



POLITECNICO DI MILANO
AREA TECNICO EDILIZIA

Piazza Leonardo da Vinci, 32 – 20133 MILANO

Cod. lav. 1065_10

**REALIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI DI RAFFRESCAMENTO E RISTRUTTURAZIONE
DELLE AULE DELL'EDIFICIO 3 - PADIGLIONE SUD DEL CAMPUS LEONARDO DEL
POLITECNICO DI MILANO - PIAZZA LEONARDO DA VINCI, 32 – 20133 MILANO**

PROGETTO ESECUTIVO
IMPIANTI MECCANICI

Responsabile del Procedimento: arch. Mauro Rizzieri – A.T.E.

Responsabile del Progetto: ing. Gianluca Noto - A.T.E.

Progetto opere civili: AREA TECNICO EDILIZIA
ing. Gianluca Noto ®

Progetto Opere Strutturali: STUDIO TECNICO STRUTTURA ARCHITETTURA
ing. Maurizio Colombo ®

Progetto Impianti Meccanici: POOL PROFESSIONALE MILANO s.r.l.
ing. Antonio Simonato ®

Progetto Impianti Elettrici AREA TECNICO EDILIZIA
ing. Fabio Innao ®

Verifiche acustiche CONSULTING & MANAGEMENT
ing. Ezio Rendina ®

**Coordinatore per la sicurezza
in fase di progettazione:** geom. Serafino Celestino - A.T.E.

1	6	I	M	0	1	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO
Emissione						9 maggio 2011
Revisione 1						
Revisione 2						
Redatto						Verificato
A.S.						G.N.
						Approvato
						M.R.

SOMMARIO

1.	Premessa.....	3
2.	Stato di fatto impianti.....	3
2.1.	Impianto di riscaldamento.....	3
2.2.	Impianti di condizionamento.....	3
3.	Criteri di intervento.....	3
4.	Contenimento dei consumi energetici.....	4
5.	Criteri di calcolo.....	4
5.1.	Carichi dovuti a irraggiamento solare.....	4
5.2.	Carichi dovuti all'affollamento.....	5
5.3.	Carichi elettrici.....	5
5.4.	Carichi dovuti al ricambio d'aria.....	5
6.	Produzione acqua refrigerata.....	6
7.	Impianti di condizionamento.....	6
7.1.	Categoria 1. Unità di trattamento aria primaria e ventilconvettori a cassetta all'interno del controsoffitto.....	7
7.1.1.	Unità di trattamento aria primaria.....	7
7.1.2.	Ventilconvettori a cassetta.....	8
7.2.	Categoria 2. Unità di trattamento aria primaria all'interno del controsoffitto e condizionatori d'aria di precisione con batteria ad espansione diretta canalizzato a vista nell'aula, con condensatore remoto in copertura.....	8
7.2.1.	Unità di trattamento aria primaria.....	9
7.2.2.	Condizionatori d'aria di precisione con batteria ad espansione diretta.....	9
7.3.	Categoria 3. Unità di trattamento aria primaria a pavimento e unità canalizzabili all'interno del controsoffitto con motocondensatore remoto in copertura (Impianto VRV).....	9
7.3.1.	Unità di trattamento aria.....	9
7.3.2.	Impianto VRV.....	9
8.	Sistema di regolazione.....	10
8.1.	Unità di trattamento aria primaria.....	10
8.2.	Ventilconvettori a cassetta.....	10
8.3.	Impianto VRV.....	11
9.	Impianti elettrici a servizio degli impianti meccanici.....	12
10.	Dimensionamento degli impianti.....	13

1. PREMESSA

Il Campus Leonardo del Politecnico di Milano, a forma di quadrilatero, è la sede storica del Politecnico di Milano. Inaugurato nel 1927, è sottoposto a tutela per vincolo indiretto dei cinquant'anni: per questo motivo, gli interventi devono essere poco invasivi e poco visibili all'esterno.

L'Edificio 03 – Padiglione Sud, oggetto dell'intervento, è situato nell'angolo sud dell'ala ovest del quadrilatero; si sviluppa su tre livelli fuori terra, dove sono presenti le aule didattiche, e su un livello seminterrato, dove sono presenti i locali tecnici a servizio dell'edificio.

2. STATO DI FATTO IMPIANTI

2.1. IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

L'impianto di riscaldamento a servizio dell'Edificio 03 è alimentato dalla centrale termica della sede Città Studi dell'Ateneo, situata presso il Campus Bassini.

La distribuzione dell'energia termica avviene attraverso un anello di acqua surriscaldata che alimenta la sottocentrale dell'Edificio, all'interno della quale è installato uno scambiatore di calore.

Dalla sottocentrale, si diramano le reti di distribuzione di acqua calda che alimentano i terminali dell'impianto di riscaldamento costituiti, principalmente, da radiatori.

2.2. IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO

I locali destinati ad ufficio sono dotati di impianti di raffrescamento del tipo acqua-aria, con apparecchiature installate nei vari ambienti, mentre le aule (ad eccezione di quelle utilizzate per conferenze) non sono raffrescate.

L'Edificio in questione è dotato di più centrali frigorifere che servono i differenti ambienti, prevalentemente uffici, realizzate nel corso degli anni secondo le esigenze riscontrate, e non è dotato di un circuito distributore primario del fluido termovettore freddo.

3. CRITERI DI INTERVENTO

Nell'Edificio 03, per il raffrescamento estivo delle aule oggetto dell'intervento, non disponendo di locali tecnici per l'installazione di impianti centralizzati all'interno dei piani serviti e per evitare l'impatto visivo esterno che si avrebbe con l'installazione di UTA sulla copertura e condotti di ventilazione in vista lungo la facciata, a causa dell'impossibilità di ricavare cavedi interni all'edificio dedicati allo scopo, è prevista l'aggiunta di impianti localizzati costituiti da unità di trattamento dell'aria di rinnovo del tipo con recupero di calore e sistema di ventilazione a doppio flusso, installati a sospensione nei controsoffitti dei vari ambienti, e da terminali idronici acqua-aria (ventilconvettori a cassetta), alimentati da un nuovo circuito di distribuzione del fluido termovettore freddo in partenza dalle rispettive centrali frigorifere.

Per il riscaldamento invernale delle stesse aule si prevede, invece, il mantenimento degli attuali impianti a radiatori esistenti. Tali impianti non sono però in grado di compensare il carico termico che verrà aggiunto dai nuovi impianti di ventilazione che, se pur dotati di idonei sistemi di recupero del calore, necessitano di ulteriore energia termica per portare l'aria in condizioni prossime alla temperatura ambiente di 20°C prevista nel regime invernale.

Dall'esame della rete di distribuzione dell'impianto a radiatori esistente è emersa però l'impossibilità di effettuare prelievi di acqua calda ad uso riscaldamento per alimentare eventuali batterie di preriscaldamento o post riscaldamento dell'aria di rinnovo.

Pertanto, come miglioria rispetto all'impiego di batterie elettriche previsto dal progetto guida, si propone l'adozione di sistemi di ventilazione con recupero di calore integrati da circuito frigorifero in pompa di calore, in grado di trattare l'aria di rinnovo, riscaldandola e/o raffreddandola secondo necessità, in modo autonomo in ogni periodo dell'anno.

La potenza elettrica impegnata dal progetto guida per le batterie elettriche di post riscaldamento potrà essere utilizzata, invece, per l'alimentazione di produttori di vapore autonomi, in quanto necessari per mantenere in ambiente l'umidità relativa dell'aria al di sopra del 30% nel periodo invernale, valore minimo al di sotto del quale non sussistono più condizioni di benessere adeguato e si rischiano patologie per l'eccessiva secchezza delle vie respiratorie.

4. CONTENIMENTO DEI CONSUMI ENERGETICI

L'impiego di queste UTA autonome consente di raggiungere una maggiore efficienza energetica per la parte relativa alla produzione e distribuzione del fluido termovettore in quanto normalmente oggi il mercato propone macchine in grado di garantire un coefficiente di prestazione energetica $EER \geq 3,5$ in regime estivo ed un $COP \geq 5,5$ in regime invernale. Inoltre, ciò consentirà di ridurre la dimensione delle tubazioni di distribuzione del fluido termovettore freddo che dovrà servire solamente i terminali idronici e di evitare l'aggiunta di nuove reti di distribuzione del fluido termovettore caldo per le UTA nel periodo invernale, con conseguente riduzione delle perdite di energia nei circuiti di distribuzione.

L'impiego di queste UTA autonome consente anche di ridurre la taglia dei gruppi refrigeratori da installare nelle nuove centrali frigorifere, che avranno un funzionamento stagionale più regolare e quindi più efficiente, essendo sgravate dalla variabilità del carico di raffreddamento necessario al trattamento dell'aria di rinnovo nel periodo estivo.

I sistemi di recupero di calore installati in queste UTA autonome sono del tipo statico a flussi incrociati con piastre di alluminio ottimizzate ad alta efficienza ($\geq 70\%$ nel periodo invernale; $\geq 65\%$ nel periodo estivo), integrato da un circuito frigorifero in pompa di calore in grado di pretrattare o post trattare l'aria sia nel periodo estivo che nel periodo invernale.

La scelta di questo tipo di recuperatore è stata effettuata dopo aver valutato la difficoltà di impiego di recuperatori di tipo entalpico disponibili in commercio basati sull'impiego di materiale igroscopico (ad esempio il cloruro di litio) applicato su un tamburo rotante o su piastre di scambio realizzate con carta pressata opportunamente sagomata permeabile al vapore acqueo.

Entrambe queste tipologie di scambiatori presentano infatti maggiori ingombri per le portate d'aria richieste nel nostro caso, e vengono realizzati con elementi smontabili dal vano contenitore solamente con movimenti di traslazione orizzontale, con conseguente necessità di ricavare spazi di manovra sui fianchi della apparecchiatura. Ciò significherebbe la necessità di smontaggio di ampie parti di controsoffitto per effettuare la corretta manutenzione.

Altro elemento di valutazione preso in considerazione per la scelta della tipologia di recuperatore è il costo di manutenzione, piuttosto contenuto nel caso del recuperatore a piastre di alluminio in quanto facilmente rigenerabile mediante semplice lavaggio in acqua corrente e più affidabile dal punto di vista della resistenza meccanica rispetto a quello realizzato in carta trattata chimicamente o con il tamburo rotante che vanno entrambi periodicamente sostituiti.

Per i terminali idronici negli ambienti viene prevista una regolazione climatica indipendente per ogni aula, in modo tale da limitare il funzionamento dell'impianto alle sole aule effettivamente utilizzate.

5. CRITERI DI CALCOLO

Per il dimensionamento degli impianti di raffrescamento sono stati presi in considerazione i seguenti carichi termici.

5.1. CARICHI DOVUTI A IRRAGGIAMENTO SOLARE

Per le aule con facciata prevalentemente orientata verso Est, il carico istantaneo delle superfici vetrate risulta significativo, in alcuni periodi dell'anno, nelle prime ore del giorno, specie per quelle ubicate al secondo piano, ma può essere limitato con opportuni schermi solari e/o la sostituzione delle vetrate, attualmente in vetro semplice, con vetrocamera di opportune caratteristiche, tenuto conto dell'illuminazione naturale da preservare¹.

Nella relazione di calcolo degli impianti, è stato preso in considerazione un coefficiente di riduzione equivalente complessivo pari al 36%, facilmente raggiungibile con delle semplici schermature di co-

¹ Il progettista ha verificato che si applichi la deroga per gli edifici vincolati di cui ai sensi dell'art. 3, comma 3, lettera a, del DLgs 19 agosto 2005, n. 192: 3. Sono escluse dall'applicazione del presente decreto le seguenti categorie di edifici e di impianti: a) gli immobili ricadenti nell'ambito della disciplina della parte seconda e dell'articolo 136, comma 1, lett. b) e c) del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, recante il codice dei beni culturali e del paesaggio, nei casi in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe una alterazione inaccettabile del loro carattere o aspetto con particolare riferimento ai caratteri storici o artistici; (omissis).

lore chiaro che consentano una trasmissione luminosa pari o superiore al 65%².

Nel caso delle aule dei corpi a padiglione con orientamento Nord e Sud e con finestre di dimensioni contenute, il valore dell'irraggiamento risulta, invece, piuttosto modesto, come si evince dalla relazione di calcolo degli impianti.

Il contributo delle pareti esterne soleggiate nei piani terra e primo e nei corpi a padiglione risulta generalmente limitato nel periodo di utilizzo degli ambienti, grazie allo sfasamento dovuto alla massa delle pareti in muratura di grosso spessore, mentre al piano secondo, dove sono stati realizzati i sopralzi con strutture leggere, l'incidenza è maggiore, a causa della minore capacità di accumulo e della presenza della copertura scarsamente isolata.

Un possibile intervento migliorativo può essere costituito dall'aggiunta di una copertura ventilata e di una facciata ventilata, o almeno di pannelli isolanti, applicabili in aderenza all'intradosso dei solai di copertura e lungo le pareti perimetrali esterne nella parte soprastante il controsoffitto, opacizzando le vetrate superiori che verrebbero comunque occultate dal controsoffitto medesimo.

5.2. CARICHI DOVUTI ALL'AFFOLLAMENTO

L'affollamento è variabile, ma può raggiungere valori significativi, soprattutto per le aule didattiche. In mancanza di dati certi, si è adottato come parametro un valore compreso tra 0,4 persone/m² (aule informatiche) e 1,10 persone/m² (aule didattiche a gradoni) secondo la tipologia di aula.

La portata di ricambio in ogni aula è stata calcolata sulla base del massimo affollamento previsto utilizzando come parametro di dimensionamento i 25 m³/h x persona previsti della norma UNI 10339 (1995) *Impianti aerulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura*.

5.3. CARICHI ELETTRICI

Sono rappresentati essenzialmente dall'uso di computer e dall'illuminazione.

Per la stima dei carichi dovuti all'illuminazione sono stati previsti:

- a) livelli di illuminamento pari a 500 lux per le aule normali e a 750 lux per quelle specialistiche;
- b) un'efficienza delle lampade pari o superiore a 85 lm/W;
- c) fattore di consumo massimo non superiore al 60% in corrispondenza del massimo irraggiamento solare (spegnimento delle file dei corpi illuminanti adiacenti alle superfici vetrate e/o la riduzione generale del flusso emesso nel caso di impianti dimmerabili);
- d) 200 W/persona nelle aule di disegno ed informatiche e 25 W/persona nelle aule didattiche, per i carichi associati all'uso dei personal computer.

5.4. CARICHI DOVUTI AL RICAMBIO D'ARIA

I carichi dovuti al ricambio d'aria sono variabili e funzione della portata e delle condizioni esterne. Per il dimensionamento delle unità di trattamento dell'aria di rinnovo sono stati previsti 25 m³/h per persona con le seguenti condizioni di aria esterna:

- Inverno: - 5 °C, U.R. 60 %;
- Estate: + 34 °C, U.R. 50 %

Le condizioni invernali sono quelle previste dalla norma UNI 10339, mentre le condizioni estive sono quelle riferite dalla norme ASHRAE Standard.

In ogni caso, essendo le unità di trattamento completamente autonome, questi carichi non influiranno sul calcolo della potenza massima contemporanea della centrale frigorifera.

² Tali ipotesi sono state sottoposte al Responsabile del procedimento in sede di progetto definitivo, in quanto conformi alle previsioni dell'ufficio tecnico per gli interventi in programma per l'involucro edilizio e asseverate, quindi, nell'ambito dell'attività di validazione.

6. PRODUZIONE ACQUA REFRIGERATA

Al piano interrato, è realizzata una nuova centrale frigorifera con una nuova rete di distribuzione primaria del fluido termovettore freddo. La centrale frigorifera è realizzata nel locale *ex cabina elettrica di trasformazione*.

All'interno della nuova centrale frigorifera è prevista l'installazione di due nuovi gruppi refrigeratori da 230 kW ciascuno, raffreddati ad acqua in circuito chiuso, con condensatori remoti raffreddati ad aria (drycooler) ubicati sulla copertura, in grado di funzionare anche con acqua glicolata.

La scelta di questo sistema è stata effettuata per la maggiore efficienza e silenziosità offerta dai nuovi ventilatori assiali azionati da motori di tipo EMC a commutazione elettronica e magneti permanenti di cui possono essere dotati questi raffreddatori, che consentono notevoli risparmi sui consumi di energia elettrica. Inoltre, anche la manutenzione è semplificata, evitando lo svuotamento del circuito durante il periodo invernale (il sistema, qualora fosse necessario, potrebbe funzionare anche durante il periodo invernale).

La taglia dei due refrigeratori è stata selezionata per soddisfare solamente il fabbisogno del carico frigorifero richiesto dagli impianti a ventilconvettori, che saranno installati nelle aule di tipo tradizionale ubicate ai piani terra, primo e secondo dell'ala est.

La rete di distribuzione primaria del fluido termovettore freddo si sviluppa dalla nuova centrale con un breve tratto interrato nel cortile interno e con due colonne montanti verticali ubicate dapprima esternamente fino all'intradosso del piano rialzato e, successivamente, all'interno dei servizi igienici in cavedi appositamente realizzati.

Entrambe le colonne montanti verticali sono costituite di due tubazioni per il circuito del condensatore remoto e di due tubazioni per il circuito di distribuzione del fluido termovettore freddo (acqua refrigerata). Da questi ultimi, al piano secondo, è derivata una distribuzione orizzontale all'interno del controsoffitto del corridoio esterno alle aule.

Da questa distribuzione orizzontale sono derivati gli stacchi confluenti ciascuno in un separatore idraulico, a valle del quale ha origine il circuito di distribuzione secondaria di ogni aula. Sempre da questo distributore orizzontale del piano secondo, sono derivate le colonne discendenti a servizio dei piani sottostanti dove, per ragioni architettoniche, non è possibile effettuare una distribuzione orizzontale nel corridoio esterno alle aule.

Ai piani primo e terra, pertanto, il circuito di distribuzione primaria del fluido termovettore freddo transita nel controsoffitto interno alle aule, in prossimità della parete di confine con il corridoio esterno.

I circuiti secondari di distribuzione del fluido termovettore all'interno delle aule sono dotati di un proprio gruppo di spillamento installato nel controsoffitto, costituito di una pompa di ricircolo azionata da motore a commutazione elettronica con magneti permanenti, in grado di autoregolarsi in base alla caduta di pressione effettiva del circuito idraulico da servire (ottimizzando il consumo di energia elettrica), di una valvola miscelatrice a tre vie con regolazione della temperatura di mandata a punto fisso.

7. IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO

Gli impianti di condizionamento delle aule possono essere suddivisi in tre categorie:

- **Categoria 1.** *Unità di trattamento aria primaria e ventilconvettori a cassetta all'interno del controsoffitto*
Tale categoria è stata adottata per le seguenti aule:
 - S.2.1, S.2.2, S.2.3, S.2.4 (piano secondo);
 - S.1.2, S.1.3, S.1.4, S.1.5, S.1.6 (piano primo);
 - S.0.4, S.0.5 (piano rialzato).
- **Categoria 2.** *Unità di trattamento aria primaria all'interno del controsoffitto e condizionatori d'aria di precisione con batteria ad espansione diretta canalizzato a vista nell'aula, con condensatore remoto in copertura*
Tale categoria è stata adottata per le seguenti aule:
 - S.1.1, S.1.8 (piano primo).

- **Categoria 3. Unità di trattamento aria primaria a pavimento e unità canalizzabile all'interno del controsoffitto con motocondensatore remoto in copertura (Impianto VRV)**
Tale categoria è stata adottata per l'aula S.0.2 (piano rialzato).

L'adozione di questo tipo di impianti consente di ridurre la taglia dei gruppi refrigeratori da installare nella nuova centrale frigorifera e di conseguenza il dimensionamento delle tubazioni di distribuzione del fluido vettore. Inoltre, il modo di funzionamento stagionale del gruppo frigorifero è più regolare e, quindi, più efficiente, in quanto il gruppo frigorifero non è più soggetto alla variabilità del carico di raffreddamento necessario al trattamento dell'aria di rinnovo nel periodo estivo.

Tale scelta è dettata anche dal fatto che le unità di trattamento aria tradizionali necessiterebbero di energia termica per portare l'aria in condizioni prossime alla temperatura ambiente di 20°C, prevista nel regime invernale.

Dall'esame della rete di distribuzione dell'impianto a radiatori esistente è emersa, però, l'impossibilità di effettuare prelievi di acqua calda per alimentare eventuali batterie di preriscaldamento dell'aria di rinnovo. L'impianto di riscaldamento esistente, inoltre, non è in grado di compensare il carico termico dovuto a questi nuovi impianti di ventilazione.

La raccolta della condensa prodotta da tutte le apparecchiature in campo avviene mediante una rete in polipropilene corrente all'interno del controsoffitto dei singoli piani, in appositi cavedi le discese e a vista al piano interrato sino alla rete di scarico acque bianche esistente.

La rete di distribuzione e alimentazione dell'acqua potabile agli umidificatori a vapore è realizzata in tubo polietilene alta densità (PEAD), correnti a fianco delle tubazioni di scarico condensa, a partire dalle reti di distribuzione esistenti al piano interrato.

7.1. CATEGORIA 1. UNITÀ DI TRATTAMENTO ARIA PRIMARIA E VENTILCONVETTORI A CASSETTA ALL'INTERNO DEL CONTROSOFFITTO

7.1.1. Unità di trattamento aria primaria

L'unità di trattamento aria, di tipo pensile, installata nel controsoffitto, è costituita di:

- un recupero di calore a piastre a flussi incrociati ad elevato rendimento (≥ 70 % nel periodo invernale; ≥ 65 % nel periodo estivo);
- circuito frigorifero (senza unità esterna) in pompa di calore, operante con fluido refrigerante R410A, in grado di pretrattare o post trattare l'aria sia nel periodo estivo sia nel periodo invernale.

Questo tipo di soluzione consente di ridurre l'impatto visivo esterno che si avrebbe con l'installazione di impianti centralizzati sulla copertura e conseguente percorso a vista, lungo la facciata, dei condotti di ventilazione.

Il recuperatore a flussi incrociati ad alto rendimento permette di ridurre sensibilmente il periodo di accensione del circuito frigorifero nell'arco dell'anno, riducendo così al minimo i consumi di energia elettrica.

La scelta di questo tipo di recuperatore è stata effettuata dopo aver valutato la difficoltà di impiego di recuperatori di tipo entalpico basati sull'impiego di materiale igroscopico (ad esempio il cloruro di litio) applicato su un tamburo rotante o su piastre di scambio realizzate con carta pressata opportunamente sagomata permeabile al vapore acqueo.

Entrambe queste tipologie di scambiatori presentano, infatti, maggiori ingombri, per le portate d'aria richieste nel nostro caso, e vengono realizzati con elementi smontabili dal vano contenitore solamente con movimenti di traslazione orizzontale, con conseguente necessità di ricavare spazi di manovra sui fianchi della apparecchiatura. Ciò significherebbe la necessità di smontaggio di ampie parti di controsoffitto per effettuare la corretta manutenzione.

Altro elemento di valutazione per la scelta della tipologia di recuperatore è il costo di manutenzione, piuttosto contenuto nel caso del recuperatore a piastre di alluminio, in quanto facilmente rigenerabile mediante semplice lavaggio in acqua corrente e più affidabile dal punto di vista della resistenza meccanica rispetto a quello realizzato in carta trattata chimicamente o con il tamburo rotante che vanno entrambi periodi-

camente sostituiti.

La presenza del compressore frigorifero all'interno del recuperatore implica la necessità di garantire, durante il funzionamento, la ventilazione minima indispensabile per raffreddare il compressore: tale valore limite corrisponde a circa il 70% della portata nominale.

L'unità è dotata di ventilatori a portata variabile, comandati da inverter, per compensare l'intasamento dei filtri posti sui flussi d'ingresso dell'aria nel recuperatore di calore e di un quadro elettrico di comando completo di sezione di potenza e regolazione, montato a bordo della macchina, con scheda di interfaccia seriale RS485 per collegamento a sistema di supervisione superiore, pressostati differenziali di segnalazione intasamento filtri.

Per facilitare le operazioni di manutenzione, il recuperatore, i filtri, la vasca di raccolta condensa e i ventilatori devono poter essere estratti dal basso, mediante la rimozione dei pannelli di chiusura del fondo.

Il controllo dell'umidità relativa all'interno delle aule, nel periodo invernale, è garantito mediante l'installazione di un umidificatore autonomo a vapore a elettrodi immersi, installato all'interno del controsoffitto, in grado di garantire, nel periodo invernale, un valore di umidità relativa dell'aria al di sopra del 30%, valore minimo al di sotto del quale non sussistono più condizioni di benessere adeguato.

L'umidificatore è dotato di un tubo per il convogliamento del vapore (lunghezza massima 2 m) e di una rampa di diffusione del vapore installata sul canale di mandata dell'aria, a valle del silenziatore.

Un aspetto importante da considerare è il livello di pressione sonora all'interno delle aule.

Per ridurre tale livello, occorre intervenire sulle unità di trattamento aria in due modi:

- ricoprire tutta la superficie esterna dell'unità di trattamento aria primaria con pannellatura fonoisolante e fonoassorbenti con lastre di piombo;
- installare silenziatori sia sui condotti di mandata sia sui condotti di ripresa aria ambiente per ridurre il rumore aereo.

La distribuzione dell'aria all'interno delle aule avviene attraverso condotti di ventilazione a sezione rettangolare (posizionati all'interno del controsoffitto) e diffusori di mandata e ripresa dell'aria.

La presa d'aria esterna e l'espulsione dell'aria sono realizzate mediante griglie posizionate sul prospetto dell'edificio. Ciascuna griglia è dotata di plenum, di cui quello applicato sulla griglia di espulsione deve essere insonorizzato.

Per il controllo e il bilanciamento dell'aria sono previste serrande di taratura installate sui canali principali di presa e espulsione aria esterna.

7.1.2. Ventilconvettori a cassetta

Per abbattere i carichi termici endogeni e quelli dovuti all'irraggiamento solare nel periodo estivo, sono state installate unità terminali idroniche ad acqua refrigerata, del tipo ventilconvettore a cassetta, da posizionare all'interno del controsoffitto.

I ventilconvettori sono alimentati con acqua refrigerata derivata da un circuito secondario dotato di proprio circolatore con valvola miscelatrice a tre vie, spillato dal circuito primario di distribuzione del fluido termovettore freddo proveniente dalla centrale al piano interrato.

La temperatura del fluido del circuito secondario è controllata da una sonda di temperatura da condotta a punto fisso che, mediante un regolatore, agisce sul servocomando della valvola a tre vie di ciascuna aula.

A seguito della richiesta del Responsabile del procedimento, al piano secondo sono stati previsti quattro ventilconvettori nel corridoio con la funzione di abbattere il carico termico estivo e invernale, senza controllo della temperatura ambiente.

Inoltre, all'interno delle aule del medesimo piano, è stato previsto un impianto modulare solo da punto di vista dei ventilconvettori a cassetta, così da garantire una futura suddivisione delle aule diversa da quella attuale.

7.2. CATEGORIA 2. UNITÀ DI TRATTAMENTO ARIA PRIMARIA ALL'INTERNO DEL CONTROSOFFITTO E CONDIZIONATORI D'ARIA DI PRECISIONE CON

BATTERIA AD ESPANSIONE DIRETTA CANALIZZATO A VISTA NELL'AULA, CON CONDENSATORE REMOTO IN COPERTURA

7.2.1. Unità di trattamento aria primaria

Si fa riferimento a quanto già descritto al precedente paragrafo 5.1.1.

7.2.2. Condizionatori d'aria di precisione con batteria ad espansione diretta

La scelta di adottare condizionatori d'aria a pavimento del tipo ad armadio, a vista, è dettata dal fatto che nelle aule in questione è possibile realizzare, per motivi architettonici, un controsoffitto solo su parte di esse.

I condizionatori sono dotati di batteria ad espansione diretta con impiego di gas refrigerante R407C e sono collegati con tubazioni in rame ai condensatori remoti, posizionati sulla copertura dei vani scala.

I condizionatori sono del tipo canalizzabile, con mandata verso l'alto e ripresa dal basso tramite plenum insonorizzato.

Un aspetto importante da considerare è la pressione sonora all'interno delle aule.

Per ridurre tale valore, occorre intervenire sulle unità di trattamento aria in due modi:

- ricoprire tutta la superficie esterna dell'unità di trattamento aria primaria con pannellatura fonoisolante e fonoassorbenti con lastre di piombo;
- installare silenziatori sia sui condotti di mandata sia sui condotti di ripresa aria ambiente per ridurre il rumore aereo.

La distribuzione dell'aria all'interno delle aule avviene attraverso condotti di ventilazione a sezione rettangolare (a vista) e griglie/bocchette di mandata e ripresa dell'aria.

7.3. CATEGORIA 3. UNITÀ DI TRATTAMENTO ARIA PRIMARIA A PAVIMENTO E UNITÀ CANALIZZABILI ALL'INTERNO DEL CONTROSOFFITTO CON MOTOCONDENSATORE REMOTO IN COPERTURA (IMPIANTO VRV)

7.3.1. Unità di trattamento aria

Si fa riferimento a quanto già descritto al precedente paragrafo 5.1.1 con l'unica eccezione che, in questo caso, essendo tutta la portata nominale trattata da un'unica macchina, l'unità è posizionata a pavimento, all'interno di un locale tecnico.

7.3.2. Impianto VRV

L'impianto VRV è costituito dalle seguenti apparecchiature:

- unità motocondensate esterne;
- unità canalizzabili da incasso in controsoffitto.

Le unità motocondensanti esterne condensate ad aria, ad espansione diretta, sono del tipo a inverter con pompa di calore e funzionanti con gas refrigerante R410A. Sono posizionate sulla copertura dei vani scala.

Le unità interne canalizzabili da incasso in controsoffitto sono dotate di motore del ventilatore DC inverter.

Le unità interne sono collegate alle unità motocondensanti mediante tubazioni in rame che transitano all'interno di un cavedio esistente.

La distribuzione dell'aria all'interno delle aule avviene attraverso condotti di ventilazione a sezione rettangolare (posizionati all'interno del controsoffitto) e griglie/bocchette di mandata e ripresa dell'aria.

8. SISTEMA DI REGOLAZIONE

8.1. UNITÀ DI TRATTAMENTO ARIA PRIMARIA

La logica di controllo delle unità di trattamento aria primaria gestisce, mediante la rilevazione della temperatura ambiente con una sonda di temperatura a filo posta sul canale di ripresa aria ambiente, l'accensione o lo spegnimento del compressore al raggiungimento del set impostato attraverso il sistema di supervisione. Le operazioni di accensione-spegnimento del compressore rispettano i tempi di sicurezza previsti per garantirne l'affidabilità nel tempo.

Dal sistema di supervisione e controllo è possibile selezionare il modo di funzionamento *Estate* oppure *Inverno* con i relativi set di temperatura. L'unità è inoltre prevista di un ingresso digitale per la funzione di comando ON-OFF da segnale remoto.

La gestione degli sbrinamenti del circuito frigorifero è automatica e viene effettuata con l'inversione di ciclo dello stesso. L'inizio sbrinamento è attivato da un segnale di anomala pressione del circuito frigorifero.

Attraverso la sonda mista temperatura/umidità da condotta, anche la gestione del free-cooling e del free-heating è automatica.

I ventilatori sono dotati di inverter i quali consentono di mantenere costante la portata d'aria imposta al variare delle perdite di carico dovute, per esempio, all'intasamento dei filtri. I ventilatori sono configurati per funzionare in modo continuo.

Il sistema di regolazione è in grado di eseguire una completa diagnostica dell'unità segnalando, in particolare, eventuali problemi alla sonda di temperatura, alla protezione termica attiva sul compressore e allarmi di alta e bassa pressione.

Il controllore è dotato di scheda RS485 per la connessione in rete con protocollo MODBus RTU.

8.2. VENTILCONVETTORI A CASSETTA

Ciascun ventilconvettore è fornito con un sistema di gestione e controllo a microprocessore.

Ogni unità è equipaggiata con sonda di temperatura dell'aria, sonda di temperatura dell'acqua, scheda elettronica con porta di comunicazione RS484, in grado di comandare un singolo apparecchio o più apparecchi in parallelo. La scheda elettronica è del tipo master/slave la porta di collegamento seriale ne permette il collegamento in serie.

La scheda elettronica, montata a bordo dell'unità, è predisposta per poter assolvere a diverse modalità di regolazione.

Tutte le unità di un determinato piano, sfruttando la possibilità di comunicazione seriale degli apparecchi, sono collegate in serie e sono gestite con un unico comando a parete che sarà posizionato in un locale tecnico di piano.

Tale pannello consente la gestione di più apparecchi da un unico punto di comando. Il pannello colloquia in via seriale con tutte le unità cui è collegato con la possibilità di gestirle tutte contemporaneamente oppure ciascuno singolarmente, svolgendo le seguenti funzioni:

- visualizzare la modalità di funzionamento in atto, la velocità di ventilazione, il set impostato;
- visualizzare la temperatura ambiente rilevata sul singolo apparecchio;
- accendere e spegnere tutti gli apparecchi contemporaneamente oppure ciascun apparecchio singolarmente;
- modificare la modalità di funzionamento (solo ventilazione, riscaldamento, raffreddamento, commutazione automatica delle funzioni);
- modificare il set point.

Ogni funzione può essere inviata a tutti gli apparecchi collegati, oppure ad ogni singolo apparecchio, grazie alla predisposizione di indirizzo di ogni singola unità.

Su ciascun singolo apparecchio è possibile impostare dei diversi valori di set o di modalità di funzionamento.

Il pannello consente, inoltre, la gestione programmata degli apparecchi nel corso della settimana.

A sua volta, ciascun pannello di piano è controllato da un sistema software di gestione centralizzato della rete dei ventilconvettori.

Attraverso il programma è possibile eseguire le seguenti operazioni:

- creare blocchi logici omogenei (raggruppamento di più apparecchi per singolo piano).
- memorizzare programmi settimanali già adeguati alle diverse tipologie di funzionamento (estivo, invernale, mezze stagioni, periodi di chiusura, etc.), di richiamarli ed attivarli con un semplice tocco di mouse. Settimanalmente, possono essere definiti cicli di accensione o spegnimento per singolo apparecchio o gruppi.
- impostare le condizioni di funzionamento per ogni singolo apparecchio o per gruppi (modalità di funzionamento, velocità ventilatore, set di temperatura).
- impostare i limiti di set per ogni singolo apparecchio o per gruppi.
- accendere o spegnere ogni singolo apparecchio o gruppi.

Dalla schermata principale del programma è possibile visualizzare l'intera rete di apparecchi terminali ed interagire con essa. È possibile richiamare una singola macchina, un singolo gruppo o l'intera rete e quindi operare modifiche sulle modalità di funzionamento e sul set impostato. È possibile quindi verificare lo stato di funzionamento di ogni singolo apparecchio, la temperatura ambiente rilevata, la temperatura in batteria e lo stato di funzionamento della pompa di smaltimento o di un eventuale allarme.

Di seguito è riportato lo schema a blocchi che illustra il principio di funzionamento dell'impianto di regolazione e supervisione.

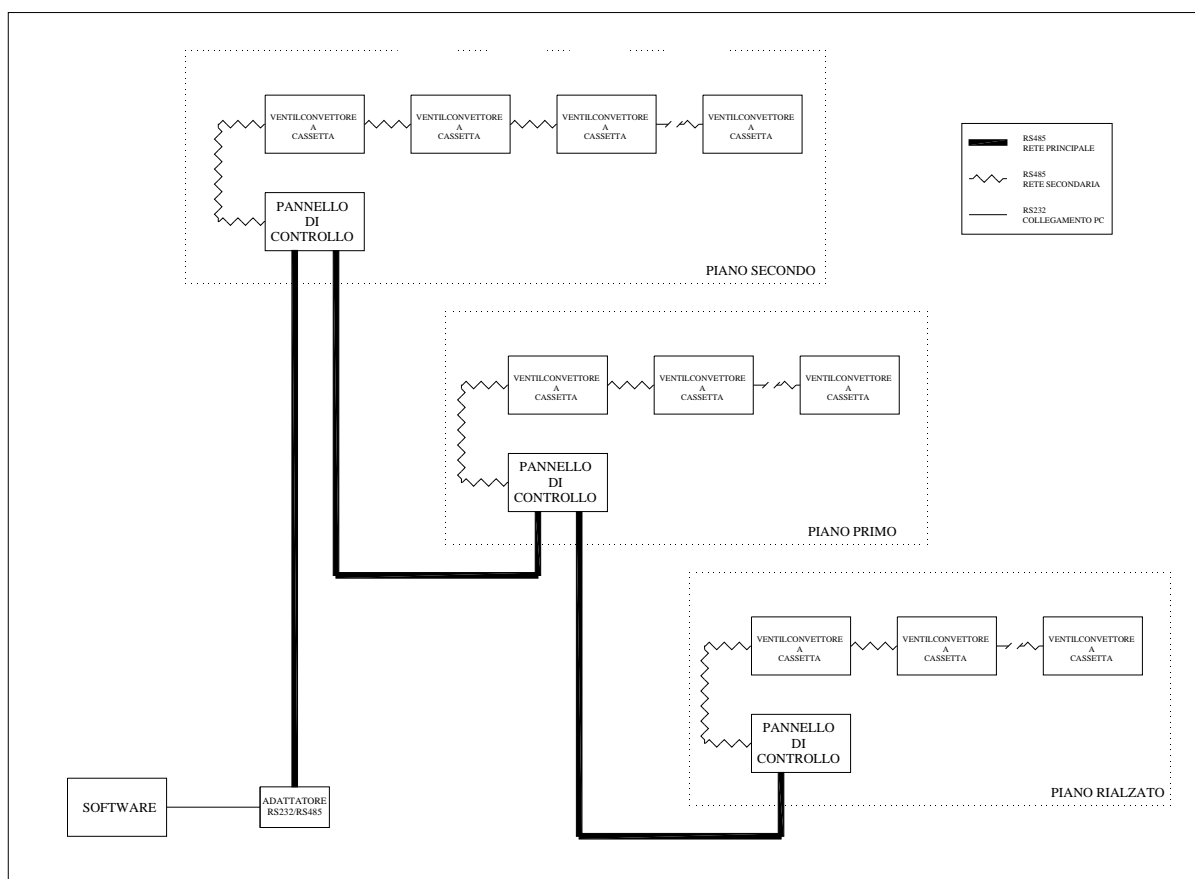


Figura 1.1. Schema a blocchi sistema di regolazione ventilconvettori a cassetta.

8.3. IMPIANTO VRV

Il sistema VRV è controllato mediante un'unità di controllo e monitoraggio centralizzato in grado di gestire fino a 128 unità interne.

Le principali funzioni dell'unità sono:

- funzioni di avvio/arresto collettivo, per zona o per singolo gruppo;

- impostazione dettagliata del condizionatore, regolando la temperatura, la commutazione della direzione e della velocità dell'aria;
- monitoraggio delle varie informazioni sulle unità interne, modalità di funzionamento, impostazioni di temperatura delle unità interne, informazioni di manutenzione incluso il segnale di pulizia filtro o dell'elemento, informazioni di ricerca guasti con relativi codici per gruppo o per zona, storico dei dati del condizionatore;
- modalità di funzionamento diversificate;
- controllo di zona/collettivo: è possibile consolidare più di un gruppo in una zona, che può essere registrata per consentire le impostazioni per zona o collettive di tutto il sistema;
- controllo dettagliato del funzionamento programmato per gruppo, zona o collettivamente impostando fino ad 8 opzioni per il programma annuale;
- commutazione automatica della modalità di funzionamento del sistema di condizionamento (Raffreddamento/riscaldamento) per ottimizzare la climatizzazione di ambienti soggetti a forti sbalzi di temperatura;
- funzione di limitazione della temperatura che avvia ed arresta automaticamente il condizionatore, evitando che nei locali non occupati la temperatura scenda a valori troppo bassi e conservando – in tal modo – il calore nell'aula;
- funzione di ottimizzazione del riscaldamento che impedisce, sulla base della temperatura ambiente e di quella impostata, l'eccessivo aumento di temperatura;
- protezione tramite password per gestire l'accesso alle impostazioni;

L'unità di controllo, mediante un'apposita scheda di comunicazione, può essere controllata dal sistema di supervisione esistente.

9. IMPIANTI ELETTRICI A SERVIZIO DEGLI IMPIANTI MECCANICI

Gli impianti elettrici a servizi degli impianti meccanici hanno origine dalla centrale frigorifera al piano interrato, all'interno della quale è posizionato il nuovo quadro elettrico generale dal quale hanno origine le linee di alimentazione dei quadri di aula.

Il progettista degli impianti elettrici dichiara di aver realizzato il progetto in modo che i nuovi impianti siano compatibili, sotto il profilo della sicurezza e della funzionalità, con gli impianti esistenti a monte.

La linea di alimentazione del quadro generale è derivata dalla cabina elettrica di trasformazione esistente al piano interrato.

La distribuzione delle linee di alimentazione tra i vari quadri e da questi ai punti di utilizzo terminali è realizzata con passerelle portacavi in lamiera zincata all'interno della quale sono posati i cavi.

Tutti i nuovi cavi in partenza dai quadri elettrici sono del tipo FG7OM1 06/1 kV, non propaganti l'incendio, conformi alla norma CEI 20-22 e dotati di marchio dell'Istituto Italiano del Marchio di Qualità (IMQ).

Le linee bus di comunicazione saranno realizzate in cavo schermato, posato lungo il percorso delle linee di potenza nella medesima passerella portacavi, in scomparto separato.

10. DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI

Di seguito riportiamo i calcoli eseguito per il dimensionamento degli impianti di raffrescamento a servizio delle aule.

PROGETTO: POLITECNICO DI MILANO IMP.DI RAFFRESCAMENTO AULE DIDATTICHE
 Zona 1 POLITECNICO DI MILANO EDIFICIO 2
 Zona 1 POLITECNICO DI MILANO EDIFICIO 3

CALCOLO DEL CARICO TERMICO ESTIVO COL METODO CARRIER
 DTeq (Differenze di temperature equivalenti) per le superfici opache
 Fa (Fattori di accumulo) per le superfici vetrate
 F(t) Distribuzione oraria Te secondo Tab-2 28.6 ASHRAE 97 e UNI 10349

DATI GENERALI LOCALITA' SECONDO UNI 10349

Località: **Milano** Loc.rif. **Milano**
 Latitudine **45°26'** Altitudine: **103** m s.l.m.
 Tab.Ism **Ism_45_LN** Pressione **756** mmHg **1013** mbar

CONDIZIONI ESTIVE DI PROGETTO SECONDO UNI 10339

Tbse_{max} **34** °C Temperatura max esterna di progetto misurata a bulbo secco
 dTe_g **11** °C Escursione termica giornaliera (media mese di calcolo)
 dTe_a **39** °C Escursione termica annuale di progetto
 Tab.Fc Tbse_{max} **Tbu_Tbs_M39**

Ure **50%** % Umidità relativa max esterna di progetto
 Xe **16,9** g/Kg contenuto igrometrico aria esterna
 Ta **26** °C Temperatura ambiente di progetto
 Ura **50%** % Umidità relativa interna di progetto
 Xa **10,55** g/Kg contenuto igrometrico aria ambiente

Tbse _{max} - Ta	FC1 DTeq	Mese	ora solare	Fc Tbse _{max}	F(t)	Te'
8	0	7	15	0	0	34

DATI PER CALCOLO MAX CARICO SULLA C.LE FRIGORIFERA

CONDIZIONI INVERNALI DI PROGETTO SECONDO UNI 5364 - UNI 8852

Tbse_{min} **-5** °C Temperatura min esterna di progetto
 Ure **60%** % Umidità relativa max esterna di progetto
 Ta **20** °C Temperatura ambiente di progetto
 Ura **40%** % Umidità relativa min interna di progetto

Xe **1,49** g/Kg contenuto igrometrico aria esterna
 Xa **5,82** g/Kg contenuto igrometrico aria ambiente

Temperatura Ambienti non condizionati

		Estate	Inverno
Ambienti interni n.c.	Tbse _{max} -3°C	31	10
Locali tecnici n.c.	Tbse _{max} +5°C	39	15
Cantine,loc.seminter.	Tbse _{max} -5°C	29	10

Fattore di correzione dispersioni basilari per le diverse esposizioni

1-N	2-NE	3-E	4-SE	5-S	6-SO	7-O	8-NO	9-Orizz.	10-n.c.
1,20	1,20	1,15	1,1	1	1,05	1,1	1,15	1	1

In ombra

Orientamento pareti progetto	Parete 1	Parete 1.1	Parete 2	Parete 2.1	Parete 3	Parete 3.1	Parete 4	Parete 4.1
Orientamento_pareti_CDZ	1-N	2-NE	3-E	4-SE	5-S	6-SO	7-O	8-NO

PROGETTO: POLITECNICO DI MILANO IMPIANTI DI RAFFRESCAMENTO AULE DIDATTICHE

CALCOLO CARICO TERMICO ESTIVO METODO CARRIER
QUADRO DI RIEPILOGO AMBIENTI CONDIZIONATI

CODICE	AMBIENTE	Mese Ora solare	Giugno Tot.kW	Luglio Tot.kW	Agosto Tot.kW	Aria Rinnovo m³/h
EDIFICIO 3 - PADIGLIONE SUD						
S 2.1	AULA DISEGNO / INFORMATICA	8.00				2.225
		9.00		48,25		
		10.00				
		12.00				
		15.00				
		16.00				
		17.00				
S 2.2	AULA DISEGNO / INFORMATICA	8.00				1.800
		9.00		38,85		
		10.00				
		12.00				
		15.00				
		16.00				
		17.00				
S.2.3	AULA DISEGNO / INFORMATICA	8.00				2.100
		9.00		45,15		
		10.00				
		12.00				
		15.00				
		16.00				
		17.00				
S.2.4	AULA DISEGNO / INFORMATICA	8.00				2.500
		9.00		53,45		
		10.00				
		12.00				
		15.00				
		16.00				
		17.00				
S.1.2	DIDATTICA PLATEA FRONTALE	8.00				2.525
		9.00				
		10.00				
		12.00				
		15.00		44,83		
		16.00				
		17.00				
S.1.3	DIDATTICA PLATEA FRONTALE	8.00				2.125
		9.00				
		10.00				
		12.00				
		15.00		37,35		
		16.00				
		17.00				
S.1.4	DIDATTICA PLATEA FRONTALE	8.00				1.750
		9.00				
		10.00				
		12.00				
		15.00		30,83		
		16.00				
		17.00				

PROGETTO: POLITECNICO DI MILANO IMPIANTI DI RAFFRESCAMENTO AULE DIDATTICHE

CALCOLO CARICO TERMICO ESTIVO METODO CARRIER
QUADRO DI RIEPILOGO AMBIENTI CONDIZIONATI

CODICE	AMBIENTE	Mese Ora solare	Giugno Tot.kW	Luglio Tot.kW	Agosto Tot.kW	Aria Rinnovo m³/h
S.1.5	DIDATTICA PLATEA FRONTALE	8.00 9.00 10.00 12.00 15.00 16.00 17.00		36,75		2.100
S.1.6	DIDATTICA PLATEA FRONTALE	8.00 9.00 10.00 12.00 14.00 16.00 17.00		31,51		1.775
S.1.7	AULA DISEGNO / INFORMATICA	8.00 9.00 10.00 12.00 15.00 16.00 17.00		53,48		2.975
S.0.2	DIDATTICA PLATEA FRONTALE	8.00 9.00 10.00 12.00 15.00 16.00 17.00		62,38		7.625
S.0.4	AULA DISEGNO / INFORMATICA	8.00 9.00 10.00 12.00 15.00 16.00 17.00		22,31		1.075
S.0.5	DIDATTICA PLATEA FRONTALE	8.00 9.00 10.00 12.00 15.00 16.00 17.00		45,36		2.525
CARICO MAX CONTEMPORANEO AMBIENTI TRATTATI NELL' EDIFICIO 3		8.00 9.00 10.00 11.00 12.00 13.00 14.00 15.00 16.00 17.00 18.00	487,7 526,9 529,4 524,2 524,0 527,6 531,4 534,8 532,3 527,6 511,6	490,4 529,7 532,2 526,97 526,7 530,3 534,1 537,3 534,8 530,0 513,9	489,1 528,5 531,4 526,5 526,6 530,3 534,1 537,3 534,6 529,8 513,9	

PROGETTO: POLITECNICO DI MILANO IMPIANTI DI RAFFRESCAMENTO AULE DIDATTICHE

CALCOLO CARICO TERMICO ESTIVO METODO CARRIER
QUADRO DI RIEPILOGO AMBIENTI CONDIZIONATI

CODICE	AMBIENTE	Mese Ora solare	Giugno Tot.kW	Luglio Tot.kW	Agosto Tot.kW	Aria Rinnovo m ³ /h
N.B.	A questi carichi va aggiunto quello per il trattamento dell'aria di rinnovo che con impiego di un recuperatore di calore sensibile con efficienza media estiva $\geq 40\%$ (alle ore 15 nei mesi di Luglio-Agosto) richiede come massimo contemporaneo una potenza che varia tra i 7 kW ed i 9,6 kW per ogni 1000 mc trattati secondo il tipo di trattamento prescelto (vedi diagrammi psicrometrici allegati)					m ³ /h 35225

POLITECNICO DI MILANO - IMPIANTO DI VENTILAZIONE AULE
 VERIFICA CON RECUPERO DI CALORE SENSIBILE 65%
 TRATTAMENTO ARIA DI RINNOVO PERIODO INVERNALE

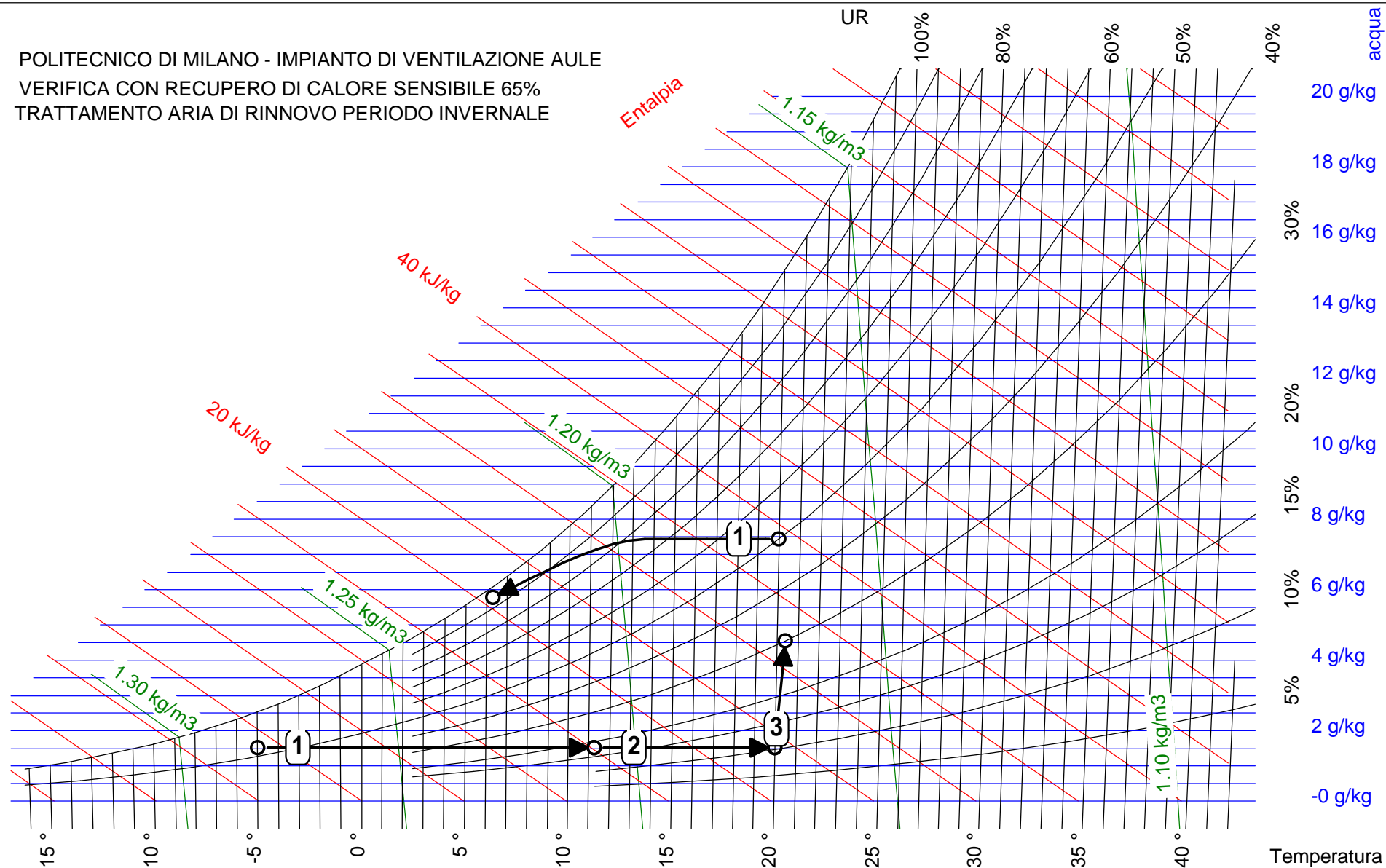


Diagramma psicrometrico di Carrier per aria umida - Pressione 0.988 bar (213.000 m / 10.000 °C / 80.000 % Ur)

1) Recupero di calore - Sistema PWT - Rapporto superficie calda/fredda 1.000

Efficienza di temperature	%	65.000	Potenza 1	%	14.928
Efficienza igroscopica	%	0.000	Potenza 2	%	15.584
Efficienza umidificatore	%	0.000	Potenza 3	%	16.268
Potenza	kW	5.829	Potenza 4	%	16.983
dT medio diff.	K	9.982	Potenza 5	%	17.729
Coefficiente	kW/K	0.584	Potenza 6	%	18.507

		Aria fredda entrata	Aria fredda uscita	Aria calda entrata	Aria calda uscita
Temperatura	°C	-5.000	11.250	20.000	6.324
UR	%	60.000	18.008	50.000	95.121
Umidità assoluta	g/kg	1.517	1.517	7.437	5.788
Densità aria umida	kg/m³	1.282	1.209	1.168	1.227
Entalpia aria umida	kJ/kg	-1.251	15.145	38.998	20.902
Portata volumetrica	m³/h	1000.000	1060.598	1000.000	950.853
Portata (massa secca)	kg/h	1279.796	1279.796	1159.652	1159.652
Acqua di condensazione	kg/h		0.000		1.912
T superficiale	°C				0.662

2) Riscaldamento dell'aria

Potenza	kW	3.140
---------	----	-------

		Aria entrata	Aria uscita
Temperatura	°C	11.250	20.000
UR	%	18.008	10.296
Umidità assoluta	g/kg	1.517	1.517
Densità aria umida	kg/m³	1.209	1.172
Entalpia aria umida	kJ/kg	15.145	23.977
Portata volumetrica	m³/h	1060.598	1093.227
Portata (massa secca)	kg/h	1279.796	1279.796

3) Umidificazione dell'aria con vapore saturo

Potenza	kW	2.885
Acqua per umidificazione	kg/h	3.884
T umidificazione	°C	100.000
Entalpia di umidificazione	kJ/kg	2674.645

Aria entrata

Aria uscita

Temperatura	°C	20.000	20.410
UR	%	10.296	29.975
Umidita assoluta	g/kg	1.517	4.552
Densita aria umida	kg/m³	1.172	1.169
Entalpia aria umida	kJ/kg	23.977	32.094
Portata volumetrica	m³/h	1093.227	1100.085
Portata (massa secca)	kg/h	1279.796	1279.796

POLITECNICO DI MILANO - IMPIANTO DI VENTILAZIONE AULE
 VERIFICA CON RECUPERO DI CALORE SENSIBILE 40%
 TRATTAMENTO ARIA DI RINNOVO PERIODO ESTIVO
 DEUMIDIFICAZIONE TOTALE SU TERMINALE AMBIENTE

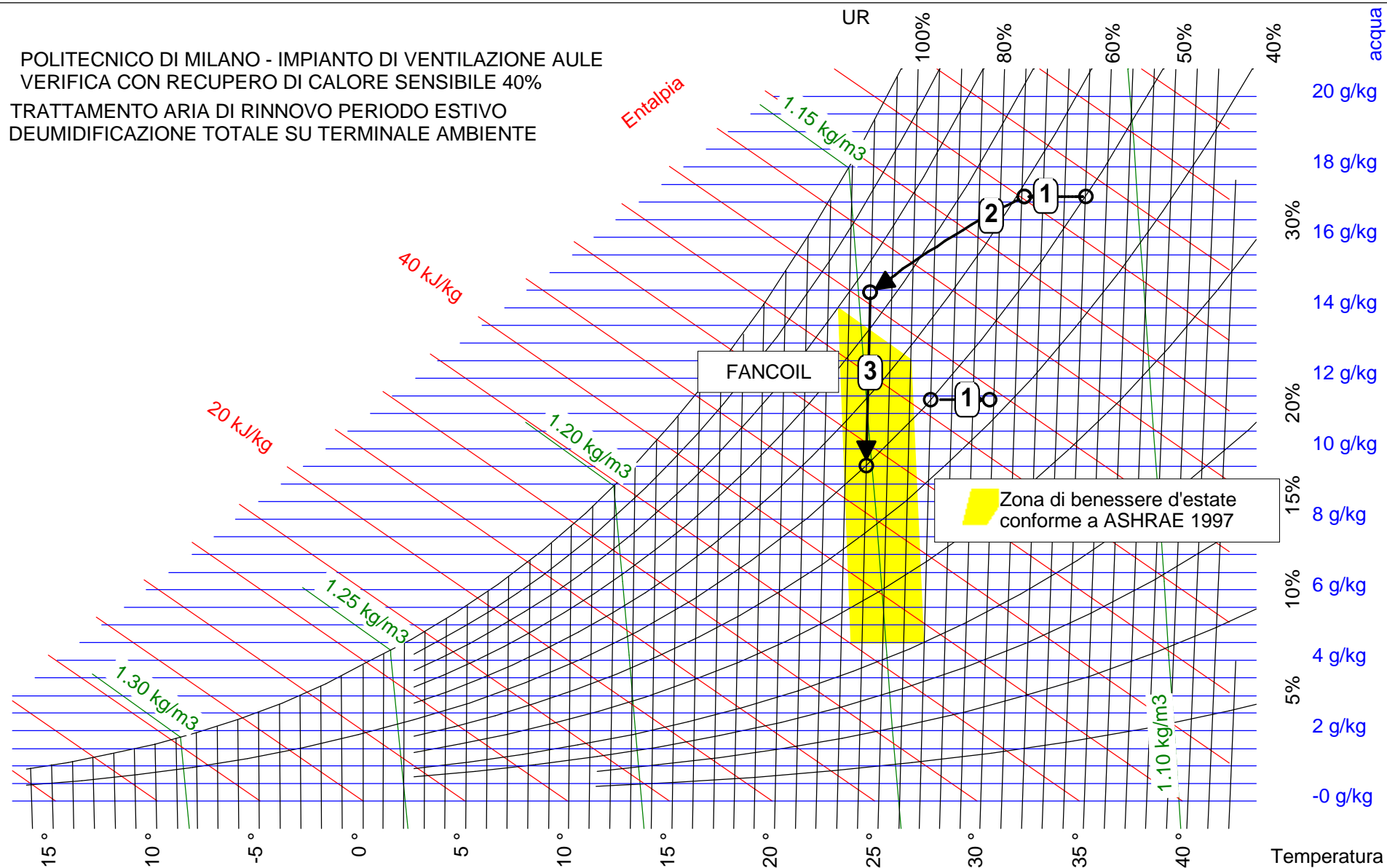


Diagramma psicrometrico di Carrier per aria umida - Pressione 0.988 bar (213.000 m / 10.000 °C / 80.000 % Ur)

1) Recupero di calore - Sistema PWT - Rapporto superficie calda/fredda 1.000

Efficienza di temperature	%	40.000	Potenza 1	%	16.769
Efficienza igroscopica	%	0.000	Potenza 2	%	16.728
Efficienza umidificatore	%	0.000	Potenza 3	%	16.687
Potenza	kW	0.900	Potenza 4	%	16.646
dT medio diff.	K	4.169	Potenza 5	%	16.606
Coefficiente	kW/K	0.216	Potenza 6	%	16.565

		Aria fredda entrata	Aria fredda uscita	Aria calda entrata	Aria calda uscita
Temperatura	°C	27.000	29.800	34.000	31.139
UR	%	50.000	42.510	50.000	58.721
Umidità assoluta	g/kg	11.401	11.401	17.154	17.154
Densità aria umida	kg/m³	1.138	1.128	1.109	1.119
Entalpia aria umida	kJ/kg	56.252	59.131	78.197	75.224
Portata volumetrica	m³/h	1000.000	1009.329	1000.000	990.685
Portata (massa secca)	kg/h	1125.522	1125.522	1089.976	1089.976
Acqua di condensazione	kg/h		0.000		0.000
T superficiale	°C				29.069

2) Refrigerazione dell'aria - Passo delle alette (2.0 - 2.5 mm)

Potenza	kW	4.340	Potenza 1	%	17.500
dT medio diff.	K	18.048	Potenza 2	%	17.158
Coefficiente	kW/K	0.240	Potenza 3	%	16.823
			Potenza 4	%	16.493
Refrigerante entrata	°C	7.000	Potenza 5	%	16.171
Refrigerante uscita	°C	12.000	Potenza 6	%	15.855

		Aria entrata	Aria uscita
Temperatura	°C	31.139	24.000
UR	%	58.721	75.258
Umidità assoluta	g/kg	17.154	14.435
Densità aria umida	kg/m³	1.119	1.148
Entalpia aria umida	kJ/kg	75.224	60.890
Portata volumetrica	m³/h	990.685	963.330
Portata (massa secca)	kg/h	1089.976	1089.976
Acqua di condensazione	kg/h		2.963
T superficiale	°C		12.440

3) Processo libero con aria

Potenza	kW	3.790	
		Aria entrata	Aria uscita
Temperatura	°C	24.000	24.000
UR	%	75.258	50.000
Umidita assoluta	g/kg	14.435	9.516
Densita aria umida	kg/m³	1.148	1.151
Entalpia aria umida	kJ/kg	60.890	48.372
Portata volumetrica	m³/h	963.330	955.887
Portata (massa secca)	kg/h	1089.976	1089.976

POLITECNICO DI MILANO - IMPIANTO DI VENTILAZIONE AULE
 VERIFICA CON RECUPERO DI CALORE SENSIBILE 40%
 TRATTAMENTO ARIA DI RINNOVO PERIODO ESTIVO CON
 DEUMIDIFICAZIONE TOTALE E POST RISCALDAMENTO

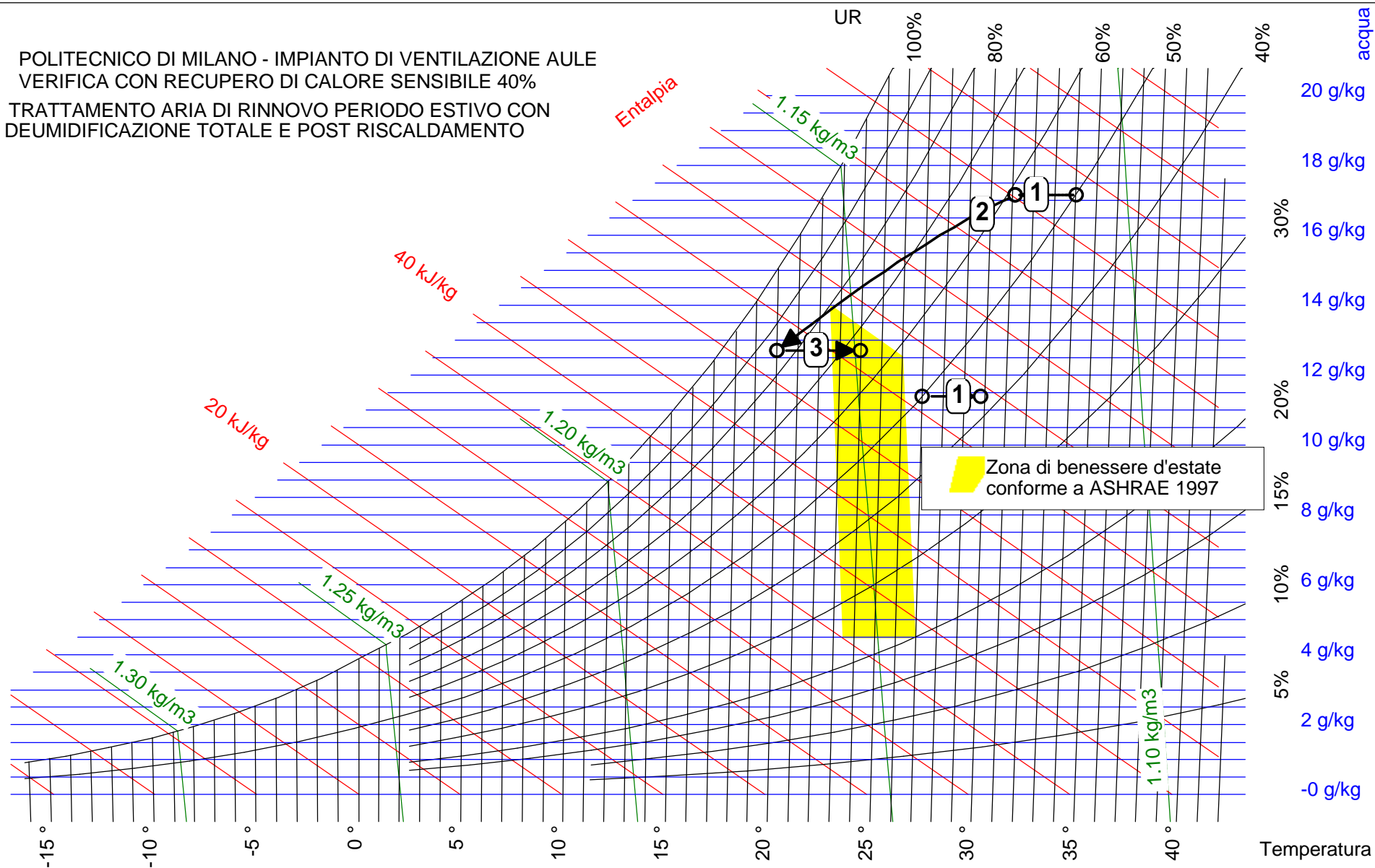


Diagramma psicrometrico di Carrier per aria umida - Pressione 0.988 bar (213.000 m / 10.000 °C / 80.000 % Ur)

1) Recupero di calore - Sistema PWT - Rapporto superficie calda/fredda 1.000

Efficienza di temperature	%	40.000	Potenza 1	%	16.769
Efficienza igroscopica	%	0.000	Potenza 2	%	16.728
Efficienza umidificatore	%	0.000	Potenza 3	%	16.687
Potenza	kW	0.900	Potenza 4	%	16.646
dT medio diff.	K	4.169	Potenza 5	%	16.606
Coefficiente	kW/K	0.216	Potenza 6	%	16.565

		Aria fredda entrata	Aria fredda uscita	Aria calda entrata	Aria calda uscita
Temperatura	°C	27.000	29.800	34.000	31.139
UR	%	50.000	42.510	50.000	58.721
Umidità assoluta	g/kg	11.401	11.401	17.154	17.154
Densità aria umida	kg/m³	1.138	1.128	1.109	1.119
Entalpia aria umida	kJ/kg	56.252	59.131	78.197	75.224
Portata volumetrica	m³/h	1000.000	1009.329	1000.000	990.685
Portata (massa secca)	kg/h	1125.522	1125.522	1089.976	1089.976
Acqua di condensazione	kg/h		0.000		0.000
T superficiale	°C				29.069

2) Refrigerazione dell'aria - Passo delle alette (2.0 - 2.5 mm)

Potenza	kW	6.923	Potenza 1	%	19.463
dT medio diff.	K	15.872	Potenza 2	%	18.248
Coefficiente	kW/K	0.436	Potenza 3	%	17.109
			Potenza 4	%	16.041
Refrigerante entrata	°C	7.000	Potenza 5	%	15.039
Refrigerante uscita	°C	12.000	Potenza 6	%	14.100

		Aria entrata	Aria uscita
Temperatura	°C	31.139	20.000
UR	%	58.721	84.695
Umidità assoluta	g/kg	17.154	12.702
Densità aria umida	kg/m³	1.119	1.165
Entalpia aria umida	kJ/kg	75.224	52.358
Portata volumetrica	m³/h	990.685	947.776
Portata (massa secca)	kg/h	1089.976	1089.976
Acqua di condensazione	kg/h		4.852
T superficiale	°C		11.160

3) Riscaldamento dell'aria

Potenza	kW	1.248	
		Aria entrata	Aria uscita
Temperatura	°C	20.000	24.000
UR	%	84.695	66.403
Umidita assoluta	g/kg	12.702	12.702
Densita aria umida	kg/m ³	1.165	1.149
Entalpia aria umida	kJ/kg	52.358	56.479
Portata volumetrica	m ³ /h	947.776	960.708
Portata (massa secca)	kg/h	1089.976	1089.976

POLITECNICO DI MILANO - IMPIANTO DI VENTILAZIONE AULE
 VERIFICA CON RECUPERO DI CALORE SENSIBILE 40%
 TRATTAMENTO ARIA DI RINNOVO PERIODO ESTIVO CON
 DEUMIDIFICAZIONE TOTALE E POST RISCALDAMENTO

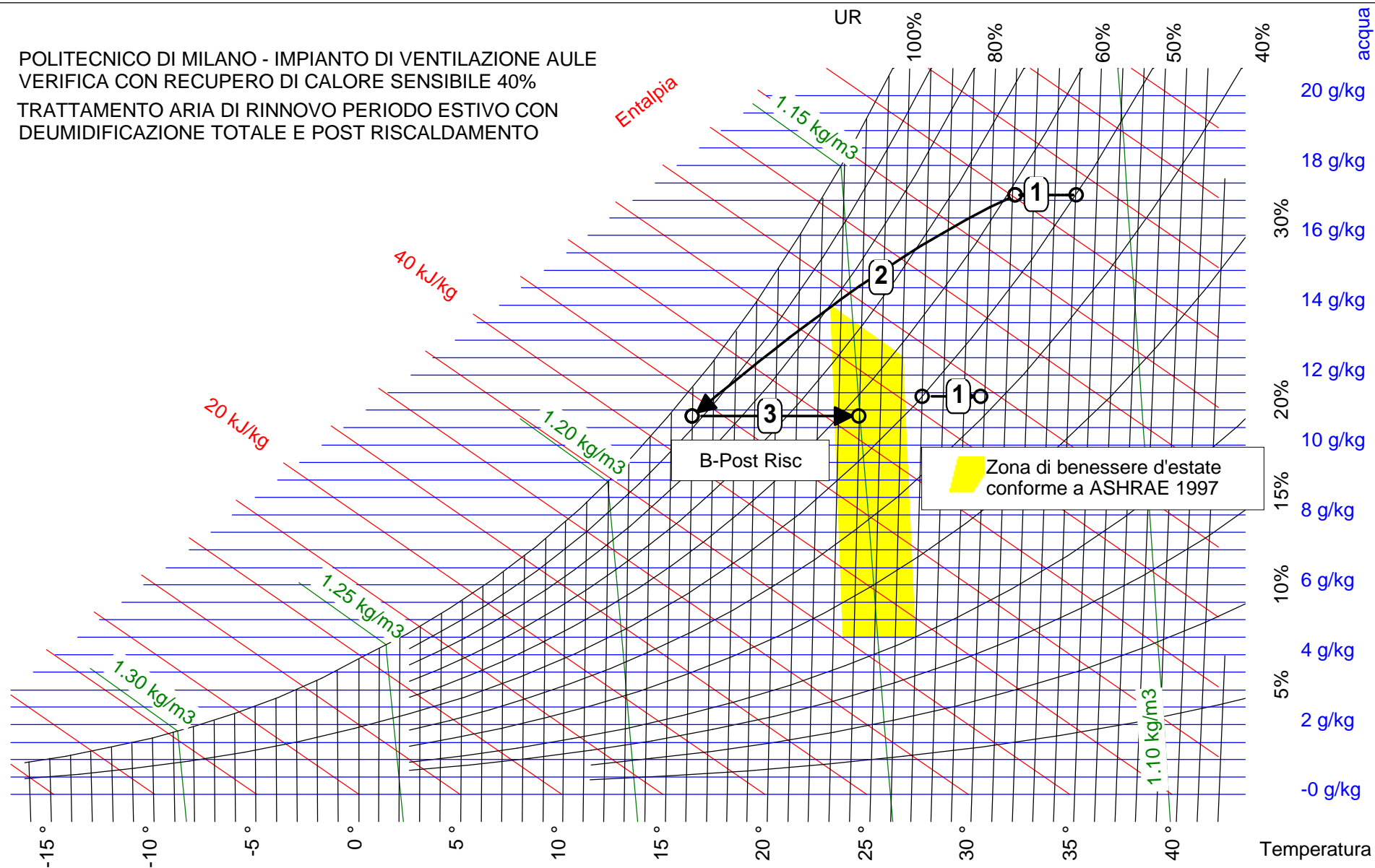


Diagramma psicrometrico di Carrier per aria umida - Pressione 0.988 bar (213.000 m / 10.000 °C / 80.000 % Ur)

1) Recupero di calore - Sistema PWT - Rapporto superficie calda/fredda 1.000

Efficienza di temperature	%	40.000	Potenza 1	%	16.769
Efficienza igroscopica	%	0.000	Potenza 2	%	16.728
Efficienza umidificatore	%	0.000	Potenza 3	%	16.687
Potenza	kW	0.900	Potenza 4	%	16.646
dT medio diff.	K	4.169	Potenza 5	%	16.606
Coefficiente	kW/K	0.216	Potenza 6	%	16.565

		Aria fredda entrata	Aria fredda uscita	Aria calda entrata	Aria calda uscita
Temperatura	°C	27.000	29.800	34.000	31.139
UR	%	50.000	42.510	50.000	58.721
Umidità assoluta	g/kg	11.401	11.401	17.154	17.154
Densità aria umida	kg/m³	1.138	1.128	1.109	1.119
Entalpia aria umida	kJ/kg	56.252	59.131	78.197	75.224
Portata volumetrica	m³/h	1000.000	1009.329	1000.000	990.685
Portata (massa secca)	kg/h	1125.522	1125.522	1089.976	1089.976
Acqua di condensazione	kg/h		0.000		0.000
T superficiale	°C				29.069

2) Refrigerazione dell'aria - Passo delle alette (2.0 - 2.5 mm)

Potenza	kW	9.603	Potenza 1	%	22.306
dT medio diff.	K	13.438	Potenza 2	%	19.670
Coefficiente	kW/K	0.715	Potenza 3	%	17.346
			Potenza 4	%	15.296
Refrigerante entrata	°C	7.000	Potenza 5	%	13.488
Refrigerante uscita	°C	12.000	Potenza 6	%	11.895

		Aria entrata	Aria uscita
Temperatura	°C	31.139	16.000
UR	%	58.721	93.101
Umidità assoluta	g/kg	17.154	10.833
Densità aria umida	kg/m³	1.119	1.182
Entalpia aria umida	kJ/kg	75.224	43.508
Portata volumetrica	m³/h	990.685	932.091
Portata (massa secca)	kg/h	1089.976	1089.976
Acqua di condensazione	kg/h		6.890
T superficiale	°C		9.880

3) Riscaldamento dell'aria

Potenza	kW	2.487	
		Aria entrata	Aria uscita
Temperatura	°C	16.000	24.000
UR	%	93.101	56.798
Umidita assoluta	g/kg	10.833	10.833
Densita aria umida	kg/m ³	1.182	1.150
Entalpia aria umida	kJ/kg	43.508	51.722
Portata volumetrica	m ³ /h	932.091	957.879
Portata (massa secca)	kg/h	1089.976	1089.976

CALCOLO DEL CARICO TERMICO ESTIVO COL METODO CARRIER
 DTeq (Differenze di temperature equivalenti) per le superfici opache
 Fa (Fattori di accumulo) per le superfici vetrate
 F(t) Distribuzione oraria Te secondo Tab-2 28.6 ASHRAE 97 e UNI 10349

Funzione: DIDATTICA PLATEA FRONTALE

CALCOLO MAX CARICO UNITA' TERMINALI D'AMBIENTE

Classe	Massa eff.	Kg/m ²	730
--------	------------	-------------------	-----

INFILTRAZIONI				
Apertura porte	Per/h	2	m ³ /Per	5
Fessure	m		m ³ /m	
Imp.ventilaz.	Fatt.BF	0,1		
			m ³ /h	10
			m ³ /h	763

CONDIZIONI INVERNALI

Mese	1	
Tbse	-5	°C
Ure	60%	%
Xe	1,49	g/Kg
Tbsa	20	°C
dTbs	25	°C
Ura	40%	%
Xa	5,82	g/Kg
dX	4,33	g/Kg

Temperatura interna estiva compensata diminuita di 1° per ogni 2° di caduta della temperatura esterna fino al minimo di 21°C che resta fisso in inverno

CARICHI INVERNALI

Dte

W/(m ² ·K)	°C	W
4,4	25	2065
4,4	25	1804
4,4	25	2154

Dte

W/(m ² ·K)	°C	W
4.65	25	440
1.04	25	509
0.75	25	636
1.66	5	38
1.04	5	395
0.75	25	664
4.65	25	460
1.04	25	532
4.65	25	1440
1.13	25	5406
3.49	0	0
0.95	5	290
0.80	0	0
1.36	0	0
0.80	25	0

7621	
------	--

 Q_s Q_L

INCREMENTO DISPERSIONI		
Ponti Term.	15%	2525
Funz.intern.	15%	2525
Piano		0
Angolo		0
		0

massa vol. Kg/m ³	Dte °C	Qs W
1,317	25	7099

62.375	40.763	21.612
TOTALE	SENSIBILE	LATENTE
	0.654	

16833

INCREMENTO DISPERSIONI		
Ponti Term.	15%	2525
Funz.intern.	15%	2525
Piano		0
Angolo		0
		0

massa vol. Kg/m ³	Dte °C	Qs W
1,317	25	7099

dX gr/kg	QL w	Qs w
NO		28.982
UMIDIFICAZ.		SENSIBILE

CALCOLO DEL CARICO TERMICO ESTIVO COL METODO CARRIER
 DTeq (Differenze di temperature equivalenti) per le superfici opache
 Fa (Fattori di accumulo) per le superfici vetrate
 F(t) Distribuzione oraria Te secondo Tab-2 28.6 ASHRAE 97 e UNI 10349

CALCOLO MAX CARICO UNITA' TERMINALI D'AMBIENTE

Classe	Massa eff.	Kg/m ²	730
--------	------------	-------------------	-----

CONDIZIONI INVERNALI

Mese	1	
Tbse	-5	°C
Ure	60%	%
Xe	1,49	g/Kg
Tbsa	20	°C
dTbs	25	°C
Ura	40%	%
Xa	5,82	g/Kg
dX	4,33	g/Kg

Temperatura interna estiva compensata diminuita di 1° per ogni 2° di caduta della temperatura esterna fino al minimo di 21°C che resta fisso in inverno

CARICHI INVERNALI

[illegible]

Dte

[illegible]

Dte

[illegible]

8115

INCREMENTO DISPERSIONI		
Ponti Term.	15%	1217
Funz.intern.	15%	1217
Piano		0
Angolo		0
		0

massa vol. Kg/m ³	Dte °C	Qs W
1,317	25	1080

NO		11.629
UMIDIFICAȚ.		SENSIBILE

UMIDIFICAZ.	SENSIBILE
-------------	-----------

CALCOLO DEL CARICO TERMICO ESTIVO COL METODO CARRIER
DTeq (Differenze di temperature equivalenti) per le superfici opache
Fa (Fattori di accumulo) per le superfici vetrate
F(t) Distribuzione oraria Te secondo Tab-2 28.6 ASHRAE 97 e UNI 10349

Funzione: PLATEA FRONTALE

CALCOLO MAX CARICO UNITA' TERMINALI D'AMBIENTE

Classe	Massa eff.	Kg/m ²	150
--------	------------	-------------------	-----

INFILTRAZIONI					
Apertura porte	Per/h	2	m ³ /Per	5	m ³ /h
Fessure	m		m ³ /m		10
Imp.ventilaz.	Fatt.BF	0,1			190

CONDIZIONI INVERNALI

Mese	1	
Tbse	-5	°C
Ure	60%	%
Xe	1,49	g/Kg
Tbsa	20	°C
dTbs	25	°C
Ura	40%	%
Xa	5,82	g/Kg
dX	4,33	g/Kg

Temperatura interna estiva compensata diminuita di 1° per ogni 2° di caduta della temperatura esterna fino al minimo di 21°C che resta fisso in inverno

CARICHI INVERNALI

[illegible]

Dte

W/(m ² ·K)	°C	W
4,4	25	577
4,4	25	553
4,4	25	474

Dte

W/(m ² ·K)	°C	W
1.28	25	65
0.87	25	564
1.28	25	63
0.75	25	468
4.65	25	450
1.04	25	575
4.65	25	480
1.54	25	64
1.03	25	1042
3.49	0	0
0.95	10	549
1.99	0	0
1.14	0	0
0.80	25	2435
0.53	25	0

3162	
------	--

TOT.DISPERSIONI	8358
-----------------	------

INCREMENTO DISPERSIONI

Ponti Term.	15%	1254
Funz.interm.	15%	1254
Piano		0
Angolo		0
		0

massa vol. Kg/m ³	Dte °C	Qs W
1,317	25	1838

dX gr/kg	QL w	Qs w
NO		12.703

32.399	26.976	5.423
TOTAL F	SENSIBLE F	LATENTE

TOTAL F	SENSIBILI F	LATENTE
---------	-------------	---------

UMIDIFICAȚ.	SENSIBIL F
-------------	------------

CALCOLO DEL CARICO TERMICO ESTIVO COL METODO CARRIER
DTeq (Differenze di temperature equivalenti) per le superfici opache
Fa (Fattori di accumulo) per le superfici vetrate
F(t) Distribuzione oraria Te secondo Tab-2 28.6 ASHRAE 97 e UNI 10349

Funzione: DIDATTICA PLATEA FRONTALE

CALCOLO MAX CARICO UNITA' TERMINALI D'AMBIENTE

Classe	Massa eff.	Kg/m ²	730
--------	------------	-------------------	-----

IMPIANTO	AP+FC	Ore Funz.	12	Dimensioni	Area [m ²]	Altezza [m]	Volume[m ³]
					162	5,6	907,0
SCELTA VENTILAZIONE	Persone	101	m ³ /(Per*h)	25,0	m ³ /h	2525	
	Ricambi		vol/h	0,5		454	
				Tot. Scelto	m ³ /h	2525	
INFILTRAZIONI							
Apertura porte	Per/h	2	m ³ /Per	5	m ³ /h	10	
Fessure	m		m ³ /m		m ³ /h		
Imp.ventilaz.	Fatt.BF	0,1			m ³ /h	253	

CONDIZIONI INVERNALI

Mese	7
	Luglio
ora solare	15
Fc Tb _{se} _{max}	0 °C
F(t)	0
Tb _{se} '	34 °C
Tb _{sa}	26 °C
dTb _s	8 °C
dX	6,31 g/Kg

Mese	1	
Tbse	-5	°C
Ure	60%	%
Xe	1,49	g/Kg
Tbsa	20	°C
dTbs	25	°C
Ura	40%	%
Xa	5,82	g/Kg
dX	4,33	g/Kg

Temperatura interna estiva compensata diminuita di 1° per ogni 2° di caduta della temperatura esterna fino al minimo di 21°C che resta fisso in inverno

codice	Area sole	Is _{max}	fatt.altitud.	fatt.telaio	fatt.scher.	fatt.acc
--------	-----------	-------------------	---------------	-------------	-------------	----------

[illegible]

CARICHI INVERNALI

Qs

[illegible]

codice	Area	U	Fatt.corr.	Dte
--------	------	---	------------	-----

[illegible][illegible]

codice	Area di c.	U	Fatt.corr.	Classe mf	fatt.ass.	Dte
--------	------------	---	------------	-----------	-----------	-----

[illegible]

U	Dte	Qs
W/(m ² K)	°C	W
1,66	25	439
1,04	25	1679
3,49	5	113
1,54	5	42
1,54	5	624
3,49	0	0
1,99	0	0
1,99	0	0
1,24	0	0
0,80	25	0

TOTALE IRRAGGIAMENTI E TRASMISSIONI[illegible]

TOT.DISPERSIONI

INCREMENTO DISPERSIONI		
Ponti Term.	15%	1007
Funz.intern.	15%	1007
Piano		0
Angolo		0
		0

INCREMENTO DISPERSIONI

Ponti Term.	15%	1007
Funz.interm.	15%	1007
Piano		0
Angolo		0
		0

massa vol. Kg/m ³	Dte °C	Qs W
1,317	25	2412

dX gr/kg	QL W	Qs W
NO		11.140

TOT. CARICHI AMBIENTE

44.830	37.639	7.190
TOTALE	SENSIBILE	LATENTE

NO	11.140
LIMIDIFICAZ	SENSIBILE

CALCOLO DEL CARICO TERMICO ESTIVO COL METODO CARRIER
DTeq (Differenze di temperature equivalenti) per le superfici opache
Fa (Fattori di accumulo) per le superfici vetrate
F(t) Distribuzione oraria Te secondo Tab-2 28.6 ASHRAE 97 e UNI 10349

Funzione: DIDATTICA PLATEA FRONTALE

CALCOLO MAX CARICO UNITA' TERMINALI D'AMBIENTE

Classe	Massa eff.	Kg/m ²	730
--------	------------	-------------------	-----

IMPIANTO	AP+FC	Ore Funz.	12	Dimensioni	Area [m ²]	Altezza [m]	Volume[m ³]
					114	5,6	635,9
SCELTA VENTILAZIONE	Persone	71	m ³ /(Per*h)	25,0	m ³ /h		1775
	Ricambi		vol/h	0,5			318
				Tot.Sculto	m ³ /h		1775
INFILTRAZIONI							
Apertura porte	Per/h	2	m ³ /Per	5	m ³ /h		10
Fessure	m		m ³ /m		m ³ /h		
Imp.ventilaz.	Fatt.BF	0,1			m ³ /h		178

CONDIZIONI INVERNALI

Mese	7
	Luglio
ora solare	14
Fc Tb _{se} _{max}	0 °C
F(t)	0,03
Tb _{se} '	33,67 °C
Tb _{sa}	25,835 °C
dTb _s	7,835 °C
dX	6,31 g/Kg

Mese	1	
Tbse	-5	°C
Ure	60%	%
Xe	1,49	g/Kg
Tbsa	20	°C
dTbs	25	°C
Ura	40%	%
Xa	5,82	g/Kg
dX	4,33	g/Kg

Temperatura interna estiva compensata diminuita di 1° per ogni 2° di caduta della temperatura esterna fino al minimo di 21°C che resta fisso in inverno

codice	Area sole	Is _{max}	fatt.altitud.	fatt.telaio	fatt.scher.	fatt.acc
--------	-----------	-------------------	---------------	-------------	-------------	----------

[illegible]

CARICHI INVERNALI

Qs

TRASMISSIONI		codice	Area	U	Fatt.corr.	Dte	Qs	
FINESTRE	ESP.	Tipo	m ²	W/(m ² *K)	Esp.	°C	W	
Parete 2		3-E F002	13,58	4,4	1,15	7,835	471	
Parete 3		5-S F002	13,58	4,4	1	7,835	471	
LUCERNAI								

U	Dte	Qs
W/(m ² K)	°C	W
4,4	25	1728
4,4	5	301

codice	Area di c.	U	Fatt.corr.	Classe mf	fatt.ass.	Dte
--------	------------	---	------------	-----------	-----------	-----

[illegible][illegible]**TOTALE IRRAGGIAMENTI E TRASMISSIONI**

CARICHI INTERNI		Q _{ts}	Q _{lu}	Q _s	Q _L	
		W/Per	W/Per	Fatt.acc.	W	W
PERSONE	n.	71	58	0,93	3839	4128
LUCI	W/m ²	20,0		0,93	2112	
IMP. SPEC	W/m ²	5,0			567,75	
FM P.L.	W/PL	200			14200	
FM APP.	W	1500			1050	0

	Portata	massa vol.	D _{te}	dX	Q _s	Q _L
	m ³ /h	Kg/m ³	°C	gr/kg	W	W
INFILTRAZIONI	188	1,151	7,835	6,31	472	943
		1,151				

TOT.DISPERSIONI

INCREMENTO DISPERSIONI		
Ponti Term.	15%	581
Funz.intern.	15%	581
Piano		0
Angolo		0
		0

massa vol. Kg/m ³	Dte °C	Qs W
1,317	25	1723

dX gr/kg	QL W	Qs W
NO		6.758

UMIDIFICAZ. SENSIBILIZ.

TOT. CARICHI AMBIENTE

31.509	26.439	5.070
TOTAL F	SENSIBIL F	LATENTE

NO		6.758
UMIDIFICAZ.		SENSIBILE

CALCOLO DEL CARICO TERMICO ESTIVO COL METODO CARRIER
DTeq (Differenze di temperature equivalenti) per le superfici opache
Fa (Fattori di accumulo) per le superfici vetrate
F(t) Distribuzione oraria Te secondo Tab-2 28.6 ASHRAE 97 e UNI 10349

Funzione **PLATEA FRONTALE**

CALCOLO MAX CARICO UNITA' TERMINALI D'AMBIENTE

Classe	Massa eff.	Kg/m ²	150
--------	------------	-------------------	-----

INFILTRAZIONI		PERMEABILITÀ		VANTAGGI	
Apertura porte	Per/h	2	m ³ /Per	5	m ³ /h
Fessure	m		m ³ /m		10
Imp.ventilaz.	Fatt.BF	0,1			265

CONDIZIONI INVERNALI

Mese	1	
Tbse	-5	°C
Ure	60%	%
Xe	1,49	g/Kg
Tbsa	20	°C
dTbs	25	°C
Ura	40%	%
Xa	5,82	g/Kg
dX	4,33	g/Kg

Temperatura interna estiva compensata diminuita di 1° per ogni 2° di caduta della temperatura esterna fino al minimo di 21°C che resta fisso in inverno

CARICHI INVERNALI

Dte

U W/(m ² ·K)	Dte °C	Qs W
4,4	25	1153
4,4	25	577
4,4	25	948

Dte

U	Dte	Qs
W/(m ² K)	°C	W
1.28	25	131
0.87	25	840
1.28	25	65
0.75	25	488
4.65	25	450
1.04	25	575
4.65	25	480
1.54	25	129
1.03	25	1402
3.49	0	0
0.95	10	549
1.99	0	0
1.14	0	0
0.80	25	3388
0.53	25	0

3953	
------	--

incidenza W/m^2

TOT.DISPERSIONI	11174
-----------------	-------

INCREMENTO DISPERSIONI

Ponti Term.	15%	1676
Funz.interm.	15%	1676
Piano		0
Angolo		0
		0

massa vol. Kg/m ³	Dte °C	Qs W
1,317	25	2527

dX gr/kg	QL W	Qs W
NO		17.053

TOT. CARICHI AMBIENTE

44.277	36.733	7.544
TOTALE	SENSIBILE	LATENTE

NO		17.053
LIMIDIFICAZ		SENSIBILE

CALCOLO DEL CARICO TERMICO ESTIVO COL METODO CARRIER
DTeq (Differenze di temperature equivalenti) per le superfici opache
Fa (Fattori di accumulo) per le superfici vetrate
F(t) Distribuzione oraria Te secondo Tab-2 28.6 ASHRAE 97 e UNI 10349

S 2.1

CALCOLO MAX CARICO UNITA' TERMINALI D'AMBIENTE

Classe	Massa eff.	Kg/m ²	150
--------	------------	-------------------	-----

INFILTRAZIONI		PERMEABILITÀ		VANTAGGI	
Apertura porte	Per/h	2	m ³ /Per	5	m ³ /h
Fessure	m		m ³ /m		10
Imp.ventilaz.	Fatt.BF	0,1			223

CONDIZIONI INVERNALI

Mese	1	
Tbse	-5	°C
Ure	60%	%
Xe	1,49	g/Kg
Tbsa	20	°C
dTbs	25	°C
Ura	40%	%
Xa	5,82	g/Kg
dX	4,33	g/Kg

Temperatura interna estiva compensata diminuita di 1° per ogni 2° di caduta della temperatura esterna fino al minimo di 21°C che resta fisso in inverno

CARICHI INVERNALI

Dte

W/(m ² ·K)	°C	W
2,4	25	3672
2,4	25	1202

Dte

$W/(m^2 \cdot K)$	$^\circ C$	W
1.60	25	2250
1.60	25	1516
0.36	25	280
0.36	25	151
1.60	25	732
3.49	0	0
1.35	10	895
1.24	0	0
0.80	25	4473

13397	
-------	--

TOT.DISPERSIONI	15170
-----------------	-------

massa vol. Kg/m ³	Dte °C	Qs W
1,317	25	2136

dX gr/kg	QL W	Qs W
NO		21.858
UMIDIFICAZ.		SENSIBLE

CALCOLO DEL CARICO TERMICO ESTIVO COL METODO CARRIER
 DTeq (Differenze di temperature equivalenti) per le superfici opache
 Fa (Fattori di accumulo) per le superfici vetrate
 F(t) Distribuzione oraria Te secondo Tab-2 28.6 ASHRAE 97 e UNI 10349

CALCOLO MAX CARICO UNITA' TERMINALI D'AMBIENTE

Classe	Massa eff.	Kg/m ²	150
--------	------------	-------------------	-----

CONDIZIONI INVERNALI

Mese	1	
Tbse	-5	°C
Ure	60%	%
Xe	1,49	g/Kg
Tbsa	20	°C
dTbs	25	°C
Ura	40%	%
Xa	5,82	g/Kg
dX	4,33	g/Kg

Temperatura interna estiva compensata diminuita di 1° per ogni 2° di caduta della temperatura esterna fino al minimo di 21°C che resta fisso in inverno

CARICHI INVERNALI

[illegible]

Dte

[illegible]

Dte

U W/(m ² K)	Dte °C	Qs W
1,60	25	1818
0,36	25	226
1,60	25	591
3,49	0	0
1,60	0	0
3,49	0	0
1,35	10	0
1,24	0	0
0,80	25	3583

TOT.DISPERSIONI

INCREMENTO DISPERSIONI		
Ponti Term.	15%	1378
Funz.intern.	15%	1378
Piano		0
Angolo		0
		0

dX gr/kg	QL W	Qs W
NO		13.689

CALCOLO DEL CARICO TERMICO ESTIVO COL METODO CARRIER
 DTeq (Differenze di temperature equivalenti) per le superfici opache
 Fa (Fattori di accumulo) per le superfici vetrate
 F(t) Distribuzione oraria Te secondo Tab-2 28.6 ASHRAE 97 e UNI 10349

CALCOLO MAX CARICO UNITA' TERMINALI D'AMBIENTE

Classe	Massa eff.	Kg/m ²	150
--------	------------	-------------------	-----

CONDIZIONI INVERNALI

Mese	1	
Tbse	-5	°C
Ure	60%	%
Xe	1,49	g/Kg
Tbsa	20	°C
dTbs	25	°C
Ura	40%	%
Xa	5,82	g/Kg
dX	4,33	g/Kg

Temperatura interna estiva compensata diminuita di 1° per ogni 2° di caduta della temperatura esterna fino al minimo di 21°C che resta fisso in inverno

CARICHI INVERNALI

Dte

[illegible]

Dte

U W/(m ² K)	Dte °C	Qs W
1,60	25	1818
0,36	25	226
1,60	25	591
3,49	0	0
1,60	0	0
3,49	0	0
1,35	10	0
1,24	0	0
0,80	25	3583

TOT.DISPERSIONI

INCREMENTO DISPERSIONI		
Ponti Term.	15%	1378
Funz.interm.	15%	1378
Piano		0
Angolo		0
		0

dX gr/kg	QL W	Qs W
NO		13.689

LIMIDIFICAZ SENSIBILE

38.854	33.689	5.165
TOTAL F	SENSIBIL F	LATENTE

TOTAL F	SENSIBIL F	LATENTE
---------	------------	---------

UMIDIFICAZ.	SENSIBILI F
-------------	-------------

CALCOLO DEL CARICO TERMICO ESTIVO COL METODO CARRIER
 DTeq (Differenze di temperature equivalenti) per le superfici opache
 Fa (Fattori di accumulo) per le superfici vetrate
 F(t) Distribuzione oraria Te secondo Tab-2 28.6 ASHRAE 97 e UNI 10349

Funzione: AULA DISEGNO / INFORMATICA

CALCOLO MAX CARICO UNITA' TERMINALI D'AMBIENTE

Classe	Massa eff.	Kg/m ²	150
--------	------------	-------------------	-----

INFILTRAZIONI					
Apertura porte	Per/h	2	m ³ /Per	5	m ³ /h
Fessure	m		m ³ /m		m ³ /h
Imp.ventilaz.	Fatt.BF	0,1			250

CONDIZIONI INVERNALI

Mese	1	
Tbse	-5	°C
Ure	60%	%
Xe	1,49	g/Kg
Tbsa	20	°C
dTbs	25	°C
Ura	40%	%
Xa	5,82	g/Kg
dX	4,33	g/Kg

Temperatura interna estiva compensata diminuita di 1° per ogni 2° di caduta della temperatura esterna fino al minimo di 21°C che resta fisso in inverno

CARICHI INVERNALI

LUCERNAI

U Dte

LUCERNAI

J Dte

Porta interna
Divisori interni
Divisori interni
PAVIMENTO
SOFFITTO
TETTO

114

114

14449	
-------	--

attività	incidenza	W/m ²	Fatt. acc.			
			Qsu		Ql	
			W/Per	W/Per	W	W
Uffici-2		57,7				
Sup. m ²		58	0,85	4942	5814	
Sup. m ²		250,4	0,85	4256		
PL		250,36		1251,8		
Vap. gr/h		100		20000		
		0		1050	0	

Qs	QL
W	W
351	1340

TOT. CARICHI AMBIENTE

	W	W
53.453	46.300	7.154
TOTAL F	SENSIBILI F	LATENTE

12917

INCREMENTO DISPERSIONI		
Ponti Term.	15%	1938
Funz.intern.	15%	1938
Piano		0
Angolo		0
		0

Ponti Term.	15%	1938
Funz.interm.	15%	1938
Piano		0
Angolo		0
		0

dX gr/kg	QL W	Qs W
NO		19.181

PROGETTO: POLITECNICO DI MILANO IMPIANTI DI RAFFRESCAMENTO AULE DIDATTICHE

TABELLE AUSILIARIE DI CALCOLO CARICHI TERMICI DI PROGETTO

CARATTERISTICHE COMPONENTI INVOLUCRO EDILIZIO

ID	Codice Struttura	COMPONENTI TRASPARENTI Descrizione	Codice calcolo	L [m]	h [m]	area(m²)	U W/(m²*K)	fatt.altitud. [Tab.3.5]	fatt.telaio [Tab.3.5]	fatt.scher. [Tab.3.5]
1	F3-300	Finestra 2V Be-Ar9mm con Telaio-Fe su facciata continua	F001	1,00	2,55		2,41	1	1,17	0,36
2	F3-101	Finestra vetro semplice con Telaio in legno	F002			4,53	4,43	1	1	0,36
3	F3-201	Finestra vetro semplice con Telaio in legno	F003			4,55	4,27	1	1	0,36
4	F2-101	Finestra vetro semplice con Telaio in legno	F004			4,58	4,42	1	1	0,36
5	F2-201	Finestra vetro semplice con Telaio in legno	F005			4,39	4,39	1	1	0,36
6	F2-202	Finestra vetro semplice con Telaio in legno	F006			4,37	4,40	1	1	0,36
7	F2-301	Finestra 2V Be-Ar9mm con Telaio-Fe	F007	1,75	1,75	3,06	2,74	1	1,17	0,36
8	F2-302	Finestra 2V Be-Ar9mm con Telaio-Fe	F008	2,72	2,17	5,90	2,42	1	1,17	0,36
9	F2-203	Finestra vetro semplice con Telaio in legno	F009			3,59	4,40	1	1	0,36
10	F2-204	Finestra vetro semplice con Telaio in legno	F010			4,07	4,40	1	1	0,36
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

PROGETTO: POLITECNICO DI MILANO IMPIANTI DI RAFFRESCAMENTO AULE DIDATTICHE

**TABELLE AUSILIARIE DI CALCOLO CARICHI TERMICI DI PROGETTO
CARATTERISTICHE COMPONENTI INVOLUCRO EDILIZIO**

ID	Codice struttura	COMPONENTI OPACHI Descrizione	Codice calcolo	U W/(m ² *K)	mf Kg/m ²	Classe mf Kg/m ²
1	M3-300	Parete esterna facciata continua sp 5 cm	M-001	1,600	12,0	100
2	M3-300B	Parete esterna facciata continua sp 5 cm+controparete	M-002	0,360	25,7	100
3	M3-311	Parete divisoria interna in legno truciolare nobilitato sp 10cm	M-003	1,355	30,0	100
4	M3-201	Parete esterna in laterizi pieni sp 60cm	M-004	1,040	1078,0	700
5	M3-201B	Parete esterna in laterizi pieni sottofinestra sp 33cm	M-005	1,663	574,0	500
6	M3-211	Parete interna divisorio portante in laterizi pieni sp 55cm	M-006	1,029	970,0	700
7	M3-211B	Parete interna divisorio sottofinestra sp 30cm	M-007	1,535	520,0	500
8	M3-101	Parete esterna in laterizi pieni sp 60cm	M-008	1,040	1078,0	700
9	M3-101B	Parete esterna in laterizi pieni sottofinestra sp 33cm	M-009	1,663	574,0	500
10	M3-111	Parete esterna in laterizi pieni sp 60cm	M-010	1,040	1078,0	700
11	M3-111B	Parete esterna in laterizi pieni sottofinestra sp 33cm	M-011	1,663	574,0	500
12	M3-102	Parete esterna verso portico sud aula S0,2 sp 50cm	M-012	1,129	849,0	700
13	M3-102B	Parete esterna sottofinestra verso portico aula S0,2	M-013	1,446	574,0	500
14	M3-212	Parete divisoria interna in laterizi forati sp 10cm	M-014	1,989	104,0	100
15	M3-103	Parete esterna in laterizi pieni sp 76cm	M-015	0,868	1357,0	700
16	M3-104	Parete esterna in laterizi pieni sp 90cm	M-016	0,750	1618,0	700
17	M3-112	Parete interna divisorio portante in laterizi pieni sp 60cm	M-017	0,951	1078,0	700
18						
19	M2-301	Parete esterna in laterizi pieni sp 55cm	M-051	1,135	970,0	700
20	M2-301B	Parete esterna in laterizi pieni sottofinestra sp 30cm	M-052	1,781	520,0	500
21	M2-311	Parete divisoria interna in laterizi forati sp 10cm	M-053	1,989	104,0	100
22	M2-201	Parete esterna in laterizi pieni sp 55cm	M-054	1,135	970,0	700
23	M2-201B	Parete esterna in laterizi pieni sottofinestra sp 30cm	M-055	1,781	520,0	500
24	M2-212	Parete interna divisorio portante in laterizi pieni sp 55cm	M-056	1,029	970,0	700
25	M2-220	Parete divisoria interna in laterizi forati sp 10cm	M-057	1,989	104,0	100
26	M2-212B	Parete interna sottofinestra in laterizi pieni sp 30cm	M-058	1,535	520,0	500
27	M2-211	Parete interna divisorio portante in laterizi pieni sp 60cm	M-059	0,951	1078,0	700
28	M2-211B	Parete interna sottofinestra in laterizi pieni sp 33cm	M-060	1,446	574,0	500
29	M2-202	Parete esterna in laterizi pieni sp 60cm	M-061	1,040	1078,0	700
30	M2-202B	Parete Esterna sottofinestra in laterizi pieni sp 33cm	M-062	1,663	574,0	500
31	M2-101	Parete esterna in laterizi pieni sp 60cm	M-063	1,040	1078,0	700
32	M2-102	Parete esterna in laterizi pieni sp 60cm	M-064	1,040	1078,0	700
33	M2-102B	Parete Esterna sottofinestra in laterizi pieni sp 33cm	M-065	1,663	574,0	500
34	M2-103	Parete esterna in laterizi pieni sp 76cm	M-066	0,868	1357,0	700
35	M2-103b	Parete Esterna sottofinestra in laterizi pieni sp 47cm	M-067	1,280	835,0	700
36	M2-104	Parete esterna in laterizi pieni sp 90cm	M-068	0,750	1618,0	700
37	M2-104B	Parete Esterna sottofinestra in laterizi pieni sp 47cm	M-069	1,280	835,0	700
38	M2-111	Parete interna divisorio portante in laterizi pieni sp 60cm	M-070	0,951	1078,0	700
39						
40	PI-001	Porta interna in legno truciolare nobilitato	M-101	3,488	30,0	100
41	PE-001	Porta esterna in legno truciolare nobilitato	M-102	4,651	30,0	100
42						
43						
44	P3-301	Solaio intermedio in cls pavimento P2	M-201	1,238	321,0	300
45	S3-201	Solaio intermedio in cls soffitto P1	M-202	1,498	321,0	300
46	S3-202	Solaio intermedio in cls soffitto P1 sottotetto aula S1,7	M-203	0,800	321,0	300
47						
48	P3-201	Solaio intermedio in cls pavimento P1	M-205	1,144	417,0	500
49	P3-202	Solaio intermedio in cls pavimento P1 aula S1,7	M-206	1,144	417,0	500
50						
51	S3-101	Solaio intermedio in cls soffitto PR	M-208	1,363	417,0	500
52	S3-102	Solaio intermedio in cls soffitto PR aula S0,2	M-209	1,363	417,0	500
53						
54	P3-101	Solaio intermedio in cls pavimento PR	M-211	1,144	417,0	500
55	P3-102	Solaio intermedio in cls pavimento PR aula S0,2	M-212	0,800	417,0	500
56						
57	P2-301	Solaio intermedio in Latero cemento pavimento P2	M-251	0,928	361,0	300
58	S2-201	Solaio intermedio in Latero cemento soffitto P1	M-252	1,018	351,0	300
59	P2-201	Solaio intermedio in Latero cemento pavimento P1	M-253	0,928	361,0	300
60	S2-101	Solaio intermedio in Latero cemento soffitto PR	M-254	1,018	351,0	300
61	P2-101	Solaio intermedio in cls pavimento PR	M-255	1,144	417,0	500
62	S2-202	Solaio intermedio in cls soffitto P1 sottotetto aule N1.5-N1.6	M-256	0,800	321,0	300
63	P2-202	Solaio intermedio in cls pavimento P1 aule N1.5-N1.6	M-257	1,144	417,0	500
64	S2-102	Solaio intermedio in cls soffitto P1 aula N0.1	M-258	1,363	417,0	500
65	P2-102	Solaio intermedio in cls pavimento P1 aula N0.1	M-259	1,144	417,0	500
66	S2-203	Solaio intermedio in cls soffitto P1 sottotetto aula N0.2	M-260	0,800	321,0	300
67	P2-103	Solaio intermedio in cls pavimento gradoni aula N0.2	M-261	1,154	417,0	500
68			M-300			
69	C3-301	Tetto CA s=6 cm + PSE 4 cm sopralzo struttura in acciaio	M-301	0,800	100,0	100
70						
71	C2-301	Tetto Latero cemento sp 30cm con isolamento PSE 4 cm	M-306	0,526	366,2	300
72						

CALCOLO DELLA RESISTENZA TERMICA DELLE INTERCAPEDINI SECONDO UNI EN 673 (Ex UNI 10345-Art.5.1)

L'ipotesi di calcolo considera la cavità in esame come se fosse riempita di un materiale di conduttività equivalente λ_e pari a quella che competerebbe allo spazio compreso fra due lastre piane, parallele ed indefinite a distanza pari allo spessore della cavità, immaginando che gli scambi siano dovuti all'effetto combinato della conduzione e della convezione ed all'effetto dell'irraggiamento con l'ipotesi di cavità trasparente

resistenza termica intercapedine

		1° Faccia T_1 [°C]	2° Faccia T_2 [°C]	interdistanza s [m]	T_m [K]	dT [K]
$Re = 1/(h_c + h_r)$	0,411473	20	-5	0,009	280,7	25

conduttanza termica radiativa

	materiale vetro	materiale vetro	
$h_r = [4 \cdot \sigma \cdot (T_m)^3] / [1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1]$	emissività ε_1	emissività ε_2	h_r [W/m ² *K]
	0,114	0,837	0,559

dove: $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ W/(m²*K⁴) cost.Stefan-Boltzmann
 ε_1 ; ε_2 = emissività delle superfici radianti
 T_m = temperatura media assoluta delle superfici

conduttanza termica convettiva del gas nell'intercapedine

		Cod.Gas	λ_g / s
$h_c = Nu \cdot \lambda_g / s$	0,03936	08	1,871

dove: Nu = numero di Nusselt
 λ_g = conduttività termica del gas
 s = spessore dell'intercapedine

$$Nu = a * (Gr \cdot Pr)^b$$

dove: a = costante caratteristica della geometria dell'intercapedine
 b = esponente caratteristico della geometria dell'intercapedine

0,0210354	0,109949	0,0660107
superfici verticali	superfici orizzontali	superfici inclinate
0,035	0,16	0,10
0,380	0,28	0,31

$$Gr = \text{numero di Grashof} = [\rho^2 \cdot s^3 \cdot 9,81 \cdot dT] / [T_m \cdot \mu^2]$$

$$Pr = \text{numero di Prandtl} = c \cdot \mu / \lambda_g$$

Codice	Gas	Temp.di rif. [° C]	Gr	Pr
08	Argon	10	39,27	0,006669

ρ = massa volumica del gas
 μ = viscosità dinamica del gas
 dT = differenza di temperatura
 T_m = temperatura media assoluta delle superfici
 c = capacità termica specifica massica

Tab.1 EN 673-OTT.2005 (ex UNI 10345)
Proprietà termofisiche dei gas usati nelle intercapedini

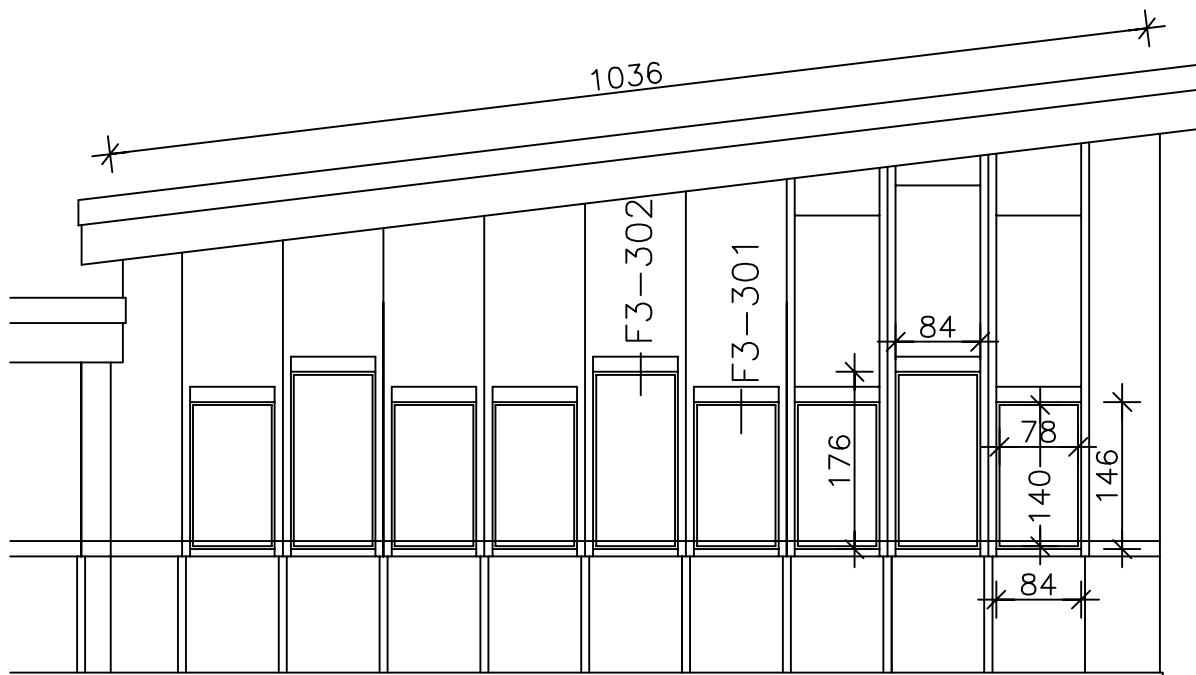
Codice	Gas	Temp.di rif.	Massa vol.	Viscos.din.	Conduttività	C _p massica
		[° C]	ρ [Kg/m ³]	μ [Kg/(m*s)]	λ _g [W/m*K]	[KJ/(Kg*K)]
01	Aria	-10	1,326	0,000166	0,02336	1,008
02	Aria	0	1,277	0,000171	0,02416	1,008
03	Aria	10	1,232	0,000176	0,02496	1,008
04	Aria	20	1,189	0,000181	0,02576	1,008
05						
06	Argon	-10	1,829	0,000204	0,01584	0,519
07	Argon	0	1,762	0,00021	0,01634	0,519
08	Argon	10	1,699	0,000216	0,01684	0,519
09	Argon	20	1,640	0,000223	0,01734	0,519
10						
11	SF	-10	6,844	0,000138	0,01119	0,614
12	SF	0	6,602	0,000142	0,01197	0,614
13	SF	10	6,360	0,000146	0,01275	0,614
14	SF	20	6,118	0,00015	0,01354	0,614
15						
16	Krypton	-10	3,832	0,000202	0,00842	0,245
17	Krypton	0	3,690	0,000234	0,00870	0,245
18	Krypton	10	3,560	0,000267	0,00900	0,245
19	Krypton	20	3,430	0,00025	0,00926	0,245
20						
21	Xenon	-10	6,121	0,000208	0,00494	0,161
22	Xenon	0	5,897	0,000215	0,00512	0,161
23	Xenon	10	5,689	0,000223	0,00529	0,161
24	Xenon	20	5,495	0,00023	0,00546	0,161

VERIFICA TRASMITTANZA DEI SERRAMENTI SECONDO NORME UNI EN 10077-1

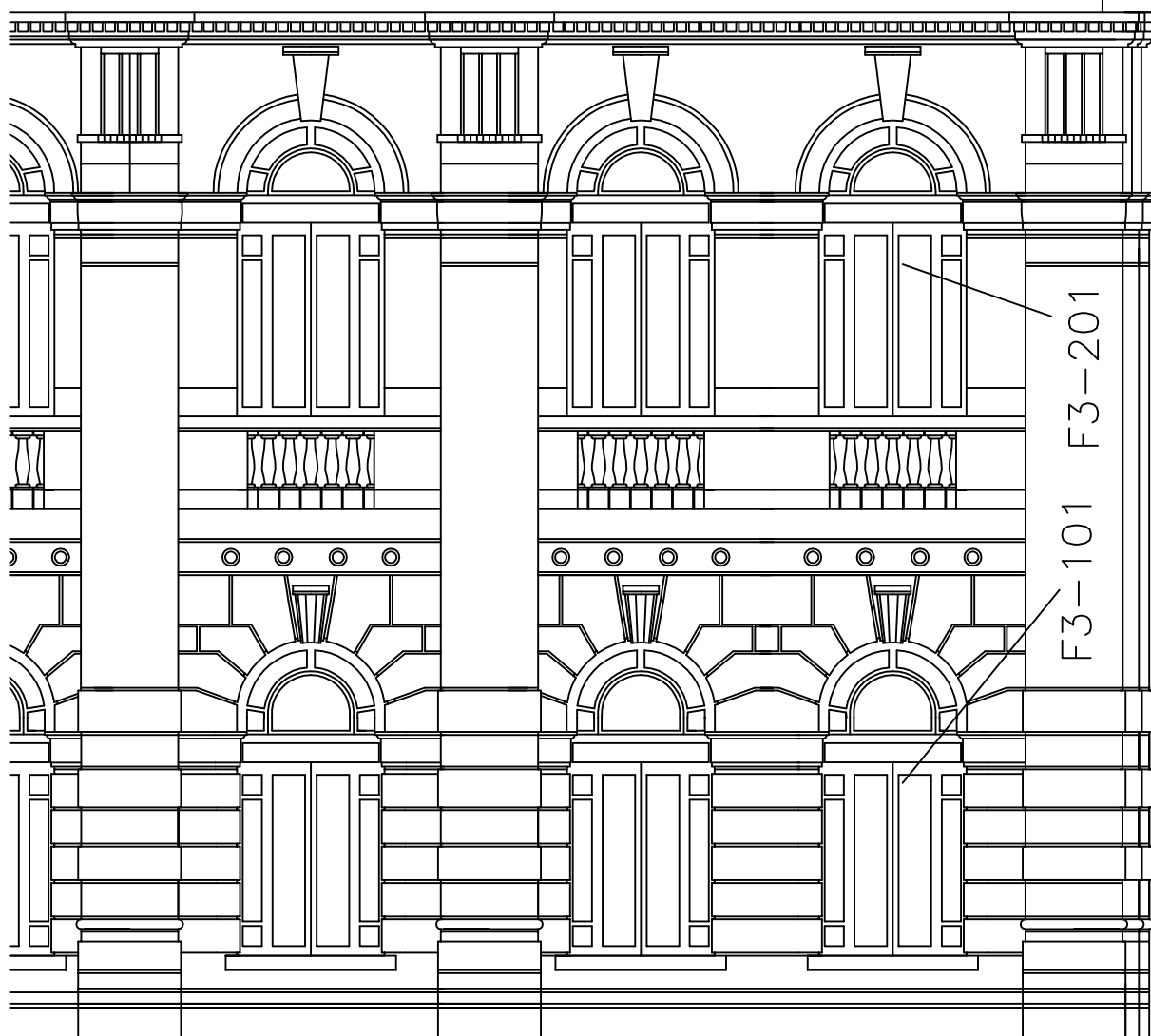
F3-101	Serramento esistente con telaio in legno e vetrata semplice	Larghezza [m]	Altezza [m]	Area [m ²]
	dimensioni esterne serramento			4,5278
	traverse sup/inf del telaio			
	montanti laterali del telaio			
	montanti intermedi del telaio			
	traverse intermedie del telaio			
Af	superficie del telaio			1,5965
Ag	superficie vetrata			2,9313
Lg	perimetro superficie vetrata	17,20		
Calcolo della trasmittanza del serramento				
Cod.	Descrizione	u.m.	valore	Riferimento
Ug	Trasmittanza termica del componente vetrato	W/(m ² *k)	5,7471	UNI EN 10077-1
Ugc	Trasmittanza termica dichiarata dal costruttore	W/(m ² *k)		
λ_{g1}	Conduttività termica del 1° vetro	W/(m*k)	1,00	UNI EN 10077-1 app.B
d_1	Spessore del 1° vetro	m	0,004	
R_{g1}	Resistenza termica del 1° vetro	(m ² *k)/W	0,004	
	Spessore intercapedine	m	0	
	gas riempimento			
ϵ_1	Emissività della superficie 1	non trattata	0,9	
ϵ_2	Emissività della superficie 2	non trattata		
	Resistenza termica intercapedine	(m ² *k)/W	0	UNI EN 10077-1 app.C
λ_{g2}	Conduttività termica del 2° vetro	W/(m*k)	1,00	UNI EN 10077-1 app.B
d_2	Spessore del 2° vetro	m	0	
R_{g2}	Resistenza termica del 2° vetro	(m*k)/W	0	
Rsi	Resistenza termica superficiale interna	(m ² *k)/W	0,04	UNI EN 10077-1 app.A
Rse	Resistenza termica superficiale esterna	(m ² *k)/W	0,13	UNI EN 10077-1 app.A
ψ_l	Trasmittanza lineare del giunto telaio/vetrata	W/(m*k)	0	UNI EN 10077-1 app.E
Uf	Trasmittanza termica del telaio utilizzata	W/(m ² *k)	2	
Ufc	Trasmittanza termica del telaio	W/(m ² *k)		
Ufx	Trasmittanza termica del telaio calcolata	W/(m ² *k)	2	
λ_{fx}	Conduttività del telaio	W/(m*k)	0,13	UNI EN 10077-1 app.D
d_{fx}	Spessore medio del telaio	m	0,065	
Uwx	Trasmittanza termica del serramento calcolata	W/(m ² *k)	4,4259	
Uwc	Trasmittanza termica del serramento dichiarata dal costruttore	W/(m ² *k)		
Uw	Trasmittanza termica del serramento utilizzata	W/(m²*k)	4,4259	

VERIFICA TRASMITTANZA DEI SERRAMENTI SECONDO NORME UNI EN 10077-1

F3-201	Serramento esistente con telaio in legno e vetrata semplice	Larghezza [m]	Altezza [m]	Area [m ²]
	dimensioni esterne serramento			4,5504
	traverse sup/inf del telaio			
	montanti laterali del telaio			
	montanti intermedi del telaio			
	traverse intermedie del telaio			
Af	superficie del telaio			1,7990
Ag	superficie vetrata			2,7514
Lg	perimetro superficie vetrata	25,69		
Calcolo della trasmittanza del serramento				
Cod.	Descrizione	u.m.	valore	Riferimento
Ug	Trasmittanza termica del componente vetrato	W/(m ² *k)	5,7471	UNI EN 10077-1
Ugc	Trasmittanza termica dichiarata dal costruttore	W/(m ² *k)		
λ_{g1}	Conduttività termica del 1° vetro	W/(m*k)	1,00	UNI EN 10077-1 app.B
d_1	Spessore del 1° vetro	m	0,004	
R_{g1}	Resistenza termica del 1° vetro	(m ² *k)/W	0,004	
	Spessore intercapedine	m	0	
	gas riempimento			
ϵ_1	Emissività della superficie 1	non trattata	0,9	
ϵ_2	Emissività della superficie 2	non trattata		
	Resistenza termica intercapedine	(m ² *k)/W	0	UNI EN 10077-1 app.C
λ_{g2}	Conduttività termica del 2° vetro	W/(m*k)	1,00	UNI EN 10077-1 app.B
d_2	Spessore del 2° vetro	m	0	
R_{g2}	Resistenza termica del 2° vetro	(m*k)/W	0	
Rsi	Resistenza termica superficiale interna	(m ² *k)/W	0,04	UNI EN 10077-1 app.A
Rse	Resistenza termica superficiale esterna	(m ² *k)/W	0,13	UNI EN 10077-1 app.A
ψ_l	Trasmittanza lineare del giunto telaio/vetrata	W/(m*k)	0	UNI EN 10077-1 app.E
Uf	Trasmittanza termica del telaio utilizzata	W/(m ² *k)	2	
Ufc	Trasmittanza termica del telaio	W/(m ² *k)		
Ufx	Trasmittanza termica del telaio calcolata	W/(m ² *k)	2	
λ_{fx}	Conduttività del telaio	W/(m*k)	0,13	UNI EN 10077-1 app.D
d_{fx}	Spessore medio del telaio	m	0,065	
Uwx	Trasmittanza termica del serramento calcolata	W/(m ² *k)	4,2657	
Uwc	Trasmittanza termica del serramento dichiarata dal costruttore	W/(m ² *k)		
Uw	Trasmittanza termica del serramento utilizzata	W/(m²*k)	4,2657	

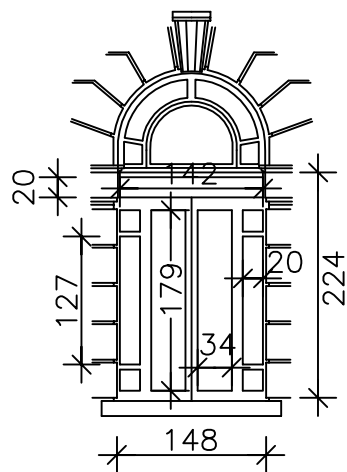
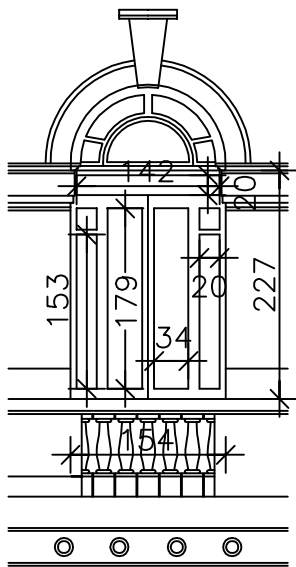


EDIFICIO 3 PROSPETTO SUD



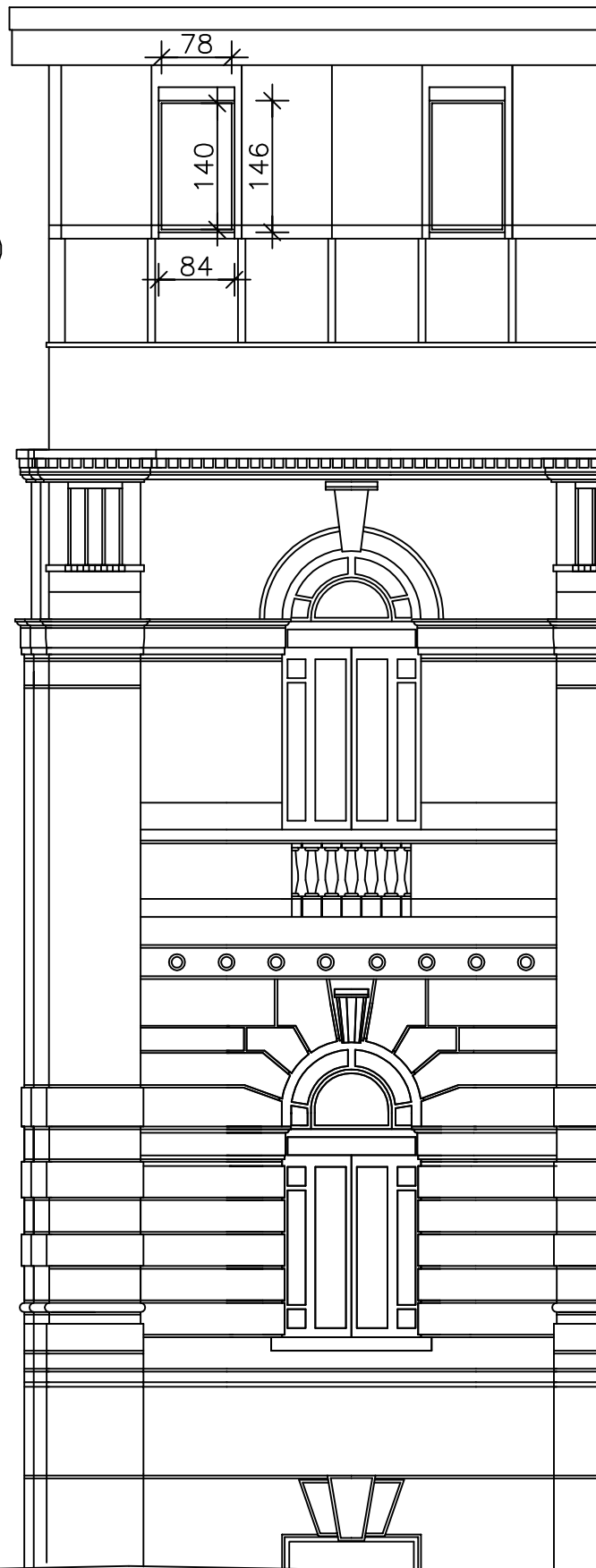
EDIFICIO 3 PROSPETTO 1B

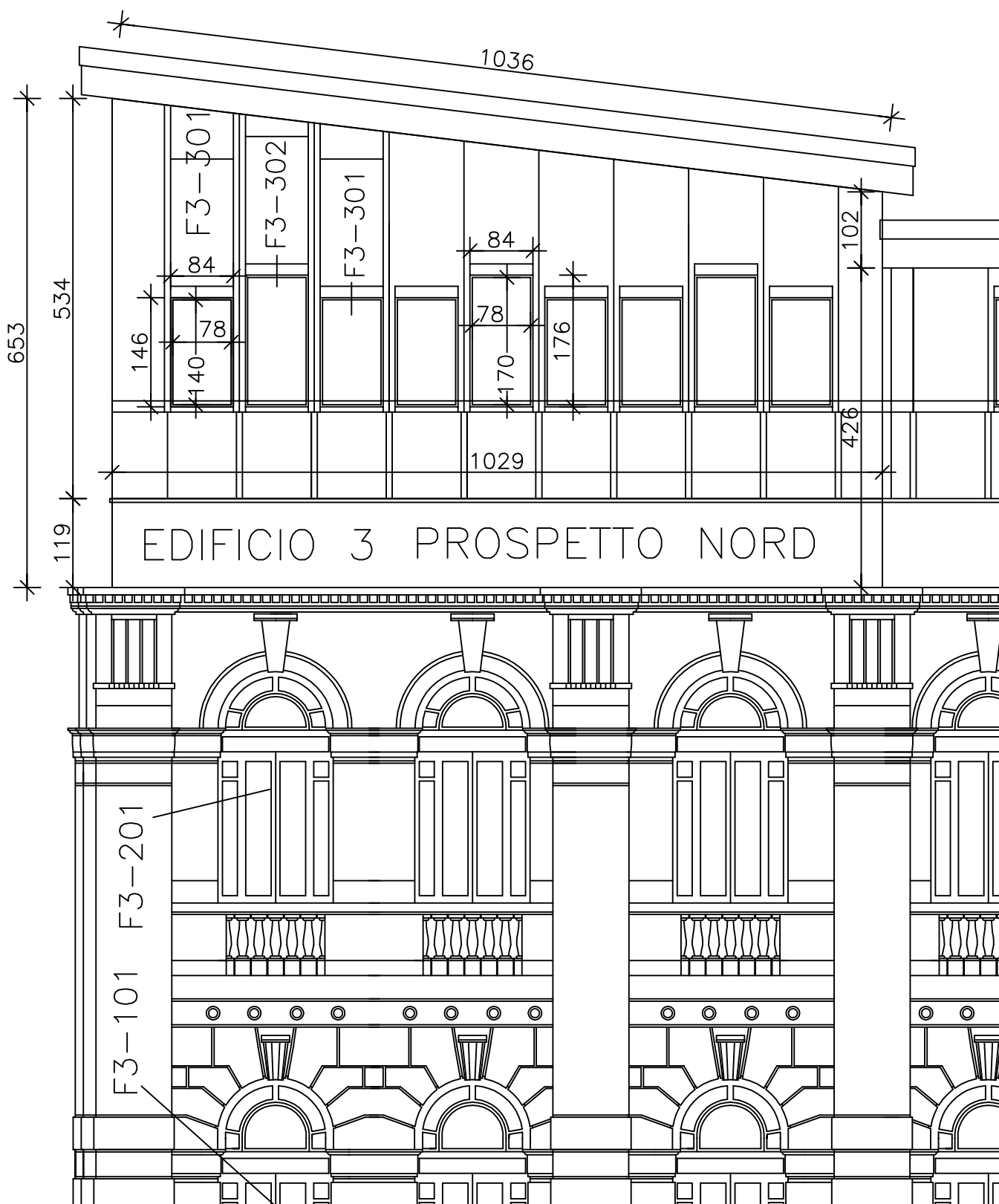
F3-201



F3-101

F3-301





VERIFICA TRASMITTANZA DEI SERRAMENTI SECONDO NORME UNI EN 10077-1

F3-301	Serramento esistente con telaio in ferro verniciato e nuova vetrata isolante in doppio vetro, di cui uno basso emissivo, con intercapedine sp 9 mm riempita di gas argon.	Larghezza [m]	Altezza [m]	Area [m ²]
	dimensioni esterne serramento	1,00	1,65	1,6500
2	traverse sup/inf del telaio	1,00	0,045	0,0900
2	montanti laterali del telaio	0,045	1,56	0,1404
0	montanti intermedi del telaio	0,045	1,56	0,00
0	traverse intermedie del telaio	0,91	0,142	0,00
Af	superficie del telaio			0,2304
Ag	superficie vetrata	0,91	1,56	1,4196
Lg	perimetro superficie vetrata	4,94		

Calcolo della trasmittanza del serramento

Cod.	Descrizione	u.m.	valore	Riferimento
Ug	Trasmittanza termica del componente vetrato	W/(m ² *k)	1,69	UNI EN 10077-1
Ugc	Trasmittanza termica dichiarata dal costruttore	W/(m ² *k)		
λ _{g1}	Conduttività termica del 1° vetro	W/(m*k)	1,00	UNI EN 10077-1 app.B
d ₁	Spessore del 1° vetro	m	0,004	
R _{g1}	Resistenza termica del 1° vetro	(m ² *k)/W	0,004	
	Spessore intercapedine	m	0,009	
	gas riempimento	Argon		
ε ₁	Emissività della superficie 1	trattata	0,114	
ε ₂	Emissività della superficie 2	non trattata	0,837	
	Resistenza termica intercapedine	(m ² *k)/W	0,4115	UNI EN 10077-1 app.C
λ _{g2}	Conduttività termica del 2° vetro	W/(m*k)	1,00	UNI EN 10077-1 app.B
d ₂	Spessore del 2° vetro	m	0,006	
R _{g2}	Resistenza termica del 2° vetro	(m*k)/W	0,006	
R _{si}	Resistenza termica superficiale interna	(m ² *k)/W	0,04	UNI EN 10077-1 app.A
R _{se}	Resistenza termica superficiale esterna	(m ² *k)/W	0,13	UNI EN 10077-1 app.A
ψ _l	Trasmittanza lineare del giunto telaio/vetrata	W/(m*k)	0,02	UNI EN 10077-1 app.E
U _f	Trasmittanza termica del telaio utilizzata	W/(m ² *k)	5,882	
U _{fc}	Trasmittanza termica dichiarata dal costruttore	W/(m ² *k)		
U _{fx}	Trasmittanza termica del telaio calcolata	W/(m ² *k)	5,88	UNI EN 10077-1 app.D
λ _{fx}	Conduttività del telaio	W/(m*k)	0,20	UNI EN 10077-1 app.D
d _{fx}	Spessore medio del telaio	m	0,034	
U _{wx}	Trasmittanza termica del serramento calcolata	W/(m ² *k)	2,3359	
U _{wc}	Trasmittanza termica del serramento dichiarata dal costruttore	W/(m ² *k)		

U _w	Trasmittanza termica del serramento utilizzata	W/(m ² *k)	2,3359
----------------	--	-----------------------	--------

U _w	Trasmittanza termica max consentita	W/(m ² *k)	2,200
----------------	-------------------------------------	-----------------------	-------

VERIFICA TRASMITTANZA DEI SERRAMENTI SECONDO NORME UNI EN 10077-1

F3-301B	Serramento esistente con telaio in ferro verniciato e nuova vetrata isolante in doppio vetro, di cui uno basso emissivo, con intercapedine sp 9 mm riempita di gas argon.	Larghezza [m]	Altezza [m]	Area [m ²]
	dimensioni esterne serramento	0,93	1,65	1,5395
2	traverse sup/inf del telaio	0,93	0,045	0,0840
2	montanti laterali del telaio	0,045	1,56	0,1404
0	montanti intermedi del telaio	0,045	1,56	0,00
0	traverse intermedie del telaio	0,843	0,142	0,00
Af	superficie del telaio			0,2244
Ag	superficie vetrata	0,843	1,56	1,3151
Lg	perimetro superficie vetrata	4,81		

Calcolo della trasmittanza del serramento

Cod.	Descrizione	u.m.	valore	Riferimento
Ug	Trasmittanza termica del componente vetrato	W/(m ² *k)	1,69	UNI EN 10077-1
Ugc	Trasmittanza termica dichiarata dal costruttore	W/(m ² *k)		
λ _{g1}	Conduttività termica del 1° vetro	W/(m*k)	1,00	UNI EN 10077-1 app.B
d ₁	Spessore del 1° vetro	m	0,004	
R _{g1}	Resistenza termica del 1° vetro	(m ² *k)/W	0,004	
	Spessore intercapedine	m	0,009	
	gas riempimento	Argon		
ε ₁	Emissività della superficie 1	trattata	0,114	
ε ₂	Emissività della superficie 2	non trattata	0,837	
	Resistenza termica intercapedine	(m ² *k)/W	0,4115	UNI EN 10077-1 app.C
λ _{g2}	Conduttività termica del 2° vetro	W/(m*k)	1,00	UNI EN 10077-1 app.B
d ₂	Spessore del 2° vetro	m	0,006	
R _{g2}	Resistenza termica del 2° vetro	(m*k)/W	0,006	
R _{si}	Resistenza termica superficiale interna	(m ² *k)/W	0,04	UNI EN 10077-1 app.A
R _{se}	Resistenza termica superficiale esterna	(m ² *k)/W	0,13	UNI EN 10077-1 app.A
ψ _l	Trasmittanza lineare del giunto telaio/vetrata	W/(m*k)	0,02	UNI EN 10077-1 app.E
U _f	Trasmittanza termica del telaio utilizzata	W/(m ² *k)	5,882	
U _{fc}	Trasmittanza termica dichiarata dal costruttore	W/(m ² *k)		
U _{fx}	Trasmittanza termica del telaio calcolata	W/(m ² *k)	5,88	UNI EN 10077-1 app.D
λ _{fx}	Conduttività del telaio	W/(m*k)	0,20	UNI EN 10077-1 app.D
d _{fx}	Spessore medio del telaio	m	0,034	
U _{wx}	Trasmittanza termica del serramento calcolata	W/(m ² *k)	2,3641	
U _{wc}	Trasmittanza termica del serramento dichiarata dal costruttore	W/(m ² *k)		

U _w	Trasmittanza termica del serramento utilizzata	W/(m ² *k)	2,3641
----------------	--	-----------------------	--------

U _w	Trasmittanza termica max consentita	W/(m ² *k)	2,200
----------------	-------------------------------------	-----------------------	-------

VERIFICA TRASMITTANZA DEI SERRAMENTI SECONDO NORME UNI EN 10077-1

F3-302	Serramento esistente con telaio in ferro verniciato e nuova vetrata isolante in doppio vetro, di cui uno basso emissivo, con intercapedine sp 9 mm riempita di gas argon.	Larghezza [m]	Altezza [m]	Area [m ²]
	dimensioni esterne serramento	1,00	1,95	1,9500
2	traverse sup/inf del telaio	1,00	0,045	0,0900
2	montanti laterali del telaio	0,045	1,86	0,1674
0	montanti intermedi del telaio	0,045	1,86	0,00
0	traverse intermedie del telaio	0,91	0,142	0,00
Af	superficie del telaio			0,2574
Ag	superficie vetrata	0,91	1,86	1,6926
Lg	perimetro superficie vetrata	5,54		

Calcolo della trasmittanza del serramento

Cod.	Descrizione	u.m.	valore	Riferimento
Ug	Trasmittanza termica del componente vetrato	W/(m ² *k)	1,69	UNI EN 10077-1
Ugc	Trasmittanza termica dichiarata dal costruttore	W/(m ² *k)		
λ_{g1}	Conduttività termica del 1° vetro	W/(m*k)	1,00	UNI EN 10077-1 app.B
d ₁	Spessore del 1° vetro	m	0,004	
R _{g1}	Resistenza termica del 1° vetro	(m ² *k)/W	0,004	
	Spessore intercapedine	m	0,009	
	gas riempimento	Argon		
ε_1	Emissività della superficie 1	trattata	0,114	
ε_2	Emissività della superficie 2	non trattata	0,837	
	Resistenza termica intercapedine	(m ² *k)/W	0,4115	UNI EN 10077-1 app.C
λ_{g2}	Conduttività termica del 2° vetro	W/(m*k)	1,00	UNI EN 10077-1 app.B
d ₂	Spessore del 2° vetro	m	0,006	
R _{g2}	Resistenza termica del 2° vetro	(m*k)/W	0,006	
R _{si}	Resistenza termica superficiale interna	(m ² *k)/W	0,04	UNI EN 10077-1 app.A
R _{se}	Resistenza termica superficiale esterna	(m ² *k)/W	0,13	UNI EN 10077-1 app.A
ψ_l	Trasmittanza lineare del giunto telaio/vetrata	W/(m*k)	0,02	UNI EN 10077-1 app.E
Uf	Trasmittanza termica del telaio utilizzata	W/(m ² *k)	5,882	
Ufc	Trasmittanza termica dichiarata dal costruttore	W/(m ² *k)		
Ufx	Trasmittanza termica del telaio calcolata	W/(m ² *k)	5,88	UNI EN 10077-1 app.D
λ_{fx}	Conduttività del telaio	W/(m*k)	0,20	UNI EN 10077-1 app.D
d _{fx}	Spessore medio del telaio	m	0,034	
Uwx	Trasmittanza termica del serramento calcolata	W/(m ² *k)	2,3008	
Uwc	Trasmittanza termica del serramento dichiarata dal costruttore	W/(m ² *k)		

Uw	Trasmittanza termica del serramento utilizzata	W/(m ² *k)	2,3008
----	--	-----------------------	--------

Uw	Trasmittanza termica max consentita	W/(m ² *k)	2,200
----	-------------------------------------	-----------------------	-------

VERIFICA TRASMITTANZA DEI SERRAMENTI SECONDO NORME UNI EN 10077-1

F3-303	Serramento esistente con telaio in ferro verniciato e nuova vetrata isolante in doppio vetro, di cui uno basso emissivo, con intercapedine sp 9 mm riempita di gas argon.	Larghezza [m]	Altezza [m]	Area [m ²]
	dimensioni esterne serramento	1,00	0,90	0,9000
2	traverse sup/inf del telaio	1,00	0,045	0,0900
2	montanti laterali del telaio	0,045	0,81	0,0729
0	montanti intermedi del telaio	0,045	0,81	0,00
0	traverse intermedie del telaio	0,91	0,142	0,00
Af	superficie del telaio			0,1629
Ag	superficie vetrata	0,91	0,81	0,7371
Lg	perimetro superficie vetrata	3,44		

Calcolo della trasmittanza del serramento

Cod.	Descrizione	u.m.	valore	Riferimento
Ug	Trasmittanza termica del componente vetrato	W/(m ² *k)	1,69	UNI EN 10077-1
Ugc	Trasmittanza termica dichiarata dal costruttore	W/(m ² *k)		
λ_{g1}	Conduttività termica del 1° vetro	W/(m*k)	1,00	UNI EN 10077-1 app.B
d ₁	Spessore del 1° vetro	m	0,004	
R _{g1}	Resistenza termica del 1° vetro	(m ² *k)/W	0,004	
	Spessore intercapedine	m	0,009	
	gas riempimento	Argon		
ε_1	Emissività della superficie 1	trattata	0,114	
ε_2	Emissività della superficie 2	non trattata	0,837	
	Resistenza termica intercapedine	(m ² *k)/W	0,4115	UNI EN 10077-1 app.C
λ_{g2}	Conduttività termica del 2° vetro	W/(m*k)	1,00	UNI EN 10077-1 app.B
d ₂	Spessore del 2° vetro	m	0,006	
R _{g2}	Resistenza termica del 2° vetro	(m*k)/W	0,006	
R _{si}	Resistenza termica superficiale interna	(m ² *k)/W	0,04	UNI EN 10077-1 app.A
R _{se}	Resistenza termica superficiale esterna	(m ² *k)/W	0,13	UNI EN 10077-1 app.A
ψ_l	Trasmittanza lineare del giunto telaio/vetrata	W/(m*k)	0,02	UNI EN 10077-1 app.E
Uf	Trasmittanza termica del telaio utilizzata	W/(m ² *k)	5,882	
Ufc	Trasmittanza termica dichiarata dal costruttore	W/(m ² *k)		
Ufx	Trasmittanza termica del telaio calcolata	W/(m ² *k)	5,88	UNI EN 10077-1 app.D
λ_{fx}	Conduttività del telaio	W/(m*k)	0,20	UNI EN 10077-1 app.D
d _{fx}	Spessore medio del telaio	m	0,034	
Uwx	Trasmittanza termica del serramento calcolata	W/(m ² *k)	2,5258	
Uwc	Trasmittanza termica del serramento dichiarata dal costruttore	W/(m ² *k)		

Uw	Trasmittanza termica del serramento utilizzata	W/(m ² *k)	2,5258
----	--	-----------------------	--------

Uw	Trasmittanza termica max consentita	W/(m ² *k)	2,200
----	-------------------------------------	-----------------------	-------

VERIFICA TRASMITTANZA DEI SERRAMENTI SECONDO NORME UNI EN 10077-1

F3-304	Serramento esistente con telaio in ferro verniciato e nuova vetrata isolante in doppio vetro, di cui uno basso emissivo, con intercapedine sp 9 mm riempita di gas argon.	Larghezza [m]	Altezza [m]	Area [m ²]
	dimensioni esterne serramento	1,00	0,60	0,6000
2	traverse sup/inf del telaio	1,00	0,045	0,0900
2	montanti laterali del telaio	0,045	0,51	0,0459
0	montanti intermedi del telaio	0,045	0,51	0,00
0	traverse intermedie del telaio	0,91	0,142	0,00
Af	superficie del telaio			0,1359
Ag	superficie vetrata	0,91	0,51	0,4641
Lg	perimetro superficie vetrata	2,84		

Calcolo della trasmittanza del serramento

Cod.	Descrizione	u.m.	valore	Riferimento
Ug	Trasmittanza termica del componente vetrato	W/(m ² *k)	1,69	UNI EN 10077-1
Ugc	Trasmittanza termica dichiarata dal costruttore	W/(m ² *k)		
λ_{g1}	Conduttività termica del 1° vetro	W/(m*k)	1,00	UNI EN 10077-1 app.B
d ₁	Spessore del 1° vetro	m	0,004	
R _{g1}	Resistenza termica del 1° vetro	(m ² *k)/W	0,004	
	Spessore intercapedine	m	0,009	
	gas riempimento	Argon		
ε_1	Emissività della superficie 1	trattata	0,114	
ε_2	Emissività della superficie 2	non trattata	0,837	
	Resistenza termica intercapedine	(m ² *k)/W	0,4115	UNI EN 10077-1 app.C
λ_{g2}	Conduttività termica del 2° vetro	W/(m*k)	1,00	UNI EN 10077-1 app.B
d ₂	Spessore del 2° vetro	m	0,006	
R _{g2}	Resistenza termica del 2° vetro	(m*k)/W	0,006	
R _{si}	Resistenza termica superficiale interna	(m ² *k)/W	0,04	UNI EN 10077-1 app.A
R _{se}	Resistenza termica superficiale esterna	(m ² *k)/W	0,13	UNI EN 10077-1 app.A
ψ_l	Trasmittanza lineare del giunto telaio/vetrata	W/(m*k)	0,02	UNI EN 10077-1 app.E
Uf	Trasmittanza termica del telaio utilizzata	W/(m ² *k)	5,882	
Ufc	Trasmittanza termica dichiarata dal costruttore	W/(m ² *k)		
Ufx	Trasmittanza termica del telaio calcolata	W/(m ² *k)	5,88	UNI EN 10077-1 app.D
λ_{fx}	Conduttività del telaio	W/(m*k)	0,20	UNI EN 10077-1 app.D
d _{fx}	Spessore medio del telaio	m	0,034	
Uwx	Trasmittanza termica del serramento calcolata	W/(m ² *k)	2,7348	
Uwc	Trasmittanza termica del serramento dichiarata dal costruttore	W/(m ² *k)		

Uw	Trasmittanza termica del serramento utilizzata	W/(m ² *k)	2,7348
----	--	-----------------------	--------

Uw	Trasmittanza termica max consentita	W/(m ² *k)	2,200
----	-------------------------------------	-----------------------	-------

)t u-- oo31 tq-

000fx90L4

S₀₀₀

N

t

•OQ8

9

Sç
00

tior

./.,-t

oooej 000,

£26J

-&

Ioj3

2°E.€

*

-(R)

r=

4--

f

7

B'

i)

(41)

S

*10

900

.S
*j4 02D\JLG

V=
rZnn

i'

Ør'

'tva v OcWvwG) TID dfl%B

ç4

9.

-t

CALCOLO DELLA RESISTENZA TERMICA DELLE INTERCAPEDINI SECONDO UNI EN 673 (Ex UNI 10345-Art.5.1)

L'ipotesi di calcolo considera la cavità in esame come se fosse riempita di un materiale di conduttività equivalente λ_e pari a quella che competerebbe allo spazio compreso fra due lastre piane, parallele ed indefinite a distanza pari allo spessore della cavità, immaginando che gli scambi siano dovuti all'effetto combinato della conduzione e della convezione ed all'effetto dell'irraggiamento con l'ipotesi di cavità trasparente

resistenza termica intercapedine

		1° Faccia T_1 [°C]	2° Faccia T_2 [°C]	interdistanza s [m]	T_m [K]	dT [K]
$Re = 1/(h_c + h_r)$	0,411473	20	-5	0,009	280,7	25

conduttanza termica radiativa

	materiale vetro	materiale vetro	
$h_r = [4 \cdot \sigma \cdot (T_m)^3] / [1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1]$	emissività ε_1	emissività ε_2	h_r [W/m²·K]
	0,114	0,837	0,559

dove: $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ W/(m²·K⁴) cost.Stefan-Boltzmann
 ε_1 ; ε_2 = emissività delle superfici radianti
 T_m = temperatura media assoluta delle superfici

conduttanza termica convettiva del gas nell'intercapedine

		Cod.Gas	λ_g / s
$h_c = Nu \cdot \lambda_g / s$	0,03936	08	1,871

dove: Nu = numero di Nusselt
 λ_g = conduttività termica del gas
 s = spessore dell'intercapedine

$$Nu = a \cdot (Gr \cdot Pr)^b$$

dove: a = costante caratteristica della geometria dell'intercapedine
 b = esponente caratteristico della geometria dell'intercapedine

0,0210354	0,109949	0,0660107
superfici verticali	superfici orizzontali	superfici inclinate
0,035	0,16	0,10
0,380	0,28	0,31

$$Gr = \text{numero di Grashof} = [\rho^2 \cdot s^3 \cdot 9,81 \cdot dT] / [T_m \cdot \mu^2]$$

$$Pr = \text{numero di Prandtl} = c \cdot \mu / \lambda_g$$

	Codice	Gas	Temp.di rif. [° C]	Gr	Pr
	08	Argon	10	39,27	0,006669

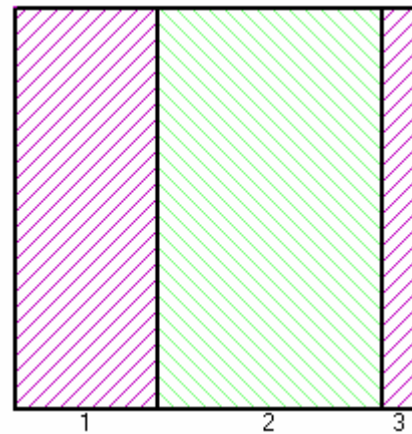
ρ = massa volumica del gas
 μ = viscosità dinamica del gas
 dT = differenza di temperatura
 T_m = temperatura media assoluta delle superfici
 c = capacità termica specifica massica

Tab.1 EN 673-OTT.2005 (ex UNI 10345)
Proprietà termofisiche dei gas usati nelle intercapedini

Codice	Gas	Temp.di rif.	Massa vol.	Viscos.din.	Conduttività	C _p massica
		[° C]	ρ [Kg/m ³]	μ [Kg/(m*s)]	λ _g [W/m*K]	[KJ/(Kg*K)]
01	Aria	-10	1,326	0,000166	0,02336	1,008
02	Aria	0	1,277	0,000171	0,02416	1,008
03	Aria	10	1,232	0,000176	0,02496	1,008
04	Aria	20	1,189	0,000181	0,02576	1,008
05						
06	Argon	-10	1,829	0,000204	0,01584	0,519
07	Argon	0	1,762	0,00021	0,01634	0,519
08	Argon	10	1,699	0,000216	0,01684	0,519
09	Argon	20	1,640	0,000223	0,01734	0,519
10						
11	SF	-10	6,844	0,000138	0,01119	0,614
12	SF	0	6,602	0,000142	0,01197	0,614
13	SF	10	6,360	0,000146	0,01275	0,614
14	SF	20	6,118	0,00015	0,01354	0,614
15						
16	Krypton	-10	3,832	0,000202	0,00842	0,245
17	Krypton	0	3,690	0,000234	0,00870	0,245
18	Krypton	10	3,560	0,000267	0,00900	0,245
19	Krypton	20	3,430	0,00025	0,00926	0,245
20						
21	Xenon	-10	6,121	0,000208	0,00494	0,161
22	Xenon	0	5,897	0,000215	0,00512	0,161
23	Xenon	10	5,689	0,000223	0,00529	0,161
24	Xenon	20	5,495	0,00023	0,00546	0,161

Struttura: *Edificio 3 P2 - Parete esterna Facciata Continua sottofinestra M3-300B*

Dati generali	
Spessore:	0,143 m
Massa superficiale:	25,65 kg/m ²
Resistenza:	2,8020 m ² K/W
Trasmittanza:	0,3569 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,3445 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,9652
Sfasamento:	1h 49'



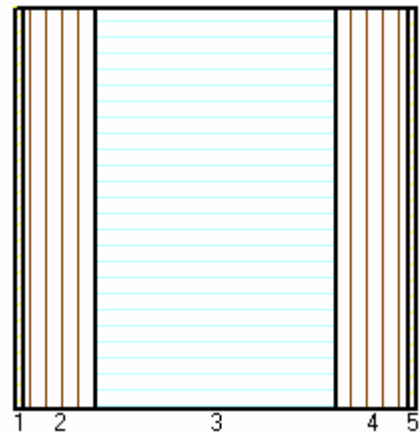
	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,0400	
1	VAR	Pannello facciata continua Fe+5cm LM	0,050	12,00	0,5725	500,000
2	ISO	PSE in lastre ricavate da blocchi conforme a UNI 7819	0,080	2,40	2,0000	5,600
3	VAR	Cartongesso in lastre	0,013	11,25	0,0595	0,100
		Superficie interna			0,1300	

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,46 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,37 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,34 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	0,3569 W/m ² K

Struttura: Edificio 3 P2 - Parete interna Divisoria M3-311

Dati generali	
Spessore:	0,100 m
Massa superficiale:	29,06 kg/m ²
Resistenza:	0,7383 m ² K/W
Trasmittanza:	1,3545 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	1,2607 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,9307
Sfasamento:	2h 10'



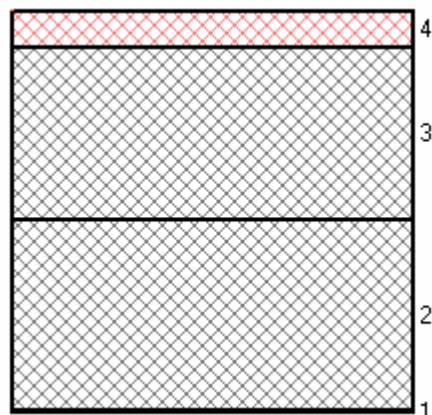
	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie interna			0,1300	
1	PLA	Policloruro di vinile (PVC)	0,002	2,80	0,0125	100,000
2	LEG	Pannelli di particelle pressati	0,018	10,80	0,1500	1,080
3	INA	Camera non ventilata	0,060	0,06	0,1833	0,060
4	LEG	Pannelli di particelle pressati	0,018	12,60	0,1200	1,260
5	PLA	Policloruro di vinile (PVC)	0,002	2,80	0,0125	100,000
		Superficie interna			0,1300	

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,46 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,37 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,34 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	1,3545 W/m ² K

Struttura: Edificio 3 P2 - Solaio Pavimento P3-301

Dati generali	
Spessore:	0,231 m
Massa superficiale:	320,87 kg/m ²
Resistenza:	0,8076 m ² K/W
Trasmittanza:	1,2382 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,4452 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,3595
Sfasamento:	7h 44'



	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie interna			0,1700	
1	MET	Ferro puro	0,001	7,87	0,0000	2000,000
2	CLS	CLS generico	0,110	209,00	0,1038	10,450
3	CLS	CLS di argilla espansa per sottofondi non aerati	0,100	50,00	0,3571	3,000
4	ROC	Marmo	0,020	54,00	0,0067	200,000
		Superficie interna			0,1700	

Caratteristiche acustiche

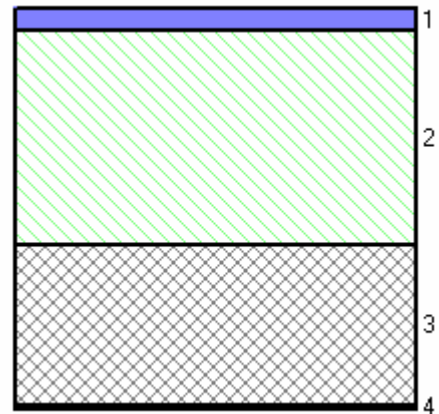
Indici acustici		Formula utilizzata
R _w :	48 dB	Formule proposte da rapporto tecnico UNI - Laboratori Italiani
L _{nw,eq} :	76 dB	Formula CEN

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,43 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,38 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,33 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	1,2382 W/m ² K

Struttura: Edificio 3 P2 - Solaio Copertura COP-001° zona con cls sp ridotto

Dati generali	
Spessore:	0,075 m
Massa superficiale:	49,07 kg/m ²
Resistenza:	1,2296 m ² K/W
Trasmittanza:	0,8133 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,7864 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,9669
Sfasamento:	1h 15'



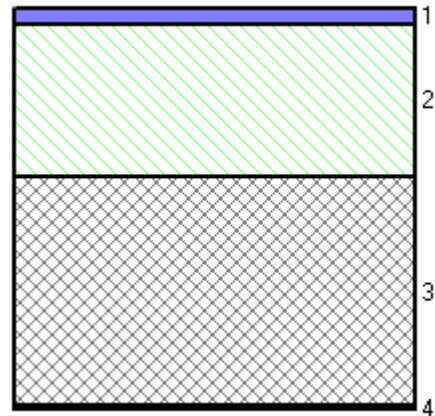
	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie manto copertura ventilata			0,1000	
1	IMP	Bitume polimero su PPL sp.4 mm.	0,004	4,00	0,0133	320,000
2	ISO	PSE in lastre ricavate da blocchi	0,040	1,20	0,9524	2,000
3	CLS	CLS generico	0,030	36,00	0,0638	1,800
4	MET	Ferro puro	0,001	7,87	0,0000	2000,000
		Superficie interna			0,1000	

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,43 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,32 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,3 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	0,8133 W/m ² K

Struttura: Edificio 3 P2 - Solaio Copertura C3-301b zona con soletta piena

Dati generali	
Spessore:	0,105 m
Massa superficiale:	85,07 kg/m ²
Resistenza:	1,2934 m ² K/W
Trasmittanza:	0,7732 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,6719 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,8690
Sfasamento:	2h 29'



	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie manto copertura ventilata			0,1000	
1	IMP	Bitume polimero su PPL sp.4 mm.	0,004	4,00	0,0133	320,000
2	ISO	PSE in lastre ricavate da blocchi	0,040	1,20	0,9524	2,000
3	CLS	CLS generico	0,060	72,00	0,1277	3,600
4	MET	Ferro puro	0,001	7,87	0,0000	2000,000
		Superficie interna			0,1000	

Caratteristiche acustiche

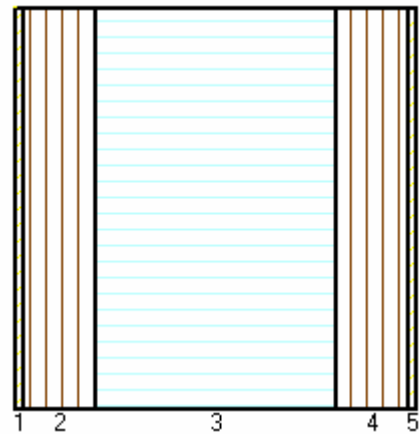
Indici acustici		Formula utilizzata
R _w :	37 dB	Formule proposte da rapporto tecnico UNI - Laboratori Italiani

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,43 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,32 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,3 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	0,7732 W/m ² K

Struttura: *Edificio 3 Pannello porta esterna in legno nobilitato*

Dati generali	
Spessore:	0,100 m
Massa superficiale:	29,06 kg/m ²
Resistenza:	0,6483 m ² K/W
Trasmittanza:	1,5425 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	1,4742 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,9557
Sfasamento:	1h 45'



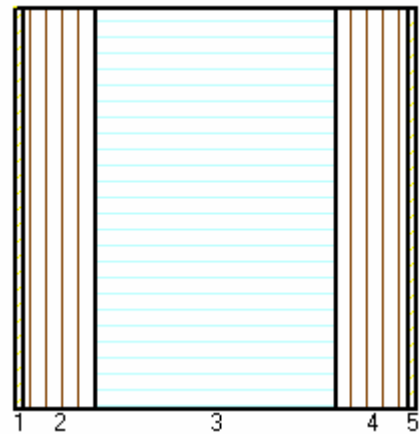
	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,0400	
1	PLA	Policloruro di vinile (PVC)	0,002	2,80	0,0125	100,000
2	LEG	Pannelli di particelle pressati	0,018	10,80	0,1500	1,080
3	INA	Camera non ventilata	0,060	0,06	0,1833	0,060
4	LEG	Pannelli di particelle pressati	0,018	12,60	0,1200	1,260
5	PLA	Policloruro di vinile (PVC)	0,002	2,80	0,0125	100,000
		Superficie interna			0,1300	

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,46 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,37 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,34 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	1,5425 W/m ² K

Struttura: *Edificio 3 Pannello interna in legno truciolare nobilitato*

Dati generali	
Spessore:	0,100 m
Massa superficiale:	29,06 kg/m ²
Resistenza:	0,7383 m ² K/W
Trasmittanza:	1,3545 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	1,2607 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,9307
Sfasamento:	2h 10'



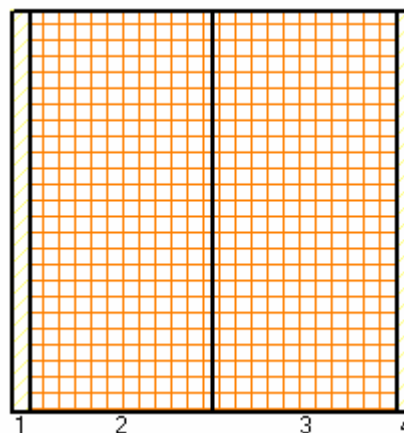
	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie interna			0,1300	
1	PLA	Policloruro di vinile (PVC)	0,002	2,80	0,0125	100,000
2	LEG	Pannelli di particelle pressati	0,018	10,80	0,1500	1,080
3	INA	Camera non ventilata	0,060	0,06	0,1833	0,060
4	LEG	Pannelli di particelle pressati	0,018	12,60	0,1200	1,260
5	PLA	Policloruro di vinile (PVC)	0,002	2,80	0,0125	100,000
		Superficie interna			0,1300	

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,46 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,37 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,34 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	1,3545 W/m ² K

Struttura: *Edificio 3 P1- Parete esterna Portante M3-201 Est*

Dati generali	
Spessore:	0,610 m
Massa superficiale:	1078,00 kg/m ²
Resistenza:	0,9614 m ² K/W
Trasmittanza:	1,0401 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,0419 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,0403
Sfasamento:	18h 49'



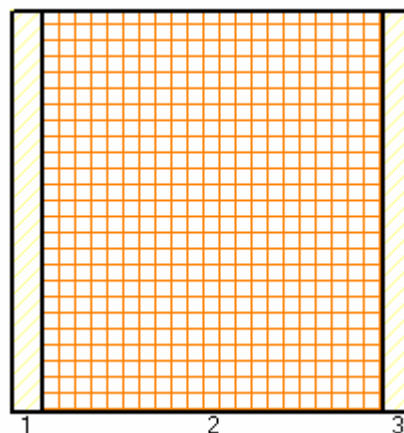
	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,0400	
1	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
2	MUR	Laterizi pieni sp.28 cm.rif.1.1.01	0,280	504,00	0,3600	4,200
3	MUR	Laterizi pieni sp.28 cm.rif.1.1.01	0,280	504,00	0,3600	4,200
4	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
		Superficie interna			0,1300	

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,46 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,37 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,34 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	1,0401 W/m ² K

Struttura: *Edificio 3 P1- Parete esterna Sottofinestra M3-201B Est*

Dati generali	
Spessore:	0,330 m
Massa superficiale:	574,00 kg/m ²
Resistenza:	0,6014 m ² K/W
Trasmittanza:	1,6627 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,4390 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,2640
Sfasamento:	9h 51'



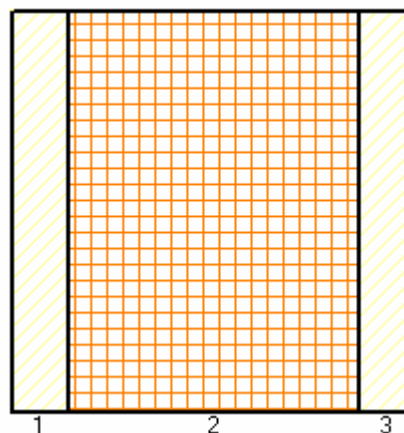
	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,0400	
1	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
2	MUR	Laterizi pieni sp.28 cm.rif.1.1.01	0,280	504,00	0,3600	4,200
3	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
		Superficie interna			0,1300	

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,46 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,37 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,34 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	1,6627 W/m ² K

Struttura: *Edificio 3 P1 - Parete Interna Divisoria M3-212*

Dati generali	
Spessore:	0,110 m
Massa superficiale:	104,00 kg/m ²
Resistenza:	0,5029 m ² K/W
Trasmittanza:	1,9886 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	1,7667 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,8884
Sfasamento:	2h 34'



	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,1300	
1	INT	Intonaco di calce e gesso	0,015	21,00	0,0214	0,150
2	MUR	Laterizi forati sp.8 cm.rif.1.1.19	0,080	62,00	0,2000	0,400
3	INT	Intonaco di calce e gesso	0,015	21,00	0,0214	0,150
		Superficie interna			0,1300	

Caratteristiche acustiche

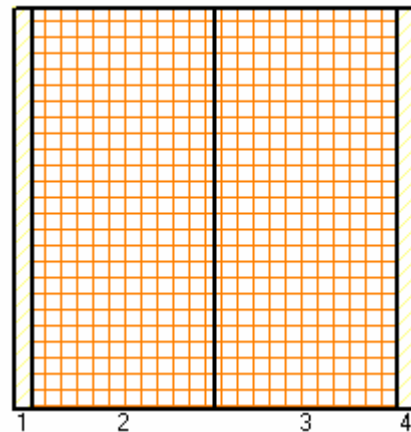
Indici acustici		Formula utilizzata
R _w :	38 dB	Formule proposte da rapporto tecnico UNI - Laboratori Italiani

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,46 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,37 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,34 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	1,9886 W/m ² K

Struttura: *Edificio 3 P1 - Parete Interna Portante M3-211*

Dati generali	
Spessore:	0,550 m
Massa superficiale:	970,00 kg/m ²
Resistenza:	0,9714 m ² K/W
Trasmittanza:	1,0294 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,0451 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,0438
Sfasamento:	17h 40'



	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie interna			0,1300	
1	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
2	MUR	Laterizi pieni sp.25 cm.rif.1.1.02	0,250	450,00	0,3200	3,750
3	MUR	Laterizi pieni sp.25 cm.rif.1.1.02	0,250	450,00	0,3200	3,750
4	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
		Superficie interna			0,1300	

Caratteristiche acustiche

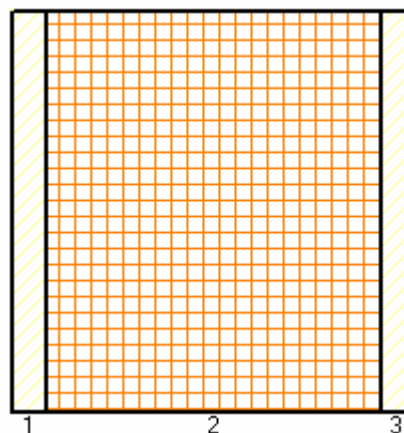
Indici acustici		Formula utilizzata
R _w :	58 dB	Formule proposte da rapporto tecnico UNI - Laboratori Italiani

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,46 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,37 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,34 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	1,0294 W/m ² K

Struttura: *Edificio 3 P1- Parete interna sottofinestra M3-211b*

Dati generali	
Spessore:	0,300 m
Massa superficiale:	520,00 kg/m ²
Resistenza:	0,6514 m ² K/W
Trasmittanza:	1,5351 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,3653 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,2380
Sfasamento:	9h 40'



	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,1300	
1	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
2	MUR	Laterizi pieni sp.25 cm.rif.1.1.02	0,250	450,00	0,3200	3,750
3	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
		Superficie interna			0,1300	

Caratteristiche acustiche

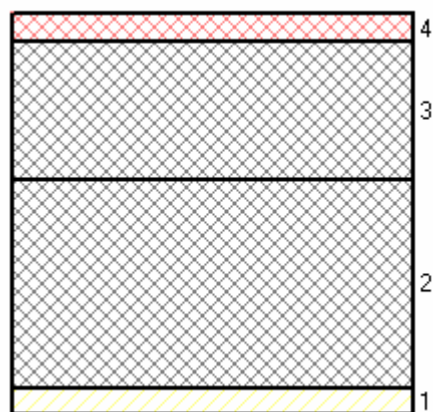
Indici acustici		Formula utilizzata
R _w :	52 dB	Formule proposte da rapporto tecnico UNI - Laboratori Italiani

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,46 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,37 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,34 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	1,5351 W/m ² K

Struttura: Edificio 3 P1- Solaio Pavimento P3-201

Dati generali	
Spessore:	0,290 m
Massa superficiale:	417,00 kg/m ²
Resistenza:	0,8739 m ² K/W
Trasmittanza:	1,1443 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,2723 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,2380
Sfasamento:	9h 15'



	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie interna			0,1700	
1	INT	Intonaco di calce e gesso	0,020	28,00	0,0286	0,200
2	CLS	CLS generico	0,150	285,00	0,1415	14,250
3	CLS	CLS di argilla espansa per sottofondi non aerati	0,100	50,00	0,3571	3,000
4	ROC	Marmo	0,020	54,00	0,0067	200,000
		Superficie interna			0,1700	

Caratteristiche acustiche

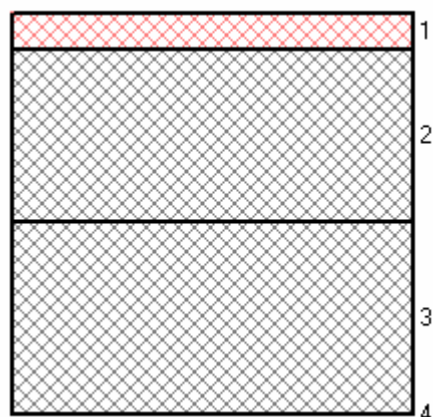
Indici acustici		Formula utilizzata
R _w :	50 dB	Formule proposte da rapporto tecnico UNI - Laboratori Italiani
L _{nw,eq} :	72 dB	Formula CEN

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,43 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,38 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,33 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	1,1443 W/m ² K

Struttura: Edificio 3 P1 Solaio Soffitto S3-201

Dati generali	
Spessore:	0,231 m
Massa superficiale:	320,87 kg/m ²
Resistenza:	0,6676 m ² K/W
Trasmittanza:	1,4979 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,7618 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,5086
Sfasamento:	6h 37'



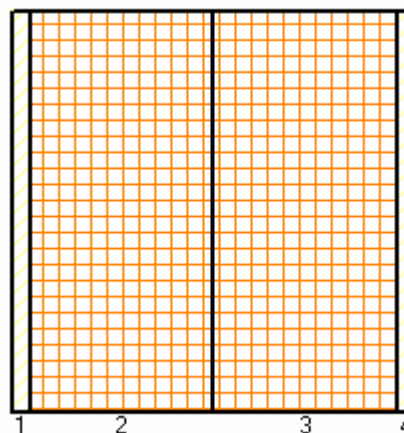
	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie interna			0,1000	
1	ROC	Marmo	0,020	54,00	0,0067	200,000
2	CLS	CLS di argilla espansa per sottofondi non aerati	0,100	50,00	0,3571	3,000
3	CLS	CLS generico	0,110	209,00	0,1038	10,450
4	MET	Ferro puro	0,001	7,87	0,0000	2000,000
		Superficie interna			0,1000	

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,43 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,32 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,3 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	1,4979 W/m ² K

Struttura: Edificio 3 PR - Parete esterna M3-101 Est

Dati generali	
Spessore:	0,610 m
Massa superficiale:	1078,00 kg/m ²
Resistenza:	0,9614 m ² K/W
Trasmittanza:	1,0401 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,0419 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,0403
Sfasamento:	18h 49'



	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,0400	
1	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
2	MUR	Laterizi pieni sp.28 cm.rif.1.1.01	0,280	504,00	0,3600	4,200
3	MUR	Laterizi pieni sp.28 cm.rif.1.1.01	0,280	504,00	0,3600	4,200
4	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
		Superficie interna			0,1300	

Caratteristiche acustiche

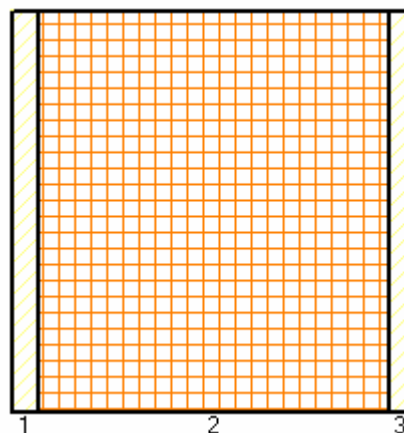
Indici acustici		Formula utilizzata
R _w :	59 dB	Formule proposte da rapporto tecnico UNI - Laboratori Italiani

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,46 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,37 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,34 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	1,0401 W/m ² K

Struttura: *Edificio 3 PR - Parete interna Portante M3-102 Sud*

Dati generali	
Spessore:	0,480 m
Massa superficiale:	849,00 kg/m ²
Resistenza:	0,8857 m ² K/W
Trasmittanza:	1,1290 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,0790 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,0700
Sfasamento:	15h 30'



	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,1300	
1	INT	Intonaco di calce e gesso	0,030	42,00	0,0429	0,300
2	MUR	Laterizi pieni sp.42 cm.rif.1.1.01	0,420	765,00	0,5400	8,400
3	INT	Intonaco di calce e gesso	0,030	42,00	0,0429	0,300
		Superficie interna			0,1300	

Caratteristiche acustiche

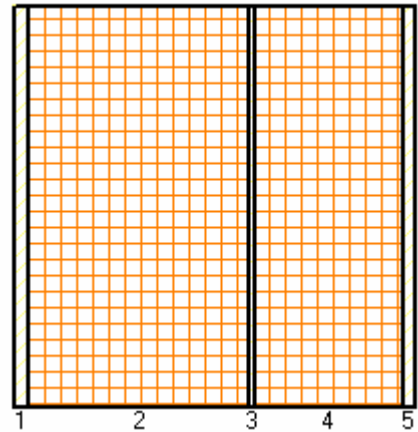
Indici acustici		Formula utilizzata
R _w :	57 dB	Formule proposte da rapporto tecnico UNI - Laboratori Italiani

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,46 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,37 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,34 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	1,1290 W/m ² K

Struttura: Edificio 3 PR - Parete esterna Portante M3-103 Nord

Dati generali	
Spessore:	0,760 m
Massa superficiale:	1357,00 kg/m ²
Resistenza:	1,1525 m ² K/W
Trasmittanza:	0,8676 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,0117 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,0135
Sfasamento:	23h 42'



	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,0400	
1	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
2	MUR	Laterizi pieni sp.42 cm.rif.1.1.01	0,420	765,00	0,5400	8,400
3	INT	Malta di calce o di calce e cemento	0,010	18,00	0,0111	0,200
4	MUR	Laterizi pieni sp.28 cm.rif.1.1.01	0,280	504,00	0,3600	4,200
5	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
		Superficie interna			0,1300	

Caratteristiche acustiche

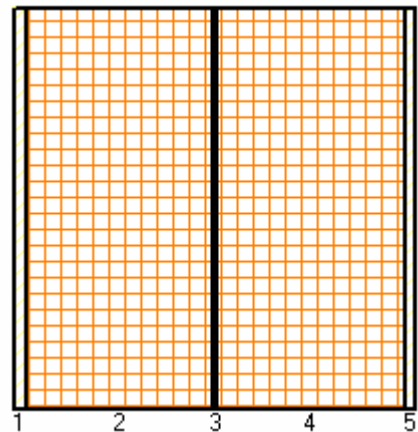
Indici acustici	Formula utilizzata	
R _w :	61 dB	Formule proposte da rapporto tecnico UNI - Laboratori Italiani

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,46 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,37 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,34 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	0,8676 W/m ² K

Struttura: Edificio 3 PR - Parete esterna Portante M3-104 Nord

Dati generali	
Spessore:	0,900 m
Massa superficiale:	1618,00 kg/m ²
Resistenza:	1,3325 m ² K/W
Trasmittanza:	0,7504 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,0035 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,0047
Sfasamento:	4h 16'



	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,0400	
1	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
2	MUR	Laterizi pieni sp.42 cm.rif.1.1.01	0,420	765,00	0,5400	8,400
3	INT	Malta di calce o di calce e cemento	0,010	18,00	0,0111	0,200
4	MUR	Laterizi pieni sp.42 cm.rif.1.1.01	0,420	765,00	0,5400	8,400
5	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
		Superficie interna			0,1300	

Caratteristiche acustiche

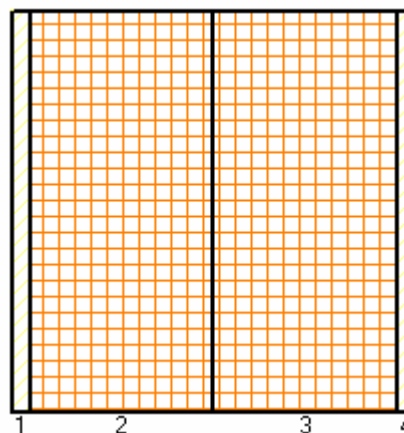
Indici acustici	Formula utilizzata
R _w : 62 dB	Formule proposte da rapporto tecnico UNI - Laboratori Italiani

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,46 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,37 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,34 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	0,7504 W/m ² K

Struttura: Edificio 3 PR - Parete esterna M3-111 Ovest

Dati generali	
Spessore:	0,610 m
Massa superficiale:	1078,00 kg/m ²
Resistenza:	0,9614 m ² K/W
Trasmittanza:	1,0401 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,0419 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,0403
Sfasamento:	18h 49'



	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,0400	
1	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
2	MUR	Laterizi pieni sp.28 cm.rif.1.1.01	0,280	504,00	0,3600	4,200
3	MUR	Laterizi pieni sp.28 cm.rif.1.1.01	0,280	504,00	0,3600	4,200
4	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
		Superficie interna			0,1300	

Caratteristiche acustiche

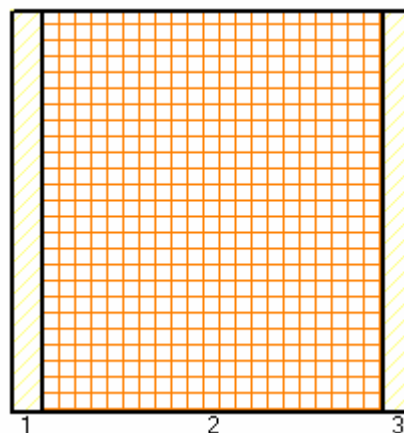
Indici acustici		Formula utilizzata
R _w :	59 dB	Formule proposte da rapporto tecnico UNI - Laboratori Italiani

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,46 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,37 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,34 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	1,0401 W/m ² K

Struttura: *Edificio 3 PR - Parete esterna Sottofinestra M3-101B Est*

Dati generali	
Spessore:	0,330 m
Massa superficiale:	574,00 kg/m ²
Resistenza:	0,6014 m ² K/W
Trasmittanza:	1,6627 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,4390 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,2640
Sfasamento:	9h 51'



	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,0400	
1	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
2	MUR	Laterizi pieni sp.28 cm.rif.1.1.01	0,280	504,00	0,3600	4,200
3	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
		Superficie interna			0,1300	

Caratteristiche acustiche

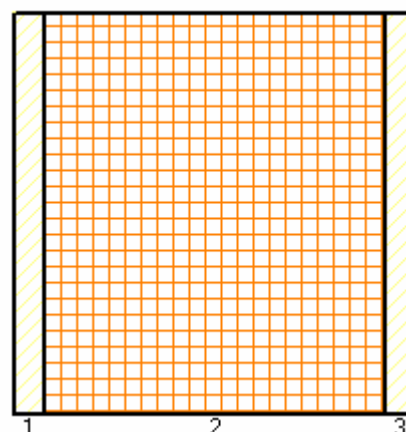
Indici acustici		Formula utilizzata
R _w :	53 dB	Formule proposte da rapporto tecnico UNI - Laboratori Italiani

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,46 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,37 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,34 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	1,6627 W/m ² K

Struttura: Edificio 3 PR - Parete esterna Sottofinestra M3-102B Sud

Dati generali	
Spessore:	0,330 m
Massa superficiale:	574,00 kg/m ²
Resistenza:	0,6914 m ² K/W
Trasmittanza:	1,4463 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,2829 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,1956
Sfasamento:	10h 39'



	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,1300	
1	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
2	MUR	Laterizi pieni sp.28 cm.rif.1.1.01	0,280	504,00	0,3600	4,200
3	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
		Superficie interna			0,1300	

Caratteristiche acustiche

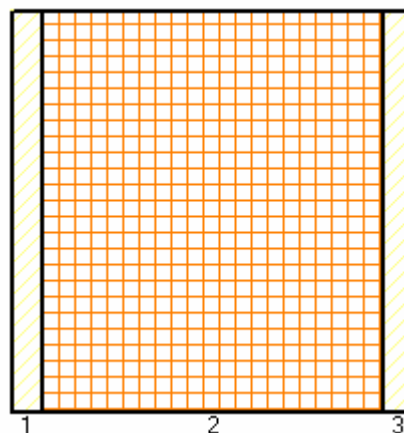
Indici acustici		Formula utilizzata
R _w :	53 dB	Formule proposte da rapporto tecnico UNI - Laboratori Italiani

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,46 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,37 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,34 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	1,4463 W/m ² K

Struttura: Edificio 3 PR - Parete Esterna Sottofinestra M3-111B Ovest

Dati generali	
Spessore:	0,330 m
Massa superficiale:	574,00 kg/m ²
Resistenza:	0,6014 m ² K/W
Trasmittanza:	1,6627 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,4390 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,2640
Sfasamento:	9h 51'



	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,0400	
1	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
2	MUR	Laterizi pieni sp.28 cm.rif.1.1.01	0,280	504,00	0,3600	4,200
3	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
		Superficie interna			0,1300	

Caratteristiche acustiche

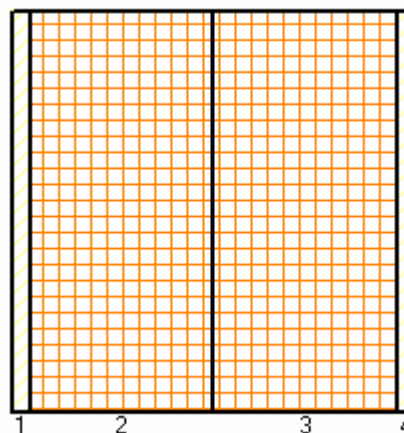
Indici acustici		Formula utilizzata
R _w :	53 dB	Formule proposte da rapporto tecnico UNI - Laboratori Italiani

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,46 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,37 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,34 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	1,6627 W/m ² K

Struttura: Edificio 3 - PR Parete Interna Divisorio Portante M3-112

Dati generali	
Spessore:	0,610 m
Massa superficiale:	1078,00 kg/m ²
Resistenza:	1,0514 m ² K/W
Trasmittanza:	0,9511 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,0270 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,0284
Sfasamento:	19h 37'



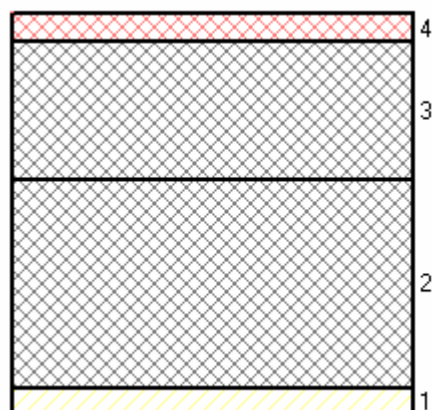
	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie interna			0,1300	
1	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
2	MUR	Laterizi pieni sp.28 cm.rif.1.1.01	0,280	504,00	0,3600	4,200
3	MUR	Laterizi pieni sp.28 cm.rif.1.1.01	0,280	504,00	0,3600	4,200
4	INT	Intonaco di calce e gesso	0,025	35,00	0,0357	0,250
		Superficie interna			0,1300	

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,46 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,37 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,34 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	0,9511 W/m ² K

Struttura: *Edificio 3 PR Solaio Pavimento P3-101*

Dati generali	
Spessore:	0,290 m
Massa superficiale:	417,00 kg/m ²
Resistenza:	0,8739 m ² K/W
Trasmittanza:	1,1443 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,2723 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,2380
Sfasamento:	9h 15'



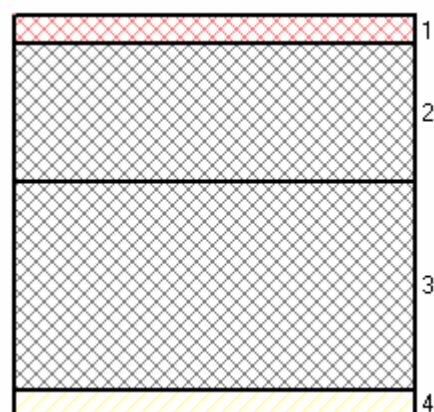
	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie interna			0,1700	
1	INT	Intonaco di calce e gesso	0,020	28,00	0,0286	0,200
2	CLS	CLS generico	0,150	285,00	0,1415	14,250
3	CLS	CLS di argilla espansa per sottofondi non aerati	0,100	50,00	0,3571	3,000
4	ROC	Marmo	0,020	54,00	0,0067	200,000
		Superficie interna			0,1700	

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,43 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,38 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,33 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	1,1443 W/m ² K

Struttura: Edificio 3 PR - Solaio Soffitto S3-101

Dati generali	
Spessore:	0,290 m
Massa superficiale:	417,00 kg/m ²
Resistenza:	0,7339 m ² K/W
Trasmittanza:	1,3626 W/m ² K
Parametri dinamici	
Trasmittanza periodica:	0,4591 W/m ² K
Fattore di attenuazione:	0,3369
Sfasamento:	8h 17'



	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m ²]	Resistenza [m ² K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie interna			0,1000	
1	ROC	Marmo	0,020	54,00	0,0067	200,000
2	CLS	CLS di argilla espansa per sottofondi non aerati	0,100	50,00	0,3571	3,000
3	CLS	CLS generico	0,150	285,00	0,1415	14,250
4	INT	Intonaco di calce e gesso	0,020	28,00	0,0286	0,200
		Superficie interna			0,1000	

Caratteristiche acustiche

Indici acustici		Formula utilizzata
R _w :	50 dB	Formule proposte da rapporto tecnico UNI - Laboratori Italiani
L _{nw,eq} :	72 dB	Formula CEN

Provincia:	MILANO
Comune:	Milano
Gradi giorno:	2404
Zona:	E

Trasmittanza massima:	0,43 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2008:	0,32 W/m ² K
Trasmittanza massima dal 2010:	0,3 W/m ² K
Trasmittanza della struttura:	1,3626 W/m ² K