

Impianto Produzione Moduli
Relazione tecnica sistemi di ventilazione ed ausiliari

Codice DN DN 00110 Fase del progetto Preliminare Data 25/02/2016 Pag. 1



Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



INDICE

1	ACRONIMI.....	3
2	PREMESSA.....	4
3	SCOPO	5
4	DESCRIZIONE DELLE AREE DA CONDIZIONARE.....	6
4.1	PLANIMETRIA GENERALE D'IMPIANTO.....	6
4.2	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA DELL'EDIFICIO	7
5	DEFINIZIONI DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI.....	10
5.1	CONDIZIONI AMBIENTALI DI PROCESSO	10
5.2	CARICO TERMICO ESTIVO	11
5.3	IL CALCOLO TERMICO INVERNALE	14
5.4	DATI DI PROGETTO	16
6	CALCOLI PRELIMINARI	17
6.1	CALCOLO DELLA PORTATA DI ARIA DI VENTILAZIONE	17
6.2	DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO	19
6.3	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO	24
7	ANALISI DEI CARICHI ELETTRICI.....	26
8	NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	27
8.1	NORMATIVE E STANDARD DI RIFIREMENTO	28
	APPENDICE 1 – CALCOLO DELLA STRATIFICAZIONE TERMICA.....	29
	APPENDICE 2 – CALCOLO DEL RISCALDAMENTO INVERNALE	30
	APPENDICE 3 – DIAGRAMMI PSICROMETRICI.....	33
	APPENDICE 4 – VERIFICA CONDENSA SUPERFICIALE	36

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



1 ACRONIMI

- **DNPT** Deposito Nazionale e Parco Tecnologico
- **ICM** Impianto Confezionamento Moduli
- **USM** Unità Smaltimento Moduli
- **IPM** Impianto Produzione Moduli

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



2 PREMESSA

Sogin S.p.A. è stata designata, attraverso il D.lgs. n.31 del 15 febbraio 2010 e successive modifiche e integrazioni, quale soggetto responsabile della localizzazione, realizzazione e dell'esercizio del Deposito Nazionale e Parco Tecnologico (DNPT) per lo 'smaltimento a titolo definitivo' dei rifiuti radioattivi di bassa e media attività (ex II categoria secondo [Rif. 1] – attività molto bassa e a bassa attività [Rif. 2] - VLLW e LLW secondo [Rif. 3]) e all'immagazzinamento, a 'titolo provvisorio di lunga durata', dei rifiuti radioattivi ad alta attività e del combustibile irraggiato provenienti dalla pregressa gestione di impianti nucleari (ex III Categoria secondo [Rif. 1] – media attività e alta attività [Rif. 2] - ILW e HLW secondo[Rif. 3]).

Nell'ambito dell'incarico ricevuto, la Sogin dovrà:

- gestire le attività finalizzate alla localizzazione del sito per il Deposito Nazionale e Parco Tecnologico
- curare le attività connesse alla progettazione ed al procedimento autorizzativo relativo alla realizzazione ed esercizio del DNPT
- provvedere alla realizzazione e all'esercizio del DNPT

Il Deposito sarà una struttura di superficie, progettata sulla base delle migliori esperienze internazionali, che consentirà la sistemazione definitiva dei rifiuti di bassa e media attività e lo stoccaggio temporaneo dei rifiuti di alta attività e del combustibile irraggiato.

In particolare nell'Impianto Produzione Moduli saranno fabbricati i Moduli, contenitori prismatici in calcestruzzo destinati ad accogliere i manufatti contenenti rifiuti radioattivi. Il Modulo costituisce l'unità elementare di stoccaggio del deposito (impianto USM). Esso sarà confezionato nell'ICM da cui, dopo essere stato cementato e sigillato, verrà trasportato all'USM dove sarà collocato definitivamente.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



3 SCOPO

Il presente documento contiene criteri, calcoli preliminari di dimensionamento e descrizione del sistema di ventilazione e condizionamento proposto per l'edificio IPM nell'ambito del progetto preliminare del DNPT finalizzato alla pubblicazione e presentazione al Seminario Nazionale.

Si precisa che il progetto preliminare dell'IPM è stato sviluppato senza tener conto di vincoli imposti dalle caratteristiche del sito scelto per ospitarlo, in particolare con riferimento all'ingombro degli impianti. Il progetto definitivo sarà invece sviluppato tenendo conto delle caratteristiche e dello spazio disponibile nel sito destinato ad ospitare il DNPT e della definizione delle barriere secondo esito della 'Qualifica delle Barriere'¹, in particolare per la ricetta del calcestruzzo del modulo e della procedura di realizzazione.

L'IPM si configura come un impianto di tipo convenzionale in quanto non sono presenti sorgenti radioattive di nessuna tipologia.

¹ La qualifica delle barriere in calcestruzzo del DN ha l'obiettivo di definire le caratteristiche chimiche, fisiche, meccaniche nonché le procedure di realizzazione e qualificazione del Modulo+Grout (d'ora in avanti semplicemente 'Modulo'), al fine di *implementare la soluzione ingegneristica più idonea ad assicurare a lungo termine (350 anni) la sicurezza strutturale e la funzionalità di isolamento e confinamento dei radionuclidi.*

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



4 DESCRIZIONE DELLE AREE DA CONDIZIONARE

Nel seguito si riporta una breve descrizione dell'edificio IPM. Esso si configura come un impianto di tipo convenzionale in quanto non sono presenti sorgenti radioattive di nessuna tipologia.

Per maggiori dettagli si rimanda ai riferimenti [Rif. 5], [Rif. 6], [Rif. 7].

4.1 PLANIMETRIA GENERALE D'IMPIANTO

Per lo svolgimento del processo di realizzazione del modulo (corpo+coperchio) sono previste otto linee di produzione affiancate. Le otto linee produttive si trovano in quattro navate (due linee per navata). Tutte le navate sono servite da due carroponi le cui vie di corsa si estendono per l'intera lunghezza delle navate stesse.

Ciascuna linea produttiva è funzionalmente costituita, in senso longitudinale, dalle seguenti aree (Figura 1).

- area di processo, destinata alle lavorazioni di cassetatura, getto e maturazione a vapore del corpo e del coperchio del modulo; ciascuna navata assicura la produzione giornaliera di 2 moduli di deposito (corpo+coperchio)
- area di maturazione, destinata alla permanenza dei moduli per la fase di maturazione a 28 giorni; essa è dimensionata per lo stoccaggio di 56 moduli, disposti su un unico livello ed opportunamente distanziati per consentire le operazioni elementari di discesa e aggancio del modulo da parte del dispositivo di presa

In senso trasversale le quattro navate sono collegate da due corsie principali, destinate alla viabilità dei mezzi di trasporto.

La prima corsia, realizzata in prossimità di una delle due estremità delle navate, è destinata alla movimentazione delle gabbie d'armatura del corpo e del coperchio del modulo, della benna caricata con il calcestruzzo.

La seconda corsia, posizionata a metà della lunghezza delle navate, consente la movimentazione verso l'esterno di casseri difettosi e la movimentazione verso l'interno di attrezzature, non previste durante il normale esercizio, necessarie al corretto svolgimento di alcune fasi operative del ciclo di produzione.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



4.2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA DELL'EDIFICIO

L'edificio ha una struttura in carpenteria metallica monopiano composta da otto file di colonne che si sviluppano in direzione longitudinale dividendo la superficie coperta in 4 aree di lavoro speculari (4 navate), ognuna servita da due carriponte.

La superficie totale coperta ha una forma rettangolare, di dimensioni 101 x 72,50 x 15,60 (altezza colmo) con superficie coperta di circa 7400 m².

Le pareti di tamponamento dell'edificio sono realizzate con pannelli coibentati in lamiera grecata (spessore 80 mm).

La copertura è realizzata da una serie di 20 capriate a doppia falda, ciascuna sorretta da 8 colonne e disposte con interasse di 5,50 m. Il portale in carpenteria metallica trasversale è rappresentato in Figura 3.

L'elemento di copertura ha come unica funzione la protezione dalle precipitazioni e dagli agenti atmosferici senza funzioni portanti ed è anch'esso realizzato con pannelli coibentati in lamiera grecata (spessore 80 mm) sostenuti da arcarecci e controventi di falda.

Sulle colonne a quota 7 metri sono alloggiate le mensole per il sostegno delle vie di corsa dei carriponte.

Infine, la fondazione dell'edificio è realizzata con una platea in c.a. contro terra dello spessore di 50 cm.

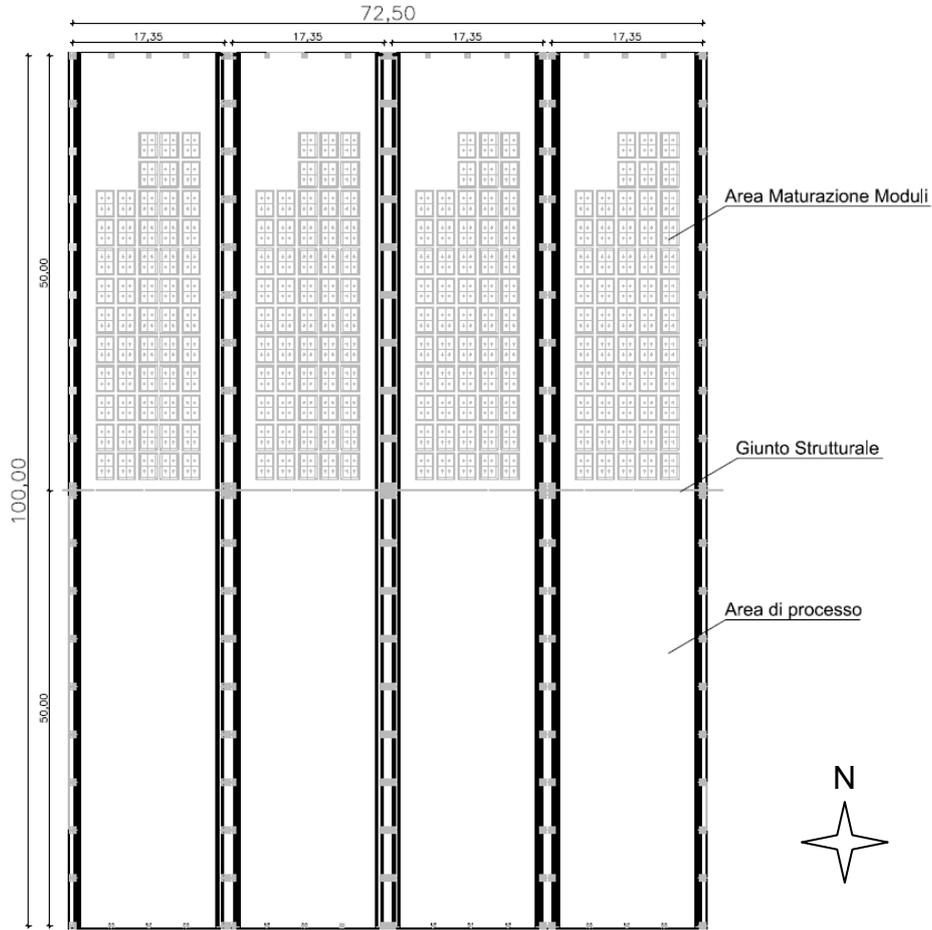


Figura 1 – Disposizione funzionale edificio IPM

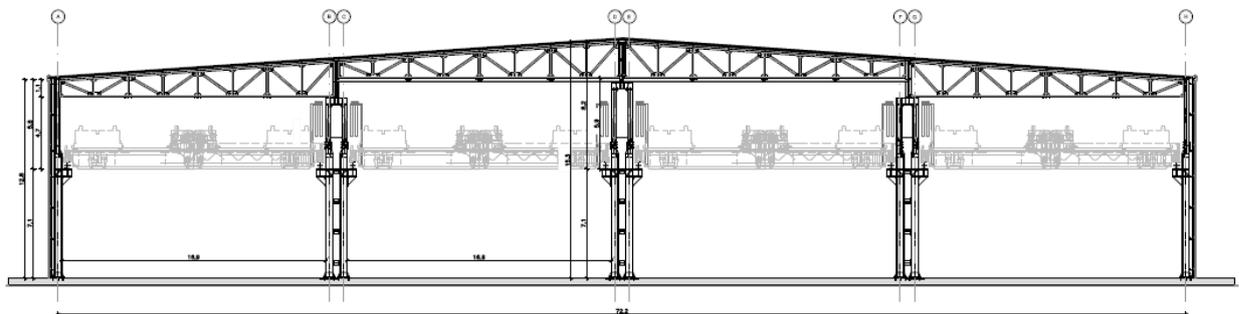


Figura 2 – Sezione trasversale IPM

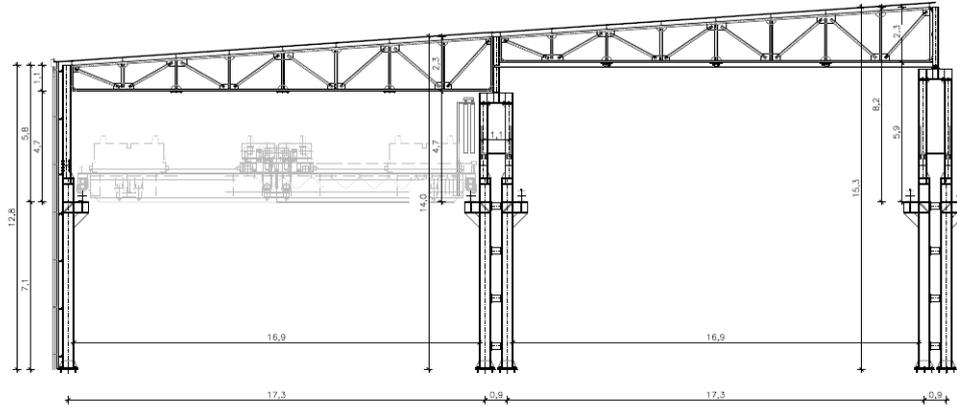


Figura 3 – Portale trasversale in carpenteria metallica (simmetrico)

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



5 DEFINIZIONI DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI

L'impianto di ventilazione e condizionamento dell'IPM è ideato per garantire in ambiente le condizioni più soddisfacenti per la corretta maturazione dei moduli assicurando allo stesso tempo il benessere per il personale addetto alla produzione.

5.1 CONDIZIONI AMBIENTALI DI PROCESSO

La stagionatura del calcestruzzo richiede il mantenimento di idonei valori di temperatura e umidità per favorire una corretta cinetica di idratazione ostacolando l'evaporazione dell'acqua dalla superficie esterna del modulo.

Il rispetto di tali requisiti comporta riflessi positivi sullo sviluppo delle caratteristiche di resistenza, sulla impermeabilità e sul ritiro del materiale, garantendo il raggiungimento delle caratteristiche auspiccate.

Nel caso in esame la maturazione dei moduli avviene in due fasi:

- la prima fase, consistente in una maturazione accelerata in fase vapore, rappresenta un primo processo di stagionatura, che consiste nel sottoporre il calcestruzzo, dopo il getto, all'effetto combinato di calore ed umidità mediante invio di vapore saturo a bassa pressione in una camera a vapore
- la seconda fase consiste in una maturazione per un periodo di 28 giorni e prevede la permanenza del modulo completo (corpo del modulo+coperchi) in un'area di maturazione aperta all'interno dell'edificio

5.1.1 Condizioni estive

Normalmente in queste condizioni, il calcestruzzo più esterno, costituente il copriferro, può essiccare precocemente causando porosità e fessurazioni superficiali, compromettendo la durabilità del materiale.

L'evaporazione dell'acqua d'impasto del calcestruzzo è condizionata dalla temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria in ambiente.

In particolare, al crescere della temperatura esterna e della velocità dell'aria e al diminuire dell'umidità relativa aumenta l'evaporazione.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



5.1.2 Condizioni invernali

La velocità di idratazione del cemento diminuisce al decrescere della temperatura con conseguente allungamento dei tempi di presa ed indurimento del calcestruzzo con il rischio di ritardare eccessivamente lo sviluppo delle caratteristiche di resistenza meccanica, particolarmente al di sotto dei 5 °C.

Se la temperatura scendesse infine sotto lo zero, l'acqua d'impasto congelerebbe compromettendo le prestazioni finali.

Sotto i -10 °C circa il processo di presa cessa del tutto.

5.2 CARICO TERMICO ESTIVO

Il carico termico sensibile ambientale agente sull'edificio è dato da:

- radiazione solare e conduzione attraverso l'involucro dell'edificio che si trasmette per irraggiamento attraverso le superfici vetrate e le strutture di tamponatura
- calore sensibile dovuto ad infiltrazioni di aria esterna
- calore sensibile prodotto da luci, persone ed eventuali dissipazioni di energia termica all'interno dei locali

I primi tre termini sono funzioni di latitudine, ora del giorno, giorno dell'anno e orientamento della superficie vetrata.

Il carico termico latente ambientale è costituito da:

- vapore acqueo dovuto alle infiltrazioni di aria ed a seguito delle aperture delle porte esterne e dalle finestre
- vapore acqueo sviluppato dalla respirazione delle persone all'interno dei locali
- vapore acqueo effluente dalle camere di maturazione accelerata e dalla superficie dei manufatti in fase di stagionatura a 28 giorni

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



5.2.1 Trasmissione del calore attraverso le finestre

La trasmissione di calore attraverso il vetro è dovuta alla radiazione solare (diretta, che colpisce le superfici vetrate esposte e diffusa, che interessa anche le superfici trasparenti non direttamente esposte al sole) ed alla conduzione.

Il carico termico dovuto alla radiazione solare attraverso il vetro semplice sarà nel caso in esame calcolato nelle seguenti ipotesi:

- assenza di tapparelle interne o esterne sulle finestre (si assume un fattore di riduzione pari a 1,00)
- assenza di ombre portate dagli edifici contigui dovuta alla lontananza di edifici limitrofi; le ombre portate limiterebbero la radiazione solare alla sola componente diffusa (assimilabile ad una esposizione a Nord delle pareti vetrate)

Il contributo dello scambio termico per conduzione attraverso il vetro, dovuto alla differenza di temperatura tra l'ambiente esterno ed i locali condizionati, viene valutato separatamente.

5.2.2 Trasmissione del calore attraverso le pareti

Nel caso di strutture murarie, la trasmissione di calore è dovuta alla radiazione solare² ed alla conduzione, analogamente a quanto visto nel caso di superfici vetrate.

Inoltre, essendo lo scambio termico funzione anche dell'inerzia termica delle pareti in combinazione con esposizione, ora del giorno, latitudine, ecc., si preferisce caratterizzare gli scambi termici mediante un unico valore, detto differenza di temperatura equivalente che tenga conto di tutte le variabili anzidette. In questo modo, è possibile ricondurre gli scambi termici alla relazione fondamentale:

$$q = k \times S \times \Delta t_e$$

La differenza di temperatura equivalente si definisce come la differenza fittizia tra le temperature esterna ed interna che, in assenza di qualsiasi scambio per irraggiamento, darebbe luogo allo stesso flusso termico misurato per il caso reale.

Per le pareti, realizzate con pannelli in lamiera grecata internamente coibentati con poliuretano si considera una trasmittanza:

² Anche in questo caso si applicano le considerazioni sulle ombre portate contenute nel paragrafo precedente

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



$$k = 0,25 \frac{kcal}{h \times m^2 \times ^\circ C}$$

5.2.3 Ricambi ed infiltrazioni di aria esterna

Gli scopi di un idoneo ricambio di aria nell'edificio (naturale o forzata) sono i seguenti:

- assicurare un adeguato numero di ricambi di aria per le esigenze produttive
- benessere respiratorio-olfattivo degli individui
- riduzione del disagio termico degli operatori dovuto a stratificazione eccessiva dell'aria nella stagione estiva
- evitare correnti d'aria fastidiose per le persone

5.2.4 Le sorgenti interne di generazione del calore

I carichi sensibili e latenti sono essenzialmente dovuti a:

- persone presenti all'interno, impegnate in attività di medio impegno fisico, tipiche dell'industria, per le quali si assume un apporto di calore sensibile pari a $55 \frac{kcal}{h \times persona}$ ed un apporto di calore latente di $60 \frac{kcal}{h \times persona}$
- illuminazione, costituita da lampade fluorescenti per le quali si assume una intensità di $10,5 \frac{kcal}{h \times m^2}$
- apparecchiature varie in funzione
- calore di idratazione generato nel processo di stagionatura a 28 giorni

Per quanto riguarda il calore di idratazione, le ipotesi adottate per la determinazione della potenza termica dispersa sono le seguenti:

- moduli in fase di maturazione: 224
- tempo di maturazione moduli (ai fini della produzione di calore): 28 giorni
- calore sviluppato dalla malta: 120 kcal/kg

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



- densità della malta: 2.325 kg/m³
- quantità di cemento presente nell'impasto: 13,5% in peso
- volume complessivo del modulo + coperchio: 3,93 m³

5.3 IL CALCOLO TERMICO INVERNALE

I carichi termici sono stati calcolati in base alla metodologia indicata dalle vigenti norme UNI, adottando le temperature di riferimento riportate nei dati di progetto.

Il calcolo termico invernale consiste nella determinazione della potenzialità termica necessaria per soddisfare le seguenti condizioni:

- mantenimento di una temperatura interna minima notturna di 10 °C, in assenza del personale, necessaria per la corretta maturazione del calcestruzzo
- mantenimento in area operativa di una temperatura diurna di 16 °C adeguata per il comfort termico degli operatori ivi presenti

Le principali dispersioni considerate sono le seguenti:

- dispersioni termiche attraverso le pareti esterne
- calore sensibile e latente dovuto alle infiltrazioni di aria esterna

Le principali sorgenti termiche interne includono, come nel caso estivo, il calore di idratazione generato nel processo di stagionatura a 28 giorni.

A questo va aggiunto, soltanto in orario notturno, il calore disperso dalle pareti delle campane di maturazione accelerata, aventi trasmittanza:

$$k = 0,48 \frac{kcal}{h \times m^2 \times ^\circ C}$$

Possono essere anche considerati gli altri apporti termici (radiazione solare, illuminazione artificiale e calore metabolico dovuto alla presenza di persone) se applicabili.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



5.3.1 Dispersioni termiche attraverso le superfici esterne

Le perdite di calore sensibile per trasmissione attraverso le superfici che delimitano l'edificio (pareti esterne, pareti interne, vetri, soffitti, pavimenti, porte, ecc.) si calcolano mediante la relazione fondamentale:

$$q_d = k \times S \times (t_i - t_e)$$

dove t_i rappresenta la temperatura dell'ambiente interno che, per semplicità sarà assunta costante lungo tutta l'altezza del locale considerato.

Tale temperatura può essere normalmente utilizzata in locali con limitate superfici vetrate (superfici fredde), in cui t_i e t_{mr} siano molto vicine tra loro³. Nella pratica, si tiene conto delle eventuale dispersioni per irraggiamento attraverso le superfici fredde aumentando di una percentuale z_1 le dispersioni termiche verso l'esterno.

Una ulteriore correzione viene apportata per tenere conto dell'esposizione dei locali (insolazione normale, grado di umidità delle pareti, intensità e direzione dei venti dominati, ecc.) attraverso il coefficiente z_2 .

5.3.2 Le infiltrazioni di aria esterna

Le perdite di calore sensibile q_{fs} e latente q_{fl} dovute alla portata di aria di infiltrazione naturale, attraverso le fessure presenti nei telai di porte e finestre sono state valutate secondo la relazione:

$$Q_f = f_f \times l$$

I valori di l si ricavano dalle planimetrie degli ambienti, mentre f_f è un coefficiente che dipende dalla qualità dei serramenti e dall'esposizione ai venti.

Il calore sensibile q_{vs} e latente q_{vl} da fornire all'aria di rinnovo per portarla nelle condizioni termo-igrometriche dei locali riscaldati sono date dalle relazioni:

$$q_{vs} = 0,29 \times Q_v \times (t_i - t_e)$$

³ Nel caso più generale, la temperatura di riferimento è la temperatura operante, definita come la media aritmetica tra le temperature t_i e t_{mr} . Ad ogni diminuzione della t_{mr} (aumento delle superfici fredde) dovrà corrispondere un uguale aumento della t_i in modo da mantenere costante la temperatura operante

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



6 CALCOLI PRELIMINARI

Il presente capitolo riporta il dimensionamento preliminare degli impianti di ventilazione, condizionamento estivo e riscaldamento invernale dell'IPM a partire dai criteri e le ipotesi precedentemente descritte.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato grafico [Rif. 11]

6.1 CALCOLO DELLA PORTATA DI ARIA DI VENTILAZIONE

Per alcuni mesi all'anno, quando non è richiesto il funzionamento dell'impianto di condizionamento estivo e del riscaldamento, possono essere raggiunte adeguate condizioni di benessere con il solo impianto di ventilazione, a condizione che esso assicuri il corretto smaltimento dei carichi termici interni ed esterni.

6.1.1 Metodo di calcolo

Il corretto smaltimento dei carichi termici richiede adeguate portate di aria di ventilazione in modo da limitare il gradiente termico verticale. La massima stratificazione accettabile si assume, nel caso in esame, pari a 1°C per metro di altezza.

L'andamento della stratificazione dell'aria al variare della portata estratta è stata valutato in maniera conservativa nelle condizioni operative più severe caratterizzate dal massimo apporto termico senza raffrescamento.

Il calcolo per la valutazione della stratificazione termica (vedi Appendice 1.1) si basa sulle seguenti ipotesi:

- apporto termico calcolato a fine luglio – ore 15,00
- assenza di impianti di condizionamento dell'aria
- ingresso dell'aria esterna da finestre ubicate sulle pareti dell'edificio a 4 m di altezza
- temperatura dell'aria a livello del pavimento uguale a quella esterna di progetto (32 °C)
- stratificazione verticale di tipo lineare
- estrazione di tipo forzato mediante torrini posti sulla copertura dell'edificio

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



La stratificazione verticale $\Delta T = T_{out} - T_{in}$ è stata determinata a partire dalla seguente relazione:

$$Q(\Delta T) = m_{aria} \times c_{p,aria} \times \Delta T$$

che, in condizioni stazionarie, esprime il bilancio termico tra l'energia termica asportata dall'edificio ad opera dell'aria di ventilazione ed il carico termico agente sullo stesso. Pertanto in termini iterativi sarà:

$$\Delta T_{n+1} = \frac{Q(\Delta T_n)}{m_{aria} \times c_{p,aria}}$$

6.1.2 Risultati dell'analisi

L'analisi ha evidenziato che la stratificazione subisce un rapido decremento iniziale all'aumentare della portata estratta, stabilizzandosi su valori inferiori a 1°C/m già per ricambi dell'ordine di 0,3 vol/h (vedi Figura 4). Tale valore, in particolare, coincide con quello indicato dalla vigente normativa UNI/TS 11300-1 per la ventilazione di edifici industriali.

In Appendice 1 è riportato il foglio di calcolo prodotto per la determinazione del gradiente termico in corrispondenza dell'anzidetta portata estratta di 0,3 vol/h.

6.1.3 Ventilazione

L'immissione di aria di rinnovo avviene dalle finestre ubicate sui lati lunghi dell'edificio a circa 4 m con dimensioni 4.500x1.000 mm, ciascuna costituita da tre ante uguali di cui due fisse e quella centrale dotata di comando motorizzato per l'apertura.

In condizioni estive l'immissione dell'aria può avvenire anche attraverso l'impianto di raffrescamento adiabatico, il cui dimensionamento costituisce l'oggetto del successivo paragrafo 6.2.

L'estrazione è affidata a 12 torrini centrifughi a getto orizzontale e velocità regolabile, disposti a reticolo sulla copertura dell'edificio in corrispondenza delle aree di maturazione del calcestruzzo, dove si originano i maggiori carichi termici interni.

I torrini sono dimensionati in modo da assicurare una portata di estrazione complessiva variabile dall'anzidetto valore minimo di 0,3 vol/h fino a circa 0,7 vol/h, valore oltre il quale non si ottengono riduzioni sostanziali della stratificazione.

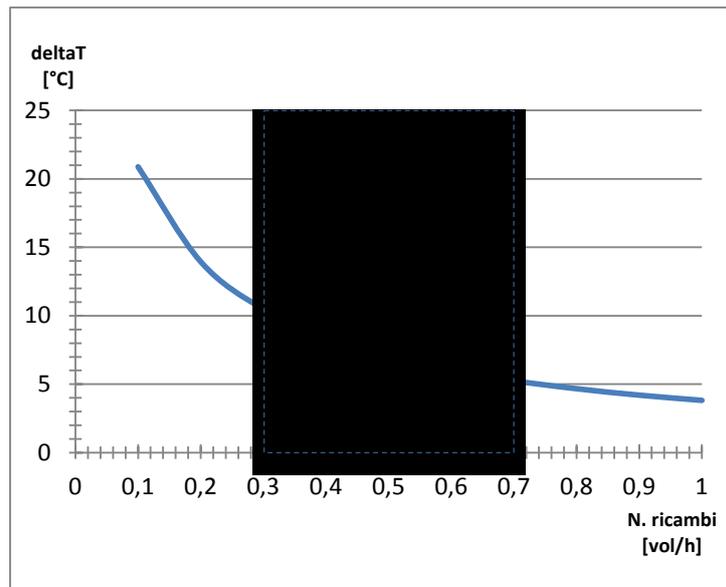


Figura 4 – Stratificazione dell'aria in funzione dei carichi termici estivi (sola ventilazione)

6.2 DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO

La sola ventilazione non è sufficiente per migliorare il microclima estivo all'interno di locali di grandi dimensioni ed assicurare un adeguato livello di benessere per il personale in presenza di elevati carichi termici.

In questi casi si deve procedere a ventilare l'ambiente con aria raffreddata garantendo adeguati ricambi di aria per neutralizzare tutti gli apporti di calore e allo stesso tempo limitare la stratificazione della temperatura interna.

Il sistema di raffrescamento evaporativo adiabatico rappresenta la soluzione progettuale di riferimento per il raffrescamento e la ventilazione di locali industriali di ampie dimensioni del tipo di quello in esame.

Tali tipologia di impianti permette il raffreddamento sensibile dell'aria esterna in ingresso mediante l'evaporazione di una certa quantità di acqua finemente nebulizzata e dispersa nella corrente fluida entrante.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



6.2.1 Valutazione della stratificazione verticale

Prendendo dapprima in considerazione il solo fenomeno della stratificazione è stata determinata, in maniera analoga al caso di sola ventilazione, la portata di aria raffrescata in corrispondenza della quale il gradiente termico verticale assume valori inferiori a 1°C per metro di altezza.

L'andamento della stratificazione dell'aria al variare della portata estratta è stata valutato in maniera conservativa nelle condizioni operative più severe caratterizzate dal massimo apporto termico.

6.2.1.1 Metodo di calcolo

Il calcolo per la valutazione della stratificazione termica (vedi Appendice 1.2) si basa sulle seguenti ipotesi:

- apporto termico di fine luglio – ore 15,00
- efficienza di saturazione $\eta_{sat} = \frac{T_1 - T_2}{T_{rug} - T_2} = 80\%$ con riferimento alla simbologia adottata sul diagramma psicrometrico in Appendice 3.1. Pertanto l'aria umidificata sarà immessa in ambiente a temperatura $T_{in} \cong 25,5^\circ C$
- stratificazione verticale di tipo lineare
- estrazione di tipo forzato mediante torrini posti sulla copertura dell'edificio;

La stratificazione verticale $\Delta T = T_{out} - T_{in}$ è stata determinata a partire dalla seguente relazione:

$$Q(\Delta T) = m_{aria} \times c_{p,aria} \times \Delta T$$

che, in condizioni stazionarie, esprime il bilancio termico tra l'energia termica asportata dall'edificio ad opera dell'aria di ventilazione ed il carico termico agente sullo stesso. Pertanto in termini iterativi sarà:

$$\Delta T_{n+1} = \frac{Q(\Delta T_n)}{m_{aria} \times c_{p,aria}}$$

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



6.2.1.2 Risultati dell'analisi

In presenza di un impianto di raffrescamento dell'aria, l'analisi ha evidenziato che la stratificazione è, a parità di ricambi di aria, superiore a quella calcolata con la sola ventilazione in funzione (vedi Figura 5).

Ciò dipende da alcuni termini del carico termico esterno che aumentano al crescere della differenza di temperatura tra interno ed esterno edificio che si verifica, in questo caso, per via della diminuzione della temperatura media interna.

Anche in questo caso, comunque, l'analisi ha evidenziato che la stratificazione subisce un rapido decremento iniziale all'aumentare della portata estratta, stabilizzandosi su valori inferiori a $<1^{\circ}\text{C}/\text{m}$ con portate di almeno 0,4 vol/h (vedi Figura 4). Tale valore è coerente con quello minimo indicato dalla vigente normativa UNI/TS 11300-1 per la ventilazione di edifici industriali (0,3 ricambi/h).

In Appendice 2 è anche riportato, a titolo esemplificativo, il dettaglio dei calcoli corrispondenti ad un ricambio di 0,4 vol/h.

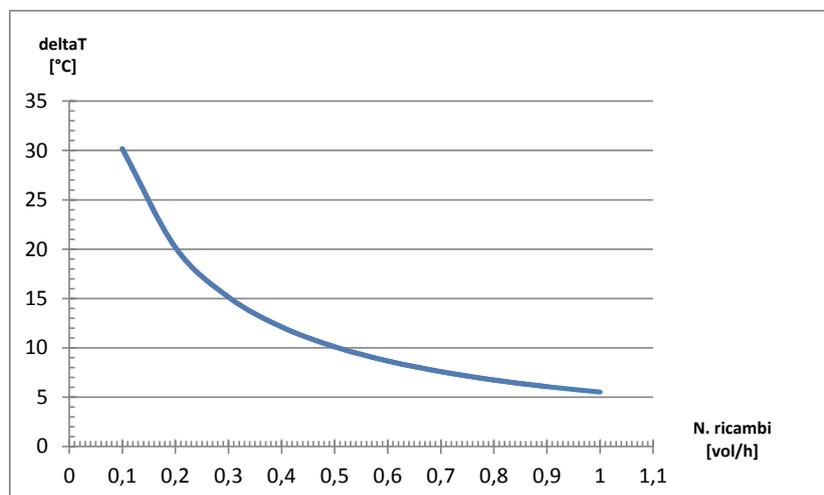


Figura 5 – Stratificazione dell'aria in funzione dei carichi termici estivi (con raffrescamento)

6.2.2 Dimensionamento dell'impianto di raffrescamento

Per assicurare adeguate condizioni di comfort estivo al personale, si prevede l'installazione di un impianto per il raffrescamento evaporativo della sola area operativa (spot cooling) dove si concentra la massima presenza del personale operativo.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



6.2.2.1 Metodo di calcolo

La zona operativa, che presenta un volume di circa 5.600 m³ (72x20x4h m³), dovrà essere interessata da circa 10 vol/h di aria raffrescata per assicurare una efficace azione di lavaggio ed abbattimento del carico termico lungo tutta l'area servita.

La portata indicata è adeguata poiché è superiore a quella minima richiesta, sulla base di quanto visto nel precedente paragrafo, per la limitazione della stratificazione termica al di sotto di 1 °C/m.

Per la determinazione delle condizioni termo-igrometriche attese nell'area operativa sono state formulate le seguenti ipotesi:

- il carico termico sensibile dell'area operativa è assunto come frazione volumetrica $\frac{V_{op}}{V_{tot}} = 0,0553$ del carico termico sensibile totale, pari a 152.790 kcal per una portata di 56.000 m³/h (vedi Figura 6). Pertanto sarà:

$$Q_{op.s} = 152.790 \times 0,0553 \cong 8.450 \text{ kcal}$$

- il carico termico latente dell'area operativa $Q_{op.l} = 660 \text{ kcal}$ si assume invece pari al carico latente totale dal momento che in questa zona si concentra la presenza di personale
- l'aria immessa è soltanto quella trattata dai raffrescatori adiabatici (condizione che si ottiene in estate con porte e finestre chiuse o estraendo una portata inferiore a quella immessa) in modo da contrastare qualsiasi tipo di rientro di aria esterna che possa ridurre l'efficacia di raffrescamento

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---

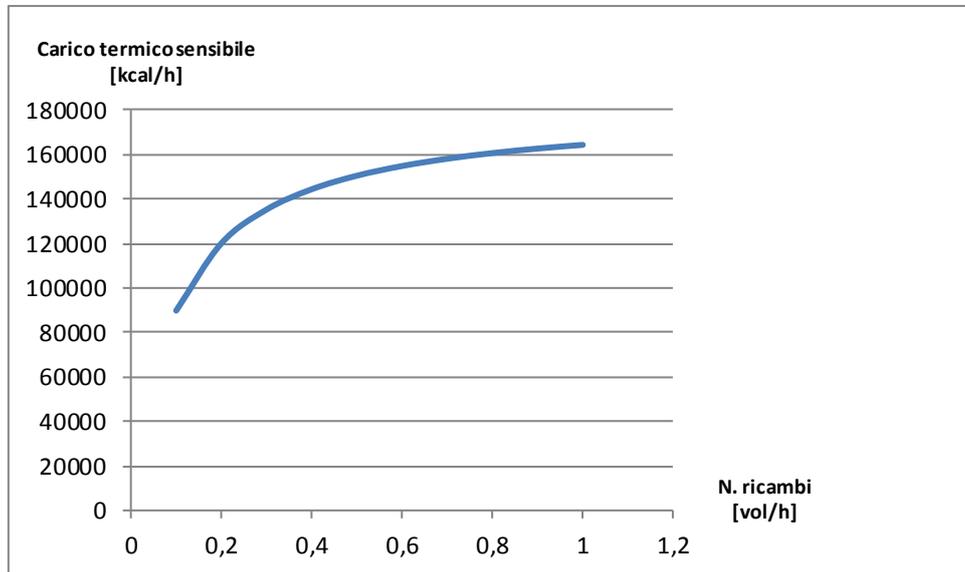


Figura 6 – Carico termico sensibile dell’edificio in funzione dei ricambi di aria

6.2.2.2 Risultati dell’analisi

I risultati dell’analisi sono sintetizzati nel diagramma psicrometrico in Appendice 3.1.

La temperatura media T_{op} dell’area operativa dipende dalla temperatura di ingresso T_{in} e dal carico termico sensibile agente sull’area stessa secondo la seguente relazione:

$$T_{op} = T_{in} + \frac{152.790 \times 0,0553}{0,24 \times 1,225 \times 56.000} \cong 26,0^{\circ}C$$

mentre l’inclinazione del segmento $T_2 - T_3$ è data dal fattore termico ambiente dell’area operativa:

$$R = \frac{Q_{op.s}}{Q_{op.s} + Q_{op.l}} = 0,927$$

6.2.3 Descrizione dell’impianto di condizionamento

Saranno installati n. 4 raffrescatori adiabatici all’esterno dell’edificio, in posizione attigua all’area operativa ed in numero di uno per ciascuna linea produttiva.

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



Ciascuna apparecchiatura avrà una portata unitaria di circa 14.000 m³/h in modo da assicurare 10 ricambi orari complessivi del volume costituente la zona operativa (circa 5.600 m³).

Le apparecchiature avranno efficienza di saturazione di almeno 80%.

L'aria trattata sarà immessa nell'edificio a circa 4 m di altezza mediante canalizzazioni termicamente isolate e diffusori a tre vie con alette orientabili per la distribuzione uniforme dell'aria raffrescata.

6.3 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

Le funzione dell'impianto di riscaldamento sono:

- assicurare il mantenimento di una temperatura notturna di almeno 10°C per la corretta maturazione del calcestruzzo in presenza delle minime temperature esterne (-5 °C)
- assicurare una temperatura diurna di 16°C per il benessere del personale (ipotizzando 0 °C esterni)

A tale scopo occorrerà prevedere n. 8 aerotermi ad acqua calda da installare sulla parete interna dell'area operativa per una potenza termica complessiva di circa 65 kW come mostrato in Appendice 2.

In aggiunta saranno anche previsti 40 apparecchi destratificatori a soffitto per contrastare la naturale tendenza alla stratificazione dell'aria. In questo modo si contribuirà ad uniformare la temperatura interna riducendo al minimo la potenza termica necessaria per il suo riscaldamento e le dispersioni verso l'esterno, che risultano particolarmente elevate in corrispondenza della copertura dell'edificio; in questa zona, infatti, in assenza di destratificatori, le temperature raggiungono il massimo valore e con esse le dispersioni verso l'ambiente esterno.

Nel caso invernale, i torrini di estrazione (vedi elaborati [Rif. 8] e [Rif. 18]) saranno quindi di regola spenti per contenere le dispersioni termiche verso l'ambiente esterno.

Sarà anche previsto un impianto di umidificazione a vapore avente potenzialità di circa 40 kg/h, necessario per bilanciare le perdite di calore latente dovute alla portata di aria di infiltrazioni attraverso i serramenti chiusi, stimata in circa 3.200 m³/h (caso notturno con serramenti chiusi – Appendice 3.2) e 8.000 m³/h (caso diurno con transiti del personale e materiali – Appendice 3.3).

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



E' stata infine effettuata la verifica di condensa superficiale nei casi invernale diurno e notturno.

La verifica consiste nel confronto della temperatura interna di parete T_{pi} (vedi Appendice 4) con la temperatura di rugiada dell'aria interna T_r .

La verifica ha fornito esito positivo essendo sempre $T_r < T_{pi}$, come sintetizzato nella tabella seguente.

<i>Verifica di condensa superficiale</i>	T_{pi} [°C]	T_r [°C]
Caso invernale notturno	9,6	2,5
Caso invernale diurno	15,5	5,5

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



7 ANALISI DEI CARICHI ELETTRICI

Le potenze massime assorbite dagli impianti proposti, valutate nei casi di funzionamento estivo ed invernale, sono sintetizzate nelle tabelle seguenti.

Per maggiori dettagli si rimanda ai documenti [Rif. 14] e [Rif. 15].

CASO ESTIVO

Apparecchiatura	Numero	Potenza assorbita [kW]	
		Unitaria	Totale
Raffrescatori adiabatici	4	1,2	4,8
Torrini di estrazione	12	1,1	13,2
TOTALE			18,0

CASO INVERNALE

Apparecchiatura	Numero	Potenza assorbita [kW]	
		Unitaria	Totale
Aerotermini ad acqua	8	0,11	0,9
Destratificatori	40	0,31	12,4
TOTALE			13,3

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



8 NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [Rif. 1] ENEA-DISP Guida Tecnica n. 26 “Gestione dei rifiuti radioattivi”, settembre 1987
- [Rif. 2] Decreto Ministeriale 7 Agosto 2015 “Classificazione dei rifiuti radioattivi ai sensi dell’articolo 5 del decreto legislativo 4 Marzo 2015, n. 45”
- [Rif. 3] IAEA – General safety guide – GSG-1 – Classification of radioactive waste
- [Rif. 4] DN DN 00100 – Impianto Produzione Moduli – Relazione descrittiva generale
- [Rif. 5] DN DN 00101 – Impianto Produzione Moduli – Planimetria generale
- [Rif. 6] DN DN 00103 – Impianto Produzione Moduli – Sezioni longitudinali
- [Rif. 7] DN DN 00104 – Impianto Produzione Moduli – Pianta quota 0.00
- [Rif. 8] DN DN 00106 – Impianto Produzione Moduli – Sezioni trasversali
- [Rif. 9] DN DN 00109 – Impianto Produzione Moduli – Relazione tecnica processo di produzione malta getto e maturazione
- [Rif. 10] DN DN 00111 – Impianto Produzione Moduli – Assieme generale – pianta e sezioni
- [Rif. 11] DN DN 00114 – Impianto Produzione Moduli – Schema generale impianto di ventilazione
- [Rif. 12] DN DN 00116 – Impianto Produzione Moduli – Sinottico funzionale modulo e coperchio
- [Rif. 13] DN DN 00117 – Impianto Produzione Moduli – Relazione tecnica strumentali e speciali
- [Rif. 14] DN DN 00118 – Impianto Produzione Moduli – Schema elettrico generale
- [Rif. 15] DN DN 00120 – Impianto Produzione Moduli – Analisi preliminare carichi elettrici
- [Rif. 16] DN DN 00152 – Impianto Produzione Moduli – Schema funzionale sistema di produzione vapore

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



[Rif. 17] DN DN 00171 – Impianto Produzione Moduli – Relazione sistema di automazione e controllo

[Rif. 18] DN DN 00216 – Impianto Produzione Moduli – Pianta a quota copertura

8.1 NORMATIVE E STANDARD DI RIFIREMENTO

- UNI EN ISO 7730 - Ambienti termici moderati. Determinazione degli indici PMV e PPD e specifica delle condizioni di benessere termico.
- UNI/TS 11300-1 - Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale
- UNI 10344 - Riscaldamento degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia
- UNI 10345 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Trasmittanza termica dei componenti edilizi finestrati - Metodo di calcolo
- UNI 10346 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Scambi di energia termica tra terreno ed edificio - Metodo di calcolo
- UNI 10349 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici
- UNI 10350 - Edifici residenziali - Verifica igrometrica ai fenomeni di condensazione del vapore
- UNI 10375 - Metodo di calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti
- UNI 10376 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici

APPENDICE 1 – CALCOLO DELLA STRATIFICAZIONE TERMICA

APPENDICE 1.1 – solo ventilazione

CARICHI TERMICI ESTERNI (ore 15.00)					
Radiazione solare finestre	Radiazione	Superficie	Fattore di riduzione	Carico termico	NOTE
	[kcal/(h*m ²)]	[m ²]		[kcal/h]	
Finestre (Est)	35,00	63,00	1,00	2.205,00	
Finestre (Ovest)	390,00	63,00	1,00	24.570,00	
				26.775,00	

Conduzione/radiazione strutture	K	Superficie	Dt equiv.	Carico termico	NOTE
	[kcal/(h*m ² *°C)]	[m ²]	[°C]	[kcal/h]	
Conduzione finestre (tutte)	3,00	126,00	5,24	1.980,31	doppio vetro- telaio metallico
Conduz. e radiaz pareti est. (Ovest)	0,25	1137,00	1,33	377,41	colore chiaro
Conduz. e radiaz pareti est. (Nord)	0,25	900,00	-4,84	-1.088,76	colore chiaro
Conduz. e radiaz pareti est. (Est)	0,25	1137,00	-4,56	-1.296,50	colore chiaro
Conduz. e radiaz pareti est. (Sud)	0,25	900,00	0,05	11,24	colore chiaro
Conduzione pavimento	0,80	7200,00	-8,00	-46.080,00	
Conduzione soffitto	0,25	7200,00	-7,09	-12.770,16	colore chiaro
				-58.866,45	

CARICHI TERMICI INTERNI						
Calore di idratazione	Numero	cal. Maturazione	Peso	Durata	Carico termico	NOTE
	[n.]	[kcal/kg]	[kg]	[h]	[kcal/h]	
Stagionatura calcestruzzo (28 giorni)	224,00	120,00	276310,44	672,00	49.341,15	
					49.341,15	

Prima maturazione	Numero	cal. Maturazione	Peso	Durata	Carico termico	NOTE
	[n.]	[kcal/kg]	[kg]	[h]	[kcal/h]	
Maturazione rapida a vapore	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	non attiva ore 15.00
					0,00	

Carico metabolico	Numero	Calore metabolico		Carico termico	NOTE
	[n.]	[kcal/h]		[kcal/h]	
Persone (latente)	12,00	55,00		660,00	
Persone (sensibile)	12,00	60,00		720,00	
				1.380,00	

Illuminazione ed apparecchiature	Potenza media	Superficie		Carico termico	NOTE
	[kcal/h*m ⁻²]	[m ²]		[kcal/h]	
Illuminazione fluorescente	10,50	7200,00		75.600,00	
				75.600,00	

CARICO TERMICO TOTALE				94.229,70	
CARICO TERMICO SENSIBILE				93.569,70	
CARICO LATENTE				660,00	

tentativo	37,238918 °C	Temperatura		
Tmedia risultante	37,238918 °C	pavimento	sommità	
delta T medio	5,24	T(0)	T(14)	
		32,00	42,48	

CARICO TERMICO ASPORTATO DALL'ARIA DI VENTILAZIONE					
Infiltrazioni aria esterna	Portata	Calore spec.	delta T	Carico termico	NOTE
	[m ³ /h]	[kcal*kg ⁻¹ *K ⁻¹]	[°C]	[kcal/h]	
Aria esterna (sensibile)	30375,00	0,24	-10,48	-93.569,70	
				-93.569,70	

Infiltrazioni aria esterna	Portata	Umidità assoluta		Calore latente	Carico termico	NOTE
	[m ³ /h]	Ui	Uu	[kcal/kg]	[kcal/h]	
Aria esterna (latente)	30375,00	15,20	15,23	0,60	-660,00	
					-660,00	

APPENDICE 1.2 – raffrescamento

CARICHI TERMICI ESTERNI (ore 15.00)

Radiazione solare finestre	Radiazione	Superficie	Fattore di riduzione	Carico termico	NOTE
	[kcal/(h*mq)]	[mq]		[kcal/h]	
Finestre (Est)	35,00	63,00	1,00	2.205,00	
Finestre (Ovest)	390,00	63,00	1,00	24.570,00	
				26.775,00	

Conduzione/radiazione strutture	K	Superficie	Dt equiv.	Carico termico	NOTE
	[kcal/(h*mq*°C)]	[mq]	[°C]	[kcal/h]	
Conduzione finestre (tutte)	3,00	126,00	6,06	2.291,41	doppio vetro- telaio metallico
Conduz. e radiaz pareti est. (Ovest)	0,25	1137,00	7,00	1.991,10	colore chiaro
Conduz. e radiaz pareti est. (Nord)	0,25	900,00	0,84	188,57	colore chiaro
Conduz. e radiaz pareti est. (Est)	0,25	1137,00	1,12	317,18	colore chiaro
Conduz. e radiaz pareti est. (Sud)	0,25	900,00	5,73	1.288,57	colore chiaro
Conduzione pavimento	0,80	7200,00	-1,50	-8.640,00	
Conduzione soffitto	0,25	7200,00	-3,06	-5.514,38	colore chiaro
				-8.077,55	

CARICHI TERMICI INTERNI

Calore di idratazione	Numero	cal. Maturazione	Peso	Durata	Carico termico	NOTE
	[n.]	[kcal/kg]	[kg]	[h]	[kcal/h]	
Stagionatura calcestruzzo (28 giorni)	224,00	120,00	276310,44	672,00	49.341,15	
					49.341,15	

Prima maturazione	Numero	cal. Maturazione	Peso	Durata	Carico termico	NOTE
	[n.]	[kcal/kg]	[kg]	[h]	[kcal/h]	
Maturazione rapida a vapore	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	non attiva ore 15,00
					0,00	

Carico metabolico	Numero	Calore metabolico			Carico termico	NOTE
	[n.]	[kcal/h]			[kcal/h]	
Persone (latente)	12,00	55,00			660,00	
Persone (sensibile)	12,00	60,00			720,00	
					1.380,00	

Illuminazione ed apparecchiature	Potenza media	Superficie		Carico termico	NOTE
	[kcal/h*m-2]	[m2]		[kcal/h]	
Illuminazione fluorescente	10,50	7200,00		75.600,00	
				75.600,00	

CARICO TERMICO TOTALE
145.018,60
CARICO TERMICO SENSIBILE
144.358,60
CARICO LATENTE
660,00

tentativo	31,561921 °C	Temperatura	
Tmedia risultante	31,561921 °C	pavimento	sommità
	delta T medio	T(0)	T(14)
	6,06	25,50	37,62

CARICO TERMICO ASPORTATO DALL'ARIA DI VENTILAZIONE

Infiltrazioni aria esterna	Portata	Calore spec.	delta T	Carico termico	NOTE
	[m3/h]	[kcal*kg-1*K-1]	[°C]	[kcal/h]	
Aria esterna (sensibile)	40500,00	0,24	-12,12	-144.358,60	
				-144.358,60	

Infiltrazioni aria esterna	Portata	Umidità assoluta	Calore latente	Carico termico	NOTE
	[m3/h]	[gr*kg-1]	[kcal/kg]	[kcal/h]	
Aria esterna (latente)	40500,00	17,60	17,62	0,60	-660,00
					-660,00

APPENDICE 2 – CALCOLO DEL RISCALDAMENTO INVERNALE
APPENDICE 2.1 – CASO NOTTURNO (Test=-5°C – Tint=10 °C)

Relazione Tecnica
Impianto Produzione Moduli
Relazione tecnica sistemi di ventilazione
e ausiliari

ELABORATO
DN DN 00110

REVISIONE
01



CARICHI TERMICI ESTERNI SENSIBILI

Radiazione solare finestre	Radiazione [kcal/(h*mq)]	Superficie [mq]	Fattore di riduzione	Carico termico [kcal/h]	NOTE
Finestre (Est)	0,00	63,00	1,00	0,00	
Finestre (Ovest)	0,00	63,00	1,00	0,00	
				0,00	

Conduzione/radiazione strutture	K [kcal/(h*mq*°C)]	Superficie [mq]	De equiv. [°C]	Carico termico [kcal/h]	NOTE
Conduzione finestre (tutte)	2,70	126,00	-15,00	-5.101,71	
Conduzione pareti est. (Ovest)	0,25	1137,00	-15,00	-4.262,67	
Conduzione pareti est. (Nord)	0,25	900,00	-15,00	-3.374,14	
Conduzione pareti est. (Est)	0,25	1137,00	-15,00	-4.262,67	
Conduzione pareti est. (Sud)	0,25	900,00	-15,00	-3.374,14	
Condizione pavimento	0,30	7200,00	-7,00	-40.298,08	
Condizione soffitto	0,25	7200,00	-15,00	-26.992,15	
				SUB-TOTALE A	
				-87.666,56	

Correzioni dispersioni superfici esterne	Carico termico [kcal/h]	NOTE
Presenza superfici fredde (+10% A)	-8.766,66	
Esposizione (+10% A)	-8.766,66	
		SUB-TOTALE B
		-17.533,31

Infiltrazioni/aria di immissione	Portata [m3/h]	Calore spec. [kcal*kg-1*°K-1]	delta T [°C]	Carico termico [kcal/h]	NOTE
Aria esterna (sensibile)	3200,00	0,24	-15,00	-11.517,08	
				SUB-TOTALE C	
				-11.517,08	

Correzione per funzionamento intermittente	Carico termico [kcal/h]	NOTE
Funzionamento 12-16 ore/giorno (+20% (A+B+C))	-23.343,39	
		SUB-TOTALE B
		-23.343,39

CARICHI TERMICI INTERNI SENSIBILI

Calore di idratazione	Numero [n.]	cal. Maturazione [kcal/kg]	Peso [kg]	Durata [h]	Carico termico [kcal/h]	NOTE
Stagionatura calcestruzzo (28 giorni)	224,00	120,00	276310,44	672,00	49.341,15	
					49.341,15	

Prima maturazione	Numero [n.]	K [kcal/(h*mq*°C)]	S [m-2]	delta T [°C]	Carico termico [kcal/h]	NOTE
Maturazione rapida a vapore	8,00	0,48	1007,36	50,00	24.178,48	
					24.178,48	

Carico metabolico	Numero [n.]	Calore metabolico [kcal/h]	Carico termico [kcal/h]	NOTE
Persone (sensibile)	0,00	60,00	0,00	
			0,00	

Illuminazione ed apparecchiature	Potenza media [kcal/h*m-2]	Superficie [m2]	Carico termico [kcal/h]	NOTE
Illuminazione fluorescente	0,00	7200,00	0,00	
			0,00	

Apparecchiature	n.	Potenza unitaria [kcal/h]	Carico termico [kcal/h]	NOTE
Destratificatori	40,00	266,60	10.664,00	
			10.664,00	

Riscaldamento con aerotermi	n.	Potenza unitaria [kcal/h]	Carico termico [kcal/h]	NOTE
Aerotermi	8,00	6984,59	55.876,70	
			55.876,70	

Tint. 10,00 °C

CARICO TERMICO SENSIBILE RESIDUO

0,00

CARICHI TERMICI LATENTI

Infiltrazioni/aria di immissione	Portata [m3/h]	Umidità assoluta [gr*kg-1]	Calore latente [kcal/kg]	Carico termico [kcal/h]	NOTE
Aria esterna (latente)	3200,00	4,50	1,50	-7.056,00	
				-7.056,00	

Carico metabolico	Numero [n.]	Calore metabolico [kcal/h]	Carico termico [kcal/h]	NOTE
Persone (latente)	0,00	55,00	0,00	
			0,00	



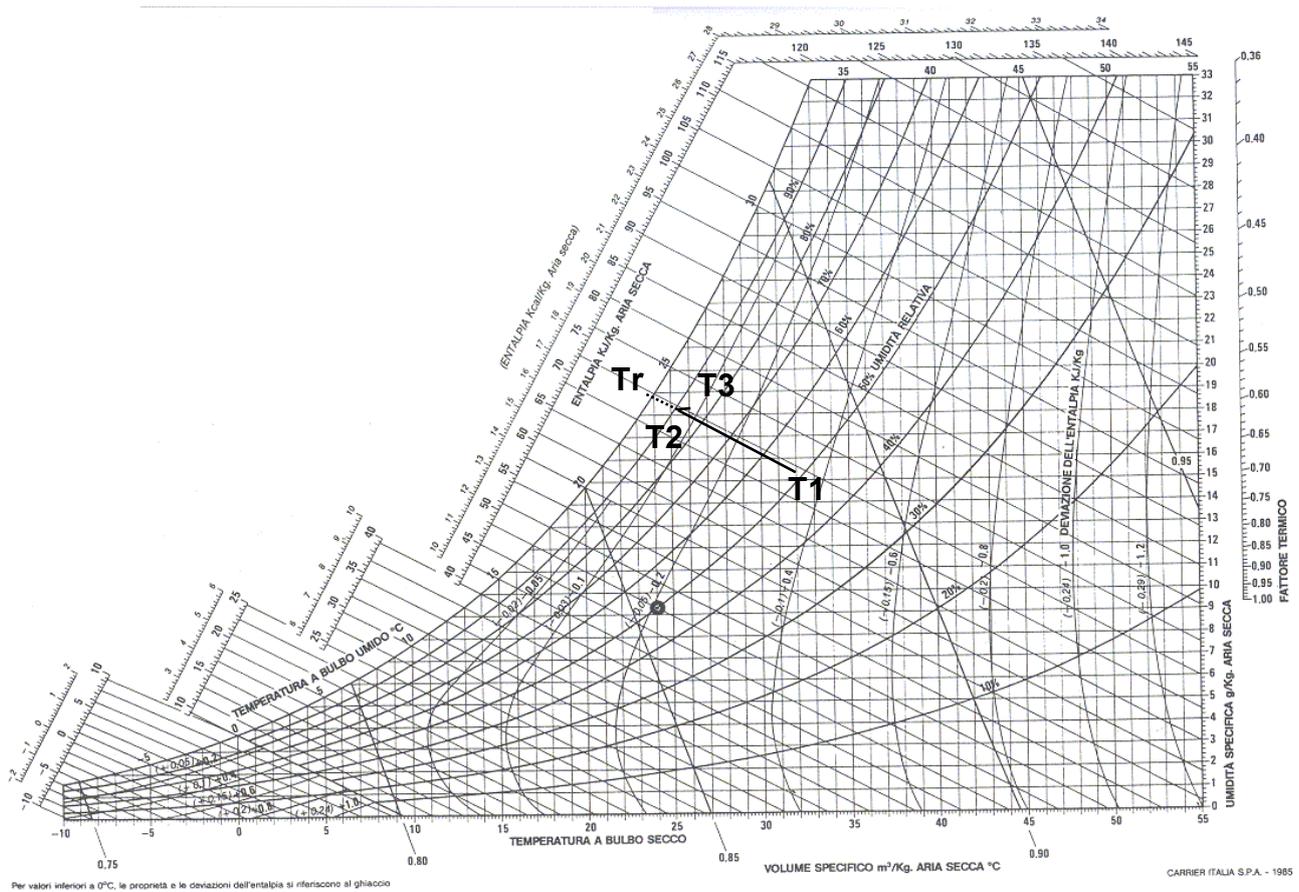
APPENDICE 2.2 – CASO DIURNO (Test=0 °C – Tint=16 °C)

CARICHI TERMICI ESTERNI SENSIBILI						
Radiazione solare finestre	Radiazione	Superficie	Fattore di riduzione	Carico termico	NOTE	
	[kcal/(h*m ²)]	[mq]		[kcal/h]		
Finestre (Est)	35,00	63,00	1,00	2.205,00		
Finestre (Ovest)	35,00	63,00	1,00	2.205,00		
				4.410,00		
Conduzione/radiazione strutture	K	Superficie	Dt equiv.	Carico termico	NOTE	
	[kcal/(h*m ² *°C)]	[mq]	[°C]	[kcal/h]		
Conduzione finestre (tutte)	2,70	126,00	-16,00	-5.443,20		
Conduzione pareti est. (Ovest)	0,25	1137,00	-16,00	-4.548,00		
Conduzione pareti est. (Nord)	0,25	900,00	-16,00	-3.600,00		
Conduzione pareti est. (Est)	0,25	1137,00	-16,00	-4.548,00		
Conduzione pareti est. (Sud)	0,25	900,00	-16,00	-3.600,00		
Conduzione pavimento	0,80	7200,00	-13,00	-74.880,00		
Conduzione soffitto	0,25	7200,00	-16,00	-28.800,00		
SUB-TO TALE A				-125.419,20		
Correzioni dispersioni superfici esterne				Carico termico	NOTE	
Presenza superfici fredde (+10% A)				[kcal/h]		
Esposizione (+10% A)				-12.541,92		
SUB-TO TALE B				-25.083,84		
Infiltrazioni/aria di immissione	Portata	Calore spec.	delta T	Carico termico	NOTE	
	[m ³ /h]	[kcal*kg ⁻¹ *K ⁻¹]	[°C]	[kcal/h]		
Aria esterna (sensibile)	8000,00	0,24	-16,00	-30.720,00		
SUB-TO TALE C				-30.720,00		
Correzione per funzionamento intermittente				Carico termico	NOTE	
Funzionamento 12-16 ore/giorno (+20% (A-B-C))				[kcal/h]		
				-36.244,61		
SUB-TO TALE B				-36.244,61		
CARICHI TERMICI INTERNI SENSIBILI						
Calore di idratazione	Numero	cal. Maturazione	Peso	Durata	Carico termico	NOTE
	[n.]	[kcal/kg]	[kg]	[h]	[kcal/h]	
Stagionatura calcestruzzo (28 giorni)	224,00	120,00	276310,44	672,00	49.341,15	
				49.341,15		
Prima maturazione	Numero	K	S	delta T	Carico termico	NOTE
	[n.]	[kcal/(h*m ² *°C)]	[m ⁻²]	[°C]	[kcal/h]	
Maturazione rapida a vapore	8,00	0,48	1007,36	44,00	21.275,44	
				21.275,44		
Carico metabolico	Numero	Calore metabolico		Carico termico	NOTE	
	[n.]	[kcal/h]		[kcal/h]		
Persone (sensibile)	12,00	60,00		720,00		
				720,00		
Illuminazione ed apparecchiature	Potenza media	Superficie		Carico termico	NOTE	
	[kcal/h*m ⁻²]	[m ²]		[kcal/h]		
Illuminazione fluorescente	10,50	7200,00		75.600,00		
				75.600,00		
Apparecchiature	n.	Potenza unitaria		Carico termico	NOTE	
		[kcal/h]		[kcal/h]		
Destratificatori	40,00	266,60		10.664,00		
				10.664,00		
Riscaldamento con aerotermi	n.	Potenza unitaria		Carico termico	NOTE	
		[kcal/h]		[kcal/h]		
Aerotermi	8,00	6932,13		55.457,06		
				55.457,06		
Tint. 16,00 °C				CARICO TERMICO SENSIBILE RESIDUO	0,00	
CARICHI TERMICI LATENTI						
Infiltrazioni/aria di immissione	Portata	Umidità assoluta	Calore latente	Carico termico	NOTE	
	[m ³ /h]	U int. U est.	[kcal/kg]	[kcal/h]		
Aria esterna (latente)	8000,00	5,70 1,20	0,60	-26.460,00		
				-26.460,00		
Carico metabolico	Numero	Calore metabolico		Carico termico	NOTE	
	[n.]	[kcal/h]		[kcal/h]		
Persone (latente)	12,00	53,00		660,00		
				660,00		



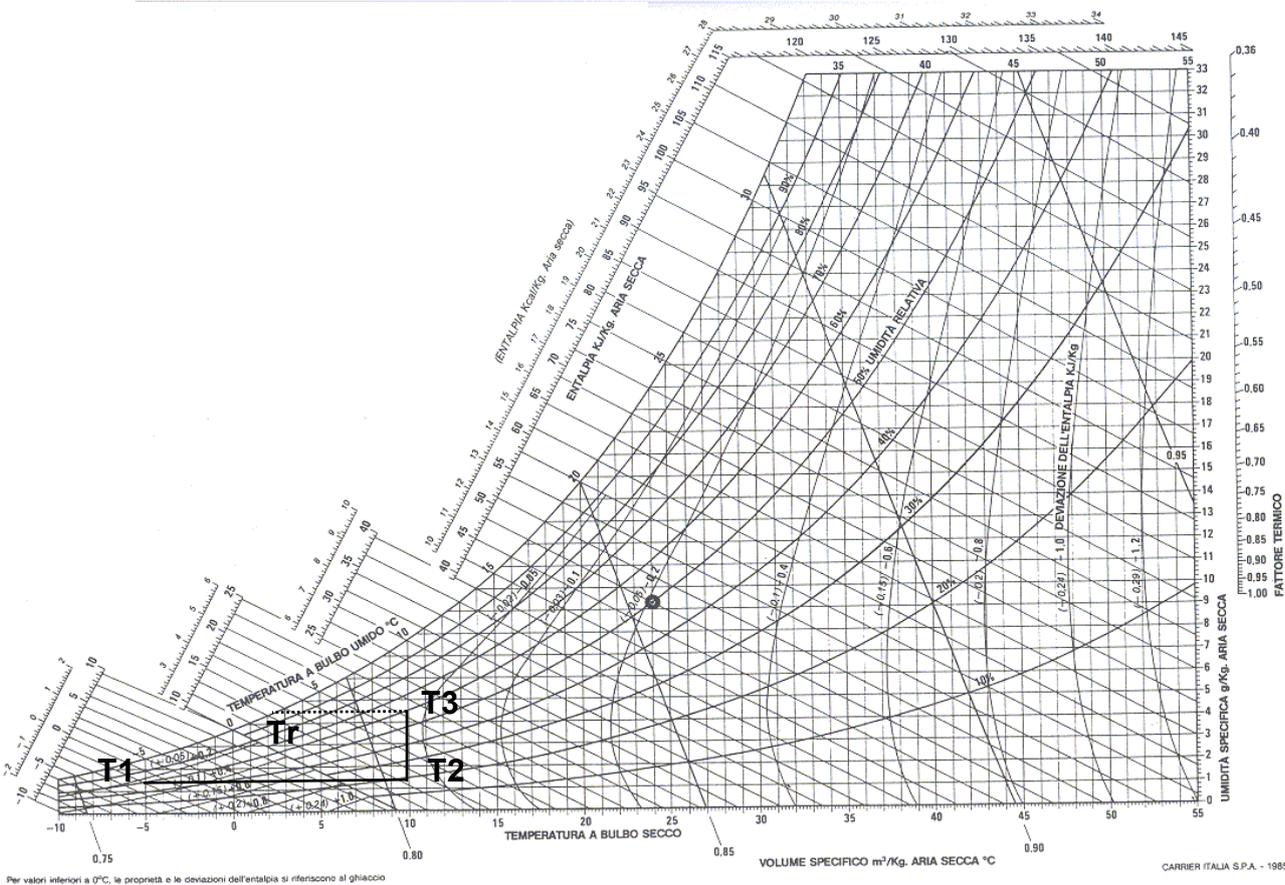
APPENDICE 3 – DIAGRAMMI PSICROMETRICI

APPENDICE 3.1 – CASO ESTIVO



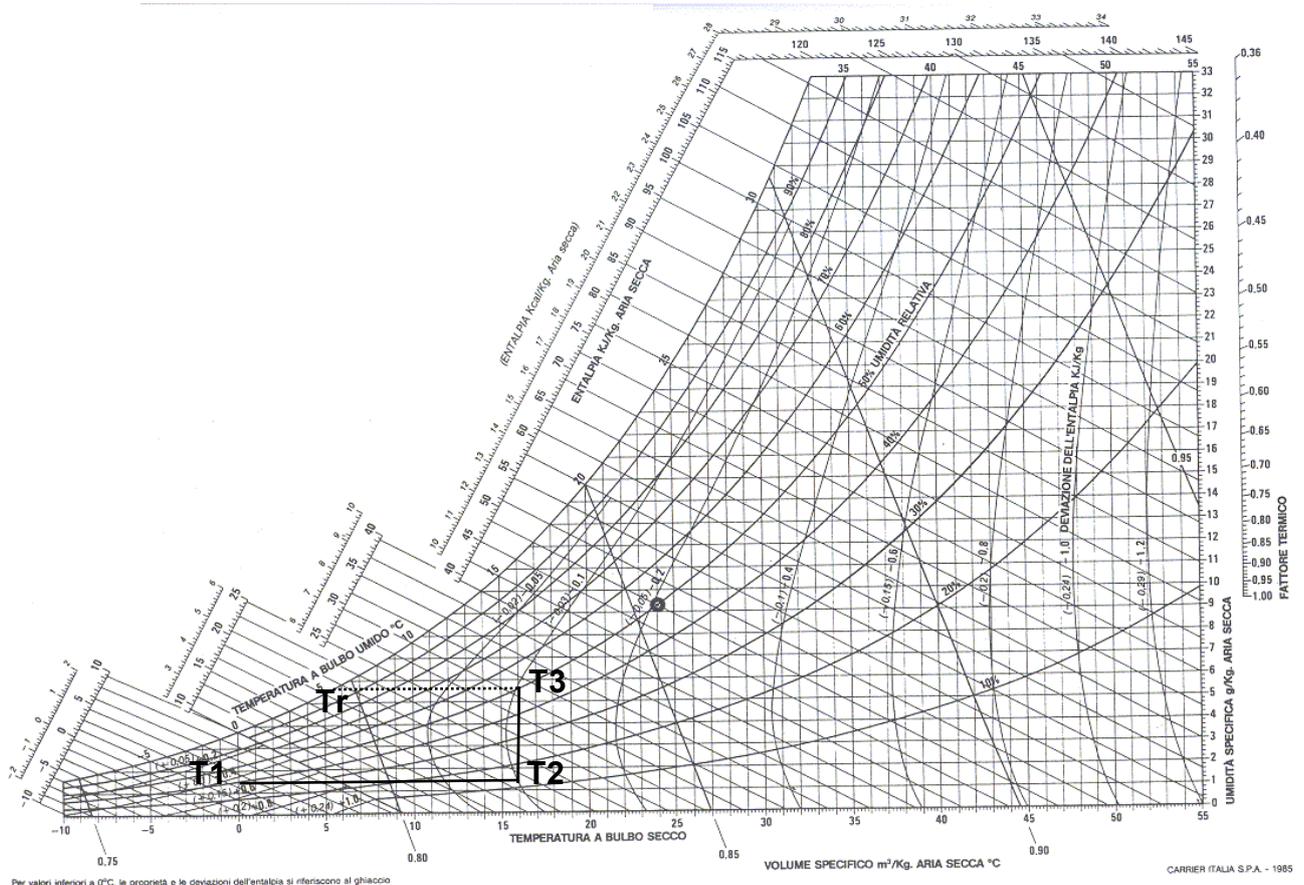


APPENDICE 3.2 – CASO INVERNALE NOTTURNO





APPENDICE 3.3 – CASO INVERNALE DIURNO



Per valori inferiori a 0°C, le proprietà e le deviazioni dell'entalpia si riferiscono al ghiaccio

CARRIER ITALIA S.P.A. - 1985

Relazione Tecnica Impianto Produzione Moduli Relazione tecnica sistemi di ventilazione e ausiliari	ELABORATO DN DN 00110 REVISIONE 01
---	---



APPENDICE 4 – VERIFICA CONDENSA SUPERFICIALE

Resistenza termica e dei profili di temperatura della parete (caso invernale notturno)

Nome componente	Adduttanza [kcal/(m ² °C)]	Cond. Termica [kcal/(mx°C)]	Spessore [m]	Res. Termica [m ² °C/kcal]	Test [°C]	Tint [°C]
ARIA ESTERNA	28	-	-	0,03571	-5,0000	-4,8660
PANNELLO ALLUMINIO	-	190	0,0015	0,00001	-4,8660	-4,8659
PANNELLO POLIURETANO	-	0,02	0,0770	3,85000	-4,8659	9,5830
PANNELLO ALLUMINIO	-	190	0,0015	0,00001	9,5830	9,5830
ARIA INTERNA	9	-	-	0,11111	9,5830	10,0000
TOTALE			0,0800	3,99684		

Resistenza termica e dei profili di temperatura della parete (caso invernale diurno)

Nome componente	Adduttanza [kcal/(m ² °C)]	Cond. Termica [kcal/(mx°C)]	Spessore [m]	Res. Termica [m ² °C/kcal]	Test [°C]	Tint [°C]
ARIA ESTERNA	28	-	-	0,03571	0,0000	0,1430
PANNELLO ALLUMINIO	-	190	0,0015	0,00001	0,1430	0,1430
PANNELLO POLIURETANO	-	0,02	0,0770	3,85000	0,1430	15,5552
PANNELLO ALLUMINIO	-	190	0,0015	0,00001	15,5552	15,5552
ARIA INTERNA	9	-	-	0,11111	15,5552	16,0000
TOTALE			0,0800	3,99684		