

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI**



**FACOLTÁ DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**



**Laurea in Architettura**

**DICAAR**

**Laboratorio Integrato di Progettazione Tecnologica (Modulo di Termofisica dell'edificio)**

**a.a. 2017-2018**

Il fabbisogno energetico – chiusure opache (Numero di slide 1 – 20)

*Docente: ROBERTO RICCIU*

# Il fabbisogno energetico

Consideriamo le norme degli ultimi venti anni:

- **Direttiva Europea 2002/91/CE**: Rendimento energetico in edilizia
- **D.lgs. 192/05**: Impone l'obbligo della certificazione energetica per gli edifici di nova costruzione e, in determinati casi anche per quelli esistenti
- **Decreto 311/06**: integra e corregge il **D.lgs. 192/05**, impone l'obbligo della certificazione a tutto il patrimonio edilizio nazionale.
- **Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici**  
**D.M. 26 giugno 2009**
- **Direttiva Europea 2010/31/UE**: Abroga la *Direttiva Europea 2002/91/CE*

## Decreti attuativi del **D.lgs. 192/05**

- D.M. 26 giugno 2009, LINEE GUIDA NAZIONALI PER LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI
- D.P.R. 2 aprile 2009 n°59, METODOLOGIE DI CALCOLO 
- Decreto 115 maggio 2008, CRITERI ACCREDITAMENTO DEI CERTIFICATORI: Attuazione della Direttiva 2006/32/CE, relativa all'efficienza degli usi finali e i servizi energetici
- ***D.P.R. 75/2013 in vigore dal 12 Luglio 2013***

# Il fabbisogno energetico

## LINEE GUIDA NAZIONALI PER LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI *D.M. 26 giugno 2009*

Definiscono una procedura comune suddivisa nei seguenti punti:

- **Diagnosi energetica** finalizzata alla determinazione della prestazione energetica dell'edificio e all'individuazione degli interventi di riqualificazione energetica che risultano economicamente più convenienti
- **Classificazione energetica dell'edificio** in funzione della prestazione energetica, il suo confronto con i limiti di legge e le potenzialità di miglioramento in funzione degli interventi di riqualificazione
- **Rilascio dell' Attestato di Certificazione Energetica (ACE)**, con validità 10 anni

Dal 1 gennaio 2012 gli annunci commerciali di vendita degli edifici, o di loro porzioni, dovranno obbligatoriamente riportare l'indice di prestazione energetica contenuto nell'ACE.

*La Certificazione Energetica si applica a tutti gli edifici indipendentemente dalla presenza o meno di uno o più impianti tecnici.*

# Il fabbisogno energetico

## LINEE GUIDA NAZIONALI PER LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI *D.M. 26 giugno 2009*

L'art. 4 illustra i **criteri generali e i requisiti delle prestazioni energetiche degli edifici e degli impianti**, in caso di nuova costruzione, di ristrutturazione e di manutenzione straordinaria, confermando quelli fissati dell'allegato I del Dlgs 192/2005, con l'aggiunta di **ulteriori disposizioni**, quali, ad esempio:

- ✓ precisazioni sui valori di trasmittanza limite per le chiusure apribili dell'edificio
- ✓ introduzione di un valore massimo ammissibile della prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio
- ✓ introduzione di limitazioni alla decentralizzazione degli impianti termici e disposizioni per un graduale passaggio alla contabilizzazione del calore in presenza di impianti di riscaldamento condominiali
- ✓ requisiti specifici minimi per i limiti di emissione del generatore e l'isolamento dell'involucro edilizio in caso di nuove costruzioni o di ristrutturazioni importanti di edifici dotati di generatori di calore alimentati da biomasse combustibili
- ✓ modifica degli obblighi di trattamento dell'acqua per gli impianti di riscaldamento
- ✓ valutazione di utilizzo, in presenza di ristrutturazioni di edifici esistenti, di sistemi schermanti o filtranti per le superfici vetrate
- ✓ fissazione, per gli immobili pubblici o ad uso pubblico, di requisiti più restrittivi rispetto all'edilizia privata.

# Il fabbisogno energetico

LINEE GUIDA NAZIONALI PER LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA  
DEGLI EDIFICI *D.M. 26 giugno 2009*

Inoltre, per tutte le categorie di edifici pubblici e privati, è obbligatorio l'uso di **fonti rinnovabili** per la produzione di energia termica ed elettrica.

Nel caso di nuove costruzioni, installazione di nuovi impianti termici o ristrutturazione degli impianti termici esistenti, l'impianto di produzione di energia termica deve produrre con fonti rinnovabili almeno il 50% dell'energia richiesta per la produzione di acqua calda sanitaria.  
Tale limite scende al 20% per gli edifici situati nei centri storici.

Nel caso di nuove costruzioni pubbliche e private, o di ristrutturazioni, è obbligatoria l'installazione di **impianti fotovoltaici** per la produzione di energia elettrica (1 kW ogni 65 mq fino a fine 2016, ogni 50 mq dal 2017) e la predisposizione del collegamento a reti di **teleriscaldamento**, se presenti a meno di 1.000 metri, o in presenza di progetti approvati nell'ambito di opportuni strumenti pianificatori.

# Il fabbisogno energetico

LINEE GUIDA NAZIONALI PER LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA  
DEGLI EDIFICI *D.M. 26 giugno 2009*

## □ Dal fabbisogno energetico agli indici di prestazione

La conoscenza del fabbisogno energetico consente di determinare l'Indice di prestazione energetica globale  $EP_{gl}$  dato dalla somma di 4 indici di prestazione parziali:

$$EP_{gl} = EP_i + EP_{acs} + EP_{ill} + EP_e$$

Dove  $EP_i$  = indice di prestazione per la climatizzazione invernale

$EP_{acs}$  = indice di prestazione per la produzione di acqua calda sanitaria

$EP_{ill}$  = indice di prestazione per l'illuminazione artificiale

$EP_e$  = indice di prestazione per la climatizzazione estiva

L' $EP_{gl}$  esprime "il consumo di energia primaria totale riferito all'unità di superficie utile (edifici residenziali) o di volume lordo (edifici non residenziali), espresso in  $KWh/m^2$  anno o in  $KWh/m^3$  anno".

# Il fabbisogno energetico

## METODOLOGIE DI CALCOLO

D.P.R. 2 Aprile 2009 n°59

Per le metodologie di calcolo si fa riferimento alla norma tecnica **UNI TS/11300** divisa in quattro parti ( alla data odierna sono state emanate tutte le quattro parti):

- **UNI/TS 11300 – 1:** determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione invernale ed estiva
- **UNI/TS 11300 – 2:** determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria
- **UNI/TS 11300 – 3:** determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva
- **UNI/TS 11300 – 4:** utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per il riscaldamento di ambienti e preparazione acs

**Metodo calcolato di progetto:** (indicato per edifici di nuova costruzione)

**Metodo di calcolo da rilievo o standard:** (indicato per edifici esistenti)

# Il fabbisogno energetico

Per le chiusure opache consideriamo: Riferimenti normativi  
Appendice A dell'Allegato 1 del DM 26/6/15 (Trasmittanza stazionaria)

**TABELLA 1** (Appendice A)

Trasmittanza termica  $U$  di riferimento delle **strutture opache verticali**, verso l'esterno, gli ambienti non riscaldati o contro terra

Zona climatica	$U_{rif}$ [W/m <sup>2</sup> K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2019/2021
A-B	0,45	0,43
C	0,38	0,34
D	0,34	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

**TABELLA 2** (Appendice A)

Trasmittanza termica  $U$  delle strutture opache orizzontali o inclinate di **copertura**, verso l'esterno e gli ambienti non riscaldati

Zona climatica	$U_{rif}$ [W/m <sup>2</sup> K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2019/2021
A-B	0,38	0,35
C	0,36	0,33
D	0,30	0,26
E	0,25	0,22
F	0,23	0,20

**TABELLA 5** (Appendice A)

Trasmittanza termica  $U$  delle strutture opache verticali e orizzontali di **separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti**

Zona climatica	$U_{rif}$ [W/m <sup>2</sup> K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2019/2021
Tutte	0,8	0,8

# Il fabbisogno energetico

## Trasmittanza Periodica ISO 13786

### Inerzia involucro opaco (All.1 Art. 3.3 comma 4b, c)

- per le pareti opache verticali (ad eccezione di quelle nel quadrante Nord-ovest/Nord/Nord-Est) sia rispettata almeno una delle seguenti condizioni:
  - $M_s > 230 \text{ kg/m}^2$
  - $Y_{IE} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
- per tutte le pareti opache orizzontali e inclinate, che:
  - $Y_{IE} < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$

Dove:

$M_s$  : rappresenta la massa superficiale della parete opaca compresa la malta dei giunti ed esclusi gli intonaci [ $\text{kg/m}^2$ ].

$Y_{IE}$  : rappresenta la trasmittanza termica periodica valutata in accordo con UNI EN ISO 13786:2008 e successivi aggiornamenti [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ].



# Il fabbisogno energetico

## Prima fase dell'esercitazione: inserimento dati architettonici e climatici

Individuazione della zona climatica (sito [www.comuni-italiani.it](http://www.comuni-italiani.it))

Per **gradi giorno** di una località s'intende:

la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente, fissata convenzionalmente per ogni Paese, e la temperatura media esterna giornaliera; l'unità di misura utilizzata è il **grado giorno** (GG).

(sito [www.comuni-italiani.it](http://www.comuni-italiani.it))

Nell'esercitazione sono state assegnate 5 città:

1. Bolzano
2. Milano
3. Roma
4. Cagliari
5. Palermo

Per ogni città bisognerà inserire la temperatura media giornaliera dell'aria esterna (dalla UNI 10349 Prospetto 5)

# Il fabbisogno energetico

Pr

dati architettonici e climatici

(www.comuni-italiani.it)

Per  
la  
ris  
de  
es  
(si

Il periodo annuale convenzionale di  
riferimento giornaliero tra la temperatura  
per ogni Paese, e la temperatura media  
è il **grado giorno (GG)**.

N  
1.  
2.  
3.  
4.  
5.

Per ogni città bisognerà  
inserire la temperatura media  
giornaliera dell'aria esterna  
(dalla UNI 10349 Prospetto 5)

Prospetto 5 - Valori medi mensili della temperatura media giornaliera dell'aria esterna riferita alle stazioni di rilevazione dei dati climatici e valori del gradiente verticale di temperatura.

n	Stigla	Gen [°C]	Feb [°C]	Mar [°C]	Apr [°C]	Mai [°C]	Giù [°C]	Lug [°C]	Ago [°C]	Set [°C]	Ott [°C]	Nov [°C]	Dic [°C]	Media annua [°C]	d [°C/m]
1	AG	11,8	10,9	12,1	14,9	18,8	22,8	24,8	24,8	22,8	19,7	17,0	13,3	17,8	1/174
2	AL	1,5	4,2	8,4	11,9	17,5	21,6	23,5	22,4	17,6	12,5	6,7	1,1	12,5	1/178
3	AN	6,6	6,9	10,6	13,9	18,8	22,2	25,7	24,3	20,6	15,7	11,0	8,3	15,4	1/147
4	AO	-0,2	3,5	7,4	11,5	15,7	19,6	21,7	20,8	16,4	11,1	4,4	0,3	11,1	1/178
5	AP	4,6	5,2	8,0	12,9	17,6	20,7	23,8	23,7	18,7	13,2	10,2	4,3	13,6	1/147
6	AQ	3,0	4,3	8,1	11,0	15,9	20,8	22,4	22,3	16,8	12,6	7,8	2,7	12,4	1/147
7	AR	4,1	5,0	8,5	12,3	15,6	20,0	23,9	23,8	18,1	13,2	8,9	5,8	13,3	1/200
8	AT	-0,5	3,8	9,5	13,0	18,4	22,7	23,6	21,8	19,1	12,2	7,0	1,5	12,7	1/178
9	AV	6,6	6,4	9,2	13,2	18,5	21,6	24,0	23,8	19,3	13,8	10,5	7,1	14,5	1/147
10	BA	8,5	7,6	10,5	13,9	19,1	23,2	26,2	25,8	21,5	15,4	12,9	9,1	16,2	1/147
11	BG	2,7	5,0	8,4	11,4	16,5	21,6	22,5	21,7	17,7	12,8	7,2	3,3	12,6	1/178
12	BI	1,6	3,2	8,4	12,2	17,2	21,0	22,5	21,6	16,7	12,2	5,8	1,4	12,0	1/178
13	BL	-1,7	1,1	6,1	10,0	15,3	19,5	20,7	20,1	15,4	10,9	3,8	-0,1	10,1	1/178
14	BN	8,9	7,7	10,3	13,6	17,8	21,7	23,8	23,7	19,8	16,4	10,3	8,0	15,2	1/147
15	BO	1,3	5,4	9,6	13,6	17,7	22,2	24,8	21,6	19,3	15,6	9,3	3,8	13,7	1/200
16	BR	8,9	9,5	12,2	15,1	19,0	23,0	25,5	25,4	22,2	16,8	14,1	10,4	16,9	1/147
17	BS	3,0	3,5	8,6	12,1	17,8	21,1	22,2	22,0	18,4	13,0	7,7	3,5	12,8	1/178
18	BT	8,9	8,3	12,1	14,5	18,6	22,5	26,1	25,5	21,5	16,6	13,3	9,7	16,5	1/147
19	BZ	2,1	6,4	10,6	13,4	18,3	21,8	22,5	22,3	19,4	13,2	7,4	3,3	13,4	1/178
20	CA	9,0	9,3	11,5	13,7	19,0	22,8	24,6	24,6	20,6	17,8	13,1	10,8	16,4	1/192
21	CB	5,3	4,6	8,2	11,1	16,0	19,6	22,1	22,2	17,1	13,5	10,2	4,7	12,9	1/147
22	CE	9,5	8,5	11,2	14,3	19,0	22,7	24,8	25,3	21,4	17,7	11,4	9,6	16,3	1/147
23	CH	7,7	7,2	9,5	13,1	17,2	21,2	24,9	24,2	19,1	14,2	11,6	7,6	14,8	1/147
24	CI	9,3	9,5	10,8	12,9	18,0	21,5	23,8	24,6	21,2	18,1	12,2	9,3	16,0	1/192
25	CL	9,0	10,6	11,6	14,7	19,9	23,2	26,6	26,8	23,1	19,7	14,6	11,7	17,7	1/174
26	CN	0,4	2,3	6,8	9,6	15,4	20,1	21,9	20,1	16,0	10,9	5,4	0,6	10,8	1/178
27	CO	-0,2	3,9	8,6	11,9	17,1	20,7	22,5	19,8	17,7	11,3	7,0	3,6	12,0	1/178
28	CR	1,8	3,1	7,6	12,3	17,4	21,8	22,6	21,6	17,6	12,9	6,0	3,2	12,4	1/178
29	CS	10,0	8,6	11,6	13,7	18,1	22,3	24,8	24,3	20,4	15,8	12,3	9,2	16,0	1/147
30	CT	11,9	10,4	11,8	15,4	18,8	23,4	25,8	26,5	22,9	19,8	15,1	12,3	17,9	1/174
31	CZ	6,1	6,4	9,5	11,0	16,2	20,1	23,0	22,5	18,6	15,7	11,1	8,5	14,1	1/147
32	EN	8,5	6,7	9,1	12,7	18,2	23,3	26,1	25,4	20,7	17,9	12,4	9,3	15,9	1/174
33	FC	2,6	4,6	9,4	12,9	17,1	22,1	24,4	20,9	18,7	15,8	9,5	4,3	13,6	1/200
34	FE	1,1	4,4	8,3	12,9	18,0	22,0	24,6	23,5	19,3	15,2	8,0	3,1	13,4	1/200
35	FG	6,8	6,0	9,6	12,9	16,7	21,7	26,3	25,2	19,4	15,4	11,4	5,9	14,8	1/147
36	FI	7,2	7,7	12,1	13,8	19,7	24,1	26,3	25,8	19,9	15,4	11,6	8,2	16,0	1/200
37	FM	6,1	6,4	9,6	13,2	15,3	21,0	24,8	24,0	20,0	17,4	11,8	7,1	14,8	1/147
38	FR	7,1	8,1	11,7	14,5	18,3	22,6	24,2	23,1	19,1	15,8	10,6	8,5	15,3	1/147
39	GE	10,2	10,3	10,9	15,1	18,5	22,2	24,4	23,4	22,0	18,0	13,1	9,8	16,5	1/200
40	GO	3,3	5,3	9,1	12,8	18,4	22,1	23,4	23,0	19,2	14,5	8,6	5,4	13,8	1/178
41	GR	7,3	8,3	11,1	13,1	18,0	22,1	25,0	25,3	20,8	16,2	12,2	9,3	15,8	1/200
42	IM	10,0	8,9	12,1	14,7	17,0	21,4	23,9	24,0	22,0	18,5	14,8	10,9	16,6	1/200
43	IS	5,4	4,2	5,5	9,6	13,9	17,4	20,1	20,5	16,3	13,6	9,0	3,0	11,6	1/147
44	KR	10,5	10,9	12,0	15,2	18,7	24,5	26,3	26,9	23,0	20,2	15,5	13,0	18,1	1/147
45	LC	4,9	4,2	10,0	13,9	17,5	22,3	24,6	23,7	19,5	14,5	8,2	4,2	14,0	1/178
46	LE	10,7	9,5	11,4	14,2	17,9	23,1	24,8	24,2	20,8	17,6	15,0	10,7	16,7	1/147
47	LI	7,1	7,7	9,8	12,9	17,1	20,8	23,4	23,5	18,7	16,4	11,1	7,0	14,7	1/200
48	LO	1,6	4,7	9,6	12,8	18,6	22,6	24,3	22,8	18,0	14,3	6,6	1,7	13,2	1/178
49	LT	9,5	9,3	11,6	14,9	19,0	22,8	25,4	25,3	21,9	18,9	13,4	9,9	16,9	1/147
50	LU	7,0	7,4	10,3	13,1	17,6	20,8	24,0	23,8	19,1	16,1	11,5	7,9	14,9	1/200
51	MB	2,9	4,8	8,0	13,1	18,0	22,9	24,9	23,9	19,1	13,8	9,3	2,6	13,7	1/178
52	MC	3,5	3,7	7,7	11,4	15,8	19,2	23,4	23,1	16,4	12,1	8,8	4,6	12,5	1/147
53	ME	11,6	10,7	12,4	15,1	19,3	23,0	26,0	25,8	23,2	19,2	15,9	12,3	17,9	1/174
54	Mi	4,0	7,1	10,6	13,4	19,4	22,8	24,5	24,3	19,8	14,1	7,5	3,5	14,3	1/178

CTI - Milano. Riproduzione vietata. Il presente documento può essere utilizzato e circolato esclusivamente nell'ambito del gruppo di lavoro di progettazione. Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta o diffusa con un mezzo qualsiasi, fotocopic, microfilm o altro, senza il consenso scritto di CTI. 010206074 - (C)Cespa s.p.a.

# Il fabbisogno energetico

## Prima fase dell'esercitazione: inserimento dati architettonici e climatici

ALLEGATO	Calcolo semplificato del fabbisogno di un edificio			UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI				Docenti:	Studenti:				
<b>1</b> Foglio 2	DATI ARCHITETTONICI / CLIMATICI			Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale ed Architettura									
			LABORATORIO INTEGR. DI PROG. TECNOLOGICA a.a. 2017/2018										
<b>TEMPERATURE MEDIE MENSILI</b>		<b>GENNAIO</b>	<b>FEBBRAIO</b>	<b>MARZO</b>	<b>APRILE</b>	<b>MAGGIO</b>	<b>GIUGNO</b>	<b>LUGLIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SETTEMBRE</b>	<b>OTTOBRE</b>	<b>NOVEMBRE</b>	<b>DICEMBRE</b>
		[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
Comune di Cagliari (CA)		10,3	10,8	12,8	15,1	18,4	22,9	25,5	25,5	23,3	19,4	15,5	11,7
<b>Gradiente verticale di temperatura</b>													
$\delta$ [°C/m]	1/192												
<b>VALORI MEDI MENSILI DELLA TEMPERATURA MEDIA GIORNALIERA DELL'ARIA ESTERNA</b>				<b>VALORI MEDI MENSILI DELLA PRESSIONE PARZIALE DEL VAPORE D'ACQUA NELL'ARIA ESTERNA</b>									
Località di riferimento: Cagliari		Località considerata: Cagliari		PRESSIONE PARZIALE DEL VAPORE D'ACQUA NELL'ARIA ESTERNA									
$z_r$ [m]	4	$z$ [m]	4	Mese	$P_e$								
Mese	$\theta_{e,r}$	Mese	$\theta_e$	Mese	[Pa]								
-	[°C]	-	[°C]	-									
GENNAIO	10,3	GENNAIO	10,30	GENNAIO	757								
FEBBRAIO	10,8	FEBBRAIO	10,80	FEBBRAIO	759								
MARZO	12,8	MARZO	12,80	MARZO	787								
APRILE	15,1	APRILE	15,10	APRILE	931								
MAGGIO	18,4	MAGGIO	18,40	MAGGIO	1260								
GIUGNO	22,9	GIUGNO	22,90	GIUGNO	1499								
LUGLIO	25,5	LUGLIO	25,50	LUGLIO	1749								
AGOSTO	25,5	AGOSTO	25,50	AGOSTO	1767								
SETTEMBRE	23,3	SETTEMBRE	23,30	SETTEMBRE	1634								
OTTOBRE	19,4	OTTOBRE	19,40	OTTOBRE	1225								
NOVEMBRE	15,5	NOVEMBRE	15,50	NOVEMBRE	988								
DICEMBRE	11,7	DICEMBRE	11,70	DICEMBRE	740								

# Il fabbisogno energetico

## Prima fase dell'esercitazione: inserimento dati architettonici e climatici

ALLEGATO	Calcolo semplificato del fabbisogno di un edificio				UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI		
1 Foglio 3	DATI ARCHITETTONICI / CLIMATICI				Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale ed Architettura	LABORATORIO INTEGR. DI PROG. TECNOLOGICA a.a. 2017/2018	
AREA PARETI ESTERNE	Locale	Rif. Parete	Area	AREA PARETI ESTERNE	Locale	Rif. Parete	Area
	-	-	$A_{e,i}$ [m <sup>2</sup> ]		-	-	$A_{e,i}$ [m <sup>2</sup> ]
	CUCINA	T01	10,6		SOGGIORNO	P07	12,50
		T14	3,8			P08	12,30
	TAVERNA	T02	4,4		LETTO 1	P08	1,50
		T03	13,14			P08	1,30
		T03	0,9			P09	28,50
		T03	0,87			P10	10,70
		T03	2,58		P11	10,00	
		T04	7,7		LETTO 2	P12	4,29
	INGRESSO	T08	3,5			P12	1,50
	STUDIO 1	T09	2,3		CUCINA	P12	0,75
		T10	8,61			P01	11,90
		T10	1,5		P13	8,00	
		T10	0,56		BAGNO	P02	5,10
T11	8,6	P03	8,80				
STUDIO 2	T12	4,31	MATRIMONIALE	P04	10,50		
	T12	1,5		P05	6,54		
	T12	0,56		P05	1,50		
WC	T13	3,3	VANO SCALA	P05	0,75		
				P06	6,70		

# Il fabbisogno energetico

## Seconda fase dell'esercitazione: inserimento dati stratigrafici delle pareti

Possiamo fare due scelte circa la stratigrafia delle pareti dell'edificio per differenziare le varie esercitazioni:

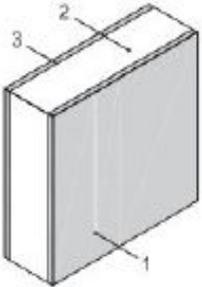
1. Caso di ristrutturazione con cappotto, seguiamo la UNI-TR 11552; Nella UNI/TS 11300 troviamo esempi di murature storiche; **Appendici: A-B-C**
2. Caso di murature nuove (in questo caso utilizzeremo il file del Casalena (file excel costruito per la verifica delle pareti in termini di trasmittanza termica stazionaria e dinamica).

Inseriremo tutti i dati relativi alle stratigrafie nel foglio di excel denominato «stratigrafie».

# Il fabbisogno energetico

**5.2 Pareti in laterizio pieno**

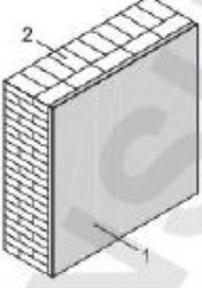
**MLP01 - Muratura in Mattoni Pieni [1]**



Strato	d [cm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/(kg K)]	$\lambda$ [W/m K]	R [m <sup>2</sup> /KW]
1 Intonaco interno	2	1400	1000	0,700	-
2 Mattoni pieni	12-64	1800	1000	0,720	-
3 Intonaco esterno	2	1800	1000	0,900	-

Descrizione (spessori in cm)	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	$\kappa_s$ [kJ/(m <sup>2</sup> K)]	$V_{60}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
2 - 12 - 2	2,58	67,3	1,639
2 - 25 - 2	1,76	68,6	0,470
2 - 38 - 2	1,34	63,1	0,156
2 - 51 - 2	1,08	61,8	0,029
2 - 64 - 2	0,90	62,0	0,011

**MLP02 - Muratura in mattoni pieni-faccie a vista [1]**



Strato	d [cm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/(kg K)]	$\lambda$ [W/m K]	R [m <sup>2</sup> /KW]
1 Intonaco interno	1,5	1400	1000	0,700	-
2 Mattoni pieni	12-64	1800	1000	0,720	-

Descrizione (spessori in cm)	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	$\kappa_s$ [kJ/(m <sup>2</sup> K)]	$V_{60}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
1,5 - 12	2,79	63,3	2,000
1,5 - 25	1,86	70,0	0,576
1,5 - 38	1,39	64,1	0,167
1,5 - 51	1,11	62,2	0,048
1,5 - 64	0,93	62,3	0,014

UNI UNIVTR 11552:2014 ID UNI Pagina 5

perimento

**APPENDICE A DETERMINAZIONE SEMPLIFICATA DELLA TRASMITTANZA TERMICA DEI COMPONENTI OPACI IN EDIFICI ESISTENTI**

I dati riportati nei prospetti seguenti sono utilizzabili solo per valutazioni energetiche di edifici esistenti, qualora non si possa effettuare una determinazione rigorosa di calcolo, sulla base di dati derivanti da ispezioni o da altre fonti più attendibili.

**prospetto A.1 Trasmissione termica delle chiusure verticali opache<sup>a)</sup> [W/(m<sup>2</sup> K)]**

Spessore [m]	Muratura di pietrame intonacata	Muratura di mattoni pieni intonacati sulle due facce	Muratura di mattoni serrisegni o tufo	Pannello prefabbricato in calcestruzzo non isolato	Parete a cassa vuota con mattoni forati <sup>b)</sup>
0,15	-	2,59	2,10	3,50	-
0,20	-	2,29	1,96	3,28	-
0,25	-	2,01	1,78	3,02	1,20
0,30	2,99	1,77	1,57	2,80	1,15
0,35	2,76	1,58	1,41	2,61	1,10
0,40	2,57	1,39	1,28	2,44	1,10
0,45	2,40	1,25	1,14	-	1,10
0,50	2,25	1,14	1,04	-	1,10
0,55	2,11	1,07	0,96	-	-
0,60	2,00	1,04	0,90	-	-

a) I sottilestrati devono essere computati come strati a parte.  
 b) In presenza di strutture isolate dall'esterno, la trasmittanza della parete può essere calcolata sommando alla resistenza termica della struttura non isolata, scelta dal prospetto A.1, la resistenza termica dello strato isolante aggiunto.  
 c) I valori della trasmittanza sono calcolati considerando la camera d'aria a tenuta.

**prospetto A.2 Trasmissione termica dei cassonetti [W/(m<sup>2</sup> K)]**

Tipologia di cassonetto	Trasmittanza termica
Cassonetto non isolato	6
Cassonetto isolato <sup>a)</sup>	1

a) Si considerano isolate quelle strutture che hanno un isolamento termico non inferiore di 2 cm.

**prospetto A.3 Trasmissione termica delle chiusure verticali opache verso ambienti interni [W/(m<sup>2</sup> K)]**

Spessore [m]	Muratura di mattoni pieni intonacata sulle due facce	Muratura di mattoni forati intonacata sulle due facce	Parete in calcestruzzo intonacata	Parete a cassa vuota con mattoni forati
0,15	2,10	1,85	2,61	-
0,20	1,80	1,35	2,42	-
0,25	1,70	1,15	2,26	1,11
0,30	1,53	1,00	2,11	0,99
0,35	1,37	0,88	1,99	0,98

UNI UNITS 11300-1:2008 ©UNI Pagina 20

# Il fabbisogno energetico

## Seconda fase dell'esercitazione: inserimento dati stratigrafici delle pareti

File del Casalena (file excel costruito per la verifica delle pareti in termini di trasmittanza termica e dinamica).

<http://www.mygreenbuildings.org/2009/07/27/trasmittanza-termica-periodica-foglio-di-calcolo-excel-per-calcolare-le-proprieta-termiche-dinamiche-di-un-componente-edilizio.html>

# Il fabbisogno energetico

Se

## Chiusura verticale

Periodo delle variazioni termiche T	[sec]	86400
Resistenza termica sup interna Rsi	[m2K/W]	0,13
Resistenza termica sup esterna Rse	[m2K/W]	0,04

Descrizione degli strati		Spessore (s) [m]	Conduttività termica (l) [W/mK]	Resistenza termica [mqK/W]	Calore specifico (c) [J/kgK]	Densità (ρ) [kg/m3]	Resistenza termica aria [m2K/W]	Profondità di penetrazione al periodo T (δ) [m]	ξ = s/d [-]	Resistenza termica [m2k/w]
Rsi	Aria		1	2	3	4	5			
		Strato laminare interno								0,130
1		Concrete	0,200	1,800	1000	2400		-	-	0,000
2		Aria	0,100				0,180	-	-	0,180
3		Forato	0,080	0,350	840	750		0,124	0,647	0,229
4		mattoni	0,120	0,800	840	1800		0,121	0,995	0,150
5		intonaco	0,020	0,900	840	1400		0,145	0,138	0,022
6								-	-	-
7								-	-	-
8								-	-	-
9								-	-	-
10								-	-	-
11								-	-	-
12								-	-	-
13								-	-	-
14								-	-	-
15								-	-	-
Rse	Aria	Strato laminare esterno								0,040

Spessore totale componente [cm] **52,00**

Resistenza termica totale [m2K/W] **0,751**

<http://www.mygreenbuildings.org>

## RISULTATI

2011 @ Ing. Andrea Ursini Casalena

### Regime periodico stabilizzato

T = 24 ore

### Regime stazionario

<b>Fattore di decremento (attenuazione)</b>	<b>fd</b>	[-]	<b>0,518</b>		<b>Massa superficiale</b>	<b>Ms</b>	[kg/m2]	<b>784</b>
<b>Ritardo fattore di decremento (sfasamento)</b>	<b>φ</b>	[h]	<b>6,22</b>		<b>Resistenza termica totale</b>	<b>Rt</b>	[m2K/W]	<b>0,751</b>
<b>Trasmittanza termica periodica</b>	<b> Yie </b>	[W/m2K]	<b>0,690</b>		<b>Trasmittanza</b>	<b>U</b>	[W/m2K]	<b>1,332</b>
Ammettenza termica lato interno	<b>Yii</b>	[W/m2K] , [h]	<b>1,90</b>	0,99	Conduttanza	<b>C</b>	[W/m2K]	<b>1,722</b>
Ammettenza termica lato esterno	<b>Yee</b>	[W/m2K] , [h]	<b>7,61</b>	2,37	Capacità termica areica	<b>Cta</b>	[kJ/m2K]	<b>735</b>
<b>Capacità termica periodica lato interno</b>	<b>k1</b>	[kJ/m2K]	<b>30,5</b>	38,6	Costante di tempo	<b>τ</b>	[h]	<b>153</b>
Capacità termica periodica lato esterno	<b>k2</b>	[kJ/m2K]	<b>110,8</b>	143,3				
Fattore di smorzamento superficiale interno								
<i>Parete disperdente</i>	<b>fsd</b>	[-]	<b>0,752</b>	0,011				
<i>Parete interna</i>	<b>fsi</b>	[-]	<b>0,711</b>	-0,047				

# Il fabbisogno energetico

## Seconda fase dell'esercitazione: inserimento dati stratigrafici delle pareti

ALLEGATO	Calcolo semplificato del fabbisogno di un edificio		UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI	Docenti:	Studenti:
2 Foglio 1	<b>STRATIGRAFIE</b>		Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale ed Architettura LABORATORIO INTEGR. DI PROG. TECNOLOGICA a.a. 2017/2018		

STRATIGRAFIA 01							
PARETI ESTERNE / Piano Terra	Materiale	Spessore	Conducibilità	Resistenza	Rif.normativo		
	(stratigrafia dall'esterno verso l'interno)		s	$\lambda$	R	-	
			[m]	[W/m·K]	[m <sup>2</sup> ·K/W]		
	Mattoni di laterizio	1	0,120	-	0,15	UNI 10355	
	Camera d'aria	2	0,015	-	0,17	UNI 6946	
	Tavella di laterizio	3	0,040	-	0,11	UNI 10355	
	Camera d'aria	4	0,015	-	0,17	UNI 6946	
Blocco di tufo	5	0,450	0,63	0,71	UNI 7347-54		
Intonaco interno	6	0,030	0,70	0,04	UNI 10351		
Resistenza sup. esterna	R <sub>se</sub>	-	-	0,04	UNI 6946		
Resistenza sup. interna	R <sub>si</sub>	-	-	0,13	UNI 6946		
				<b>Resistenza totale</b>	<b>R<sub>TOT</sub></b>	1,53	[m <sup>2</sup> ·K/W]
				<b>Trasmittanza totale</b>	<b>U<sub>TOT</sub></b>	0,65	[W/m <sup>2</sup> ·K]

STRATIGRAFIA 02							
PARETI ESTERNE / Piano Primo	Materiale	Spessore	Conducibilità	Resistenza	Rif.normativo		
	(stratigrafia dall'esterno verso l'interno)		s	$\lambda$	R	-	
			[m]	[W/m·K]	[m <sup>2</sup> ·K/W]		
	Mattoni di laterizio	1	0,120	-	0,15	UNI 10355	
	Camera d'aria	2	0,015	-	0,17	UNI 6946	
	Tavella di laterizio	3	0,040	-	0,11	UNI 10355	
	Camera d'aria	4	0,015	-	0,17	UNI 6946	
Blocco di tufo	5	0,300	0,63	0,48	UNI 7347-54		
Intonaco interno	6	0,030	0,70	0,04	UNI 10351		
Resistenza sup. esterna	R <sub>se</sub>	-	-	0,04	UNI 6946		
Resistenza sup. interna	R <sub>si</sub>	-	-	0,13	UNI 6946		
				<b>Resistenza totale</b>	<b>R<sub>TOT</sub></b>	1,29	[m <sup>2</sup> ·K/W]
				<b>Trasmittanza totale</b>	<b>U<sub>TOT</sub></b>	0,78	[W/m <sup>2</sup> ·K]

# Il fabbisogno energetico

## Terza fase dell'esercitazione: dispersione termica per trasmissione Hd – Componenti opachi.

ALLEGATO	Calcolo semplificato del fabbisogno di un edificio		UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI	Docenti:	Studenti:
3	DISPERSIONE TERMICA PER TRASMISSIONE (Hd) - Componenti opachi		Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale ed Architettura		
Foglio 1			LABORATORIO INTEGR. DI PROG. TECNOLOGICA a.a. 2017/2018		

ALIQUOTA	Locale	Rif. Parete	Rif. Stratigrafia	Trasmittanza	Area	Coeff. Dispersione Termica	
	U·A	-	-	$U_{e,i}$ [W/m <sup>2</sup> ·K]	$A_{e,i}$ [m <sup>2</sup> ]	$U_{e,i} \cdot A_{e,i}$ [W/K]	$U_e \cdot A_e$ [W/K]
PIANO TERRA	CUCINA	T01	Stratigrafia 01	0,65	10,60	6,94	9,43
		T14	Stratigrafia 01	0,65	3,80	2,49	
	TAVERNA	T02	Stratigrafia 01	0,65	4,40	2,88	20,07
		T03	Stratigrafia 01	0,65	13,14	8,60	
		T03	Stratigrafia 13	0,85	0,90	0,77	
		T03	Stratigrafia 01 (finestra)	0,65	0,87	0,57	
		T03	Stratigrafia 15	0,85	2,58	2,21	
	T04	Stratigrafia 01	0,65	7,70	5,04		
	INGRESSO	T08	Stratigrafia 01	0,65	3,50	2,29	2,29
	STUDIO 1	T09	Stratigrafia 01	0,65	2,30	1,51	14,42
		T10	Stratigrafia 01	0,65	8,61	5,64	
		T10	Stratigrafia 13	0,85	1,50	1,28	
		T10	Stratigrafia 01 (finestra)	0,65	0,56	0,37	
	STUDIO 2	T11	Stratigrafia 01	0,65	8,60	5,63	4,47
		T12	Stratigrafia 01	0,65	4,31	2,82	
		T12	Stratigrafia 13	0,85	1,50	1,28	
		T12	Stratigrafia 01 (finestra)	0,65	0,56	0,37	
WC	T13	Stratigrafia 01	0,65	3,30	2,16	2,16	

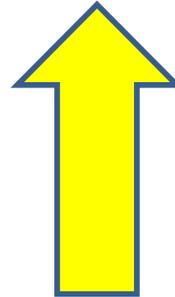
In questo foglio excel troveremo il coefficiente di dispersione termica Hd per il vari piani dell'edificio (componenti opachi).

# Il fabbisogno energetico

## DI QUALE TERMINE CI STIAMO OCCUPANDO NELL'EQUAZIONE GENERALE DELLO SCAMBIO TERMICO?

$Q_{H,nd}$  è il fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per riscaldamento;

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{gn} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \times (Q_{int} + Q_{sol})$$



**SIA LE CHIUSURE OPACHE (viste fino ad ora) CHE QUELLE TRASPARENTI (prossima dispensa) SONO SOGGETTE A TRASMISSIONE DI CALORE PER CONDUZIONE.**

$Q_{H,nd}$  è il fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per riscaldamento;

$Q_{H,ht}$  è lo scambio termico totale nel caso di riscaldamento;

$Q_{H,tr}$  è lo scambio termico per trasmissione nel caso di riscaldamento;

$Q_{H,ve}$  è lo scambio termico per ventilazione nel caso di riscaldamento;

$Q_{gn}$  sono gli apporti termici totali;

$Q_{int}$  sono gli apporti termici interni;

$Q_{sol}$  sono gli apporti termici solari;

$\eta_{H,gn}$  è il fattore di utilizzazione degli apporti termici; a dell'edificio) A.A. 2017-18

**To be continued...**