

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II
POLO DELLE SCIENZE E DELLE TECNOLOGIE



FACOLTÀ DI ARCHITETTURA
A.A. 2007 – 2008

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE DELL'ARCHITETTURA

INSEGNAMENTO DI FISICA TECNICA AMBIENTALE

CORSO A - PROF. A. CESARANO

CORSO B – PROF. F. CALISE

APPUNTI DALLE LEZIONI

DATI E PROCEDURE

PER LA VERIFICA DELL'ISOLAMENTO TERMICO

DELL'EDIFICIO

Napoli, novembre 2007

Individuazione della zona climatica e dei gradi-giorno.

L'Italia è stata divisa in cinque zone climatiche dalla A, la più calda, alla F, la più fredda in funzione del numero dei "Gradi Giorno"; Si definisce Grado Giorno la somma, estesa a tutti i giorni del periodo di riscaldamento convenzionale, delle sole differenze di temperature positive, fra la temperatura interna di progetto e quella esterna media giornaliera; quanto più alto è il valore dei Gradi Giorno (GG) tanto più il clima è rigido

$$GG = \sum_{i=1}^{ng} (t_{interna} - t_{e,i})$$

Dove

GG è il grado giorno

ng è il numero di giorni del periodo di riscaldamento convenzionale in cui $t_{interna} > t_{e,i}$

$t_{e,i}$ è la temperatura media esterna giornaliera dell'i-esimo giorno

$t_{interna}$ è la temperatura interna di progetto

1. Il territorio nazionale è suddiviso nelle seguenti sei zone climatiche in funzione dei gradi-giorno, indipendentemente dalla ubicazione geografica:

- Zona A: comuni che presentano un numero di gradi-giorno non superiore a 600;
- Zona B: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 600 e non superiore a 900;
- Zona C: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 900 e non superiore a 1.400;
- Zona D: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 1.400 e non superiore a 2.100;
- Zona E: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 2.100 e non superiore a 3.000;
- Zona F: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 3.000.

2. Il file in formato Excel "Gradi Giorno", per alcune Regioni e Province, riporta per ciascun comune l'altitudine della casa comunale, i gradi-giorno e la zona climatica di appartenenza.

3. I comuni non indicati adottano, i gradi-giorno riportati nella tabella per il comune più vicino in linea d'aria, sullo stesso versante, rettificati, in aumento o in diminuzione, di una quantità pari ad un centesimo del numero di giorni di durata convenzionale del periodo di riscaldamento riportati nel seguito, per ogni metro di quota sul livello del mare in più o in meno rispetto al comune di riferimento.

4. Per i comuni aventi porzioni edificate del proprio territorio a quota superiore rispetto alla quota della casa comunale, qualora detta circostanza, per effetto della rettifica dei gradi-giorno calcolata secondo le indicazioni di cui al punto 3, comporti variazioni della zona climatica, è possibile attribuire esclusivamente a dette porzioni del territorio una zona climatica differente da quella indicata nel file Gradi Giorno.

Limiti di esercizio degli impianti termici.

Il periodo dell'anno nel quale è consentito tenere in funzione gli impianti di riscaldamento e il numero massimo giornaliero di ore di accensione dipendono dal clima della località dove è ubicato l'edificio.

1. Gli impianti termici destinati alla climatizzazione invernale degli ambienti devono essere condotti in modo che, durante il loro funzionamento, non vengano superati i valori massimi di temperatura fissati.
2. L'esercizio degli impianti termici è consentito con i seguenti limiti massimi relativi al periodo annuale di esercizio dell'impianto termico ed alla durata giornaliera di attivazione:
 - Zona A: ore 6 giornaliere dal 1° dicembre al 15 marzo;
 - Zona B: ore 8 giornaliere dal 1° dicembre al 31 marzo;
 - Zona C: ore 10 giornaliere dal 15 novembre al 31 marzo;
 - Zona D: ore 12 giornaliere dal 1° novembre al 15 aprile;
 - Zona E: ore 14 giornaliere dal 15 ottobre al 15 aprile;
 - Zona F: nessuna limitazione.

Al di fuori di tali periodi gli impianti termici possono essere attivati solo in presenza di situazioni climatiche che ne giustifichino l'esercizio e comunque con una durata giornaliera non superiore alla metà di quella consentita a pieno regime.

3. È consentito il frazionamento dell'orario giornaliero di riscaldamento in due o più sezioni.
4. La durata di attivazione degli impianti non ubicati nella zona F deve essere comunque compresa tra le ore 5 e le ore 23 di ciascun giorno.
5. Le disposizioni di cui ai punti 2 e 4, relative alla limitazione del periodo annuale di esercizio ed alla durata giornaliera di attivazione non si applicano:
 - a) agli edifici rientranti nella categoria E.3;
 - b) alle sedi delle rappresentanze diplomatiche e di organizzazioni internazionali, che non siano ubicate in stabili condominiali;

- c) agli edifici rientranti nella categoria E.7, solo se adibiti a scuole materne e asili nido;
- d) agli edifici rientranti nella categoria E.1 (3), adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili;
- e) agli edifici rientranti nella categoria E.6 (1), adibiti a piscine saune e assimilabili;
- f) agli edifici rientranti nella categoria E.8, nei casi in cui ostino esigenze tecnologiche o di produzione.

6. Le disposizioni di cui ai commi 2 e 4 non si applicano, limitatamente alla sola durata giornaliera di attivazione degli impianti termici per il riscaldamento degli edifici, nei seguenti casi:

- a) edifici rientranti nella categoria E.2 ed E.5, limitatamente alle parti adibite a servizi senza interruzione giornaliera delle attività;
- b) impianti termici che utilizzano calore proveniente da centrali di cogenerazione con produzione combinata di elettricità e calore;
- c) impianti termici che utilizzano sistemi di riscaldamento di tipo a pannelli radianti incassati nell'opera muraria;
- d) impianti termici al servizio di uno o più edifici dotati di circuito primario, al solo fine di alimentare gli edifici di cui alle deroghe previste al comma 5, di produrre acqua calda per usi igienici e sanitari, nonché al fine di mantenere la temperatura dell'acqua nel circuito primario al valore necessario a garantire il funzionamento dei circuiti secondari nei tempi previsti;
- e) impianti termici centralizzati di qualsivoglia potenza, dotati di apparecchi per la produzione di calore aventi valori minimi di rendimento non inferiori a quelli richiesti per i generatori di calore installati dopo l'entrata in vigore del presente regolamento e dotati di gruppo termoregolatore pilotato da una sonda di rilevamento della temperatura esterna con programmatore che consenta la regolazione almeno su due livelli della temperatura ambiente

nell'arco delle 24 ore; questi impianti possono essere condotti in esercizio continuo purché il programmatore giornaliero venga tarato e sigillato per il raggiungimento di una temperatura degli ambienti pari a $16\text{ }^{\circ}\text{C} + 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ di tolleranza nelle ore al di fuori della durata giornaliera di attivazione di cui al comma 2 del presente articolo;

f) impianti termici centralizzati di qualsivoglia potenza, dotati di apparecchi per la produzione di calore aventi valori minimi di rendimento non inferiori a quelli richiesti per i generatori di calore installati dopo l'entrata in vigore del presente regolamento e nei quali sia installato e funzionante, in ogni singola unità immobiliare, un sistema di contabilizzazione del calore ed un sistema di termoregolazione della temperatura ambiente dell'unità immobiliare stessa dotato di un programmatore che consenta la regolazione almeno su due livelli di detta temperatura nell'arco delle 24 ore;

g) impianti termici per singole unità immobiliari dotati di apparecchi per la produzione di calore aventi valori minimi di rendimento non inferiori a quelli richiesti per i generatori di calore installati dopo l'entrata in vigore del presente regolamento e dotati di un sistema di termoregolazione della temperatura ambiente con programmatore giornaliero che consenta la regolazione di detta temperatura almeno su due livelli nell'arco delle 24 ore nonché lo spegnimento del generatore di calore sulla base delle necessità dell'utente;

h) impianti termici condotti mediante "contratti di servizio energia" i cui corrispettivi siano essenzialmente correlati al raggiungimento del comfort ambientale nei limiti consentiti dal presente regolamento, purché si provveda, durante le ore al di fuori della durata di attivazione degli impianti consentita dal comma 2 ad attenuare la potenza erogata dall'impianto nei limiti indicati alla lettera e);

7. In caso di fabbricato in condominio ciascun condomino o locatario può richiedere che, a cura delle Autorità competenti di cui all'art. 31 comma 3 della legge 9 gennaio 1991, n. 10 e a proprie spese, venga verificata l'osservanza delle disposizioni del presente regolamento.

8. In tutti gli edifici di cui all'art. 3 l'amministratore e, dove questo manchi, il proprietario o i proprietari sono tenuti ad esporre, presso ogni impianto termico centralizzato al servizio di una pluralità di utenti, una tabella concernente:

a) l'indicazione del periodo annuale di esercizio dell'impianto termico e dell'orario di

attivazione giornaliera prescelto nei limiti di quanto disposto al presente articolo;

b) le generalità e il domicilio del soggetto responsabile dell'esercizio e della manutenzione dell'impianto termico.

Classificazione generale degli edifici per categorie

E.1 - Edifici adibiti a residenza e assimilabili		
	.1	<i>abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo, quali abitazioni civili e rurali, collegi, conventi, case di pena, caserme;</i>
	.2	<i>abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria, quali case per vacanze, fine settimana e simili;</i>
	.3	<i>edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari;</i>
E.2 - Edifici adibiti a uffici e assimilabili: pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorporabili agli effetti dell'isolamento termico.		
E.3 - Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani nonché le strutture protette per l'assistenza ed il recupero dei tossicodipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici.		
E.4 - Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto e assimilabili		
	.1	<i>quali cinema e teatri, sale di riunioni per congressi;</i>
	.2	<i>quali mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto;</i>
	.3	<i>quali bar, ristoranti, sale da ballo;</i>
E.5 - Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili: quali negozi, magazzini di vendita all'ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni.		
E.6 - Edifici adibiti ad attività sportive.		
	.1	<i>piscine, saune e assimilabili;</i>
	.2	<i>palestre e assimilabili;</i>
	.3	<i>servizi di supporto alle attività sportive;</i>
E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili.		
E.8 - Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili.		

2. Qualora un edificio sia costituito da parti individuali come appartenenti a categorie diverse, le stesse devono essere considerate separatamente e cioè ciascuna nella categoria che le compete.

Valori massimi della temperatura negli ambienti

1. Durante il periodo in cui è in funzione l'impianto di climatizzazione invernale, la media aritmetica delle temperature dell'aria **nei diversi ambienti di ogni singola unità immobiliare**, non deve superare i seguenti valori con le tolleranze a fianco indicate:

a) 18 °C +2 °C di tolleranza per gli edifici rientranti nella categoria E.8;

b) 20 °C +2 °C di tolleranza per gli edifici rientranti nelle categorie diverse da E.8

2. Il mantenimento della temperatura dell'aria negli ambienti entro i limiti fissati al comma 1 deve essere ottenuto con accorgimenti che non comportino spreco di energia.

3. Per gli edifici classificati E.3, ed E.6 (1), le autorità comunali, con le procedure di cui al comma 5, possono concedere deroghe motivate al limite massimo del valore della temperatura dell'aria negli ambienti durante il periodo in cui è in funzione l'impianto di climatizzazione invernale, qualora elementi oggettivi legati alla destinazione d'uso giustificano temperature più elevate di detti valori.

4. Per gli edifici classificati come E.8 sono concesse deroghe al limite massimo della temperatura dell'aria negli ambienti, durante il periodo in cui è in funzione l'impianto di climatizzazione invernale, qualora si verifichi almeno una delle seguenti condizioni:

- a) le esigenze tecnologiche o di produzione richiedano temperature superiori al valore limite;
- b) l'energia termica per il riscaldamento ambiente derivi da sorgente non convenientemente utilizzabile in altro modo.

5. Ferme restando le deroghe già concesse per gli edifici esistenti in base alle normative all'epoca vigenti, i valori di temperatura fissati in deroga ai sensi dei commi 3 e 4 devono essere riportati nella relazione tecnica di cui all'articolo 28 della legge 9 gennaio 1991, n. 10 assieme agli elementi tecnici di carattere oggettivo che li giustificano. Prima dell'inizio lavori le autorità comunali devono fornire il benestare per l'adozione di tali valori di temperatura; qualora il consenso non pervenga entro 60 giorni dalla presentazione della suddetta relazione tecnica, questo si intende accordato, salvo che non sia stato notificato prima della scadenza un provvedimento interruttivo o di diniego riguardante le risultanze della relazione tecnica.

PROCEDURA PER LA VERIFICA DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Per tutti gli edifici della classe E1, esclusi collegi, conventi, case di pena e caserme, si definisce **Fabbisogno annuo di Energia Primaria EP** (Dlgs 311/06) la quantità di energia primaria globalmente richiesta, nel corso di un anno, per mantenere negli ambienti riscaldati la temperatura di progetto, rapportata alla superficie utile dell'alloggio. L'indice EP (kWh/m²) può calcolarsi in prima approssimazione mediante l'equazione seguente:

$$EP = \frac{H \sum_i K_i A_i \Delta T_i}{1000 \cdot A_{utile} \cdot \eta}$$

In cui:

H è il numero di ore di funzionamento annue (h/anno)

K_i è la trasmittanza termica unitaria della i-esima superficie disperdente (W/m²K)

A_i è la superficie della i-esima superficie disperdente (m²)

ΔT_i è la differenza di temperatura fra l'interno e l'esterno, riferita alla i-esima superficie disperdente, così come di seguito definita (K oppure °C)

A_{utile} è la superficie utile dell'edificio (m²)

η è il rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico

In tutti gli altri casi, si definisce Fabbisogno annuo di Energia Primaria EP (Dlgs 311/06) la quantità di energia primaria globalmente richiesta, nel corso di un anno, per mantenere negli ambienti riscaldati la temperatura di progetto, rapportata al volume lordo dell'edificio (V, m³). La formulazione approssimata dell'EP in questo caso è:

$$EP = \frac{H \sum_i K_i A_i \Delta T_i}{1000 \cdot V \cdot \eta}$$

Nella precedente relazione la sommatoria $\sum_i K_i A_i \Delta T_i$ rappresenta il **Carico termico** calcolato nel periodo di riscaldamento per l'edificio se, i ΔT_i utilizzati corrispondono a quelli di progetto più precisamente alle differenze tra :

- le temperature interne ed esterne di progetto;
- la temperatura interna e quella di ambienti non riscaldati;
- la temperatura interna e quella della falda se si tratta di pareti poggiate sul terreno.

L' **EP** così calcolato si riferisce all'esercizio continuo dell'impianto di riscaldamento ma deriva dall'ipotesi che la differenza di temperatura tra l'aria all'interno degli ambienti e quella esterna sia sempre pari a quella di progetto. Il Fabbisogno effettivo di energia risulterebbe in tal caso consistentemente sopravvalutato.

E' allora necessario separare le due procedure di calcolo:

- 1) quella relativa al carico termico invernale che fornisce la potenzialità nominale del generatore di calore $\dot{Q} = P_n$;
- 2) quella relativa al fabbisogno di energia primaria EP.

1) Potenzialità nominale del generatore di calore $\dot{Q} = P_n$;

Il calcolo viene fatto utilizzando le differenze di temperatura di progetto poiché la caldaia dovrà far fronte, nel periodo di riscaldamento, alla dispersioni di calore degli ambienti verso l'esterno, compensandole.

Infatti, rimanendo fissa la temperatura interna, quella esterna, in alcuni giorni della stagione invernale, **potrebbe essere pari a quella di progetto**. In tal caso la caldaia deve fornire agli ambienti proprio la potenza di progetto cioè quella calcolata come **carico termico**. Quindi, il calcolo del carico termico attraverso il ΔT di progetto permette di **proporzionare il generatore di calore**.

2) Fabbisogno di energia primaria EP

Un discorso diverso va fatto per il calcolo del **fabbisogno termico relativo a tutta la stagione di riscaldamento**. Infatti la temperatura di progetto esterna, durante l'inverno, è spesso più elevata di quella di progetto: ciò comporta una **intermittenza nel funzionamento della caldaia** e quindi una **diminuzione** della domanda di energia durante il periodo di funzionamento dell'impianto riscaldamento. Il fabbisogno di energia primaria, quindi, va valutato tenendo conto del periodo di effettivo funzionamento della caldaia.

In prima approssimazione e per quel che riguarda le finalità di questo corso, questa valutazione può essere effettuata utilizzando nel calcolo la potenza termica media potenza termica $\dot{Q}_{\text{media pesata}}$ da inserire nella relazione per il calcolo dell'EP. La potenza termica così calcolata può essere utilizzata a numeratore della relazione di calcolo. In particolare, nel caso in cui l'indice EP sia espresso in kWh/m², la relazione diventa:

$$EP = \frac{\dot{Q}_{\text{mediapesata}} H}{A_{\text{utile}} \cdot \eta}$$

In tutti gli altri casi in cui l'EP è valutato in kWh/m³, la relazione può essere scritta nella forma seguente:

$$EP = \frac{\dot{Q}_{\text{mediapesata}} H}{V \cdot \eta}$$

Dove:

$$\dot{Q}_{\text{mediapesata}} = K_i A_i \Delta T_{\text{mediapesata}}$$

Il valore della $\Delta T_{\text{mediapesata}}$ può essere valutata partendo dai valori delle temperature medie mensili relative al periodo di riscaldamento secondo la relazione:

$$\Delta T_{mediapesata} = \frac{\sum_j \left[\text{giornidelmese}_j \left(T_{interna} - T_{mediamensile}_j \right) \right]}{\sum_j \left[\text{giornidelmese}_j \right]}$$

Nella precedente espressione la T_i rappresenta la temperatura interna di progetto per la località scelta e la $T_{mediamensile}_i$ è ricavata dalla Tabella delle temperature medie mensili riportata alle pagine 13, 14 e 15. L'indice j delle sommatorie si riferisce invece ai mesi in cui è in funzione l'impianto di riscaldamento.

La $\dot{Q}_{mediapesata}$ è quindi valutata **utilizzando nel calcolo della potenza termica dispersa verso l'esterno e verso ambienti non riscaldati**, il valore della $\Delta T_{mediapesata}$.

Nessuna variazione interviene nella valutazione delle potenze termiche disperse da pareti poggiate o addossate al terreno.

Il valore dell' EP così calcolato dovrà poi essere confrontato con quelli riportati nelle tabelle che seguono, letti in corrispondenza della zona climatica relativa al sito in esame.

Si noti anche che, una prima verifica della progettazione dell'isolamento termico degli elementi di confine, può essere fatta anche confrontandone le trasmittanze con i valori riportati nelle tabelle che seguono sempre in funzione della zona specificaclimatica.

DATI PER LA VERIFICA DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

1) EP - Fabbisogno di energia primaria nel periodo invernale per m² di sup. utile

Tabella 1.1. Valori limite per il fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale per metro quadrato di superficie utile dell'edificio (classe E1) espresso in kWh/m² anno

Edifici residenziali della classe E1, esclusi collegi, conventi, case di pena, e caserme

TABELLA 1.1		EP _i limite Valori limite per la climatizzazione invernale espressi in kWh/m ² anno								
S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	<600 GG	601 GG	900 GG	901 GG	1400 GG	1401 GG	2100 GG	2101 GG	3000 GG	>3000 GG
≤0.2	10	10	15	15	25	25	40	40	55	55
≥0.9	45	45	60	60	85	85	110	110	145	145

TABELLA 1.2		EP _i limite dal 1 gennaio 2008 Valori limite per la climatizzazione invernale espressi in kWh/m ² anno								
S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	<600 GG	601 GG	900 GG	901 GG	1400 GG	1401 GG	2100 GG	2101 GG	3000 GG	>3000 GG
≤0.2	9.5	9.5	14	14	23	23	37	37	52	52
≥0.9	41	41	55	55	78	78	100	100	133	133

TABELLA 1.3		EP _i limite dal 1 gennaio 2010 Valori limite per la climatizzazione invernale espressi in kWh/m ² anno								
S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	<600 GG	601 GG	900 GG	901 GG	1400 GG	1401 GG	2100 GG	2101 GG	3000 GG	>3000 GG
≤0.2	8.5	8.5	12.8	12.8	21.3	21.3	34	34	46.8	46.8
≥0.9	36	36	48	48	68	68	88	88	116	116

Tabella 1.2. Valori limite per il fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale per metro cubo di volume lordo dell'edificio (tutte le altre classi) espresso in kWh/m³ anno

Tutti gli altri edifici

TABELLA 1.4		EP _i limite Valori limite per la climatizzazione invernale espressi in kWh/m ³ anno									
S/V		Zona climatica									
		A	B		C		D		E		F
		<600 GG	601 GG	900 GG	901 GG	1400 GG	1401 GG	2100 GG	2101 GG	3000 GG	>3000 GG
≤0.2		2.5	2.5	4.5	4.5	7.5	7.5	12	12	16	16
≥0.9		11	11	17	17	23	23	30	30	41	41

TABELLA 1.5		EP _i limite dal 1 gennaio 2008 Valori limite per la climatizzazione invernale espressi in kWh/m ³ anno									
S/V		Zona climatica									
		A	B		C		D		E		F
		<600 GG	601 GG	900 GG	901 GG	1400 GG	1401 GG	2100 GG	2101 GG	3000 GG	>3000 GG
≤0.2		2.5	2.5	4.5	4.5	6.5	6.5	10.5	10.5	14.5	14.5
≥0.9		9	9	14	14	20	20	26	26	36	36

TABELLA 1.6		EP _i limite dal 1 gennaio 2010 Valori limite per la climatizzazione invernale espressi in kWh/m ³ anno									
S/V		Zona climatica									
		A	B		C		D		E		F
		<600 GG	601 GG	900 GG	901 GG	1400 GG	1401 GG	2100 GG	2101 GG	3000 GG	>3000 GG
≤0.2		2	2	3.6	3.6	6	6	9.6	9.6	12.7	12.7
≥0.9		8.2	8.2	12.8	12.8	17.3	17.3	22.5	22.5	31	31

I valori limite riportati in tabella sono espressi in funzione della zona climatica, così come individuata all'articolo 2 del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, e del rapporto di forma dell'edificio S/V, dove:

- S, espressa in metri quadrati, è la **superficie che delimita verso l'esterno** il volume riscaldato V;

- **V** è il **volume lordo**, espresso in metri cubi, delle parti di edificio riscaldate, **definito dalle superfici che lo delimitano.**

Per valori di **S/V** compresi nell'intervallo **0,2 - 0,9** e, analogamente, per gradi giorno (GG) intermedi ai limiti delle zone climatiche riportati in tabella si procede mediante interpolazione lineare.

2) **Trasmittanza termica delle strutture verticali opache e trasparenti.**

Nelle tabelle che seguono la **trasmittanza termica unitaria** indicata con la lettera **U** corrisponde alla grandezza analoga definita nello studio dei meccanismi combinati di scambio termico dove era indicata con la lettera **K**.

Tabella 2. Valori limite della trasmittanza termica **U** delle strutture **verticali** opache espressa in W/m^2K

2. **Trasmittanza termica delle strutture opache verticali**

Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m^2K)
A	0,85	0,72	0,62
B	0,64	0,54	0,48
C	0,57	0,46	0,40
D	0,50	0,40	0,36
E	0,46	0,37	0,34
F	0,44	0,35	0,33

Tabella 3. Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture **orizzontali** opache espressa in W/m^2K

3. Trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali o inclinate

3.1 Coperture

Tabella 3.1 Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura espressa in W/m^2K

Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m^2K)
A	0,80	0,42	0,38
B	0,60	0,42	0,38
C	0,55	0,42	0,38
D	0,46	0,35	0,32
E	0,43	0,32	0,30
F	0,41	0,31	0,29

3.2 Pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno.

Tabella 3.2 Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali di pavimento espressa in W/m^2K

Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m^2K)
A	0,80	0,74	0,65
B	0,60	0,55	0,49
C	0,55	0,49	0,42
D	0,46	0,41	0,36
E	0,43	0,38	0,33
F	0,41	0,36	0,32

Tabella 4. Valori limite della trasmittanza termica U delle **chiusure trasparenti** in W/m²K

4. Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti

Tabella 4a. Valori limite della trasmittanza termica U delle chiusure trasparenti comprensive degli infissi espressa in W/m²K

Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m ² K)
A	5,5	5,0	4,6
B	4,0	3,6	3,0
C	3,3	3,0	2,6
D	3,1	2,8	2,4
E	2,8	2,4	2,2
F	2,4	2,2	2,0

Tabella 4b. Valori limite della trasmittanza centrale termica U dei vetri espressa in W/m²K

Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m ² K)	Dall' 1 luglio 2008 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2011 U (W/m ² K)
A	5,0	4,5	3,7
B	4,0	3,4	2,7
C	3,0	2,3	2,1
D	2,6	2,1	1,9
E	2,4	1,9	1,7
F	2,3	1,7	1,3

3) Rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico

Il Rendimento globale medio stagionale minimo dell'impianto termico è dato da

$$\eta = (75 + 3 \log P_n) \% \text{ per } P_n < 1000 \text{ kW}$$

$$\eta = 85 \% \text{ se } P_n \geq 1000 \text{ kW}$$

dove $\log P_n$ è il logaritmo in base 10 della **potenza utile nominale** del generatore o dei generatori di calore al servizio del singolo impianto termico, espressa in kW.

La Potenza utile nominale del generatore, P_n corrisponderà al valore calcolato del

Carico termico invernale \dot{Q} dell'edificio.

Esempio per il calcolo della $\Delta T_{\text{imediapesata}}$

Località : **Napoli**

Zona climatica: **C**

Periodo di riscaldamento: ore **10 giornaliere dal 15 novembre al 31 marzo;**

Nella tabella che segue sono riportati i dati necessari al calcolo della $\Delta T_{\text{imediapesata}}$

Località:	Napoli				
mese	nov	dic	gen	feb	mar.
giorni risc.	15	31	31	28	31
$T_{\text{mediamensile}}$	15,5	12,1	10,5	10,6	13,2
$\Delta T_{\text{mediamensile}}$	4,5	7,9	9,5	9,4	6,8

Risulterà quindi:

$$\Delta T_{\text{mediapesata}} = \frac{(15 * 4,5) + (31 * 7,9) + (31 * 9,5) + (28 * 9,6) + (31 * 6,4)}{15 + 31 + 31 + 28 + 31} = 7,9^{\circ}\text{C}$$

Calcolo della potenza termica dispersa per ventilazione

Si fornisce esclusivamente la relazione di calcolo sottolineando il significato fisico di questo termine peraltro già illustrato in precedenza. Tale potenza termica è necessaria per riscaldare l'aria che dall'esterno deve periodicamente essere immessa negli ambienti riscaldati per diluire gli odori ed i contenuti di sostanze inquinanti (ad esempio anidride carbonica). In base alla normativa risulta pari a:

$$\dot{Q}_V = \frac{c_p \rho n V_n (t_i - t_e)}{3600}$$

in cui:

c_p è il calore specifico a pressione costante dell'aria, pari a $1.000 \cdot 10^{+3} \text{ J/kgK}$;

ρ è la densità dell'aria, posta pari a $1,2 \text{ kg/m}^3$;

n è il numero di volumi d'aria ricambiati in un'ora (1/h), pari, negli ambienti destinati ad abitazione a 0,5 volumi all'ora;

V_n è il volume netto della zona riscaldata (m^3)

Prospetto VI — Valori medi mensili della temperatura media giornaliera dell'aria esterna

N°	Sigla Provincia	Località	Altitudine m	GEN. °C	FEB. °C	MAR. °C	APR. °C	MAG. °C	GIU. °C	LUG. °C	AGO. °C	SET. °C	OTT. °C	NOV. °C	DIC. °C
1	AG	Agrigento	230	10,4	10,8	12,7	15,6	19,4	24,1	26,9	26,5	24,0	19,9	15,9	12,2
2	AL	Alessandria	95	0,0	2,8	8,1	13,1	17,3	22,0	24,7	23,6	19,9	13,1	6,9	1,9
3	AN	Ancona	16	6,3	7,1	9,9	13,4	17,0	21,8	24,4	24,1	21,3	16,5	12,1	7,8
4	AO	Aosta	583	-0,3	2,6	6,7	11,0	14,7	18,7	20,5	19,4	15,9	10,3	4,8	0,8
5	AP	Ascoli Piceno	154	5,5	6,6	9,5	13,3	17,2	21,7	24,4	24,3	21,1	15,8	10,9	7,0
6	AQ	L'Aquila	714	2,0	3,6	7,1	11,4	15,0	19,1	22,0	21,8	18,6	13,1	8,2	3,8
7	AR	Arezzo	246	5,1	5,9	9,2	12,6	16,4	20,9	24,0	23,4	20,3	15,0	10,2	6,1
8	AT	Asti	123	-0,4	2,7	7,9	13,0	17,0	21,6	24,2	22,9	18,9	12,7	6,1	1,3
9	AV	Avellino	348	5,5	6,5	8,8	12,4	16,0	20,3	23,1	22,6	19,6	14,8	10,4	6,8
10	BA	Bari	5	8,6	9,2	11,1	14,2	18,0	22,3	24,7	24,5	22,0	17,9	14,0	10,2
11	BG	Bergamo	249	3,1	4,9	8,9	13,3	17,0	21,3	23,7	23,2	19,9	14,2	8,6	4,5
12	BL	Belluno	383	0,1	2,3	6,8	11,2	14,9	18,9	21,2	20,8	17,7	12,4	6,5	1,7
13	BN	Benevento	135	6,8	7,7	10,3	13,7	17,5	22,1	24,8	24,3	21,4	16,5	12,1	8,0
14	BO	Bologna	54	2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0
15	BR	Brindisi	15	9,3	9,6	11,4	14,2	18,0	22,0	24,5	24,5	22,1	18,3	14,4	10,9
16	BS	Brescia	149	1,5	4,2	9,3	13,5	17,7	22,0	24,4	23,7	19,9	14,0	7,8	3,5
17	BZ	Bolzano	262	1,2	4,2	9,0	13,4	16,9	21,0	22,7	22,0	18,8	12,9	6,7	2,2
18	CA	Cagliari	4	10,3	10,8	12,8	15,1	18,4	22,9	25,5	25,5	23,3	19,4	15,5	11,7
19	CB	Campobasso	701	3,7	4,8	7,3	11,1	14,8	19,6	22,5	22,2	18,9	13,5	9,0	5,0
20	CE	Caserta	68	8,7	9,4	12,0	15,3	19,1	23,5	26,2	26,1	23,0	18,2	13,9	10,3
21	CH	Chieti	330	5,8	6,8	9,6	13,5	17,2	22,0	24,7	24,3	21,2	15,9	11,3	7,2
22	CL	Caltanissetta	568	7,2	7,8	9,9	13,1	17,3	22,5	25,7	25,2	22,1	17,3	12,8	8,9
23	CN	Cuneo	534	1,1	2,9	6,9	11,3	14,8	19,4	21,9	21,0	17,7	11,7	6,2	2,5
24	CO	Como	201	2,9	5,0	8,8	12,7	16,7	21,1	23,6	23,1	19,6	13,7	8,4	4,4
25	CR	Cremona	45	0,7	3,3	8,4	13,3	17,4	21,9	24,3	23,4	19,7	13,4	7,2	2,5
26	CS	Cosenza	238	8,1	8,8	11,3	14,4	18,1	23,1	26,0	25,8	22,7	17,8	13,4	9,4
27	CT	Catania	7	10,7	11,2	12,9	15,5	19,1	23,5	26,5	26,5	24,1	19,9	15,9	12,3
28	CZ	Catanzaro	320	8,3	8,7	10,4	13,4	17,0	21,7	24,4	24,8	22,3	17,9	13,7	10,1
29	EN	Enna	931	4,5	5,1	7,1	10,7	14,9	20,6	23,9	23,2	19,9	14,5	9,8	6,4
30	FE	Ferrara	9	1,4	3,3	7,8	12,8	17,3	21,6	23,9	23,5	20,1	14,0	8,2	3,2
31	FG	Foggia	76	6,4	7,3	10,0	13,8	17,9	23,2	26,0	25,5	22,1	16,9	12,2	7,9
32	FI	Firenze	40	5,3	6,5	9,9	13,8	17,8	22,2	25,0	24,3	20,9	15,3	10,2	6,3
33	FO	Forlì	34	3,0	4,6	8,0	13,7	17,8	22,6	25,3	24,8	21,1	15,1	9,3	4,4
34	FR	Frosinone	291	5,8	6,2	9,0	11,0	15,2	18,5	21,5	20,9	18,8	13,4	9,2	5,0
35	GE	Genova	19	7,9	8,9	11,6	14,7	17,8	21,9	24,5	24,6	22,3	17,1	12,9	9,3
36	GO	Gorizia	84	4,7	5,6	8,2	11,9	16,7	19,9	22,0	22,2	18,6	13,2	9,2	4,7
37	GR	Grosseto	10	6,8	8,1	10,3	13,2	17,1	21,2	24,1	23,9	21,3	16,4	11,7	8,1

(segue prospetto)

(seguito del prospetto VI)

N°	Sigla Provincia	Località	Altitudine m	GEN. °C	FEB. °C	MAR. °C	APR. °C	MAG. °C	GIU. °C	LUG. °C	AGO. °C	SET. °C	OTT. °C	NOV. °C	DIC. °C
38	IM	Imperia	10	8,6	9,4	11,6	14,7	17,9	21,7	24,5	24,1	21,8	17,4	12,7	9,5
39	IS	Isernia	423	5,5	5,7	8,6	11,2	15,5	20,1	23,1	22,8	19,7	14,7	10,3	6,9
40	KR	Crotone	8	9,5	9,8	11,5	14,7	18,4	22,9	26,2	26,0	23,5	19,3	15,1	11,2
41	LC	Lecco	214	3,9	5,7	9,6	13,3	16,0	20,1	22,6	22,1	19,2	14,3	9,2	5,3
42	LD	Lodi	87	0,9	3,3	8,6	13,5	17,8	22,5	24,5	23,4	19,6	13,4	7,3	2,5
43	LE	Lecce	49	9,0	9,3	11,4	14,7	18,9	23,4	26,1	25,9	23,0	18,5	14,3	10,7
44	LI	Livorno	3	7,5	8,2	11,1	13,9	17,3	21,8	24,4	24,1	21,5	17,1	12,7	9,0
45	LT	Latina	21	8,3	9,0	10,9	13,5	16,9	20,9	23,7	23,8	21,5	17,3	12,9	9,5
46	LU	Lucca	19	6,1	7,2	10,1	13,3	17,1	21,2	23,8	23,6	20,9	15,8	10,9	7,3
47	MC	Macerata	315	3,8	5,3	8,3	12,4	16,3	20,7	23,5	23,2	19,9	14,4	9,5	5,7
48	ME	Messina	3	11,7	12,0	13,2	15,7	19,2	23,5	26,4	26,5	24,2	20,3	16,6	13,3
49	MI	Milano	122	1,7	4,2	9,2	14,0	17,9	22,5	25,1	24,1	20,4	14,0	7,9	3,1
50	MN	Mantova	19	1,0	3,3	8,4	13,3	17,4	22,0	24,3	23,6	20,0	14,0	8,0	2,9
51	MO	Modena	34	1,4	3,5	8,6	13,3	17,2	21,8	24,3	23,8	20,1	14,0	8,1	3,1
52	MS	Massa-Carrara	65	6,8	7,4	10,3	13,2	16,9	21,2	23,7	23,3	20,6	15,9	11,3	7,9
53	MT	Matera	200	7,7	8,4	10,5	14,2	18,5	23,6	26,7	26,2	22,9	18,0	13,3	9,3
54	NA	Napoli	17	10,5	10,6	13,2	16,0	19,5	24,1	26,7	26,5	23,8	19,6	15,5	12,1
55	NO	Novara	159	0,9	3,3	8,4	13,1	17,4	21,8	24,3	24,1	20,9	15,7	7,1	2,4
56	NU	Nuoro	546	6,2	6,7	9,5	12,4	15,7	21,1	24,3	24,1	20,9	15,7	11,2	7,6
57	OR	Oristano	9	9,6	10,2	12,3	14,5	17,4	21,4	23,5	24,1	22,6	18,7	14,4	10,8
58	PA	Palermo	14	11,1	11,6	13,1	15,5	18,8	22,7	25,5	25,4	23,6	19,8	16,0	12,6
59	PC	Piacenza	61	0,1	2,4	7,7	12,2	16,3	20,7	23,2	22,3	18,9	12,8	6,9	2,0
50	PD	Padova	12	1,9	4,0	8,4	13,0	17,1	21,3	23,6	23,1	19,7	13,8	8,2	3,6
61	PE	Pescara	4	7,2	8,4	10,9	14,2	18,5	22,7	25,4	25,0	22,0	17,4	12,5	8,7
62	PG	Perugia	493	4,0	5,0	8,1	11,5	15,4	20,1	23,1	22,7	19,6	14,1	9,4	5,5
63	PI	Pisa	4	6,7	7,7	10,6	13,6	17,2	21,1	23,5	23,5	20,9	16,3	11,7	7,8
64	PN	Pordenone	24	2,3	4,4	8,1	12,1	15,7	18,4	21,5	21,2	18,3	12,9	7,4	3,8
65	PO	Prato	61	5,6	6,9	10,4	14,3	18,0	22,3	25,0	24,7	21,6	16,1	10,9	6,8
66	PR	Parma	57	0,9	3,5	8,9	13,7	17,6	22,2	24,7	24,0	20,2	14,1	8,0	2,8
67	PS	Pesaro e Urbino	11	3,6	4,7	8,4	12,3	16,2	20,6	23,2	22,7	19,7	14,7	9,9	5,4
68	PT	Pistoia	67	5,3	6,5	9,9	13,4	17,2	21,3	24,1	23,6	20,9	15,3	10,4	6,3
69	PV	Pavia	77	0,5	3,2	8,4	12,9	17,1	21,3	23,5	22,7	19,3	13,3	7,1	2,3
70	PZ	Potenza	819	3,6	4,3	6,8	10,6	14,7	19,1	21,9	21,9	18,9	13,7	9,3	5,2
71	RA	Ravenna	4	1,9	3,4	8,1	12,4	16,4	20,9	23,4	22,9	19,7	14,3	8,9	3,8
72	RC	Reggio di Calabria	15	11,1	11,5	12,8	15,3	18,7	23,0	25,7	26,1	23,8	20,0	16,5	12,7
73	RE	Reggio nell'Emilia	58	1,1	3,2	8,2	12,7	16,9	21,2	23,8	22,9	19,6	13,3	7,2	2,8
74	RG	Ragusa	502	8,6	9,2	11,2	14,1	18,5	23,6	26,6	26,4	23,2	18,4	14,3	10,1

(segue prospetto)

(seguito del prospetto VI)

N°	Sigla Provincia	Località	Altitudine m	GEN. °C	FEB. °C	MAR. °C	APR. °C	MAG. °C	GIU. °C	LUG. °C	AGO. °C	SET. °C	OTT. °C	NOV. °C	DIC. °C
75	RI	Rieti	405	3,7	4,9	8,1	11,6	15,2	18,8	21,8	21,7	18,9	13,5	8,7	5,1
76	RM	Roma	20	7,6	8,7	11,4	14,7	18,5	22,9	25,7	25,3	22,4	17,4	12,6	8,9
77	RN	Rimini	5	3,1	4,9	8,5	12,4	16,5	20,8	23,4	22,7	19,9	15,0	9,6	5,3
78	RO	Rovigo	7	1,3	3,6	8,5	13,4	17,6	22,0	24,5	23,8	20,1	14,0	8,1	3,1
79	SA	Salerno	4	10,4	11,3	13,5	16,5	20,1	23,9	26,5	26,6	24,1	19,9	15,7	12,2
80	SI	Siena	322	4,8	5,7	9,1	12,4	16,3	21,0	24,0	23,7	20,2	14,6	9,8	6,0
81	SO	Sondrio	307	0,5	3,3	8,2	12,6	16,0	20,0	22,3	21,4	18,1	12,4	6,6	1,7
82	SP	La Spezia	3	6,7	7,3	10,1	13,4	16,7	20,9	23,8	23,7	21,2	16,4	11,9	8,3
83	SR	Siracusa	17	11,3	11,5	13,1	15,4	18,7	23,0	26,2	26,4	23,9	20,1	16,4	12,9
84	SS	Sassari	225	8,7	9,1	11,3	14,0	16,8	21,4	24,0	24,5	22,1	17,5	13,5	9,9
85	SV	Savona	4	6,6	8,5	11,4	14,6	18,1	22,2	24,9	24,6	21,9	16,9	11,9	8,2
86	TA	Taranto	15	9,2	9,7	11,3	14,5	18,5	23,0	25,9	25,8	23,0	18,7	14,4	10,9
87	TE	Teramo	265	5,1	5,9	9,0	12,8	16,8	21,4	24,0	23,6	20,4	15,1	10,4	6,6
88	TN	Trento	194	4,3	7,3	11,8	16,5	20,0	24,0	26,3	25,5	22,3	16,4	10,2	5,7
89	TO	Torino	239	0,4	3,2	8,2	12,7	16,7	21,1	23,3	22,6	18,8	12,6	6,8	2,0
90	TP	Trapani	3	11,0	11,5	13,2	15,8	19,2	23,3	25,8	26,2	24,0	19,9	15,8	12,4
91	TR	Terni	130	6,7	7,6	10,7	13,6	17,6	22,3	24,7	24,3	21,1	16,4	11,3	6,6
92	TS	Trieste	2	4,9	6,2	9,4	13,5	17,7	21,9	24,2	24,0	20,7	15,5	10,6	6,9
93	TV	Treviso	15	2,8	4,4	8,4	13,2	17,1	21,6	23,8	23,2	19,8	14,0	8,2	4,3
94	UD	Udine	113	3,5	5,0	8,6	13,3	17,3	21,1	23,3	23,1	19,8	14,2	8,7	4,8
95	VA	Varese	382	1,2	1,9	6,0	10,4	14,0	17,7	20,5	19,6	16,4	11,2	5,3	1,9
96	VB	Verbania	197	2,9	4,6	8,5	12,6	16,6	20,8	23,3	22,6	19,3	13,5	8,1	4,2
97	VC	Vercelli	130	0,2	2,9	7,7	12,5	17,2	21,7	23,8	22,8	18,7	12,7	6,5	1,8
98	VE	Venezia	1	3,3	4,8	8,6	13,2	17,3	21,3	23,6	23,4	20,4	14,9	9,5	5,0
99	VI	Vicenza	39	2,4	4,2	8,5	12,9	17,0	21,3	23,6	23,0	19,6	13,9	8,5	4,1
100	VR	Verona	59	2,4	4,9	9,3	13,7	17,4	21,7	23,8	23,6	20,2	14,7	8,5	4,3
101	VT	Viterbo	326	5,7	6,6	9,4	12,7	16,9	21,8	24,8	24,0	20,7	15,9	11,3	7,5