.

I pavimenti galleggianti, sono particolarmente funzionali poiché velocizzano gli interventi di manutenzione e la modifica di cablaggi e connessioni nel tempo, senza la necessità di modifica delle opere murarie, limitando di conseguenza i tempi e costi degli interventi. In linea generale permettono di verificare lo stato ed i percorsi degli impianti di adduzione, estrazione e canalizzazione per il trattamento dell'aria garantendo rapidi interventi e la possibilità di un'appropriata manutenzione.

Inoltre, grazie a questo tipo d'installazione, non si hanno problemi risultanti da una variazione della configurazione spaziale.

Per il dimensionamento dei canali della configurazione con canali a vista si è usata una sezione “particolare”, ovvero la sezione aurea o rapporto aureo o costante di Fidia o proporzione divina. Nell'ambito della matematica e delle arti figurative essa denota il numero irrazionale 1,6180339887... ottenuto facendo il rapporto fra due lunghezze disuguali delle quali la maggiore a è medio proporzionale tra la minore b e la somma delle due ($a+b$):

$$\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b} = \varphi$$

La sua origine geometrica e la frequente riproposizione in diversi contesti naturali e culturali, apparentemente non collegati tra loro, hanno suscitato per secoli nella mente dell'uomo la conferma dell'esistenza di un rapporto tra Dio e l'uomo, tra macrocosmo e microcosmo, tra l'universo e la natura: un rapporto tra il tutto e la parte, tra la parte più grande e quella più piccola che si ripete all'infinito attraverso infinite suddivisioni. Diversi filosofi e artisti sono arrivati a cogliervi un ideale di bellezza e armonia che li ha spinti a ricrearlo in diversi contesti quale canone di bellezza.

Questo tipo di dimensionamento non può essere utilizzato nel caso dei canali sottopavimento. Qui, si cerca di mantenere l'altezza dei canali la più bassa possibile, cercando di non superare i 20 cm. La conseguenza sono delle sezioni molto sbilanciate in larghezza, ma visto che sono nascoste al di sotto del pavimento, ovviamente si predilige l'aspetto funzionale, condizionato dallo spazio ridotto del sottopavimento, a quello estetico.

Il percorso dei canali è stato suddiviso in diversi tronchi, come visibile in Fig. 10 e Fig. 11.

10.5 Metodo di progettazione dei canali

Nella progettazione della rete per la distribuzione dell'aria si è cercato di fare in modo che il percorso fosse il più semplice e simmetrico possibile. Cercando di creare un tragitto che evitasse il maggior numero di ostacoli e, se lasciato in vista, che fosse esteticamente accettabile.

Il metodo adottato è quello del recupero di statica. Questo sistema si basa sul principio di dimensionare ogni tronco a valle della prima diramazione o bocchetta in modo che la riduzione della velocità ed il conseguente recupero di statica che si ottiene servano a compensare la perdita di carico che s'incontra nel tronco successivo alla prima diramazione fino alla successiva.

In una rete di distribuzione realizzata con questo metodo la pressione statica rimane costante in ogni diramazione e a monte di ciascun diffusore.

Nel metodo del recupero di statica occorre tenere sempre presente che il recupero effettivo è pari al 75% circa di quello teorico. La pressione statica disponibile sulla bocchetta di mandata del ventilatore servirà a vincere la perdita di carico tra il ventilatore e la prima diramazione o bocchetta e ad assicurare la pressione necessaria per il buon funzionamento dei terminali. Tutte le perdite di carico a valle della prima diramazione o terminale dovranno essere compensate dalla trasformazione della pressione dinamica in statica.

La procedura seguita per la progettazione è quella di seguito riportata.

In base al livello sonoro tollerato dal tipo di edificio, in questo caso edificio adibito ad uffici, si sceglie la velocità nel tronco iniziale, cioè in quello sistemato a valle del ventilatore. La velocità massima raccomandata nei canali a bassa pressione, quando l'applicazione d'uso è "Uffici", risulta essere di 6 m/s. In base a questa velocità e alla portata di progetto di 3340 mc/h, si determina analiticamente la sezione del tronco iniziale.

Per ciascuna delle due soluzioni proposte è stato predisposto un opportuno foglio di calcolo mostrato rispettivamente in tabella 21 e tabella 23.

Tale foglio presenta diverse colonne. La prima riporta i vari tronchi, ovvero le varie parti dei canali, nella seconda colonna si indicano le portate d'aria per ciascun tronco. Sulla terza viene riportata la percentuale di portata di ciascun tronco avendo indicato con 100 il valore della portata del tronco iniziale. Nella quarta colonna con l'aiuto della tabella in allegato 3 si riportano, per ciascun tronco, i valori della sezione (come percentuale di quella iniziale). Nella quinta colonna, alla prima riga, viene indicata la sezione del tronco iniziale (in m²) ricavata con la seguente relazione:

$$Sezione = \frac{portata \left(\frac{m^3}{h}\right)}{velocita' \cdot 3600} = \frac{3340}{6 \cdot 3600} = 0,15 m^2$$

Sulle altre righe della quinta colonna vengono riportati i valori delle sezione di tutti i tronchi che si ottengono moltiplicando la sezione iniziale per i valori della quarta colonna. Con la tabella allegato 4 si scelgono le dimensioni dei lati del canale rettangolare corrispondente alla sezione trovata. Dalle nuove dimensioni del canale rettangolare si calcola la sezione e la velocità reale.

Per ogni tratto vengono poi individuate le eventuali presenze di curve, restringimenti e allargamenti. Tramite questi ultimi, si trova la lunghezza equivalente, che sommata a quella reale determina la lunghezza totale del condotto. Si va così a determinare la perdita di carico per metro lineare.

$$Dp \text{ lin } [mm \text{ c. a./m}] = \frac{65 \cdot f \cdot v^{1,82}}{D^{1,22} \cdot 10}$$

dove

f = rugosità canale (=1)

D = diametro canale circolare in mm

v= velocità dell'aria in m/s

Attraverso le presenze di diramazioni a 45° o 90° si ricavano le perdite di carico concentrate. Sommando le perdite di carico lineari e quelle concentrate si ottengono infine le perdite di carico totali, necessarie per il dimensionamento del ventilatore.

10.6 Prevalenza richiesta

Dopo aver determinato per ciascun tratto le perdite di carico distribuite e concentrate, e' necessario individuare il percorso più svantaggioso, ovvero quello che, dalla UTA al diffusore più lontano, presenta le perdite di carico maggiori. Ad esse occorre sommare le perdite dovute ai diffusori, che corrispondono a circa 1,5 mmca e le perdite di carico dovute alle serrande di taratura poste prima di ogni diffusore.

Per i vari tratti questo calcolo è visibile nelle Tab. 18 e 19 che si riferiscono ciascuna alle due diverse opzioni, ossia canali distribuiti sotto pavimento oppure canali a vista.

CANALI SOTTO PAVIMENTO

TRONCHI MANDATA	0-7	0-10	0-15	0-12	0-11
ΔP linee [mmca]	11,1	14,63	15,70	15	8
ΔP diffusori [mmca]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
ΔP serranda taratura [mmca]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
TOTALE [mmca]	13,6	17,1	18,2	17,6	10,3
PREVALENZA [mmca]			21,85		

Tabella 18- Determinazione della prevalenza del percorso più svantaggioso per distribuzione canali sotto pavimento

CANALI A VISTA

TRONCHI MANDATA	0-6.1	0-8.1	0-8.2	0-8.3	0-19
ΔP linee [mmca]	9,9	9,75	10,39	10	8
ΔP diffusori [mmca]	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
ΔP serranda taratura [mmca]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
TOTALE [mmca]	12,7	12,6	13,2	12,7	11,0
PREVALENZA [mmca]			15,82		

Tabella 19- Determinazione della prevalenza del percorso più svantaggioso per distribuzione canali a vista

La perdita di carico complessiva così calcolata è stata comunicata al fornitore del recuperatore entalpico per la determinazione della prevalenza del ventilatore di mandata.

Il procedimento è analogo per i canali di aspirazione. Alle perdite di carico delle varie linee, vengono sommate quelle delle griglie di transito e di estrazione. Queste differenze di pressione sono state ricavate dalle schede tecniche di ogni componente. Infine, per stare dalla parte della ragione, il numero ottenuto, indicato come totale, viene moltiplicato per un fattore 1,2.

TRONCHI ASPIRAZIONE	SINISTRA	DESTRA 1	DESTRA 2
ΔP linee [mmca]	8,0	7,6	8,9
ΔP griglia transito [mmca]	2,5	2,5	2,5
ΔP griglia ripresa [mmca]	0,6	0,6	0,6
TOTALE [mmca]	11,1	10,7	12,0
PREVALENZA [mmca]			14,4

Tabella 20- Determinazione della prevalenza del percorso più svantaggioso per i canali di aspirazione

CANALI SOTTO PAVIMENTO

TRONCO	PORTATA	% PORTATA	% SEZIONE	SEZIONE	VELOCITA'	DIMENSIONE	LATO A	LATO B	SEZIONE REALE	VELOCITA' REALE
	mc/h			mq	m/s	mm	mm	mm	mq	m/s
0-1	3.340	100,0	99,8	0,15	6,00	393	600	300	0,18	5,15
1-2	3.340	100,0	99,8	0,15	6,01	393	800	200	0,16	5,80
2-3	3.141	94,0	95,3	0,15	5,92	384	800	200	0,16	5,45
3-4	1.912	57,2	64,9	0,10	5,29	317	600	200	0,12	4,43
3-5	1.229	36,8	45,1	0,07	4,89	264	350	200	0,07	4,88
5-6	938	28,1	35,9	0,06	4,69	236	300	200	0,06	4,34
6-7	647	19,4	26,2	0,04	4,44	201	300	150	0,05	3,99
4-8	712	21,3	28,4	0,04	4,50	210	300	150	0,05	4,40
8-9	421	12,6	18,3	0,03	4,14	168	200	150	0,03	3,90
9-10	130	3,9	7,5	0,01	3,11	108	100	100	0,01	3,61
4-13	1.200	35,9	44,2	0,07	4,87	261	350	200	0,07	4,76
13-14	1.100	32,9	41,1	0,06	4,81	252	350	200	0,07	4,37
14-15	400	12,0	17,5	0,03	4,11	164	200	150	0,03	3,70
14-12	400	12,0	17,5	0,03	4,11	164	250	200	0,05	2,22
11-16	50	1,5	4,4	0,01	2,03	83	100	100	0,01	1,39
16-17	150	4,5	8,3	0,01	3,26	113	150	100	0,02	2,78
16-2	200	6,0	10,1	0,02	3,54	125	150	100	0,02	3,70
VTC	100	3,0	6,4	0,01	2,83	99	100	100	0,01	2,78

Tabella 21- Dimensionamento dei canali di mandata posti sotto pavimento

CANALI SOTTO PAVIMENTO

TRONCO	C90	C45	R	A	LUNG. EQUIVALENT E	LUNG. REALE	LUNG. TOTALE	Dp LINEARE	T90	T45	Dp CONCENTR ATA	Dp TOTALE
	n	n	n	n	m	m	m	mmca	n	n	mmca	mmca
0-1	2,0	0,0	0,0	1,0	17,0	7,8	24,8	1,7	0,0	0,0	0,0	1,7
1-2	1,0	0,0	0,0	1,0	9,0	1,6	10,6	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0
2-3	1,0	0,0	0,0	0,0	8,0	4,1	12,1	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0
3-4	1,0	0,0	0,0	0,0	8,0	7,5	15,5	1,0	1,0	0,0	2,4	3,4
3-5	0,0	0,0	1,0	1,0	2,1	11,0	13,1	1,5	0,0	0,0	0,0	1,5
5-6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	10,1	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0
6-7	1,0	0,0	1,0	0,0	9,1	14,5	23,6	2,4	0,0	0,0	0,0	2,4
4-8	0,0	0,0	1,0	0,0	1,1	11,1	12,2	1,5	0,0	0,0	0,0	1,5
8-9	0,0	0,0	1,0	0,0	1,1	11,9	13,0	1,6	0,0	0,0	0,0	1,6
9-10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	8,8	1,9	0,0	0,0	0,0	1,9
4-13	1,0	0,0	0,0	0,0	8,0	13,3	21,3	2,3	0,0	0,0	0,0	2,3
13-14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,4	20,4	1,8	0,0	0,0	0,0	1,8
14-15	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	15,8	16,8	1,9	0,0	0,0	0,0	1,9
14-12	2,0	0,0	0,0	0,0	16,0	23,3	39,3	1,3	0,0	0,0	0,0	1,3
11-16	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	3,7	4,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2
16-17	1,0	0,0	0,0	1,0	9,0	3,4	12,4	1,3	0,0	0,0	0,0	1,3
16-2	1,0	0,0	0,0	1,0	9,0	4,6	13,6	2,3	0,0	0,0	0,0	2,3
VTC	1,0	0,0	0,0	0,0	8,0	4,6	12,6	1,6	1,0	0,0	0,9	2,6

Tabella 22- Perdite di carico per i canali di mandata sotto pavimento

CANALI A VISTA

TRONCO	PORTATA	% PORTATA	% SEZIONE	SEZIONE	VELOCITA'	DIMENSIONE	LATO A	LATO B	SEZIONE REALE	VELOCITA' REALE
	mc/h			mq	m/s	mm	mm	mm	mq	m/s
0-1	3.340	100,0	99,8	0,15	6,00	393	400	400	0,16	5,78
1-2	2.005	60,2	67,5	0,10	5,35	323	400	250	0,10	5,57
2-3	1.930	58,0	65,5	0,10	5,31	318	400	250	0,10	5,36
3-4	1.513	45,4	53,8	0,08	5,07	288	400	250	0,10	4,20
4-5	1.097	32,9	41,1	0,06	4,81	252	400	250	0,10	3,05
5-6	680	20,4	27,4	0,04	4,47	206	250	250	0,06	3,02
6-6.1	50	1,5	4,4	0,01	2,03	83	100	100	0,01	1,39
6-7	630	18,9	25,7	0,04	4,42	199	250	250	0,06	2,80
7-8	180	5,4	9,4	0,01	3,45	120	250	250	0,06	0,80
8-8.1	50	1,5	4,4	0,01	2,03	83	100	100	0,01	1,39
8-8.2	80	2,4	5,6	0,01	2,58	93	100	100	0,01	2,22
8-8.3	50	1,5	4,4	0,01	2,03	83	100	100	0,01	1,39
1-12	1.325	39,8	48,2	0,07	4,96	272	350	250	0,09	4,21
12-13	1.175	35,3	43,6	0,07	4,86	259	350	250	0,09	3,73
13-14	1.100	33,0	41,2	0,06	4,81	252	350	250	0,09	3,49
14-15	1.000	30,0	38,0	0,06	4,74	242	350	250	0,09	3,17
15-16	900	27,0	34,8	0,05	4,66	232	350	250	0,09	2,86
16-17	800	24,0	31,5	0,05	4,58	220	300	200	0,06	3,70
17-18	533	16,0	22,3	0,03	4,31	185	300	200	0,06	2,47
18-19	267	8,0	12,7	0,02	3,80	140	300	200	0,06	1,23

Tabella 23- Dimensionamento dei canali di mandata a vista

CANALI A VISTA

TRONCO	C90	C45	R	A	LUNG. EQUIVALENT E	LUNG. REALE	LUNG. TOTALE	Dp LINEARE	T90	T45	Dp CONCENTR ATA	Dp TOTALE
	n	n	n	n	m	m	m	mmca	n	n	mmca	mmca
0-1	2,0	0,0	0,0	0,0	16,0	4,0	20,0	1,8	1,0	0,0	4,1	5,9
1-2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	9,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0
2-3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	7,1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,8
3-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	7,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5
4-5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	7,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3
5-6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	6,6	0,3	0,0	1,0	0,7	1,1
6-6.1	0,0	1,0	0,0	0,0	4,0	6,6	10,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4
6-7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	2,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
7-8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8-8.1	0,0	0,0	1,0	0,0	1,1	1,8	2,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
8-8.2	0,0	1,0	0,0	0,0	4,0	2,8	4,0	0,3	0,0	1,0	0,4	0,7
8-8.3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	2,5	0,1	0,0	1,0	0,2	0,2
1-12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	1,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
12-13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	2,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2
13-14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	3,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2
14-15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	4,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2
15-16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2
16-17	0,0	1,0	0,0	0,0	4,0	11,2	15,2	1,1	0,0	0,0	0,0	1,1
17-18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	7,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3
18-19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	6,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1

Tabella 24- Perdite di carico per i canali di mandata a vista

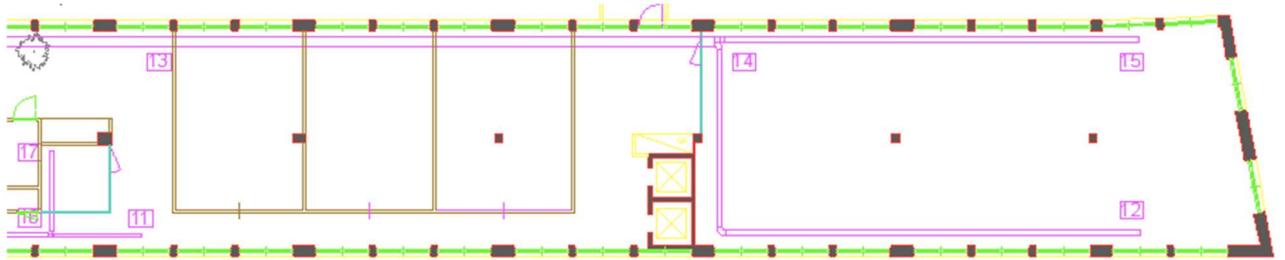
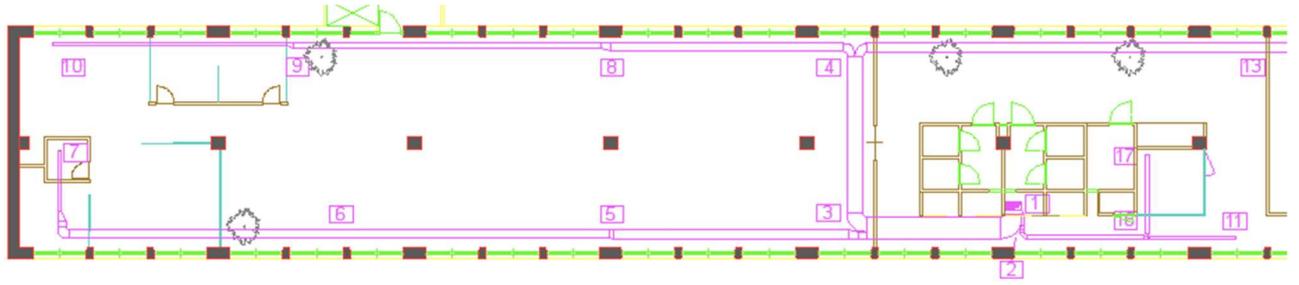


Figura 10- Percorso dei canali sotto pavimento con indicazione dei tratti in cui sono stati suddivisi

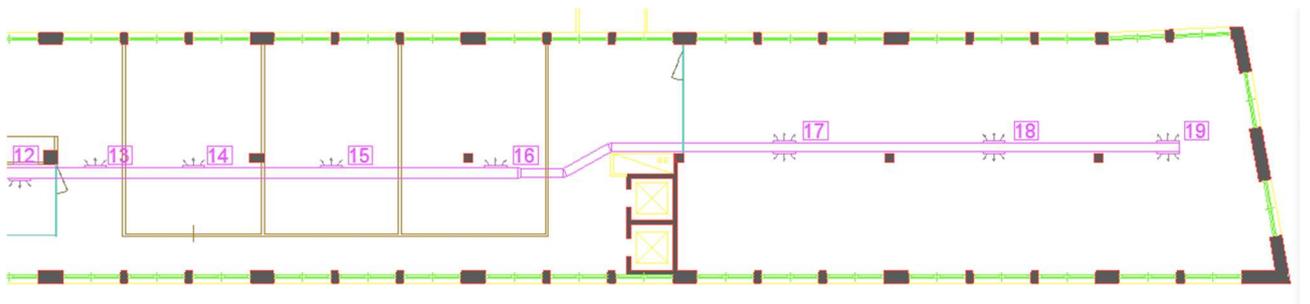
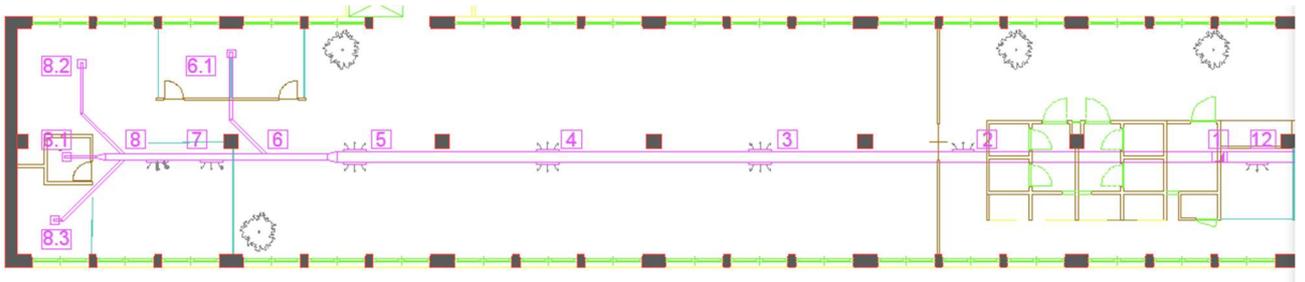


Figura 11- Percorso dei canali a vista con indicazione dei tratti in cui sono stati suddivisi

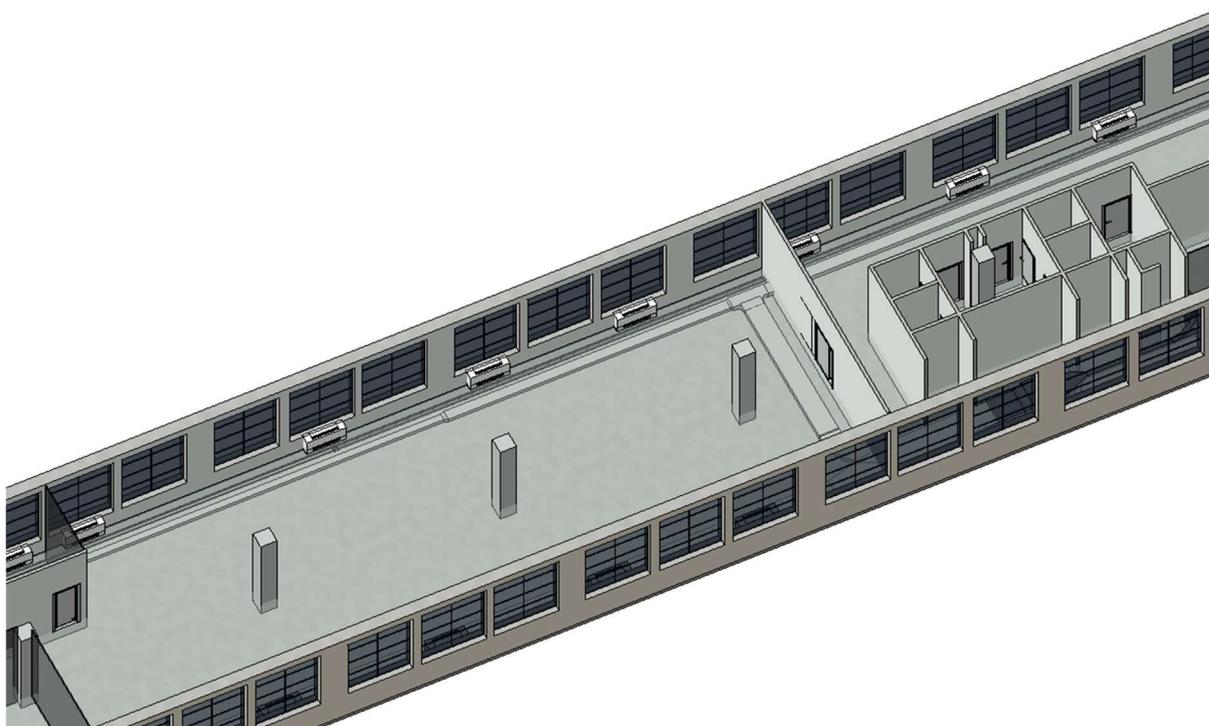


Figura 12- Visualizzazione di parte del percorso dei canali sottopavimento. Rendering realizzato con Revit.

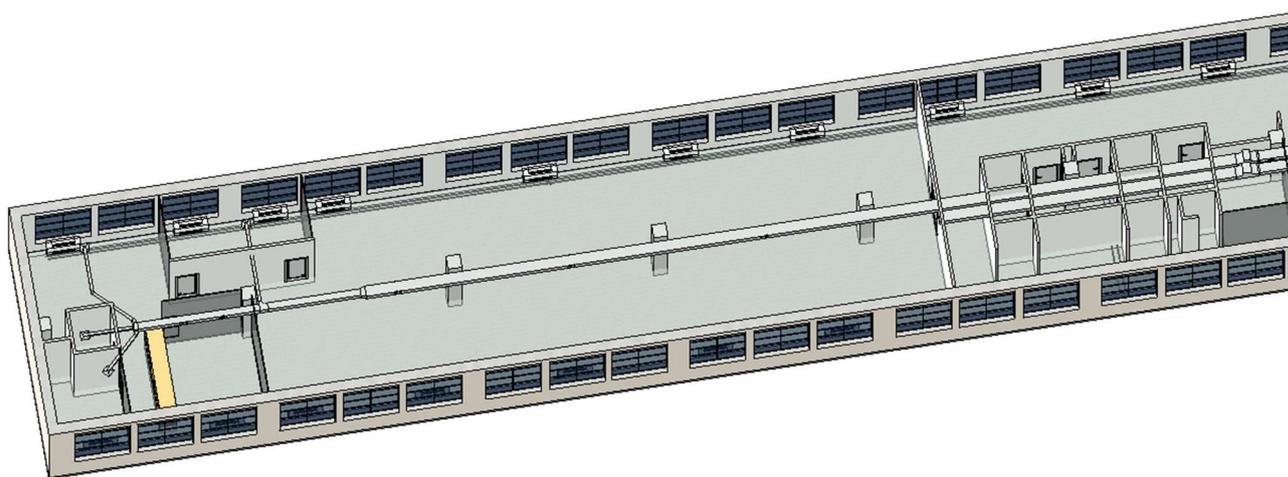


Figura 13- Visualizzazione di parte del percorso dei canali a vista. Rendering realizzato con Revit.

10.7 Scelta dei diffusori

I diffusori sono stati scelti dal catalogo della ditta Systemair. Ogni diffusore deve provvedere ad una portata di 100 m³/h.

Per il layout con i canali sotto pavimento, si è prevista l'installazione di diffusori SFD-200 SWIRL FLOOR a pavimento posizionati sotto ogni fan coil.



Figura 14- Diffusore SFD-200 Swirl Floor, Systemair

Descrizione e funzionamento

Diffusore circolare con mandata d'aria elicoidale, da pavimento o per pavimenti sopraelevati. Le feritoie di diffusione ed una serie di alette elicoidali poste all'interno del diffusore, permettono di diffondere l'aria in ambiente ad altissima induzione, riducendo immediatamente velocità e differenziale di temperatura nella zona occupata. Questo diffusore è utilizzabile sia in impianti a portata costante che a portata variabile.

Dimensioni

	A	B	C	L	E max	E min
	(mm)					
SFD-150	190	150	225	500	32	14
SFD-200	240	200	275	500	32	14

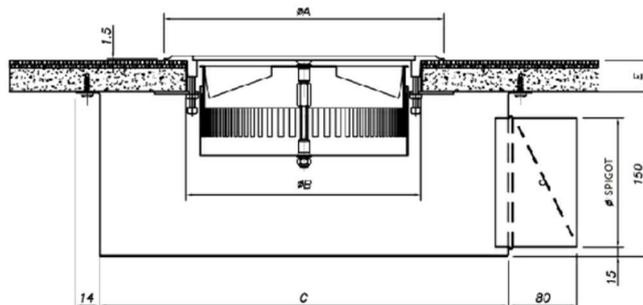


Figura 15- Dimensioni e geometria diffusore SFD-200 Swirl Floor, Systemair

Diagramma

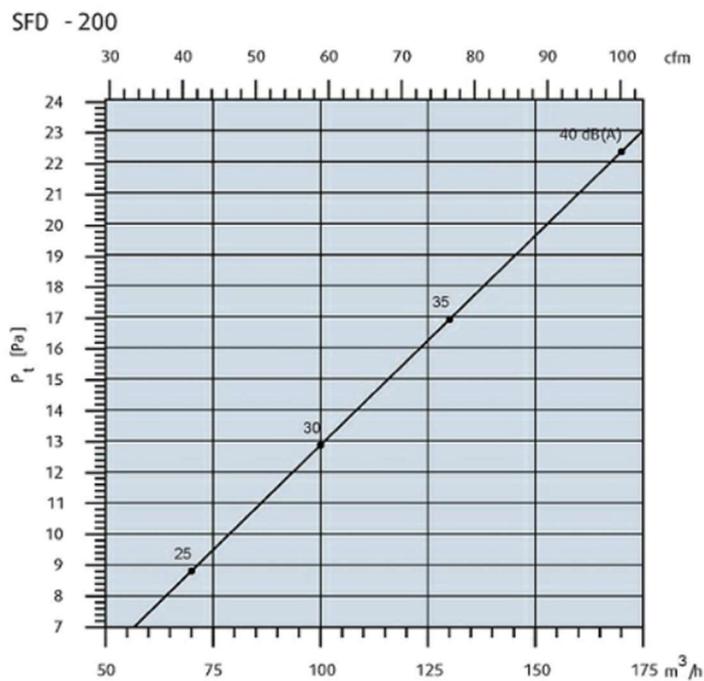


Figura 16- Diagramma per ricavare le perdite di carico in base alla portata per il diffusore SFD-200 Swirl Floor, Systemair

Nel caso, invece, dei canali a vista sono stati previsti dei diffusori ad alta induzione SINUS-DR-1001. L'alta induzione consente all'aria immessa di miscelarsi subito con quella ambiente, consentendo un'immediata omogeneità e un maggior comfort.

Diffusore Systemair a ugelli per montaggio a canale. Gli ugelli vengono orientati singolarmente (360°).



Figura 17- Diffusore ad alta induzione SINUS-DR-1001, Systemair

Sinus-DC (per canali circolari) e DR (per canali rettangolari) consistono di un pannello frontale con una serie di ugelli e una guida di controllo.

La forma degli ugelli consente al diffusore di raggiungere un elevato grado di induzione dell'aria ambiente e può essere impiegato sia per aria fredda che calda. Il massimo differenziale di temperatura è pari a 10 K. Gli ugelli possono essere orientati singolarmente in qualsiasi angolazione entro un arco di 360°, con possibilità di realizzare un numero illimitato di configurazioni nella diffusione dell'aria, senza alterare minimamente il livello sonoro, la portata d'aria e la caduta di pressione. I bordi arrotondati degli ugelli prevengono il deposito di polvere e facilitano la pulizia.

Diagrammi

Curva

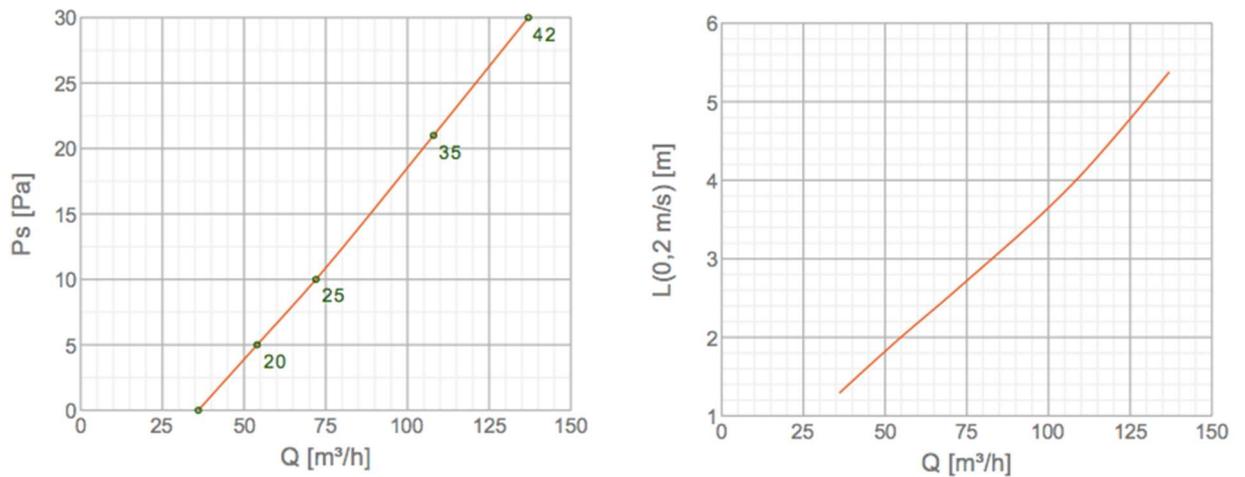


Figura 18- Diagramma per ricavare le perdite di carico in base alla portata per il diffusore SINUS-DR-1001

10.8 Rete di estrazione dell'aria

10.8.1 Calcolo portata d'aria di estrazione

Per procedere al calcolo della portata d'aria da estrarre è necessario conoscere la portata d'aria immessa in ambiente, che corrisponde a 3.330 mc/h.

L'estrazione dal locale bagno viene realizzata con un estrattore dedicato.

Per il resto degli ambienti si prevede l'utilizzo di un ventilatore e di una canalizzazione che permetta di aspirare dal locale open space sinistra, dall'ufficio 1 e dall'open space destra.

Si cerca in tal modo di estrarre l'aria nei punti più vicini alle fonti di inquinamento (odori, CO₂).

Per identificare la portata di estrazione si moltiplica il volume di ciascun locale con i ricambi d'aria imposti dalla norma UNI 10339.

Per i servizi igienici non si considera il volume totale, ma viene trascurato il volume dell'antibagno.

L'estrazione generale teorica equivalente risulta quindi essere la differenza tra la portata d'aria immessa e l'estrazione nei bagni.

$$\dot{V}_{a \text{ estrazione generale teorica}} = 3330 \frac{m^3}{h} - 319 \frac{m^3}{h} = 3011 \frac{m^3}{h}$$

Per limitare le infiltrazioni provenienti dall'ambiente esterno, si estrae in realtà una portata d'aria minore, in modo da lasciare l'ambiente il leggera sovrappressione. La portata estratta sarà quindi:

$$\dot{V}_{a \text{ estrazione generale reale}} = 2730 \frac{m^3}{h}$$

Risulta esserci una portata di sovrappressione pari a:

$$\dot{V}_{a \text{ sovrappressione}} = 3011 \frac{m^3}{h} - 2730 \frac{m^3}{h} = 281 \frac{m^3}{h}$$

che corrisponde a circa il 10% della portata d'aria totale immessa.

10.8.1.1 Dimensionamento condotti di ripresa

Dopo aver calcolato le portate d'aria da estrarre nei vari ambienti, si procede con il dimensionamento dei condotti. Le modalità seguite sono le stesse già descritte per i canali di mandata.

Per l'estrazione dall'open space di destra, dell'ufficio 1 e dell'open space di sinistra, si prevede un unico condotto. L'aria proveniente dai locali fluisce all'interno del canale tramite apposite griglie di estrazione.

Tramite le griglie di ripresa l'aria viziata viene estratta dal basso e, attraverso un canale di ripresa, espulsa. Come già accennato in precedenza, i punti di ripresa sono nell'open space di sinistra, nell'ufficio 1 e nell'open space di destra.

Le tabelle sottostanti 25-26-27-28 mostrano i risultati dei calcoli, eseguiti per le due opzioni.

CANALI SOTTO PAVIMENTO

TRONCO	PORTATA	% PORTATA	% SEZIONE	SEZIONE	VELOCITA'	DIMENSIONE	LATO A	LATO B	SEZIONE REALE	VELOCITA' REALE
	mc/h			mq	m/s	mm	mm	mm	mq	m/s
UTA	2.730	100,0	99,8	0,13	6,00	356	450	300	0,14	5,62
OPEN SPACE SINISTRA	1.740	63,7	70,7	0,08	6,00	284	450	200	0,09	5,37
ALA DESTRA	990	36,3	44,6	0,07	3,99	263	450	200	0,09	3,06
UFFICIO 1	270	9,9	15,0	0,02	3,24	152	200	150	0,03	2,50
OPEN SPACE DESTRA	720	26,4	34,1	0,05	3,80	229	400	150	0,06	3,33

Tabella 25- Dimensionamento dei canali di aspirazione posti sotto pavimento

TRONCO	C90	C45	R	A	LUNG. EQUIVALENT E	LUNG. REALE	LUNG. TOTALE	Dp LINEARE	T90	T45	Dp CONCENTRATA	Dp TOTALE
	n	n	n	n	m	m	m	mmca	n	n	mmca	mmca
UTA	2,0	0,0	0,0	0,0	16,0	7,8	23,8	2,3	1,0	0,0	3,8	6,1
OPEN SPACE SINISTRA	1,0	0,0	0,0	1,0	9,0	7,0	16,0	1,8	0,0	0,0	0,0	1,8
ALA DESTRA	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	10,0	11,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4
UFFICIO 1	2,0	0,0	0,0	0,0	16,0	1,5	17,5	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0
OPEN SPACE DESTRA	1,0	2,0	1,0	0,0	17,1	20,8	37,9	2,3	0,0	0,0	0,0	2,3

Tabella 26- Perdite di carico per i canali di aspirazione posti sotto pavimento

CANALI A VISTA

TRONCO	PORTATA	% PORTATA	% SEZIONE	SEZIONE	VELOCITA'	DIMENSIONE	LATO A	LATO B	SEZIONE REALE	VELOCITA' REALE
	mc/h			mq	m/s	mm	mm	mm	mq	m/s
UTA	2.730	100,0	99,8	0,13	6,00	356	450	300	0,14	5,62
OPEN SPACE SINISTRA	1.740	63,7	70,7	0,08	6,00	284	400	250	0,10	4,83
ALA DESTRA	990	36,3	44,6	0,07	4,00	262	350	250	0,09	3,14
UFFICIO 1	270	9,9	15,0	0,02	3,25	152	200	150	0,03	2,50
OPEN SPACE DESTRA	720	26,4	34,1	0,05	3,81	229	350	250	0,09	2,29

Tabella 27- Dimensionamento dei canali di aspirazione a vista

TRONCO	C90	C45	R	A	LUNG. EQUIVALENT E	LUNG. REALE	LUNG. TOTALE	Dp LINEARE	T90	T45	Dp CONCENTRATA	Dp TOTALE
	n	n	n	n	m	m	m	mmca	n	n	mmca	mmca
UTA	2,0	0,0	0,0	0,0	16,0	7,8	23,8	2,3	1,0	0,0	3,8	6,1
OPEN SPACE SINISTRA	2,0	0,0	0,0	0,0	16,0	4,0	20,0	1,8	1,0	0,0	2,8	4,6
ALA DESTRA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	9,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4
UFFICIO 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,6
OPEN SPACE DESTRA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	11,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3

Tabella 28- Perdite di carico per i canali di estrazione a vista

10.8.2 Dimensionamento griglie di estrazione

Il dimensionamento delle griglie di estrazione è stato fatto conoscendo la portata d'aria da estrarre nei vari ambienti e imponendo una velocità massima dell'aria di 1,5 m/s. Successivamente, sono state scelte altezza e base e, con la sezione reale delle griglie, e' stata ricalcolata la velocità effettiva dell'aria aspirata.

DISCESA	PORTATA	SEZIONE	LATO A	LATO B	SEZIONE REALE	VELOCITA' REALE
	mc/h	mq	mm	mm	mq	m/s
OPEN SPACE SINISTRA	1.740	0,32222	350	1.400	0,49	0,99
UFFICIO 1	270	0,05000	150	500	0,08	1,00
OPEN SPACE DESTRA	720	0,13333	300	800	0,24	0,83

Tabella 29- Dimensionamento griglie di ripresa

Per facilitare l'estrazione dai locali chiusi, le porte sono state dotate di griglie di transito con precise dimensioni, come si vede dalla tabella 30.

Il metodo utilizzato per ricavarle è lo stesso adottato prima per le griglie di ripresa. In questo caso, però, le dimensioni di base e altezza della sezione sono state scelte attraverso l'utilizzo delle dimensioni auliche, precedentemente illustrate nel paragrafo 10.4. Si noti come per la sala relax e la sala riunioni di destra, i fori calcolati presentano una sezione lunga e stretta; questo perché, da disegno, vengono previste porte in vetro.

PORTA UFFICIO	PORTATA	SEZIONE	LATO A	LATO B	# FORI	SEZIONE REALE	VELOCITA' REALE
	mc/h	mq	mm	mm		mq	m/s
UFFICIO ANGOLO SINISTRA	50	0,00926	200	150	1	0,03	0,46
UFFICIO SINISTRA	50	0,00926	200	150	1	0,03	0,46
SALA SKYPE	50	0,00926	200	150	1	0,03	0,46
SALA RELAX	50	0,00926	600	20	1	0,01	1,16
SALA RIUNIONE DESTRA	150	0,02778	600	20	3	0,04	1,16
UFFICIO 1	100	0,01852	200	150	1	0,03	0,93
UFFICIO 2	100	0,01852	200	150	1	0,03	0,93
UFFICIO 3	100	0,01852	200	150	1	0,03	0,93

Tabella 30- Dimensionamento griglie di transito

10.8.3 Griglie di ripresa

E' stata scelta NOVA-E, una griglia di ripresa rettangolare in alluminio con parte frontale e posteriore a fori quadrati ed è destinata all'utilizzo in impianti commerciali e industriali. La griglia è idonea per la ripresa dell'aria da installarsi a muro, o a soffitto. Come standard NOVA-E è fornita completa di molle di tenuta. Disponibili come accessori : plenum, telaio di montaggio e serranda.



Figura 19- Griglia di ripresa NOVA-E, Systemair

Costruzione

La griglia NOVA-E è realizzata in profilato di alluminio anodizzato, verniciata in colore bianco RAL 9010. Se necessario la griglia può essere inserita nel profilato a T di un telaio 600x600 mm di un controsoffitto. Sono disponibili da stock le seguenti grandezze da 200x100 a 1000x200 mm.

Funzionamento

La griglia dispone di un'area libera molto ampia formata da fori quadrati 13x13 mm e pertanto è ideale per la ripresa dell'aria. La serranda o il plenum assicurano un perfetto bilanciamento dell'aria.

Accessori

NOVA-R1 Serranda a movimento contrapposto NOVA-UR Telaio di montaggio PRG
Plenum

Montaggio

La griglia NOVA-E viene applicata direttamente al canale o a muro mediante il telaio di montaggio e molle di tenuta.

Manutenzione

Le parti esterne vengono pulite con acqua calda e detergente. Se viene utilizzato il plenum occorre pulire l'interno con un aspirapolvere quando necessario. (28)

Diagrammi

Curva

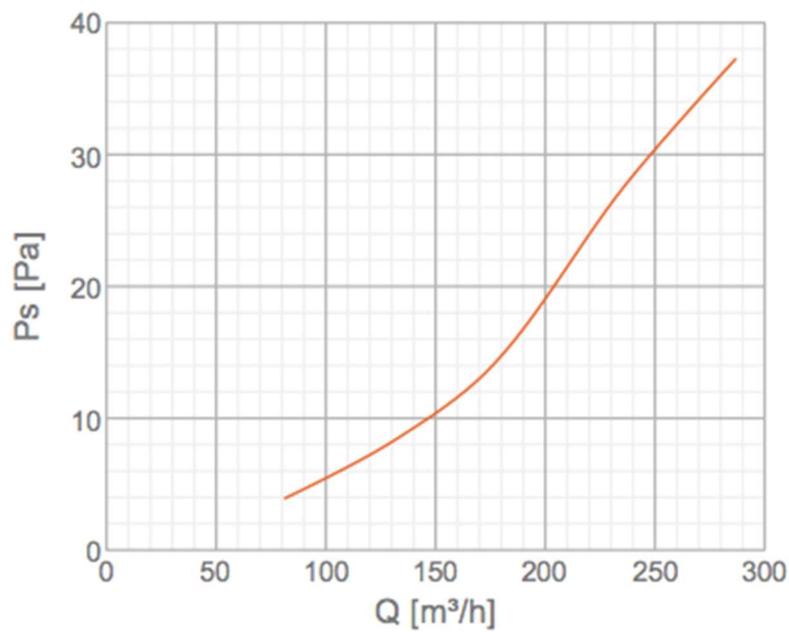


Figura 20- Diagramma per ricavare le perdite di carico in base alla portata la griglia di ripresa NOVA-E

10.9 Griglie di transito

E' stata scelta NOVA-D, una griglia di transito per porte rettangolare in alluminio ad alette fisse direttrici, destinata all'utilizzo in impianti commerciali e industriali. La griglia è idonea per il passaggio libero di aria attraverso la porta.



Figura 21- Griglia di transito NOVA-D, Systemair

Costruzione

La griglia NOVA-D è realizzata in profilato di alluminio anodizzato, verniciata in colore bianco RAL 9010. Sono disponibili da stock le seguenti grandezze da 200x100 a 600x300 mm.

Funzionamento

Le alette fisse inclinate di questa griglia hanno un passo di 15 mm e questo spazio permette un libero passaggio dell'aria da un lato all'altro della griglia. Grazie alla forma a V delle alette non si verifica alcun passaggio di luce.

Montaggio

La griglia NOVA-D viene applicata direttamente nell'apertura di una porta e incollata con sigillante. (28)

Diagrammi

Curva

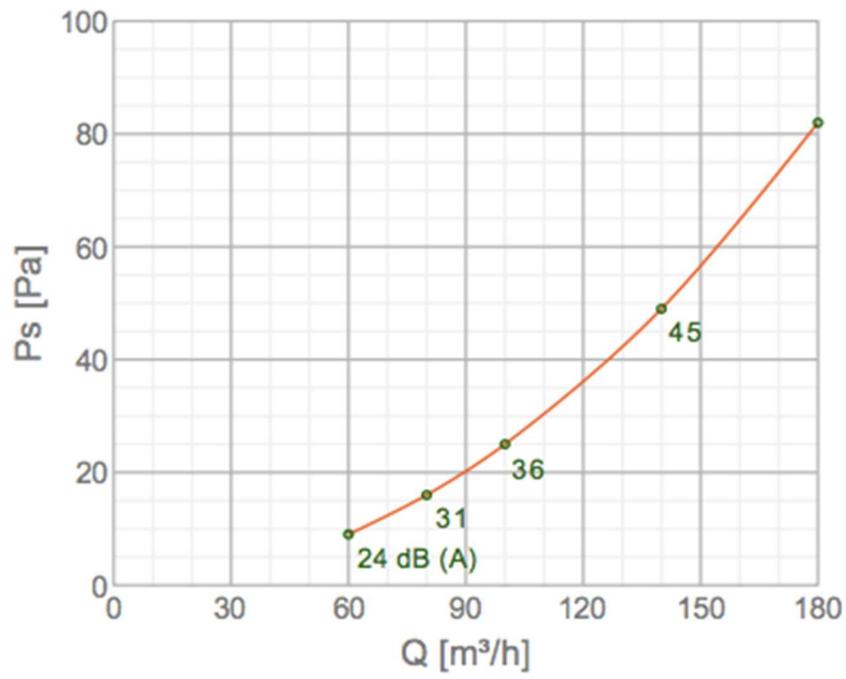


Figura 22- Diagramma per ricavare le perdite di carico in base alla portata per la griglia di transito NOVA-D

11 Unità di trattamento aria

L'unità di trattamento aria scelta è del tipo a recuperatore di calore rotativo.

11.1 Principio di funzionamento

L'aria presente in un ambiente si carica di anidride carbonica e di agenti inquinanti pertanto va ricambiata. Aria fresca di rinnovo, ossigenata, va presa dall'esterno, trattata termicamente ed inviata nell'ambiente. Si può contenere l'incremento di costo energetico che ne deriva, con l'impiego di un sistema che recuperi una grande parte del calore contenuto nella corrente d'aria espulsa e lo trasferisca alla corrente di rinnovo. Una modalità per realizzare quanto esposto è data dall'impiego dei recuperatori rotativi.

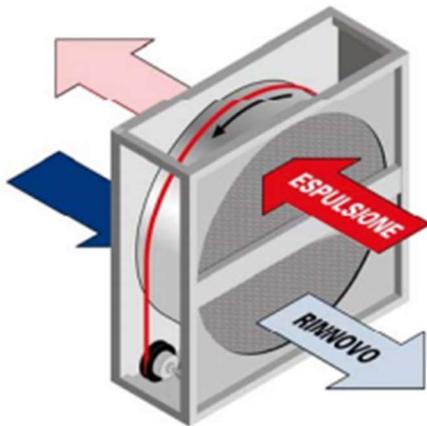


Figura 23- Recuperatore rotativo

Essi sono costituiti da un rotore cilindrico costruito in modo da risultare permeabile all'aria, caratterizzato da un elevatissimo sviluppo superficiale; l'aria di rinnovo e quella di espulsione attraversano ciascuna una metà dello scambiatore, fluendo in controcorrente. Il calore trasferito è la quantità di calore sensibile (e/o latente) ceduto al flusso d'aria in ingresso (o sottratto, in regime estivo). L'umidità trasferita è la quantità di umidità ceduta al flusso d'aria in ingresso (o sottratta, in regime estivo).

Lo scambio termico in questi recuperatori avviene per accumulo: mentre il cilindro ruota lentamente l'aria espulsa attraversa una metà dell'involucro e cede calore alla matrice del rotore che lo accumula. L'aria di rinnovo, che attraversa l'altra metà, assorbe il calore accumulato. Proseguendo la rotazione le parti che assorbono e cedono calore si invertono continuamente, ed il processo può continuare in maniera indefinita. In regime estivo è l'aria esterna ad essere raffreddata e deumidificata; in regime invernale l'aria entrante, fredda e secca, assorbe calore dal rotore ed eventualmente umidità, negli apparecchi predisposti con superfici igroscopiche. La velocità di rotazione del rotore può essere costante o fatta variare da un regolatore di velocità.

Una voce importante nella determinazione dell'efficienza di tali apparecchiature è la portata di fuga che può essere distinta in: interna, esterna, di trascinamento. La fuga interna è la portata d'aria che può passare da un lato all'altro di un recuperatore di calore. La fuga esterna è la portata d'aria che può attraversare il cassone di un recuperatore di calore da o verso l'ambiente circostante. La fuga per trascinamento è la portata d'aria trasferita dal lato espulsione al lato immissione di un recuperatore rotante.

11.2 Pulizia e regolazione

Poiché vi è la possibilità di contaminazione tra i due flussi d'aria per trascinamento, il recuperatore viene dotato di un settore di pulizia. Il settore di pulizia è posizionato a valle del rotore, nel punto in cui il rotore passa dalla parte dell'espulsione a quella di immissione. In questo modo, una piccola quantità dell'aria di immissione sarà trasferita nei canali dell'aria di espulsione permettendone la pulizia.

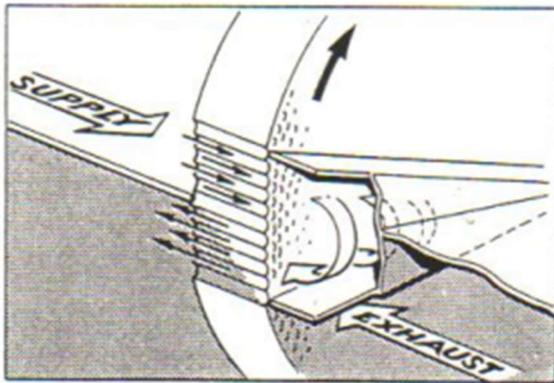


Figura 24- Dettaglio del recuperatore entalpico di calore

Per escludere il surriscaldamento, soprattutto nelle stagioni intermedie (primavera e autunno), viene effettuato un controllo sulla temperatura di mandata, in funzione delle esigenze dell'impianto, tramite una regolazione della velocità di rotazione. Viene utilizzato un motore di trascinamento a velocità variabile ed è così possibile modulare il rendimento tra un valore minimo ed uno massimo. La quantità di calore recuperato aumenta all'aumentare della velocità di rotazione. Solitamente, quindi, la velocità di rotazione del recuperatore viene asservita alla temperatura richiesta. La figura seguente mostra l'efficienza del recupero in funzione della velocità di rotazione.

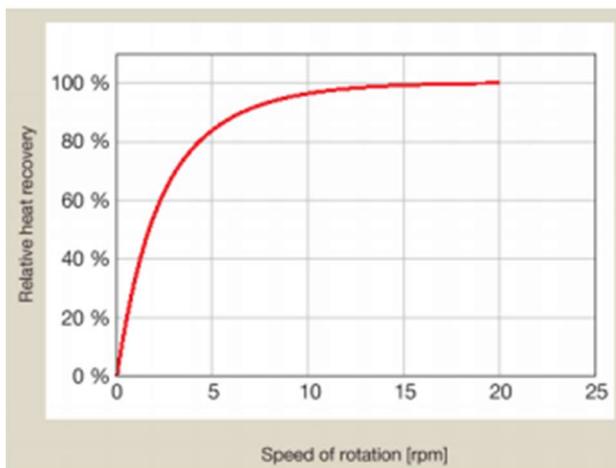


Figura 25- Efficienza del recuperatore rotativo in funzione della velocità di rotazione

11.3 Ventilatore

Oltre alla ruota entalpica, nell'unità di trattamento aria è presente il ventilatore che ha il compito di inviare l'aria primaria nei condotti di distribuzione della stessa.



Figura 26- Ventilatore di mandata

Esso è stato dimensionato direttamente dal fornitore dell'UTA al quale è stata comunicata la prevalenza richiesta dal circuito dei canali dell'aria e dai diffusori e dalle serrande di taratura poste prima di ogni diffusore.

11.4 Scelta tecnologica

Quale UTA è stato scelto il Modello GOLD F RX della Ditta Swegon, brevemente descritto nel seguito.

- Involucro

E' composto da pannelli di copertura e sportelli di ispezione con montaggio a filo. Lo strato esterno è realizzato in lamiera d'acciaio zincato riverniciata nel tono grigio metallizzato personalizzato di Swegon (colore RAL più vicino: 9007). Lo

strato interno è di lamiera d'acciaio rivestita in aluzinc. L'intera unità di trattamento aria è conforme alle norme ambientali di classe C4.

Provvista di marchio CE. Conforme alle disposizioni delle norme EN 61000-6-2 e EN 61000-6-3. Spessore del pannello di 52 mm con isolante intermedio di lana di roccia.

Gli sportelli di ispezione sono sospesi su cerniere e dispongono di maniglie montate a pannello, Prima di poter aprire completamente gli sportelli, occorre aprirne le maniglie in due fasi, per equalizzare la pressione.

-Ventilatori

I ventilatori ad azionamento diretto sono degli esclusivi ventilatori centrifughi assiali di tipo GOLD Wing+, con prestazioni mirate all'eccellenza dei consumi energetici, all'uniformità della portata e a un basso livello di rumore prodotto dal flusso dell'aria. Il modello GOLD Wing è brevettato.

All'unità di trattamento aria è possibile collegare direttamente, senza perdite di pressione, sezioni funzionali quali batterie di raffreddamento e gomiti. In questo modo si risparmia

spazio nel vano del ventilatore.

I ventilatori sono azionati da motori CE ad alta efficienza che, assieme al sistema di controllo del motore sviluppato appositamente per l'unità GOLD, si contraddistinguono per la loro estrema efficienza.

I ventilatori sono certificati per temperature fino a 40 °C.

I motori dei ventilatori sono dotati di un sistema di controllo che consente di regolarne la velocità e dispongono di prese di misurazione per la misurazione e la regolazione continue della portata d'aria.

Per quanto concerne le vibrazioni, i ventilatori sono isolati in modo efficace dall'involucro mediante boccole in gomma/collegamenti flessibili.

I ventilatori sono fissati in posizione mediante pomelli/viti di bloccaggio e fasce metalliche. Tali dispositivi di fissaggio possono essere allentati con facilità, permettendo di separare l'intero gruppo del ventilatore per operazioni di ispezione e interventi di manutenzione.

-Filtro

Il filtro è in fibra di vetro. Il portafiltro è dotato di un sistema di bloccaggio studiato per una tenuta efficace ed è conforme ai requisiti per le perdite di esclusione Classe F9. Per tutti i filtri è possibile selezionare i modelli M5 o F7.

Le unità monoblocco GOLD RX/PX delle taglie 014-030 con recuperatore di calore rotativo o con scambio controcorrente e ingresso dell'aria dall'alto e le unità GOLD RX Top di taglia 004-012 sono dotate di filtri pieghettati.

Le unità di trattamento aria di mandata e ripresa GOLD SD delle taglie 004-012 possono essere equipaggiate con filtri pieghettati opzionali.

Le unità in altre taglie sono dotate di filtri a sacchetto di grandi dimensioni sia sul lato dell'aria di mandata che di quello dell'aria esterna.

Nel sistema di controllo sono incorporati sensori di pressione per la misurazione della perdita di pressione nei filtri.

- Pre-filtro all'interno delle unità di trattamento dell'aria

I pre-filtri installati all'interno delle unità di trattamento dell'aria possono essere ordinati come optional.

I prefiltri vengono utilizzati nei sistemi di ventilazione in cui l'aria di ripresa e/o quella esterna sono pesantemente contaminate, e si desidera evitare che il filtro fine presente nell'unità GOLD si intasi in breve tempo.

I filtri sono di tipo alluminio retinato o compatti di classe G4.

Nel sistema di controllo sono incorporati sensori di pressione per la misurazione della perdita di pressione nei filtri.

- Recuperatore di calore rotativo

Recuperatore di calore rotativo RECONomic/RECOsorptic con efficienza termica fino all'85%. Il fabbisogno di riscaldamento viene soddisfatto regolando automaticamente e in modo variabile la velocità del rotore.

Il recuperatore di calore rotativo recupera anche energia di raffreddamento.

È disponibile in una versione di assorbimento (RECOsorptic) per il recupero dell'umidità che riduce i costi operativi e di investimento per il raffreddamento e migliora i livelli di comfort interno durante l'inverno, oltre a una versione con trattamento epossidico.

E' dotato di settore di spurgo, piastre di montaggio e prese di misurazione della pressione di serie.

Il recuperatore di calore RECONomic/RECOsorptic è brevettato.

Nel caso invernale l'aria di mandata entrante nella ruota entalpica a -8 °C con un umidità dell'80% risulta uscire ad una temperatura di 13,5 °C con il 60% di umidità; nel lato di uscita l'aria passa da una temperatura di 20 °C fino ad arrivare a -2,9°C, con una umidità che passa dal 50 all'87% circa.

Per le condizioni estive, invece, l'aria di mandata nel recuperatore rotativo passa da una temperatura esterna di 32 °C arrivando a 27,6°C con una umidità del 52%. Nel lato di estrazione la temperatura passa da 26 °C a 31,5°C.

- Batterie di scambio termico

L'UTA è dotata di una batteria di scambio termico a tubi alettati, del tipo aria/acqua. L'acqua può essere calda o refrigerata a seconda della stagione. L'aria, dopo essere stata filtrata e aver subito una prima trasformazione attraverso il recuperatore di calore rotativo viene condizionata dalla batteria di scambio termico in modo che la sua temperatura in ingresso nell'ambiente risulti sempre di 22°C. Nel caso estivo, per passare dalla temperatura di 28.5 °C a 22 °C, con un'umidità che aumenta dal 49 al 70% , è necessaria una potenza di 9,05 kW. Nel

caso invernale, per portare l'aria da 14,4 a 22 °C, la batteria richiede una potenza di 8,71 kW.

-Apparecchiature elettriche e di controllo

Il sistema di alimentazione elettrica e di controllo è completamente integrato nell'unità di trattamento aria. L'apparecchiatura basata su microprocessore controlla e regola i valori della temperatura e della portata d'aria, nonché altre funzioni. Il sistema incorpora numerose funzioni di facile attivazione.

L'unità di trattamento aria può essere controllata automaticamente in vari modi tramite il timer integrato o il sistema di controllo principale, ma anche su richiesta, ad esempio tramite un sensore di CO₂. È inoltre possibile anche il controllo manuale.

Molte funzioni e impostazioni possono essere attivate/immesse tramite un sistema di controllo principale.

Precisione di controllo:

Temperatura $\pm 1^\circ\text{C}$.

Portata d'aria $\pm 5\%$.

Il micro terminale manuale IQnavigator è dotato di schermo touchscreen da 7" ed è molto semplice e intuitivo. La messa in servizio e l'inserimento delle impostazioni possono essere effettuati in modo intuitivo e per step. Le immagini di flusso e i testi di aiuto sono sempre a portata di mano.

Il terminale manuale è dotato di un cavo di collegamento lungo tre metri che può essere collegato mediante connettore rapido alla centralina dell'unità di trattamento aria (standard). La comunicazione wireless tra il terminale manuale e l'unità GOLD può avvenire anche mediante WLAN (richiede l'accessorio del terminale manuale IQnavigator con WLAN).

La comunicazione tra il micro terminale manuale e l'unità di trattamento aria GOLD può avvenire anche wireless via WLAN (accessorio). La semplicità di utilizzo è assicurata, sia che si usi un computer, un tablet o un cellulare via WiFi.

I valori predefiniti vengono salvati e non subiranno modifiche in caso di interruzione di corrente.

Il sistema di controllo integrato gestisce e regola i valori della temperatura, della portata d'aria e dei periodi di funzionamento, nonché di numerose funzioni interne ed esterne. (29)

12 Impianto a ventilconvettori

All'aria primaria spetta il compito di tenere sotto controllo la ventilazione degli ambienti, mentre ai ventilconvettori spetta quello di abbattere il carico termico.

12.1 Dimensionamento dei terminali per il riscaldamento e il raffrescamento

Per il dimensionamento e la scelta dei ventilconvettori è stato utilizzato il foglio di calcolo Excel riportato in Tabella 31.

Il calcolo è stato fatto per ogni ambiente conoscendo il volume di ciascuno e la potenza richiesta nel caso estivo e invernale. Dalla potenza, espressa in W, è stata ricavata, dividendola per il volume del locale esaminato, la potenza unitaria (P_u) in W/m^3 che fornisce un'indicazione che può essere significativa per confronti e eventuali aggiustamenti.

Per ottenere la portata d'acqua necessaria, si sono imposte le differenze di temperatura tra l'ingresso e l'uscita dell'acqua nei fan coils. Per il caso invernale il gradiente termico è fissato a 10 °C (50 °C entrata - 40°C uscita), mentre per il caso estivo la differenza di temperatura è di 5 °C (7°C entrata - 12 °C uscita). Dal valore della potenza richiesta per ogni ambiente si calcola la portata d'acqua richiesta.

Lo stesso procedimento viene effettuato sia per le condizioni invernali che per quelle estive. Nel caso di queste ultime, è stata aggiunta anche la colonna

riguardante la potenza sensibile per poter effettuare un'ulteriore verifica durante la scelta dei ventilconvettori.

Successivamente si sceglie il tipo e il numero di fan coils da installare in ogni ambiente, verificando che le potenze termiche vengano soddisfatte in entrambe le stagioni. Come si nota, la potenza invernale risulta essere sempre molto sovradimensionata rispetto ai carichi termici calcolati. Questo perché la situazione più svantaggiosa è quella estiva.

Per ogni ventilconvettore i dati tecnici di catalogo comprendono anche la portata d'aria che è in grado di fornire.

La colonna denominata 'RIC' rappresenta una verifica ed indica il numero di ricambi/ora effettuati dal fan coil. Si ricava semplicemente moltiplicando la portata d'aria fornita dai fan coil all'interno della stanza per il volume della suddetta. Il numero di ricambi d'ora deve sempre essere maggiore di 4, questo per consentire, all'interno di ogni ambiente, una temperatura il più possibile omogenea.

DELTA T CALDO	10	°C
DELTA T FREDDO	5	°C

LOCALI PIANO SECONDO	GEOMETRIA			RISCALDAMENTO			REFRIGERAZIONE				CARATTERISTICHE				CALDO		FREDDO				
	AREA	h	V	P	Pu	w	P totale	P sensibile	Pu	w	MOD	N	Wu	W	RIC	Q(caldo)	Qtot (caldo)	Q tot (freddo)	Q sensibile (freddo)	Qtot (freddo)	Q sensibile (freddo)
	(mq)	(m)	(mc)	(w)	W/m3	l/h	W	W	W/mc	l/h			mc/h	mc/h	N	W	W	W	W	W	W
UFFICIO ANGOLO SINISTRA	18,9	3,8	72	2.072	29	185	1.783	1.661	25	413	CRC-ECM 44	1	340	340	4,73	2.750	2.750	2.280	1.680	2.280	1.680
STANZA SKYPE	2,3	3,8	9	22	3	2	367	306	42	92	CRC-ECM 24	1	210	210	24,03	1.630	1.630	1.330	990	1.330	990
SALA RELAX	7	3,8	27	968	36	86	743	499	28	163	CRC-ECM 24	1	210	210	7,89	1.630	1.630	1.330	990	1.330	990
SALA RIUNIONE SINISTRA	19,2	3,8	73	1.737	24	154	1.387	1.021	19	333	CRC-ECM 44	1	340	340	4,66	2.750	2.750	2.280	1.680	2.280	1.680
UFFICIO SINISTRA	12,4	3,8	47	1.834	39	161	1.600	1.478	34	360	CRC-ECM 24	2	210	420	8,91	1.630	3.260	1.330	990	2.660	1.980
OPEN SPACE SINISTRA	255	3,8	969	17.882	18	1.597	23.670	20.742	24	5.903	CRC-ECM 64	9	475	4.275	4,41	3.870	34.830	3.200	2.350	28.800	21.150
UFFICIO 1	32	3,8	122	2.005	16	180	2.890	2.585	24	706	CRC-ECM 44	2	340	680	5,59	2.750	5.500	2.280	1.680	4.560	3.360
UFFICIO 2	32	3,8	122	2.005	16	180	2.890	2.585	24	706	CRC-ECM 44	2	340	680	5,59	2.750	5.500	2.280	1.680	4.560	3.360
UFFICIO 3	32	3,8	122	2.016	17	181	2.891	2.586	24	706	CRC-ECM 44	2	340	680	5,59	2.750	5.500	2.280	1.680	4.560	3.360
SPAZI COMUNI	100	3,8	380	18.637	49	493	6.594	6.441	17	1.056	CRC-ECM 64	5	475	2.375	6,25	3.870	19.350	3.200	2.350	16.000	11.750
SALA RIUNIONE DESTRA	6,2	3,8	24	59	3	6	226	165	10	137	CRC-ECM 24	1	210	210	8,91	1.630	1.630	1.330	990	1.330	990
OPEN SPACE DESTRA	160	3,8	608	16.528	27	1.463	12.595	11.375	21	3.101	CRC-ECM 64	6	475	2.850	4,69	3.870	23.220	3.200	2.350	19.200	14.100

Tabella 31- Scelta del numero e modello dei ventilconvettori per i diversi locali

12.2 Scelta tecnologica

I ventilconvettori scelti sono di marca SABIANA, un'azienda lombarda con esperienza pluridecennale e leader nella manifattura di apparecchiature per impianti termici e di condizionamento.

Il modello scelto è il CRC – ECM con batteria di scambio termico a 4 ranghi. A seconda della specifica necessità, è stata scelta la più opportuna fra le prime tre grandezze (CRC – ECM 24, CRC – ECM 44, CRC – ECM 64). L'aspetto è quello visibile nella successiva fig. 27.



Figura 27- Ventilconvettore CRC-ECM 44, SABIANA

Tale modello assicura un basso consumo elettrico in rapporto alle prestazioni, sia termiche che di statica utile ed è particolarmente adatto sia a soddisfare gli stringenti requisiti di consumo energetico richiesti dagli edifici in classe A, sia a garantire un ottimale comfort acustico. In termini di livelli sonori, si sono ottenuti ottimi valori della serie in tutte le condizioni di funzionamento, senza alcun fenomeno di risonanza a nessuna frequenza.

Il pieno rispetto della Direttiva di Compatibilità Elettromagnetica e delle altre severe normative in vigore è stato certificato da un istituto indipendente.

La portata dell'aria può essere variata in maniera continua mediante un segnale 1-10 V generato da comandi di regolazione e controllo SABIANA o da sistemi di regolazione indipendenti. Questa possibilità, oltre a migliorare il comfort acustico, consente una più puntuale risposta alla variazione dei carichi termici ed una maggiore stabilità della temperatura desiderata in ambiente.

I componenti principali del ventilconvettore sono:

- Il mobile di copertura composto da robuste spalle laterali in materiale sintetico antiurto (ABS) e da una sezione frontale in lamiera d'acciaio zincata a caldo e preverniciata. La griglia di mandata dell'aria, in materiale sintetico, è di tipo reversibile ad alette fisse ed è posizionata sulla parte superiore.
- La struttura interna portante costituita da lamiera zincata, spessore 1 mm, composta da due spalle laterali e da una parete posteriore isolate con materassino in polietilene a cellule chiuse classe M1.
- Il filtro rigenerabile in polipropilene a nido d'ape. Il telaio, in lamiera zincata, è inserito in guide fissate sulla struttura interna che permettono una facile estrazione. Una copertura frontale del filtro, in materiale plastico dello stesso colore della griglia di mandata, evidenzia la presenza dello stesso.
- Il gruppo ventilante è costituito da ventilatori centrifughi a doppia aspirazione, particolarmente silenziosi, con giranti in alluminio o materiale plastico bilanciate staticamente e dinamicamente, direttamente calettate sull'albero motore.
- Il motore elettronico brushless sincrono a magneti permanenti, del tipo trifase, controllato con corrente ricostruita secondo un'onda sinusoidale BLAC. La scheda elettronica ad inverter per il controllo del funzionamento motore è alimentata a 230 Volt in monofase e, con un sistema di switching, provvede alla generazione di una alimentazione di tipo trifase modulata in frequenza e forma d'onda. Il tipo di alimentazione elettrica richiesta per la macchina è quindi monofase con tensione 230 - 240 V e frequenza 50 - 60 Hz.

- La batteria di scambio termico è costruita con tubi di rame ed alette in alluminio fissate ai tubi con procedimento di mandrinatura meccanica.

La batteria è dotata di due attacchi Ø 1/2". I collettori sono corredati di sfoghi d'aria e di scarichi d'acqua Ø 1/8" gas.

Lo scambiatore non è adatto ad essere utilizzato in atmosfere corrosive o in tutti quegli ambienti in cui si possano generare corrosioni nei confronti dell'alluminio.

- La bacinella raccolta condensa è in materiale plastico (ABS UL94 HB), realizzata a forma di L e fissata alla struttura interna. Il tubo di scarico condensa è Ø 15 esterno. (30)

La successiva Tabella 32 riporta le caratteristiche tecniche delle tre grandezze del modello di ventilconvettore adottato. Per la scelta si è fatto riferimento alla velocità media di funzionamento, in modo da poter avere le opzioni di ridurla o aumentarla in caso di necessità, regolando la tensione di pilotaggio dell'inverter. Inoltre, la scelta di questa velocità risulta avere pressioni acustiche ridotte, inferiori ai 36 dB, garantendo così una bassissima rumorosità .

Apparecchi a 4 ranghi

Impianto a due tubi. Le prestazioni sono riferite alle seguenti condizioni di funzionamento:

RAFFREDDAMENTO (funzionamento estivo)

Temperatura aria: +27°C bulbo secco +19°C bulbo umido
Temperatura acqua: + 7°C entrata +12°C uscita

RISCALDAMENTO (funzionamento invernale)

Temperatura aria: +20°C
Temperatura acqua: +50°C entrata

Portata acqua uguale a quella circuitata nel funzionamento estivo

MODELLO	CRC-ECM 24					CRC-ECM 44					CRC-ECM 64				
	1 (E)	3	5 (E)	7,5	10 (E)	1 (E)	3	5 (E)	7,5	10 (E)	1 (E)	3	5 (E)	7,5	10 (E)
Tensione Pilotaggio Inverter (V)															
Velocità	MIN MED MAX					MIN MED MAX					MIN MED MAX				
Portata aria m ³ /h	115	160	210	260	325	200	265	340	415	505	290	375	475	590	720
Raffreddamento resa totale (E) kW	0,78	1,07	1,33	1,59	1,88	1,44	1,84	2,28	2,73	3,19	2,06	2,61	3,20	3,86	4,54
Raffreddamento resa sensibile (E) kW	0,57	0,79	0,99	1,20	1,44	1,04	1,35	1,68	2,04	2,41	1,49	1,90	2,35	2,86	3,41
Riscaldamento (E) kW	0,94	1,30	1,63	1,98	2,37	1,70	2,19	2,75	3,31	3,91	2,43	3,12	3,87	4,71	5,60
Riscaldamento - Acqua 70-60°C kW	1,57	2,18	2,75	3,33	4,01	2,83	3,67	4,59	5,57	6,60	4,05	5,21	6,48	7,90	9,43
Dp Raffreddamento (E) kPa	3,2	5,5	8,0	11,0	14,8	4,0	6,1	8,9	12,2	16,1	8,2	12,4	17,8	24,8	33,0
Dp Riscaldamento (E) kPa	2,6	4,6	6,5	9,1	12,6	3,0	4,8	7,2	10,0	13,5	6,5	10,2	14,9	20,4	26,9
Assorbimento Motore (E) W	7,0	9,0	11,0	14,5	21,0	6,0	9,0	12,0	17,0	25,0	7,0	10,0	15,0	22,0	32,0
Potenza acustica (E) dB(A)	30	36	41	47	51	30	36	42	47	51	33	38	44	49	54
Pressione acustica (*) dB(A)	21	27	32	38	42	21	27	33	38	42	24	29	35	40	45
Batteria addizionale Riscald. (E) kW	0,81	1,04	1,23	1,42	1,63	1,47	1,79	2,11	2,42	2,74	2,00	2,40	2,80	3,24	3,68
a 1 rango (Acqua 70/60°C) Dp Risc. (E) kPa	1,3	1,9	2,6	3,4	4,3	4,5	6,4	8,5	10,9	13,6	1,5	2,1	2,8	3,6	4,5
Classificaz. energetica FCEER (**)(E)	C					A					A				
Classificaz. energetica FCCOP (***)(E)	C					B					A				

Tabella 32- Caratteristiche ventilconvettori CRC-ECM a 4 ranghi

13 Rete idraulica

Si intende con questo termine la linea di distribuzione dell'acqua calda e fredda ai ventilconvettori.

L'acqua che giunge ai terminali segue un lungo percorso. Il collettore alimentato dall'acqua proveniente dalla centrale termica in inverno e dai gruppi frigoriferi in estate è posizionato nel locale tecnico posto al piano seminterrato.

13.1 Dimensionamento delle linee caldo-freddo.

I diametri delle tubazioni sono stati calcolati conoscendo la potenza termica necessaria ad ogni ramo, il gradiente termico dell'acqua tra l'ingresso e l'uscita dei terminali e il calore specifico dell'acqua dipendente dalla temperatura. I diametri variano dal momento che varia la potenza termica che trasporta un ramo: ad ogni diramazione la potenza viene diminuita del valore corrispondente a quella trasferita al terminale. Può accadere che, in caso di piccole potenze deviate da un ramo, si sia mantenuto lo stesso diametro per due tratti consecutivi.

Per procedere nel calcolo si è considerata la potenza trasportata da ogni singolo ramo, da cui si può ricavare il valore della portata:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{\Delta T_h * c}$$

con ΔT imposta di 5°C, considerando la progettazione in caso estivo, poiché si tratta della condizione che comporta la massima dimensione richiesta per i tubi. Si utilizza un calore specifico pari a 4,186 kJ/kg °C

Ricavata la portata, viene imposta una velocità w , variabile tra 1,2 e 0,3 m/s al fine di minimizzare le perdite di carico. Si va poi a calcolare il diametro interno teorico della tubazione:

$$D = \sqrt{\frac{4 * \dot{m}}{\pi w}}$$

con questo valore si può cercare nella tabella apposita il vero diametro interno che verrà utilizzato, considerando i diametri delle tubazioni esistenti in commercio.

Lo stesso procedimento viene eseguito per il calcolo del caldo. Il ΔT impostato è di 10 °C e il calore specifico è $c = 4,197 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$. Dopo aver calcolato le portate e il diametro interno teorico, si dovrebbe, come nel caso del freddo, ricavare i diametri reali esistenti in commercio. Il nostro impianto idrico però è progettato a due linee (una di andata e una di ritorno) e non a quattro, questo vuol dire che le dimensioni delle tubazioni non variano dal caso estivo a quello invernale. Si è quindi copiata la colonna delle dimensioni reali dei tubi ricavate per il condizionamento, anche per il riscaldamento (ottava colonna con testo di colore blu). Il dimensionamento delle tubazioni viene fatto sul freddo perché i diametri delle tubazioni per soddisfare i carichi termici estivi risultano di dimensioni maggiori rispetto a quelli per soddisfare i carichi invernali.

Per capire i vari tratti di tubazioni considerati si faccia riferimento alla figura 28.

I calcoli sono riportati nelle tabelle 33 e 34.

CARATTERISTICHE ACQUA REFRIGERATA		
T	5	°C
d	1000	kg/mc
c	4,187	kJ/kg°C
v	1,30E-06	mq/s

TRATTO	Q	DT	G	w	V	Di(t)	Di
	W	°C	kg/s	l/h	m/s	mm	mm
GF-0	57.636	5	2,75	9.911	1,2	54	68,7
0-UTA	7.430	5	0,35	1.278	0,8	24	27,4
0-1	40.444	5	1,93	6.955	0,9	52	53,1
1-2	12.595	5	0,60	2.225	0,7	34	36,1
2-3	6.298	5	0,30	1.113	0,7	24	27,4
2-4	6.298	5	0,30	1.113	0,7	24	27,4
5-1	27.894	5	1,33	4.928	0,8	47	53,1
5-6	17.859	5	0,85	3.155	0,7	40	42,0
6-7	8.643	5	0,41	1.527	0,7	28	36,1
0-8a	17.192	5	0,82	3.037	0,7	39	42,0
8a VTC	226	5	0,01	40	1,0	4	12,7
8a-8b	15.647	5	0,75	2.764	0,7	37	42,0
8b RAD	-	5	0,00	0	0,9	0	12,7
8b-8	15.647	5	0,75	2.764	0,7	37	42,0
8-9	10.387	5	0,49	1.835	0,8	28	36,1

Tabella 33- Caratteristiche e dimensionamento linea freddo

CARATTERISTICHE ACQUA CALDA		
T	80	°C
d	971	kg/mc
c	4,197	kJ/kg°C
v	3,64E-07	mq/s

TRATTO	Q	DT	G	w	V	Di(t)	Di
	W	°C	kg/s	l/h	m/s	mm	mm
CT-0	65.937	10	1,57	5.825	1,0	45	68,7
0-UTA	8.710	10	0,21	769	1,0	17	27,4
0-1	49.317	10	1,18	4.357	1,0	39	53,1
1-2	16.528	10	0,39	1.460	1,2	21	36,1
2-3	8.264	10	0,20	730	1,0	16	27,4
2-4	8.264	10	0,20	730	1,0	16	27,4
5-1	32.789	10	0,78	2.896	1,0	32	53,1
5-6	23.036	10	0,55	2.035	1,0	27	42,0
6-7	7.880	10	0,19	696	1,0	16	36,1
0-8a	16.620	10	0,40	1.468	1,0	23	42,0
8a VTC	59	10	0,00	5	1,0	1	12,7
8a-8b	12.833	10	0,31	1.134	1,0	20	42,0
8b RAD	172	10	0,36	1.327	1,0	22	27,4
8b-8	12.661	10	0,30	1.118	1,0	20	42,0
8-9	8.688	10	0,21	767	1,0	16	36,1

Tabella 34- Caratteristiche e dimensionamento linea caldo

13.2 Calcolo perdite di carico

Il calcolo delle perdite di carico risulta necessario per permettere il dimensionamento della pompa che deve spingere l'acqua all'interno delle tubazioni, fino al punto più svantaggiato.

Come nel caso delle perdite di carico calcolate per i canali d'aria, anche qui si distinguono quelle continue da quelle concentrate.

Per calcolare le perdite di carico continue, lungo i tubi, si deve conoscere la lunghezza di ciascun tratto, ricordandosi che questa deve essere raddoppiata, per tener conto sia del tubo di andata che di quello del ritorno.

La formula utilizzata per calcolare le perdite di carico continue per tubi a media rugosità (tra 0,02 mm e 0,09 mm), ovvero i tubi commerciali in acciaio, è la seguente:

$$\Delta p_{continue} = 3,3 * v^{0,13} * \rho * \frac{G^{1,87}}{D^{5,01}}$$

dove:

$\Delta p_{continue}$ sono le perdite di carico lineari misurate in mm c.a./m;

v e' la viscosità dell'acqua in m^2/s ;

ρ e' la densità dell'acqua in Kg/m^3 ;

G rappresenta la portata misurata in l/h;

D e' il diametro misurato in mm.

Le perdite concentrate tengono invece conto delle eventuali curve, dei restringimenti e degli allargamenti delle tubazioni, delle varie valvole e degli innesti a T. Ad ognuno di questi punti sopra elencati corrisponde un coefficienti di perdita di carico concentrata da moltiplicare. Inoltre per questo calcolo è stato necessario ricavare anche la velocità reale dell'acqua all'interno dei tubi, attraverso il diametro effettivo e la portata d'acqua.

Dalla somma delle perdite di carico lineari e concentrate si ricavano quelle totali.

Infine, si è dovuto individuare il tratto più svantaggioso, ovvero quello che dal punto di mandata dell'acqua della centrale termica fino al terminale più lontano aveva perdite di carico maggiore rispetto agli altri.

I calcoli sono stati effettuati per entrambi i casi di caldo e freddo, come da tabelle 35 e 36. Anche qui, si vede come la situazione peggiore, ovvero la perdita di carico maggiore risulta quella ricavata dalle tubazioni del caso estivo. Alle perdite di carico delle linee vengono aggiunte quelle corrispondenti ai ventilconvettori e quelle delle valvole a tre vie. La prevalenza nel caso estivo risulta quindi quella interessata al tronco 0-7 ed è di 5mca.

TRATTO	ALL.	RESTR.	CURVA	VALV.	RITEGNO	T	L	V	Dp-cont	Dp-cont	Dp-acc	Dp
	1,0	0,5	0,8	6,0	1,0	1,0	m	m/s	mmca/m	Pa	Pa	m
GF-0	0	0	4	2	0	2	28	1,03	19	5.307	9079	1,44
0-UTA	0	0	4	2	0	2	18	0,60	22	4.037	3119	0,72
0-1	0	0	0	2	0	2	10	0,71	9	944	3506	0,45
1-2	0	0	0	2	0	2	10	0,86	26	2.558	5083	0,76
2-3	0	0	0	2	0	0	30	0,75	28	8.359	3283	1,16
2-4	0	0	2	2	0	0	48	0,75	28	13.374	3720	1,71
5-1	0	0	0	2	0	0	30	0,82	14	4.231	3893	0,81
5-6	0	2	0	0	0	0	56	0,87	21	11.948	367	1,23
6-7	0	2	0	0	0	0	36	0,47	8	2.930	107	0,30
0-8a	0	0	2	2	0	0	44	0,88	22	9.574	5101	1,47
8a VTC	0	0	0	0	0	2	7	0,31	14	987	93	0,11
8a-8b	0	0	0	0	0	0	8	0,78	17	1.379	0	0,14
8b RAD	0	0	0	4	0	4	23	0,00	-	-	0	0,00
8b-8	0	0	0	0	0	0	38	0,78	17	6.551	0	0,66
8-9	0	2	2	0	0	0	42	0,54	11	4.514	373	0,49

Tabella 35- Perdite di carico linea freddo

TRATTO	ALL.	RESTR.	CURVA	VALV.	RITEGNO	T	L	V	Dp-cont	Dp-cont	Dp-acc	Dp
	1,0	0,5	0,8	6,0	1,0	1,0	m	m/s	mmca/m	Pa	Pa	m
CT-0	0	0	4	2	0	2	28	0,36	2	622	1097	0,17
0-UTA	0	0	4	2	0	2	18	0,36	7	1.287	1098	0,24
0-1	0	0	0	2	0	2	10	0,26	1	122	470	0,06
1-2	0	0	0	2	0	2	10	0,41	6	628	1131	0,18
2-3	0	0	0	2	0	0	30	0,35	7	2.051	730	0,28
2-4	0	0	2	2	0	0	48	0,35	7	3.281	828	0,41
5-1	0	0	0	2	0	0	30	0,25	2	467	369	0,08
5-6	0	2	0	0	0	0	56	0,29	3	1.541	41	0,16
6-7	0	2	0	0	0	0	36	0,16	1	416	13	0,04
0-8a	0	0	2	2	0	0	44	0,27	2	1.026	468	0,15
8a VTC	0	0	0	0	0	2	7	0,00	0	0	0	0,00
8a-8b	0	0	0	0	0	0	8	0,23	2	143	0	0,01
8b RAD	0	0	0	4	0	4	23	0,27	2	1.026	55	0,11
8b-8	0	0	0	0	0	0	38	0,23	2	659	0	0,07
8-9	0	2	2	0	0	0	42	0,17	1	516	37	0,06

Tabella 36- Perdite di carico linea caldo

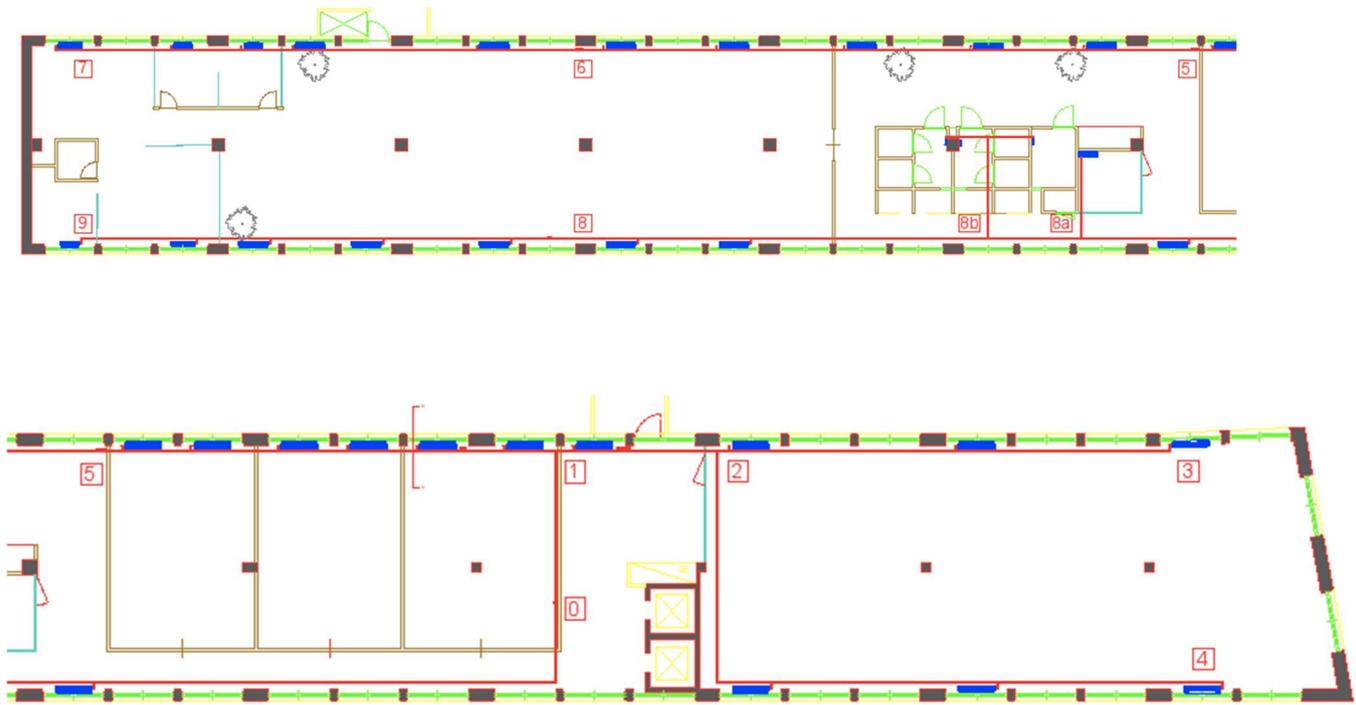


Figura 28- Percorso dei tubi con indicazione dei tratti in cui sono stati suddivisi

14 Computo metrico estimativo

Il computo metrico estimativo è il documento compilando il quale si può definire il costo di costruzione di un'opera edilizia. Per poter compilarlo è necessario conoscere gli impianti installati, le loro caratteristiche e la quantità. Come si evince dalla seguente tabella, il computo metrico è stato diviso in capitoli in base all'argomento trattato.

Nel capitolo 1 si fa riferimento ai collegamenti al collettore della centrale termica e dell'unità trattamento aria. Per ogni componente segue una breve descrizione ricavata dalla scheda tecnica, la quantità da installare e la marca. Sono previste valvole di intercettazione a saracinesca, valvole di ritegno a disco, filtri a 'Y'. La pompa di circolazione è stata scelta della marca GRUNDFOSS, mentre l'unità di trattamento aria, come precedentemente detto, è la SWEGON GOLD. Le tubazioni sono in acciaio, isolato con guaina elastomerica per evitare la dispersione di calore e la condensazione sulla superficie esterna. I canali, invece, sono preisolati per termoventilazione e quelli di espulsione e ripresa esterna risultano dotati di griglia antivolatile.

Il secondo capitolo menziona l'impianto dei ventilconvettori. I ventilconvettori sono di marca SABIANA modello CRC-ECM, nel totale sono 33, di cui 5 CRC-ECM 24, 8 CRC-ECM 44 e 20 CRC-ECM 64. Ognuno ha una valvola a tre vie per la batteria principale, sono inoltre previsti undici termostati. I tubi, in acciaio, vengono isolati con guaina elastomerica.

L'argomento del capitolo 4 riguarda l'estrazione forzata dell'aria dai servizi igienici. E' previsto un ventilatore d'estrazione con regolatore di velocità manuale e quattro valvole di ventilazione a portata regolabile.

Infine, l'ultimo capitolo elenca la manodopera e le integrazioni, comprendendo materiali di consumo, trasporti, accessori e attrezzature necessari a compensare tutte quelle opere e materiali, anche non elencati, necessari ed indispensabili per completare l'impianto in oggetto a regola d'arte ed in conformità alle vigenti normative, secondo le prescrizioni sia progettuali che, in corso d'opera, della Direzione dei Lavori.

N.	DESCRIZIONE DEI LAVORI	UM	Qt.	IMPORTO UNITARIO	IMPORTO
	CAP.01): COLLEGAMENTI COLLETTORE CENTRALE TERMICA E UNITA' DI TRATTAMENTO ARIA				
1.001	Prevedere collegamento $\varnothing 2''1/2$ a collettore esistente di mandata e ritorno acqua in centrale termica.	n°	1+1		
1.002	Fornitura e posa di valvola di intercettazione a saracinesca a cuneo gommatto, conforme alla norma UNI 7125, con pressione massima di esercizio pari a 16 bar (PN 16). Fornita e posta in opera per dare il tutto finito a perfetta regola d'arte.				
a	Valvola del diametro DN65 PN16	n°	4		
1.003	Fornitura e posa di valvola di ritegno a disco , in acciaio inox, per montaggio wafer tra flange. Sono adatte per l'impiego con una vasta gamma di fluidi per applicazioni su linee di processo, in impianti di acqua fredda, calda e surriscaldada, vapore e condense, oli diatermici, aria compressa, gas, ecc. Le dimensioni di scartamento sono conformi a EN 558 parte 1, serie 49. Per applicazioni su vapore la tenuta standard è metallica; con altri fluidi sono disponibili tenute di materiali differenti				
a	Valvola del diametro DN65 PN16	n°	2		
1.004	Fornitura e posa di filtro a "Y" , in ghisa con connessioni flangiate. Elemento filtrante standard in acciaio inossidabile con foratura 0,8 mm. Possibilità di fori per spurgo e scarico sul coperchio.				
a	Valvola del diametro DN65 PN16	n°	1		
1.005	Fornitura e posa di pompa di circolazione , in linea, con motore accessorio con inverter. Progettate per la circolazione degli impianti di acqua di riscaldamento e refrigerazione a portata variabile. Completa di tutto per una corretta posa a regola d'arte				
a	MARCA: GRUNDFOSS MOD. MAGNA 3 65-120 F	n°	1		
1.006	Fornitura e posa di unità di trattamento aria composta da: Filtro G4 + F7 completo di pressostato installato e cablato e connesso alla CPU per correggere la portata del ventilatore in funzione dello sporcamento. L'unità riporta allarme filtro sporco e / o filtro intasato a sporcamento totale. L'allarme può essere personalizzato dall'utente impostando la % di sporcamento soglia a cui si desidera che l'allarme venga riportato. Ventilatore plug fan a bassa inerzia, direttamente accoppiato con motore in classe IE4 EC BRUSHLE SS con possibilità di funzionamento in portata o pressione costante o variabile. Possibilità di controllo con segnale esterno 0-10 V. Funzionamento MAC con controllo della portata massica effettiva al variare della densità aria esterna. Batteria ibrida C/F con valvola 3 vie + attuatore (10kW C, 9kW F) Carpenteria esterna con profilati 10/10 in lamiera zincata verniciata esternamente, spessore 50 mm isolamento in lana di roccia 100 kg /mc. Classe T2/TB3 L1(M) / L2(R). CPU e quadro elettrico con sezionatore montati a bordo, porta ingresso seriale per il BMS, relais protezione ventilatori di serie montati cablati. Per ulteriori informazioni vedi offerta allegata SWEGON				
a	Marca: SWAGON, MOD. GOLD FRX 12 plug and play	n°	1		
1.007	Fornitura e posa di valvola di intercettazione a sfera , corpo in ottone cromato a passaggio standard, con leva in acciaio, T: -20 / 185°C.				
a	Valvola a sfera del diametro $\varnothing 1''$	n°	2		
b	Valvola a sfera del diametro $\varnothing 1/2''$ di scarico con tappo porta gomma	n°	1		
1.008	Fornitura e posa di filtro in linea ad "Y" , corpo e coperchio in ottone, cestello in acciaio inox AISI304. Tmax 110°C PN16				
a	Filtro a Y del diametro $\varnothing 1''$	n°	1		
1.009	Fornitura e posa di termometro bimetallico . Conforme alle norme I.S.P.E.S.L.. Attacco radiale filettato 1/2" M. Cassa in ABS. Con pozzetto lunghezza 45 mm. Scala temperatura da 0° a 120°C.				
		n°	2		
1.010	Fornitura e posa in opera di tubazione in acciaio di tipo trafilato S.S. (Mannesmann) secondo UNI EN10255 e F.A. Raccorderia di tipo unificato, con estremità a saldare, per saldatura autogena all'arco elettrico. I tratti da saldare dovranno essere perfettamente allineati e in asse e la saldatura dovrà avvenire in più passate (almeno due), previa preparazione dei lembi con smusso a "V". Tutte le variazioni di diametro dovranno essere realizzate con tronchi di raccordi conici, con conicità non superiore ai 15°. Dovranno essere usate curve stampate a caldo. Sarà posata in opera completa di materiali vari di consumo, raccordi, curve, tee, saldature ossiacetileniche, guarnizioni, staffe, collari di sostegno e mensolame vario; la verniciatura, con due mani di vernice antiruggine di differente colore, sarà ripresa nei punti ove fosse danneggiata dalla saldatura. Completa di quant'altro necessario per la corretta posa in opera conformemente alla vigente normativa.				
a	Tubazione del diametro $\varnothing 1''$	ml	62		

1.011	Fornitura e posa in opera di isolamento con guaina elastomerica , comprensiva di lamierino 0,6mm in alluminio di rivestimento. Ha la funzione di evitare la dispersione del calore ed evitare la condensazione sulla superficie esterna delle linee . Qualsiasi organo di linea installato sulla tubazione isolata, deve essere anch'esso isolato.					
a	isolamento per tubazione del diametro Ø 1"	ml	62			
1.012	Fornitura e posa di canali preisolati per termoventilazione e condizionamento dell'aria. Realizzati con pannelli sandwich in schiuma fenolica a celle chiuse senza CFC. Il pannello viene prodotto con rivestimenti protettivi su ambo i lati, costituiti da fogli di alluminio di 25 micron di spessore rinforzati da rete in tessuto di vetro con maglia di ampiezza 5 mm, incorporati termicamente durante la lavorazione. Lo spessore del pannello è di 22 ± 2mm. Caratteristiche tecniche del pannello: Densità della schiuma fenolica: minimo 55 kg / m ³ , Conducibilità termica: massimo 0,018 W/mC a 10°C, Contenuto di celle chiuse: minimo 90%, Resistenza media alla compressione: minimo 200 kN/m ² , Resistenza media alla flessione: minimo 1200 kN/m ² , Permeabilità al vapore: massimo 1,21 x 10 ⁻⁵ g/Ns, Reazione al fuoco: Classe 0-1 (DM 26.06.84), Temperatura massima di esercizio: 70°C. Comprensivi di curve, pezzi speciali, staffe e quanto altro fosse necessario al corretto funzionamento della rete di distribuzione.					
a	Canali preisolati per tratto esterno	mq	25			
1.013	Fornitura e posa di griglia antivolatile , su canale di espulsione e ripresa aria esterna, a servizio delle unità di trattamento aria. (um. mm). Completa di tutto per una corretta installazione a regola d'arte					
a	Dimensioni griglia: 950x400	n°	2			
1.014	Valvole di scarico tubazioni con portagomma, raccordi, zanche, curve a saldare, flange, saldature di giunzione sia in vista che in traccia, oneri per sfridi e prove di tenuta ed ogni onere per la completezza dell'opera a perfetta regola d'arte.	AC				
TOTALE CAPITOLO 1						
CAP.02): IMPIANTO VENTILCONVETTORI						
2.001	Fornitura e posa di ventilconvettore , composto da robuste spalle laterali in materiale sintetico antiurto (ABS) e da una sezione frontale in lamiera d'acciaio zincata a caldo e preverniciata. La griglia di mandata dell'aria, in materiale sintetico (ABS), è di tipo reversibile ad alette fisse ed è posizionata sulla parte superiore. Struttura in lamiera zincata composta da due spalle laterali e da una parete posteriore isolate con materassino a cellule chiuse. Filtro rigenerabile in polipropilene a nido d'ape. Il telaio, in lamiera zincata, è inserito in guide fissate sulla struttura interna che permettono una facile estrazione. Una copertura frontale del filtro, in materiale plastico dello stesso colore della griglia di mandata, evidenzia la presenza dello stesso. Gruppo ventilante costituito da ventilatori centrifughi a doppia aspirazione, particolarmente silenziosi, con giranti in alluminio o materiale plastico bilanciate staticamente e dinamicamente, direttamente calettate sull'albero motore. Motore elettrico di tipo monofase, a sei velocità di cui tre collegate, con condensatore permanentemente inserito, montato su supporti elastici antivibranti, con grado di protezione IP 20 e classe B. Batteria di scambio termico è costruita con tubi di rame ed alette in alluminio fissate ai tubi con procedimento di mandrinatura meccanica. La batteria principale e l'eventuale batteria addizionale sono dotate di due attacchi Ø 1/2" gas femmina. I collettori sono corredati di sfoghi d'aria e di scarichi d'acqua Ø 1/8" gas. Le batterie sono di tipo reversibile: il lato degli attacchi può essere invertito in fase di montaggio in cantiere. Bacinella raccolta condensa in materiale plastico, realizzata a forma di L e fissata alla struttura interna. Il tubo di scarico condensa è Ø 15 esterno.					
a	Marca: SABIANA, MOD. CRC ECM MV 24	n°	5			
b	Marca: SABIANA, MOD. CRC ECM MV 44	n°	3			
c	Marca: SABIANA, MOD. CRC ECM MV 64	n°	30			
d	Valvola a 3 vie per batteria principale VBP mod. 1-5	n°	8			
e	Valvola a 3 vie per batteria principale VBP mod. 6-7	n°	30			
f	Termostazione on-off con termostato di temperatura TMO-T	n°	11			
2.002	Fornitura e posa di valvola di intercettazione a sfera , corpo in ottone cromato a passaggio standard, con leva in acciaio, T: -20 / 185°C.					
a	Valvola a sfera del diametro Ø1/2"	n°	10			
b	Valvola a sfera del diametro Ø3/4"	n°	66			
2.003	Fornitura e posa di filtro in linea ad "Y" , corpo e coperchio in ottone, cestello in acciaio inox AISI304. Tmax 110°C PN16					
a	Filtro a Y del diametro Ø1/2"	n°	5			
b	Filtro a Y del diametro Ø3/4"	n°	33			

2.004	Fornitura e posa in opera di valvola regolazione della portata costituito da: corpo in bronzo con attacchi filettati. Adatto al funzionamento nelle seguenti condizioni di esercizio: Temperatura 100°C, Pressione 10 bar. Fornito e posato in opera completo di tutti i collegamenti alla rete idrica.			
a	Detentore diametro $\varnothing 1/2"$	n°	5	
b	Detentore diametro $\varnothing 3/4"$	n°	33	
2.005	Fornitura e posa in opera di tubazione in acciaio di tipo trafilato S.S. (Mannesmann) secondo UNI EN10255 e F.A. Raccorderia di tipo unificato, con estremità a saldare, per saldatura autogena all'arco elettrico. I tratti da saldare dovranno essere perfettamente allineati e in asse e la saldatura dovrà avvenire in più passate (almeno due), previa preparazione dei lembi con smusso a "V". Tutte le variazioni di diametro dovranno essere realizzate con tronchi di raccordi conici, con conicità non superiore ai 15°. Dovranno essere usate curve stampate a caldo. Sarà posata in opera completa di materiali vari di consumo, raccordi, curve, tee, saldature ossiacetileniche, guarnizioni, staffe, collari di sostegno e mensolame vario; la verniciatura, con due mani di vernice antiruggine di differente colore, sarà ripresa nei punti ove fosse danneggiata dalla saldatura. Completa di quant'altro necessario per la corretta posa in opera conformemente alla vigente normativa.			
a	Tubazione del diametro $\varnothing 1/2"$	ml	10	
b	Tubazione del diametro $\varnothing 3/4"$	ml	70	
c	Tubazione del diametro $\varnothing 1"$	ml	80	
d	Tubazione del diametro $\varnothing 1"1/4$	ml	90	
e	Tubazione del diametro $\varnothing 1"1/2$	ml	150	
f	Tubazione del diametro $\varnothing 2"$	ml	30	
g	Tubazione del diametro $\varnothing 2"1/2$	ml	40	
2.006	Fornitura e posa in opera di isolamento con guaina elastomerica , comprensiva di lamierino 0,6mm in alluminio di rivestimento. Ha la funzione di evitare la dispersione del calore ed evitare la condensazione sulla superficie esterna delle linee . Qualsiasi organo di linea installato sulla tubazione isolata, deve essere anch'esso isolato.			
a	isolamento per tubazione del diametro $\varnothing 1/2"$	ml	10	
b	isolamento per tubazione del diametro $\varnothing 3/4"$	ml	70	
c	isolamento per tubazione del diametro $\varnothing 1"$	ml	80	
d	isolamento per tubazione del diametro $\varnothing 1"1/4$	ml	90	
e	isolamento per tubazione del diametro $\varnothing 1"1/2$	ml	150	
f	isolamento per tubazione del diametro $\varnothing 2"$	ml	30	
g	isolamento per tubazione del diametro $\varnothing 2"1/2$	ml	40	
2.007	Valvole di scarico tubazioni con portagomma, raccordi, zanche, curve a saldare, flange, saldature di giunzione sia in vista che in traccia, oneri per sfridi e prove di tenuta ed ogni onere per la completezza dell'opera a perfetta regola d'arte.	AC		
TOTALE CAPITOLO 2				
CAP.03): IMPIANTO ARIA PRIMARIA				
3.001	Fornitura e posa di canali preisolati per termoventilazione e condizionamento dell'aria. Realizzati con pannelli sandwich in schiuma fenolica a celle chiuse senza CFC. Il pannello viene prodotto con rivestimenti protettivi su ambo i lati, costituiti da fogli di alluminio di 25 micron di spessore rinforzati da rete in tessuto di vetro con maglia di ampiezza 5 mm, incorporati termicamente durante la lavorazione. Lo spessore del pannello è di 22 ± 2 mm. Caratteristiche tecniche del pannello: Densità della schiuma fenolica: minimo 55 kg / m3, Conducibilità termica: massimo 0,018 W/mC a 10°C, Contenuto di celle chiuse: minimo 90%, Resistenza media alla compressione: minimo 200 kN/m2, Resistenza media alla flessione: minimo 1200 kN/m2, Permeabilità al vapore: massimo $1,21 \times 10^{-5}$ g/Ns, Reazione al fuoco: Classe 0-1 (DM 26.06.84), Temperatura massima di esercizio: 70°C. Comprensivi di curve, pezzi speciali, staffe e quanto altro fosse necessario al corretto funzionamento della rete di distribuzione.			
a	Canali preisolati	mq	200	
3.002	Fornitura e posa di griglie di mandata da pavimento , in alluminio a barre frontali fisse, deflessione 0°. Idonee sia per la mandata che per la ripresa dell'aria.			
a	Marca: SYSTEMAIR mod. K-5100-200x100	n°	38	
3.003	Fornitura e posa di serrande di taratura a farfalla , per la regolazione della portata di mandata dell'aria primaria; adatte per l'installazione su canale rettangolare. Dimensione 100x100 mm	n°	38	
3.004	Fornitura e posa di griglie di ripresa a maglia quadra , in alluminio accessori in acciaio zincato. Montaggio a parete accessoriata con serranda di taratura a contrasto.			
a	Marca: SYSTEMAIR mod. NOVA-E-100x400-R1	n°	1	
b	Marca: SYSTEMAIR mod. NOVA-E-400x200-R1	n°	1	
c	Marca: SYSTEMAIR mod. NOVA-E-400x500-R1	n°	1	

	TOTALE CAPITOLO 3				
	CAP.04): ESTRAZIONE FORZATA ARIA, BAGNI CIECHI				
4.001	Fornitura e posa di ventilatore per estrazione aria , composti da cassonetti insonorizzati, sportello apribile, ventilatore centrifugo a pale curve rovesce azionato da motore EC con magneti permanenti a velocità variabile in continuo tramite potenziometro incorporato. Completo di tutto il necessario per una corretta installazione a regola d'arte				
a	Marca: SYSTEMAIR, MOD. KVKE 125 EC	n°	1		
b	Regolatore di velocità manuale installazione a parete MTV1/010	n°	1		
4.002	Fornitura e posa di valvole di ventilazione , a portata regolabile da ripresa a parete o soffitto in polipropilene. Marca: SYSTEMAIR mod. BALANCE-E-100	n°	4		
4.003	Fornitura e posa di tubo flessibile , per collegamento valvole ventilazione bagni. In alluminio/poliestere antistrappo, senza isolamento. Diametro nominale Ø 100mm	ml	4		
4.004	Fornitura e posa di canali spiralati , materiale lamiera zincata senza isolamento conformi alle norme: UNI EN 12237, UNI EN 1506 e UNI EN 13779. Comprensivi di curve e pezzi speciali (u.m. mm)				
a	Canali del diametro Ø100	ml	10		
b	Canali del diametro Ø125	n°	4		
	TOTALE CAPITOLO 04				
	CAP.05): MANODOPERA E INTEGRAZIONI				
5.001	Quantificazione economica a completa integrazione di quanto descritto nel presente documento, intesa a compensare tutte quelle opere e materiali, anche non elencati, necessari ed indispensabili per completare l'impianto in oggetto a regola d'arte ed in conformità alle vigenti normative, secondo le prescrizioni sia progettuali che, in corso d'opera, della Direzione dei Lavori.	AC			
5.002	Materiali di consumo, accessori, attrezzature e quanto altro necessario per la realizzazione della posa a regola d'arte delle sopraccitate apparecchiature. Sono compresi anche lavori di lattoneria su passaggio tubazioni e canali a tetto	AC			
5.003	Trasporti in opera compreso ogni onere necessario per mezzi di sollevamento di ogni tipo e misura per l'inserimento ed il posizionamento di tutte le apparecchiature nei rispettivi luoghi di installazione; è compreso altresì ogni onere per l'allontanamento delle apparecchiature rimosse nel rispetto delle vigenti normative.	AC			
5.004	Mano d'opera di totale completamento degli impianti da realizzare comprese prove in opera, assistenze per collaudi sia della D.LL. che della Committente, istruzione del personale in loco, ed ogni altra incombenza necessaria al regolare ed idoneo funzionamento dell'impianto (tecnico + operaio + aiutante).	AC			
	TOTALE CAPITOLO 05				

15 Conclusione

Il mio lavoro ha riguardato la progettazione dell'impianto di condizionamento e idrosanitario a servizio del secondo piano dell'edificio denominato Toolbox.

Si prevede che a breve inizieranno i lavori che consentiranno di destinare anche l'ultimo piano dell'edificio a nuove start-up e altre innovative iniziative: una nuova vita si è dunque aperta per questo fabbricato costruito nel 1919. Nella mia introduzione avevo sottolineato come il riuso di vecchi edifici possa risultare estremamente positivo per il contesto urbano e per mantenere e rinsaldare il vincolo con il nostro passato. Naturalmente questo non significa affatto che sia opportuno recuperare tutti gli edifici abbandonati presenti sul territorio.

Molte sono le variabili da tener presente.

In primo luogo il progetto deve avere una sua validità economica. Ristrutturare un edificio nato un secolo fa per ospitare un insediamento produttivo ha costi rilevanti, quindi bisogna essere sicuri che si tratti di un'opzione conveniente.

A guidare l'intera operazione di recupero deve esserci un'idea vincente, bisogna credere nel progetto che si sta mettendo in campo. Questa nuova opzione deve essere contestualizzata, ci si deve chiedere se alla città, al quartiere serve un nuovo museo, o centro commerciale, o parco pubblico, o spazio co-working. Non c'è futuro per le "cattedrali nel deserto", le grandi opere magari dispendiose ma che non coinvolgono nessuno.

Avendo questo "sogno" non bisogna con ciò lasciarsene accecare: occorre valutare le condizioni in cui si trova la struttura, vedere se è idonea al progetto, se vale la pena trasformarla da "Cenerentola" a "Principessa". E' un passaggio cruciale questo, in cui l'idea viene raffrontata con la cruda realtà dei costi, di ciò che può o non può dare un ritorno economico. Perché può essere che il gioco non valga la candela. Forse però è possibile cambiare gioco, cercando un respiro più ampio per recuperare non quel singolo edificio fatiscente, ma la vallata, il quartiere nel quale è situato e che magari sta sprofondando nel degrado.

Una demolizione può essere l'occasione per svolgere un'azione positiva sul paesaggio, riavvolgere il nastro di un consumo di suolo selvaggio, di costruzioni sorte senza alcuna pianificazione e men che meno ambizione estetica o architettonica.

E' pertanto auspicabile un intervento a livello politico, nel senso più nobile del termine, di chi ha a cuore la "cosa pubblica", un intervento che, nei confronti dei vecchi edifici abbandonati, si muova nel solco dell'Art. 9 della Costituzione Italiana che indica nel nostro paesaggio un bene da tutelare al pari del patrimonio storico e artistico.

16 Allegati

Allegato 1 – Fogli Excel per il calcolo dei carichi termici invernali dei vari ambienti

STANZA SKYPE									
ESPOSIZIONE		APPORTO UNITARIO	BASE	ALTEZZA	SUPERFICIE	FATTORE CORRETTIVO ESPOSIZIONE	DT	CARICO SENSIBILE	
		K							
		W/m2*°C	m	m	m2	—	°C	W	
TETTO	TRASM.M	0,24			2,3	1,1	30	18	
CARICO TERMICO DISPERSIONI ESCLUSO CARICO NECESSARIO PER ARIA ESTERNA								18	
COEFFICIENTE DI SICUREZZA								1,2	22

Allegato 1 a- Calcolo del carico termico invernale per “stanza skype”

SALA RELAX									
ESPOSIZIONE		APPORTO UNITARIO	BASE	ALTEZZA	SUPERFICIE	FATTORE CORRETTIVO ESPOSIZIONE	DT	CARICO SENSIBILE	
		K							
		W/m2*°C	m	m	m2	—	°C	W	
SUD/EST	TRASM.V	3,50	0,0		5,6	1,05	30	617	
	TRASM.M	0,27	2,6	3,8	4,3	1,00	30	35	
SUD/OVEST	TRASM.V	3,50	0,0		0,0	1,05	30	0	
	TRASM.M	0,27	3,1	3,8	11,7	1,05	30	99	
TETTO	TRASM.M	0,24			7,0	1,1	30	55	
CARICO TERMICO DISPERSIONI ESCLUSO CARICO NECESSARIO PER ARIA ESTERNA								807	
COEFFICIENTE DI SICUREZZA								1,2	968

Allegato 1 b - Calcolo del carico termico invernale per “sala relax”

SALA RIUNIONE									
ESPOSIZIONE		APPORTO UNITARIO	BASE	ALTEZZA	SUPERFICIE	FATTORE CORRETTIVO ESPOSIZIONE	DT	CARICO SENSIBILE	
		K							
		W/m2*°C	m	m	m2	—	°C	W	
SUD/EST	TRASM.V	3,50	0,0		11,2	1,05	30	1.235	
	TRASM.M	0,27	4,9	3,8	7,4	1,00	30	60	
TETTO	TRASM.M	0,24			19,3	1,1	30	153	
CARICO TERMICO DISPERSIONI ESCLUSO CARICO NECESSARIO PER ARIA ESTERNA								1.448	
COEFFICIENTE DI SICUREZZA								1,2	1.737

Allegato 1 c - Calcolo del carico termico invernale per “sala riunione”

UFFICIO SINISTRA									
ESPOSIZIONE		APPORTO UNITARIO	BASE	ALTEZZA	SUPERFICIE	FATTORE CORRETTIVO ESPOSIZIONE	DT	CARICO SENSIBILE	
		K							
		W/m2*°C	m	m	m2	—	°C	W	
NORD/ OVEST	TRASM.V	3,50	0,0		11,2	1,15	30	1.352	
	TRASM.M	0,27	5,1	3,8	8,4	1,15	30	78	
TETTO	TRASM.M	0,24			12,4	1,1	30	98	
CARICO TERMICO DISPERSIONI ESCLUSO CARICO NECESSARIO PER ARIA ESTERNA								1.528	
COEFFICIENTE DI SICUREZZA								1,2	1.834

Allegato 1 d - Calcolo del carico termico invernale per “ufficio sinistra”

OPEN SPACE SINISTRA									
ESPOSIZIONE		APPORTO UNITARIO	BASE	ALTEZZA	SUPERFICIE	FATTORE CORRETTIVO ESPOSIZIONE	DT	CARICO SENSIBILE	
		K							
		W/m2*°C	m	m	m2	—	°C	W	
SUD/EST	TRASM.V	3,50	0,0		56,0	1,05	30	6.174	
	TRASM.M	0,27	24,6	3,8	37,4	1,00	30	303	
NORD/ OVEST	TRASM.V	3,50	0,0		50,4	1,15	30	6.086	
	TRASM.M	0,27	22,1	3,8	34,2	1,15	30	319	
TETTO	TRASM.M	0,24			255,0	1,1	30	2020	
CARICO TERMICO DISPERSIONI ESCLUSO CARICO NECESSARIO PER ARIA ESTERNA								14.902	
COEFFICIENTE DI SICUREZZA								1,2	17.882

Allegato 1 e - Calcolo del carico termico invernale per “open space sinistra”

UFFICIO 1									
ESPOSIZIONE		APPORTO UNITARIO	BASE	ALTEZZA	SUPERFICIE	FATTORE CORRETTIVO ESPOSIZIONE	DT	CARICO SENSIBILE	
		K							
		W/m2*°C	m	m	m2	—	°C	W	
NORD/ OVEST	TRASM.V	3,50	0,0		11,2	1,15	30	1.352	
	TRASM.M	0,27	4,7	3,8	7,0	1,15	30	65	
TETTO	TRASM.M	0,24			32,0	1,1	30	253	
CARICO TERMICO DISPERSIONI ESCLUSO CARICO NECESSARIO PER ARIA ESTERNA								1.670	
COEFFICIENTE DI SICUREZZA								1,2	2.005

Allegato 1 f - Calcolo del carico termico invernale per “ufficio 1”

UFFICIO 2									
ESPOSIZIONE		APPORTO UNITARIO	BASE	ALTEZZA	SUPERFICIE	FATTORE CORRETTIVO ESPOSIZIONE	DT	CARICO SENSIBILE	
		K							
		W/m2*°C	m	m	m2	—	°C	W	
NORD/ OVEST	TRASM.V	3,50	0,0		11,2	1,15	30	1.352	
	TRASM.M	0,27	4,7	3,8	7,0	1,15	30	65	
TETTO	TRASM.M	0,24			32,0	1,1	30	253	
CARICO TERMICO DISPERSIONI ESCLUSO CARICO NECESSARIO PER ARIA ESTERNA								1.670	
COEFFICIENTE DI SICUREZZA								1,2	2.005

Allegato 1 g - Calcolo del carico termico invernale per “ufficio 2”

UFFICIO 3									
ESPOSIZIONE		APPORTO UNITARIO	BASE	ALTEZZA	SUPERFICIE	FATTORE CORRETTIVO ESPOSIZIONE	DT	CARICO SENSIBILE	
		K							
		W/m2*°C	m	m	m2	—	°C	W	
NORD/ OVEST	TRASM.V	3,50	0,0		11,2	1,15	30	1.352	
	TRASM.M	0,27	5,0	3,8	8,0	1,15	30	74	
TETTO	TRASM.M	0,24			32,0	1,1	30	253	
CARICO TERMICO DISPERSIONI ESCLUSO CARICO NECESSARIO PER ARIA ESTERNA								1.680	
COEFFICIENTE DI SICUREZZA								1,2	2.016

Allegato 1 h - Calcolo del carico termico invernale per “ufficio 3”

SPAZI COMUNI								
ESPOSIZIONE		APPORTO UNITARIO	BASE	ALTEZZA	SUPERFICIE	FATTORE CORRETTIVO ESPOSIZIONE	DT	CARICO SENSIBILE
		K						
		W/m2**°C	m	m	m2	---	°C	W
NORD/ OVEST	TRASM.V	3,50	0,0		44,8	1,15	30	5.410
	TRASM.M	0,27	19,4	3,8	29,5	1,15	30	274
SUD/EST	TRASM.V	3,50	0,0		78,4	1,05	30	8.644
	TRASM.M	0,27	34,0	3,8	50,8	1,00	30	411
TETTO	TRASM.M	0,24			100,0	1,1	30	792
CARICO TERMICO DISPERSIONI ESCLUSO CARICO NECESSARIO PER ARIA ESTERNA								15.531
COEFFICIENTE DI SICUREZZA							1,2	18.637

Allegato 1 i - Calcolo del carico termico invernale per "spazi comuni"

SALA RIUNIONI DESTRA								
ESPOSIZIONE		APPORTO UNITARIO	BASE	ALTEZZA	SUPERFICIE	FATTORE CORRETTIVO ESPOSIZIONE	DT	CARICO SENSIBILE
		K						
		W/m2**°C	m	m	m2	---	°C	W
TETTO	TRASM.M	0,24			6,2	1,1	30	49
CARICO TERMICO DISPERSIONI ESCLUSO CARICO NECESSARIO PER ARIA ESTERNA								49
COEFFICIENTE DI SICUREZZA							1,2	59

Allegato 1 l - Calcolo del carico termico invernale per "sala riunioni destra"

OPEN SPACE DESTRA								
ESPOSIZIONE		APPORTO UNITARIO	BASE	ALTEZZA	SUPERFICIE	FATTORE CORRETTIVO ESPOSIZIONE	DT	CARICO SENSIBILE
		K						
		W/m2**°C	m	m	m2	---	°C	W
NORD/EST	TRASM.V	3,50	0,0		11,2	1,20	30	1.411
	TRASM.M	0,27	8,3	3,8	20,3	1,20	30	198
SUD/EST	TRASM.V	3,50	0,0		44,8	1,05	30	4.939
	TRASM.M	0,27	20,9	3,8	34,6	1,00	30	280
NORD/ OVEST	TRASM.V	3,50	0,0		44,8	1,15	30	5.410
	TRASM.M	0,27	19,2	3,8	28,7	1,15	30	268
TETTO	TRASM.M	0,24			160,0	1,1	30	1267
CARICO TERMICO DISPERSIONI ESCLUSO CARICO NECESSARIO PER ARIA ESTERNA								13.773
COEFFICIENTE DI SICUREZZA							1,2	16.528

Allegato 1 m - Calcolo del carico termico invernale per "open space destra"

BAGNO SINISTRA								
ESPOSIZIONE		APPORTO UNITARIO	BASE	ALTEZZA	SUPERFICIE	FATTORE CORRETTIVO ESPOSIZIONE	DT	CARICO SENSIBILE
		K						
		W/m2**°C	m	m	m2	---	°C	W
TETTO	TRASM.M	0,24			7,2	1,1	30	57
CARICO TERMICO DISPERSIONI ESCLUSO CARICO NECESSARIO PER ARIA ESTERNA								57
COEFFICIENTE DI SICUREZZA							1,2	68

Allegato 1 n - Calcolo del carico termico invernale per "bagno sinistra"

BAGNO DESTRA							
ESPOSIZIONE	APPORTO UNITARIO K	BASE m	ALTEZZA m	SUPERFICIE m2	FATTORE CORRETTIVO ESPOSIZIONE	DT °C	CARICO SENSIBILE W
TETTO	TRASM.M	0,24		6,7	1,1	30	66
CARICO TERMICO DISPERSIONI ESCLUSO CARICO NECESSARIO PER ARIA ESTERNA							53
COEFFICIENTE DI SICUREZZA							64

Allegato 1 o - Calcolo del carico termico invernale per “bagno destra”

BAGNO DISABILI							
ESPOSIZIONE	APPORTO UNITARIO K	BASE m	ALTEZZA m	SUPERFICIE m2	FATTORE CORRETTIVO ESPOSIZIONE	DT °C	CARICO SENSIBILE W
TETTO	TRASM.M	0,24		4,2	1,1	30	34
CARICO TERMICO DISPERSIONI ESCLUSO CARICO NECESSARIO PER ARIA ESTERNA							34
COEFFICIENTE DI SICUREZZA							40

Allegato 1 p - Calcolo del carico termico invernale per “bagno disabili”

Allegato 2- Fogli Excel per il calcolo dei carichi termici estivi dei vari ambienti

STANZA SKYPE					
Denominazione	U.M.	Superficie Quantità	Radiazioni Delta T	Coefficienti	Potenza
Radiazioni e trasmissioni attraverso pareti e tetto.					
Tetto soleggiato	m ²	2,3	21,1	0,24	12 w
Calore interno					
Persone		1		71,00	71 w
Potenza el. installata		1		200,00	200 w
Illuminazione	m ²	2		10,00	23 w
Totale parziale					306 w
Calore sensibile effettivo ambiente					
Calore latente					
Infiltrazioni	l/s				
Persone	n	1		61,00	61 w
Vapore	g/s	0			0 w
Totale parziale					61 w
Calore latente effettivo ambiente					
					61 w
Calore totale effettivo ambiente.					
					367 w

Allegato 2 a - Calcolo del carico termico estivo per “stanza skype”

SALA RELAX					
Denominazione	U.M.	Superficie Quantità	Radiazioni W/m2	Coefficienti	Potenza
Calcolo delle radiazioni solari attraversi i vetri					
Finestre SE	m ²	5,6	37,8	0,2	42 w
Radiazioni e trasmissioni attraverso pareti e tetto.					
Pareti SE	m ²	4,3	10	0,27	12 w
Pareti SO	m ²	11,7	17,6	0,27	56 w
Tetto soleggiato	m ²	7,0	21,1	0,24	35 w
Calore interno					
Persone		4		71,00	284 w
Potenza el. installata		0		200,00	0 w
Illuminazione	m ²	7		10,00	70 w
Totale parziale					499 w
Calore sensibile effettivo ambiente					499 w
Calore latente					
Infiltrazioni	l/s				
Persone	n	4		61,00	244 w
Vapore	g/s	0			0 w
Totale parziale					244 w
Calore latente effettivo ambiente					244 w
Calore totale effettivo ambiente.					743 w

Allegato 2 b - Calcolo del carico termico estivo per "sala relax"

SALA RIUNIONE SINISTRA					
Denominazione	U.M.	Superficie Quantità	Radiazioni W/m2	Coefficienti	Potenza
Calcolo delle radiazioni solari attraversi i vetri					
Finestre SE	m ²	11,2	37,8	0,2	85 w
Radiazioni e trasmissioni attraverso pareti e tetto.					
Pareti SE	m ²	7,4	10	0,27	20 w
Tetto soleggiato	m ²	19,3	21,1	0,24	98 w
Calore interno					
Persone		6		71,00	426 w
Potenza el. installata		1		200,00	200 w
Illuminazione	m ²	19		10,00	193 w
Totale parziale					1.022 w
Calore sensibile effettivo ambiente					1.022 w
Calore latente					
Infiltrazioni	l/s				
Persone	n	6		61,00	366 w
Vapore	g/s	0			0 w
Totale parziale					0 w
Calore latente effettivo ambiente					366 w
Calore totale effettivo ambiente.					1.388 w

Allegato 2 c - Calcolo del carico termico estivo per "sala riunione sinistra"

UFFICIO SINISTRA					
Denominazione	U.M.	Superficie Quantità	Radiazioni W/m2	Coefficienti	Potenza
Calcolo delle radiazioni solari attraversi i vetri					
Finestre NO	m ²	11,2	329,2	0,2	737 w
Radiazioni e trasmissioni attraverso pareti e tetto.					
Pareti NO	m ²	8,2	5,5	0,27	12 w
Tetto soleggiato	m ²	12,4	21,1	0,24	63 w
Calore interno					
Persone		2		71,00	142 w
Potenza el. installata		2		200,00	400 w
Illuminazione	m ²	12		10,00	124 w
Totale parziale					1.478 w
Calore sensibile effettivo ambiente					1.478 w
Calore latente					
Infiltrazioni	l/s				
Persone	n	2		61,00	122 w
Vapore	g/s	0			0 w
Totale parziale					122 w
Calore latente effettivo ambiente					122 w
Calore totale effettivo ambiente.					1.600 w

Allegato 2 d - Calcolo del carico termico estivo per "ufficio sinistra"

OPEN SPACE SINISTRA					
Denominazione	U.M.	Superficie Quantità	Radiazioni W/m2	Coefficienti	Potenza
Calcolo delle radiazioni solari attraversi i vetri					
Finestre SE	m ²	56,0	37,8	0,2	423 w
Finestre NO	m ²	50,4	329,2	0,2	3.318 w
Radiazioni e trasmissioni attraverso pareti e tetto.					
Pareti SE	m ²	37,4	10	0,27	101 w
Pareti NO	m ²	33,6	5,5	0,27	50 w
Tetto soleggiato	m ²	255,0	21,1	0,24	1.291 w
Calore interno					
Persone		48		71,00	3.408 w
Potenza el. installata		48		200,00	9.600 w
Illuminazione	m ²	255		10,00	2.550 w
Totale parziale					20.741 w
Calore sensibile effettivo ambiente					20.742 w
Calore latente					
Infiltrazioni	l/s				
Persone	n	48		61,00	2.928 w
Vapore	g/s	0			0 w
Totale parziale					2.928 w
Calore latente effettivo ambiente					2.928 w
Calore totale effettivo ambiente.					23.670 w

Allegato 2 e - Calcolo del carico termico estivo per "open space sinistra"

UFFICIO 1					
Denominazione	U.M.	Superficie Quantità	Radiazioni W/m2	Coefficienti	Potenza
Calcolo delle radiazioni solari attraversi i vetri					
Finestre NO	m ²	11,2	329,2	0,2	737 w
Radiazioni e trasmissioni attraverso pareti e tetto.					
Pareti NO	m ²	6,8	5,5	0,27	10 w
Tetto soleggiato	m ²	32,0	21,1	0,24	162 w
Calore interno					
Persone		5		71,00	355 w
Potenza el. installata		5		200,00	1.000 w
Illuminazione	m ²	32		10,00	320 w
Totale parziale					2.584 w
Calore sensibile effettivo ambiente					2.585 w
Calore latente					
Infiltrazioni	l/s				
Persone	n	5		61,00	305 w
Vapore	g/s	0			0 w
Totale parziale					305 w
Calore latente effettivo ambiente					305 w
Calore totale effettivo ambiente.					2.890 w

Allegato 2 f - Calcolo del carico termico estivo per "ufficio 1"

UFFICIO 2					
Denominazione	U.M.	Superficie Quantità	Radiazioni W/m2	Coefficienti	Potenza
Calcolo delle radiazioni solari attraversi i vetri					
Finestre NO	m ²	11,2	329,2	0,2	737 w
Radiazioni e trasmissioni attraverso pareti e tetto.					
Pareti NO	m ²	6,8	5,5	0,27	10 w
Tetto soleggiato	m ²	32,0	21,1	0,24	162 w
Calore interno					
Persone		5		71,00	355 w
Potenza el. installata		5		200,00	1.000 w
Illuminazione	m ²	32		10,00	320 w
Totale parziale					2.584 w
Calore sensibile effettivo ambiente					2.585 w
Calore latente					
Infiltrazioni	l/s				
Persone	n	5		61,00	305 w
Vapore	g/s	0			0 w
Totale parziale					305 w
Calore latente effettivo ambiente					305 w
Calore totale effettivo ambiente.					2.890 w

Allegato 2 g - Calcolo del carico termico estivo per "ufficio 2"

UFFICIO 3					
Denominazione	U.M.	Superficie Quantità	Radiazioni W/m2	Coefficienti	Potenza
Calcolo delle radiazioni solari attraversi i vetri					
Finestre NO	m ²	11,2	329,2	0,2	737 w
Radiazioni e trasmissioni attraverso pareti e tetto.					
Pareti NO	m ²	7,8	5,5	0,27	12 w
Tetto soleggiato	m ²	32,0	21,1	0,24	162 w
Calore interno					
Persone		5		71,00	355 w
Potenza el. installata		5		200,00	1.000 w
Illuminazione	m ²	32		10,00	320 w
Totale parziale					2.586 w
Calore sensibile effettivo ambiente					2.586 w
Calore latente					
Infiltrazioni	l/s				
Persone	n	5		61,00	305 w
Vapore	g/s	0			0 w
Totale parziale					305 w
Calore latente effettivo ambiente					305 w
Calore totale effettivo ambiente.					2.891 w

Allegato 2 h - Calcolo del carico termico estivo per "ufficio 3"

SPAZI COMUNI					
Denominazione	U.M.	Superficie Quantità	Radiazioni W/m2	Coefficienti	Potenza
Calcolo delle radiazioni solari attraversi i vetri					
Finestre SE	m ²	78,4	37,8	0,2	593 w
Finestre NO	m ²	44,8	329,2	0,2	2.949 w
Radiazioni e trasmissioni attraverso pareti e tetto.					
Pareti SE	m ²	50,8	10	0,27	137 w
Pareti NO	m ²	28,9	5,5	0,27	43 w
Tetto soleggiato	m ²	100,0	21,1	0,24	506 w
Calore interno					
Persone		3		71,00	213 w
Potenza el. installata		2		500,00	1.000 w
Illuminazione	m ²	100		10,00	1.000 w
Totale parziale					6.441 w
Calore sensibile effettivo ambiente					6.442 w
Calore latente					
Infiltrazioni	l/s				
Persone	n	3		61,00	183 w
Vapore	g/s	0			0 w
Totale parziale					183 w
Calore latente effettivo ambiente					183 w
Calore totale effettivo ambiente.					6.625 w

Allegato 2 i - Calcolo del carico termico estivo per "spazi comuni"

SALA RIUNIONE DESTRA					
Denominazione	U.M.	Superficie Quantità	Radiazioni Delta T	Coefficienti	Potenza
Radiazioni e trasmissioni attraverso pareti e tetto.					
Tetto soleggiato	m ²	6,2	21,1	0,30	32 w
Calore interno					
Persone		1		71,00	71 w
Potenza el. installata		0		200,00	0 w
Illuminazione	m ²	6		10,00	62 w
Totale parziale					165 w
Calore sensibile effettivo ambiente					165 w
Calore latente					
Infiltrazioni	l/s				
Persone	n	1		61,00	61 w
Vapore	g/s	0			0 w
Totale parziale					61 w
Calore latente effettivo ambiente					61 w
Calore totale effettivo ambiente.					226 w

Allegato 2 l - Calcolo del carico termico estivo per "sala riunioni destra"

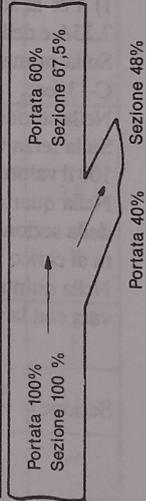
OPEN SPACE DESTRA					
Denominazione	U.M.	Superficie Quantità	Radiazioni W/m ²	Coefficienti	Potenza
Calcolo delle radiazioni solari attraversi i vetri					
Finestre NE	m ²	11,2	37,8	0,2	85 w
Finestre SE	m ²	44,8	37,8	0,2	339 w
Finestre NO	m ²	44,8	329,2	0,2	2.949 w
Radiazioni e trasmissioni attraverso pareti e tetto.					
Pareti NE	m ²	20,3	6,7	0,30	37 w
Pareti SE	m ²	34,6	10	0,30	93 w
Pareti NO	m ²	28,2	5,5	0,30	42 w
Tetto soleggiato	m ²	160,0	21,1	0,30	810 w
Calore interno					
Persone		20		71,00	1.420 w
Potenza el. installata		20		200,00	4.000 w
Illuminazione	m ²	160		10,00	1.600 w
Totale parziale					11.375 w
Calore sensibile effettivo ambiente					11.375 w
Calore latente					
Infiltrazioni	l/s				
Persone	n	20		61,00	1.220 w
Vapore	g/s	0			0 w
Totale parziale					1.220 w
Calore latente effettivo ambiente					1.220 w
Calore totale effettivo ambiente.					12.595 w

Allegato 2 m - Calcolo del carico termico estivo per "open space destra"

Allegato 3- Tabella utilizzata per il dimensionamento dei canali, tratta dal "Manuale della climatizzazione"

Tab. 7.9 - Percentuale della sezione iniziale per mantenere costante la perdita di carico lineare

Portata %	Sezione %								
1	2,0	26	33,5	51	59,0	76	81,0		
2	3,5	27	34,5	52	60,0	77	82,0		
3	5,5	28	35,5	53	61,0	78	83,0		
4	7,0	29	36,5	54	62,0	79	84,0		
5	9,0	30	37,5	55	63,0	80	84,5		
6	10,5	31	39,0	56	64,0	81	85,5		
7	11,5	32	40,0	57	65,0	82	86,0		
8	13,0	33	41,0	58	65,5	83	87,0		
9	14,5	34	42,0	59	66,5	84	87,5		
10	16,5	35	43,0	60	67,5	85	88,5		
11	17,5	36	44,0	61	68,0	86	89,5		
12	18,5	37	45,0	62	69,0	87	90,0		
13	19,5	38	46,0	63	70,0	88	90,5		
14	20,5	39	47,0	64	71,0	89	91,5		
15	21,5	40	48,0	65	71,5	90	92,0		
16	23,0	41	49,0	66	72,5	91	93,0		
17	24,0	42	50,0	67	73,5	92	94,0		
18	25,0	43	51,0	68	74,5	93	94,5		
19	26,0	44	52,0	69	75,5	94	95,0		
20	27,0	45	53,0	70	76,5	95	96,0		
21	28,0	46	54,0	71	77,0	96	96,5		
22	29,5	47	55,0	72	78,0	97	97,5		
23	30,5	48	56,0	73	79,0	98	98,0		
24	31,5	49	57,0	74	80,0	99	99,0		
25	32,5	50	58,0	75	80,5	100	100,0		



Allegato 4 – Tabella utilizzata per il dimensionamento dei canali, tratta dal “Manuale della climatizzazione”

Tab. 7.1 - Diametri* e sezioni equivalenti dei canali rettangolari - Classe del canale §

Di- mens. (mm)	150		200		250		300		350		400		450		500		550		
	Diam. (mm)	Sez. (m ²)																	
250	210	0,0346	244	0,0467	273	0,0586													
300	228	0,041	266	0,057	299	0,0702	328	0,0844											
350	245	0,0471	286	0,0644	322	0,0815	354	0,0984	382	0,115									
400	260	0,0531	304	0,0729	343	0,0925	377	0,112	408	0,131	437	0,150							
450	274	0,0589	321	0,0811	363	0,103	399	0,125	433	0,147	463	0,169	491	0,190					
500	287	0,0646	337	0,0892	381	0,114	420	0,138	456	0,163	488	0,187	518	0,211	546	0,235			
550	299	0,0701	351	0,097	397	0,124	439	0,151	476	0,178	511	0,205	543	0,231	573	0,258	601	0,284	
600	310	0,0755	365	0,105	413	0,134	457	0,164	496	0,193	533	0,223	566	0,252	598	0,281	628	0,309	
650	321	0,0827	378	0,112	428	0,144	474	0,176	515	0,208	553	0,240	588	0,272	622	0,304	653	0,335	
700	331	0,086	390	0,119	443	0,154	490	0,189	533	0,223	573	0,257	610	0,292	644	0,326	677	0,360	
750	340	0,0911	402	0,127	456	0,164	505	0,201	550	0,238	591	0,274	630	0,312	666	0,348	700	0,385	
800	350	0,0961	413	0,134	469	0,173	520	0,212	566	0,252	610	0,291	649	0,331	686	0,370	721	0,409	
850	359	0,101	424	0,141	482	0,182	534	0,224	582	0,266	626	0,308	667	0,350	706	0,392	743	0,434	
900	367	0,106	434	0,148	494	0,192	548	0,236	596	0,280	643	0,324	685	0,369	725	0,413	763	0,457	
950	375	0,111	444	0,155	505	0,201	560	0,247	611	0,294	658	0,341	702	0,388	744	0,435	783	0,481	
1000	383	0,116	454	0,162	517	0,210	573	0,258	625	0,307	674	0,357	719	0,406	761	0,456	802	0,506	
1050	391	0,120	463	0,168	527	0,219	586	0,270	639	0,321	689	0,372	735	0,424	778	0,476	820	0,528	
1100	398	0,125	472	0,175	538	0,227	597	0,280	652	0,334	703	0,388	750	0,442	795	0,497	838	0,551	
1150	406	0,129	481	0,182	548	0,236	609	0,291	665	0,347	717	0,404	765	0,459	811	0,517	855	0,574	
1200	413	0,134	490	0,188	558	0,244	620	0,302	677	0,360	730	0,419	780	0,478	827	0,537	871	0,597	
1250			498	0,195	568	0,253	631	0,313	689	0,373	743	0,434	794	0,507	842	0,557	887	0,618	
1300			506	0,201	577	0,261	641	0,323	701	0,386	756	0,449	808	0,513	857	0,577	904	0,641	
1350			514	0,207	586	0,270	652	0,334	712	0,399	769	0,464	822	0,530	872	0,597	919	0,663	
1400			521	0,214	595	0,278	662	0,344	724	0,411	781	0,479	835	0,547	886	0,616	934	0,685	
1450			528	0,220	604	0,286	672	0,354	734	0,424	793	0,494	848	0,564	900	0,636	950	0,709	
1500			536	0,226	612	0,294	681	0,364	745	0,436	804	0,508	860	0,581	913	0,655	963	0,729	
1600			550	0,238	628	0,310	700	0,384	765	0,460	827	0,537	884	0,614	940	0,693	991	0,771	
1700					644	0,326	717	0,404	785	0,484	848	0,565	909	0,647	964	0,730	1020	0,813	
1800					659	0,342	734	0,424	804	0,508	869	0,594	936	0,680	988	0,767	1040	0,850	
1900					674	0,357	751	0,443	822	0,531	889	0,621	949	0,713	1010	0,803	1070	0,886	
2000					688	0,372	767	0,462	840	0,554	908	0,648	973	0,743	1030	0,839	1090	0,935	
2100							782	0,481	857	0,577	927	0,675	993	0,774	1050	0,875	1110	0,978	
2200							797	0,498	873	0,599	945	0,701	1010	0,805	1070	0,910	1130	1,015	
2300							812	0,517	890	0,621	962	0,727	1030	0,835	1090	0,944	1160	1,054	
2400							826	0,536	905	0,644	979	0,754	1050	0,865	1110	0,979	1180	1,093	
2500									920	0,665	996	0,779	1070	0,895	1130	1,012	1200	1,131	
2600									935	0,687	1010	0,805	1080	0,925	1150	1,046	1220	1,168	
2700									950	0,708	1030	0,830	1100	0,954	1170	1,080	1240	1,206	
2800									964	0,729	1040	0,855	1120	0,983	1190	1,112	1260	1,244	
2900											1060	0,880	1130	1,011	1200	1,145	1280	1,280	
3000											1070	0,904	1150	1,040	1220	1,177	1290	1,314	
3100													1160	1,068	1240	1,210	1310	1,353	
3200											1100	0,952	1180	1,095	1250	1,241	1330	1,390	
3300													1190	1,123	1270	1,273	1340	1,424	
3400													1210	1,151	1290	1,306	1360	1,460	
3500													1220	1,178	1300	1,335	1380	1,495	
3600													1240	1,205	1320	1,366	1390	1,530	

* Il diametro equivalente d_e è calcolato con la seguente relazione: $d_e = 1,3 \frac{(a \cdot b)^{0,625}}{(a + b)^{0,25}}$

§ I numeri sovrastampati indicano la classe del canale

Tab. 7.1 (segue) - Diametri* e sezioni equivalenti dei canali rettangolari - Classe del canale §

Di- mens. (mm)	600		750		700		750		800		850		900		950		1000	
	Diam. (mm)	Sez. (m ²)																
250																		
300																		
350																		
400																		
450																		
500																		
550																		
600	655	0,338																
650	682	0,366	710	0,396														
700	708	0,393	737	0,427	765	0,460												
750	732	0,421	763	0,457	792	0,492	820	0,528										
800	755	0,448	787	0,486	817	0,525	847	0,563	874	0,605								
850	777	0,475	811	0,516	842	0,557	872	0,598	901	0,638	930	0,678						
900	799	0,501	832	0,544	866	0,589	897	0,632	927	0,675	960	0,718	980	0,760				
950	820	0,528	855	0,574	889	0,620	921	0,666	952	0,712	980	0,757	1010	0,802	1040	0,847		
1000	840	0,554	876	0,603	911	0,652	944	0,700	976	0,748	1010	0,796	1040	0,844	1060	0,891	1090	0,938
1050	859	0,580	897	0,631	932	0,683	967	0,734	1000	0,784	1030	0,835	1060	0,885	1090	0,935	1120	0,985
1100	878	0,605	917	0,659	953	0,713	989	0,767	1020	0,820	1050	0,874	1090	0,927	1120	0,979	1150	1,031
1150	896	0,631	936	0,687	973	0,744	1010	0,800	1040	0,856	1080	0,912	1110	0,968	1140	1,025	1170	1,078
1200	914	0,656	954	0,715	993	0,774	1030	0,833	1060	0,892	1100	0,950	1130	1,008	1160	1,063	1200	1,124
1250	931	0,681	972	0,743	1010	0,804	1050	0,866	1090	0,927	1120	0,988	1160	1,048	1190	1,109	1220	1,169
1300	948	0,706	990	0,770	1030	0,834	1070	0,898	1110	0,962	1140	1,025	1180	1,088	1210	1,152	1240	1,215
1350	964	0,730	1010	0,797	1050	0,864	1090	0,930	1130	0,996	1160	1,062	1200	1,128	1230	1,194	1270	1,260
1400	980	0,754	1020	0,824	1070	0,893	1110	0,962	1150	1,031	1180	1,099	1220	1,168	1250	1,236	1290	1,304
1450	996	0,779	1040	0,850	1080	0,922	1120	0,993	1160	1,065	1200	1,136	1240	1,207	1280	1,278	1310	1,349
1500	1010	0,809	1060	0,877	1100	0,951	1140	1,025	1180	1,099	1220	1,173	1260	1,246	1300	1,320	1330	1,393
1600	1040	0,850	1090	0,929	1130	1,008	1180	1,087	1220	1,166	1260	1,245	1300	1,324	1340	1,402	1370	1,481
1700	1070	0,897	1120	0,981	1160	1,060	1210	1,149	1250	1,233	1290	1,316	1330	1,400	1370	1,484	1410	1,568
1800	1100	0,943	1150	1,032	1190	1,120	1240	1,209	1290	1,298	1330	1,387	1370	1,476	1410	1,565	1450	1,653
1900	1120	0,986	1170	1,082	1220	1,175	1270	1,269	1320	1,363	1360	1,457	1400	1,551	1450	1,645	1490	1,738
2000	1150	1,033	1200	1,132	1250	1,230	1300	1,328	1350	1,427	1390	1,526	1440	1,625	1480	1,723	1520	1,822
2100	1170	1,078	1230	1,181	1280	1,284	1330	1,387	1380	1,490	1420	1,594	1470	1,698	1510	1,801	1560	1,905
2200	1190	1,122	1250	1,229	1300	1,337	1360	1,445	1410	1,553	1450	1,662	1500	1,770	1550	1,879	1590	1,988
2300	1220	1,165	1280	1,277	1330	1,390	1380	1,502	1430	1,615	1480	1,728	1530	1,842	1580	1,955	1620	2,069
2400	1240	1,209	1300	1,325	1350	1,442	1410	1,559	1460	1,676	1510	1,795	1560	1,913	1610	2,031	1650	2,150
2500	1260	1,251	1320	1,372	1380	1,493	1430	1,615	1490	1,737	1540	1,860	1590	1,983	1640	2,106	1680	2,230
2600	1280	1,296	1340	1,418	1400	1,544	1460	1,670	1510	1,798	1570	1,925	1620	2,053	1670	2,181	1710	2,309
2700	1300	1,335	1370	1,465	1420	1,595	1480	1,726	1540	1,857	1590	1,989	1640	2,122	1700	2,255	1740	2,388
2800	1320	1,376	1390	1,511	1450	1,645	1510	1,780	1560	1,917	1620	2,053	1670	2,190	1720	2,328	1770	2,466
2900	1340	1,417	1410	1,555	1470	1,695	1530	1,835	1590	1,975	1640	2,116	1700	2,258	1750	2,400	1800	2,543
3000	1360	1,458	1430	1,600	1490	1,744	1550	1,888	1610	2,033	1670	2,179	1720	2,326	1770	2,472	1830	2,620
3100	1380	1,499	1450	1,645	1510	1,793	1570	1,942	1630	2,091	1690	2,240	1750	2,392	1800	2,544	1850	2,695
3200	1400	1,539	1470	1,689	1530	1,841	1590	1,994	1650	2,148	1710	2,303	1770	2,459	1820	2,615	1880	2,771
3300	1420	1,578	1490	1,733	1550	1,889	1620	2,047	1680	2,205	1740	2,364	1790	2,525	1850	2,685	1900	2,846
3400	1435	1,618	1500	1,777	1570	1,937	1630	2,099	1700	2,262	1760	2,425	1820	2,590	1870	2,755	1930	2,921
3500	1453	1,657	1520	1,820	1590	1,985	1650	2,151	1720	2,318	1780	2,486	1840	2,655	1900	2,824	1950	2,995
3600	1470	1,695	1540	1,863	1610	2,032	1670	2,202	1740	2,373	1800	2,546	1860	2,719	1920	2,899	1980	3,068

* Il diametro equivalente d_e è calcolato con la seguente relazione: $d_e = 1,3 \frac{(a \cdot b)^{0,625}}{(a + b)^{0,25}}$

§ I numeri sovrastampati indicano la classe del canale

17 Indice

17.1 Indice delle figure

Figura 1- Edificio attuale Toolbox negli anni '70.....	26
Figura 2- Edificio Toolbox ai giorni nostri	27
Figura 3- Grafico rappresentante i Gradi Giorno.....	29
Figura 4- Vista dell'edificio da satellite con indicazione dell'orientamento.....	30
Figura 5- Rendering secondo piano via Bertini realizzato con Sketch up.....	32
Figura 6- Durata del periodo di riscaldamento.....	65
Figura 7- Durata del periodo di raffreddamento.....	66
Figura 8- Fabbisogno energetico per la stagione invernale con l'impianto in funzionamento continuo o intermittente.....	67
Figura 9- Fabbisogno energetico per la stagione estivo con l'impianto in funzionamento continuo o intermittente.....	69
Figura 10- Percorso dei canali sotto pavimento con indicazione dei tratti in cui sono stati suddivisi.....	110
Figura 11- Percorso dei canali a vista con indicazione dei tratti in cui sono stati suddivisi.....	110
Figura 12- Visualizzazione di parte del percorso dei canali sottopavimento. Rendering realizzato con Revit.....	111
Figura 13- Visualizzazione di parte del percorso dei canali a vista. Rendering realizzato con Revit.....	111
Figura 14- Diffusore SFD-200 Swirl Floor, Systemair	112
Figura 15- Dimensioni e geometria diffusore SFD-200 Swirl Floor, Systemair.....	112
Figura 16- Diagramma per ricavare le perdite di carico in base alla portata per il diffusore SFD-200 Swirl Floor, Systemair.....	113
Figura 17- Diffusore ad alta induzione SINUS-DR-1001, Systemair.....	113
Figura 18- Diagramma per ricavare le perdite di carico in base alla portata per il diffusore SINUS-DR-1001	114
Figura 19- Griglia di ripresa NOVA-E, Systemair	120
Figura 20- Diagramma per ricavare le perdite di carico in base alla portata la griglia di ripresa NOVA-E.....	121
Figura 21- Griglia di transito NOVA-D, Systemair.....	122
Figura 22- Diagramma per ricavare le perdite di carico in base alla portata per la griglia di transito NOVA-D.....	123
Figura 23- Recuperatore rotativo	124
Figura 24- Dettaglio del recuperatore entalpico di calore.....	126
Figura 25- Efficienza del recuperatore rotativo in funzione della velocita' di rotazione	126
Figura 26- Ventilatore di mandata	127
Figura 27- Ventilconvettore CRC-ECM 44, SABIANA.....	135
Figura 28- Percorso dei tubi con indicazione dei tratti in cui sono stati suddivisi	144

17.2 Indice delle tabelle

Tabella 1- Stima del suolo consumato a livello nazionale, in percentuale sulla superficie nazionale e in ettari, per anno	13
Tabella 2- Stima del suolo consumato in percentuale nelle diverse aree del territorio italiano.....	13
Tabella 3- Classificazione delle zone climatiche.....	29
Tabella 4 – Caratteristiche tecniche dell’isolante.....	34
Tabella 5- Caratteristiche complessive della parete	36
Tabella 6- Caratteristiche complessive del solaio	48
Tabella 7- Trasmittanza delle superfici presenti nella struttura	71
Tabella 8- Calcolo del carico termico invernale per “ufficio angolo sinistra”	72
Tabella 9- Carichi termici invernali dei diversi ambienti, con gli infissi attualmente presenti.....	73
Tabella 10- Carichi termici invernali dei diversi ambienti, se gli infissi venissero cambiati	74
Tabella 11- Condizioni di progetto estive adottate	87
Tabella 12- Calcolo del carico termico estivo per “ufficio angolo sinistra”	88
Tabella 13 - Carichi termici estivi dei diversi ambienti con suddivisione tra calore sensibile e latente	89
Tabella 14- Classificazione dell’impianto e condizioni di progetto	95
Tabella 15- Portata d’aria per i diversi ambienti e totale	96
Tabella 16- Legenda simboli	96
Tabella 17- Estrazione aria dai servizi igienici.....	97
Tabella 18- Determinazione della prevalenza del percorso più svantaggioso per distribuzione canali sotto pavimento.....	104
Tabella 19- Determinazione della prevalenza del percorso più svantaggioso per distribuzione canali a vista	104
Tabella 20- Determinazione della prevalenza del percorso più svantaggioso per i canali di aspirazione	105
Tabella 21- Dimensionamento dei canali di mandata posti sotto pavimento	106
Tabella 22- Perdite di carico per i canali di mandata sotto pavimento.....	107
Tabella 23- Dimensionamento dei canali di mandata a vista.....	108
Tabella 24- Perdite di carico per i canali di mandata a vista.....	109
Tabella 25- Dimensionamento dei canali di aspirazione posti sotto pavimento	117
Tabella 26- Perdite di carico per i canali di aspirazione posti sotto pavimento	117
Tabella 27- Dimensionamento dei canali di aspirazione a vista.....	118
Tabella 28- Perdite di carico per i canali di estrazione a vista	118
Tabella 29- Dimensionamento griglie di ripresa.....	119
Tabella 30- Dimensionamento griglie di transito	119
Tabella 31- Scelta del numero e modello dei ventilconvettori per i diversi locali	134
Tabella 32- Caratteristiche ventilconvettori CRC-ECM a 4 ranghi.....	138
Tabella 33- Caratteristiche e dimensionamento linea freddo.....	140
Tabella 34- Caratteristiche e dimensionamento linea caldo	141
Tabella 35- Perdite di carico linea freddo	143
Tabella 36- Perdite di carico linea caldo.....	143

18 Bibliografia

1. Rete Rurale Nazionale.

<http://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/712>.

2. La Repubblica. [Online]

<http://ricerca.repubblica.it/repubblica/archivio/repubblica/2007/11/27/chi-salvera-il-paesaggio-la-lunga-guerra.html>.

3. Il saggio. Tutela del paesaggio: da Croce a Bottai alla costituzione italiana. Marano, Sandro. 2013.

4. ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. [Online]

<http://www.isprambiente.gov.it/it/ispra-informa/area-stampa/dossier/consumo-di-suolo-2017>.

5. European Environment Agency. *Urban Sprawl in Europe - the ignored challenge*, EEA report n. 10/2006.

6. Wikipedia. [Online] https://it.wikipedia.org/wiki/Consumo_di_suolo_-_cite_note-14;

7. Commissione Europea. *Commissione Europea (2016), Future Brief: No net land take by 2050?*.

8. ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. [Online]

<http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/consumo-di-suolo-dinamiche-territoriali-e-servizi-ecosistemici-edizione-2016>.

9. WWF. [Online]

http://www.wwf.it/consumo_del_suolo__avere_cura_della_natura_dei_territori.cfm.

10. Earthday. [Online] [http://www.earthday.it/Territorio/Giornata-Mondiale-del-Suolo-in-Italia-risorsa-in-pericolo-e-legge-ferma-al-SenatoRecuperare l'esistente anziché consumare nuovo suolo](http://www.earthday.it/Territorio/Giornata-Mondiale-del-Suolo-in-Italia-risorsa-in-pericolo-e-legge-ferma-al-SenatoRecuperare_l'esistente_inzich%C3%A9_consumare_nuovo_suolo).

11. Cuccarollo A. *Officine Grandi Motori : progetto di recupero e riqualificazione di un'area industriale a Torino.* [Online] <https://webthesis.biblio.polito.it/3400/>.

12. Wikipedia. [https://it.wikipedia.org/wiki/Lingotto_\(Torino\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Lingotto_(Torino)).

13. Officine Grandi Riparazioni. <http://www.ogrtorino.it/>.

14. SellaLab. <http://blog.startupitalia.eu/72615-20150217-sellalab-lanificio-regno-ditalia-quintino-sella>.

16. Wikipedia. https://it.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel.

17. Autocad. <https://www.engineering.it/progettazione-cad/>.

18. SketchUp. <http://tecnologiaduepuntozero.altervista.org>.

19. Autodesk. <https://www.autodesk.it/products/revit-family/overview>.

20. Edilclima. <https://www.edilclima.it/>.

21. **Wikipedia.** https://it.wikipedia.org/wiki/Giovanni_Antonio_Porcheddu.
22. **StartupItalia!** <http://torino.startupitalia.eu/ecosystem/12231-20140308-100-anni-lavoro-attraverso-edificio-parte-seconda-2>.
23. **Toolbox.** <http://www.toolboxoffice.it>.
24. **G.V. Fracastoro, P.M. Tronville.** Appunti del corso Energy Savings and comfort in buildings. Politecnico di Torino : s.n., 2016.
25. **Masoero, M.C.** Appunti del corso di Design of HVAC. Politecnico di Torino : s.n., 2016.
26. **A.Briganti, N.Zamuner, M.Sergenti, B.Galosi, A.Sandelewski.** *Manuale della climatizzazione.* Milano : Tecniche Nuove.
27. **Edilclima.** <https://www.edilclima.it/assets/repository/software/informazioni/700-scheda.pdf>.
28. **Systemair** - *Catalogo tecnico.*
29. **SWEGON** - *Offerta tecnica.*
30. **SABIANA** - *Catalogo VTC CARISMA CRC-ECM.*