

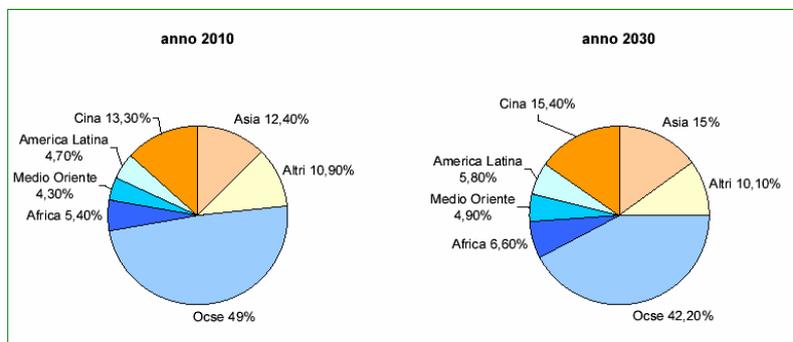
EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Riqualificazione energetica, le tecnologie rilevanti ed esempi di intervento

Rimini, 29 ottobre 2008

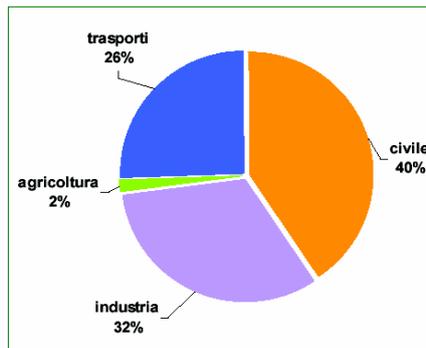
EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Ripartizione del fabbisogno energetico



EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Consumi energetici per settore d'uso finale



(PAE, 2006)

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Da un' analisi per clusters...

- INDUSTRIALE
- CIVILE
 - TERZIARIO
 - RESIDENZIALE
- INFRASTRUTTURE / TRASPORTI

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Consumi finali italiani per settore e per fonti

	Consumi (MTEP)	Prodotti Petroliferi	Gas	Combustibili Solidi	Elettricità
Trasporti	44	97%	0,70%	--	2%
Industria	41	19%	41%	11%	29%
Residenziale	30	16% (76%)	60%	--	20%
Terziario	16	10%	49%	--	41%
Altri	15				
Totale	146				

(Cesi Ricerca, 2006)

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Consumi elettrici finali italiani

I principali consumi elettrici sono suddivisi in:

- Motori 45-50%
- Illuminazione 12-15%
- Elettrodomestici 12-15%

Stand-by, carica batterie, ... 10%!!

(Cesi Ricerca, 2006)

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Tecnologie rilevanti nel settore civile

Le **tecnologie rilevanti** ai fini dell'efficienza energetica individuate sono:

- GENERAZIONE DI ENERGIA ELETTRICA
- COGENERAZIONE/TRIGENERAZIONE (compresa la microcogenerazione e generazione distribuita)
- CLIMATIZZAZIONE
- COIBENTAZIONE E/O ALTRI INTERVENTI EDILI
- ILLUMINAZIONE
- ELETTRODOMESTICI
- ICT/AUTOMAZIONE (BUILDING AUTOMATION)

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Direttiva Comunitaria 2002/91/CE: rendimento energetico in edilizia

Fine principale:

riduzione delle emissioni di CO₂ in atmosfera
e dei consumi

Il contributo sostanziale è offerto
dalla efficienza energetica

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Logica della Direttiva 2002/91/CE

Inizialmente gli obiettivi di risparmio energetico si sono concentrati sulla promozione di tecnologie di produzione energetica alternative e rinnovabili per la riduzione dei consumi di combustibili fossili mentre oggi appare importante la riduzione dell'inquinamento e quindi è fondamentale contenere il fabbisogno energetico in modo da non dover produrre energia.

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

La Direttiva delega le singole Nazioni alla stesura di indicazioni specifiche che contengano:

- i metodi per calcolare l' energia globale usata negli edifici utilizzata per riscaldamento, raffrescamento, illuminazione, ventilazione e acqua calda sanitaria (art.3);
- le norme minime che gli edifici devono rispettare per essere considerati efficienti (art.4);
- il metodo di calcolo per la certificazione energetica;
- modalità per effettuare il monitoraggio e la verifica delle prestazioni energetiche

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

In Italia, il D.Lgs 192/2005, modificato dal D.Lgs 311/2006 recepisce la direttiva 2002/91/CE stabilendo i criteri, le condizioni e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l' integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica. Il decreto contribuisce a conseguire gli obiettivi nazionali in termini di emissioni di gas a effetto serra posti dal Protocollo di Kyoto. Si pongono inoltre le basi per la **Certificazione energetica in edilizia** dettando i **procedimenti di calcolo e le verifiche da effettuare**. L' **ambito di applicazione è quello delle nuove costruzioni, delle ristrutturazioni totali e parziali, nuova installazione o ristrutturazione integrale di impianti termici e sostituzione di generatori di calore**. Il D.Lgs 311/2006 prevede l' **installazione di impianti solari termici per l' acqua calda sanitaria e gli impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica**.

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

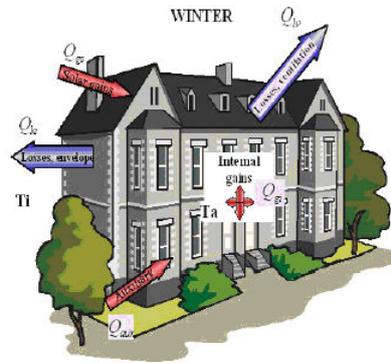
Prestazione energetica di un edificio

In Italia, gli edifici costruiti prima della L. 10/91 hanno consumi energetici di 200-250 kWh/m²a; quelli dopo la L. 10/91 100-130 kWh/m²a mentre il D.Lgs 192/05 impone per un edificio in classe C valori che non superino i 70 kWh/m²a.

Prenderemo in esame il bilancio energetico dell' edificio che deve tener conto di:

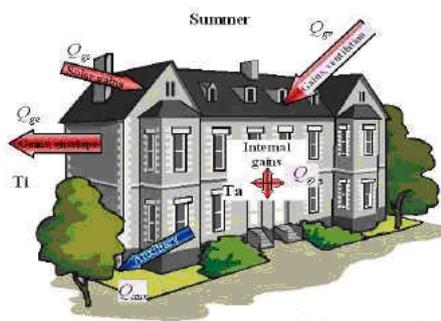
- Conduzione attraverso l' involucro;
- Scambio di aria
- Guadagno solare attraverso le superfici vetrate
- Guadagno interno
- Risorse energetiche ausiliarie

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI



In inverno il calore dell' impianto termico deve compensare la quantità di calore che viene dispersa

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI



In estate è necessario bloccare gli apporti di calore esterni per evitare un ulteriore surriscaldamento.

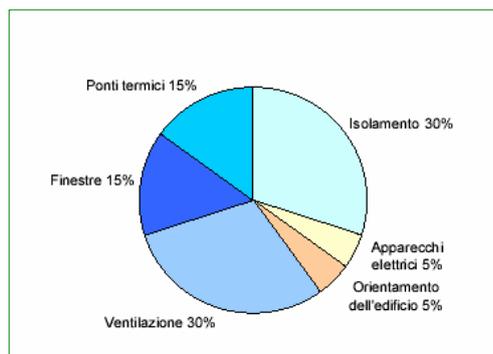
EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Il calore si disperde attraverso:

- le pareti opache;
- i serramenti;
- le coperture;
- i solai interpiano che confinano con ambienti a temperatura più bassa;
- le pareti che delimitano l' ambiente verso locali non riscaldati o riscaldati a temperatura inferiore;
- la ventilazione.

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI CIVILI

Parametri che influenzano le performance energetiche di un edificio



Ruolo fondamentale è svolto dall'isolamento termico dell'involucro e dall'impermeabilità all'aria

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

L'efficienza energetica implica una diversa progettazione considerando i seguenti parametri per ottenere un basso consumo energetico:

- la coibentazione termica dell'edificio (incremento nell'uso di materiali isolanti);
- un corretto orientamento dell'edificio rispetto al sole (dal punto di vista architettonico ciò implica grosse vetrate verso sud e aperture ridotte sul lato nord. Ne deriva una disposizione interna dei locali opportuna: Ambienti con maggiori esigenze di comfort a sud; Camere da letto a sud-est; Spazi di studio a sud-ovest; Ambienti di servizio a nord.);
- un corretto rapporto tra le parti vetrate, parti opache e parti a massa dell'involucro;
- lo sfruttamento passivo dell'energia solare tramite vetrate rivolte a sud (schermabili in estate);
- l'uso di collettori solari per la produzione di acqua calda e di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica (sfruttamento attivo dell'energia solare);
- l'uso di sistemi impiantistici basati su energie rinnovabili o ad alto rendimento energetico.

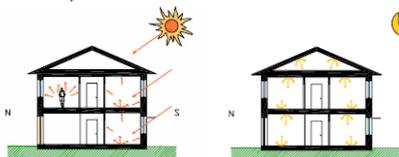
Caratteristiche termiche dell'involucro e isolamento

Le caratteristiche che influiscono sul comportamento termoigrometrico degli elementi che compongono un edificio sono:

- Resistenza termica;
- Ponti termici;
- Capacità termica;
- Inerzia termica;
- Permeabilità al vapore.

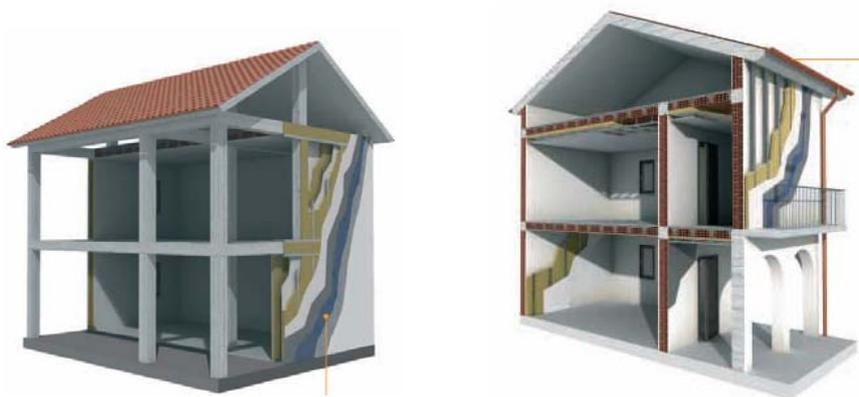
L'isolamento termico è la soluzione più efficace ed economica per la riduzione del fabbisogno termico. In genere si pensa all'isolamento in riferimento all'isolamento dal freddo e poco al comportamento nel periodo estivo. L'isolamento si valuta tramite la trasmittanza termica unitaria U.

Bisogna tener conto anche dell'inerzia termica, effetto combinato dell'accumulo e della resistenza termica.



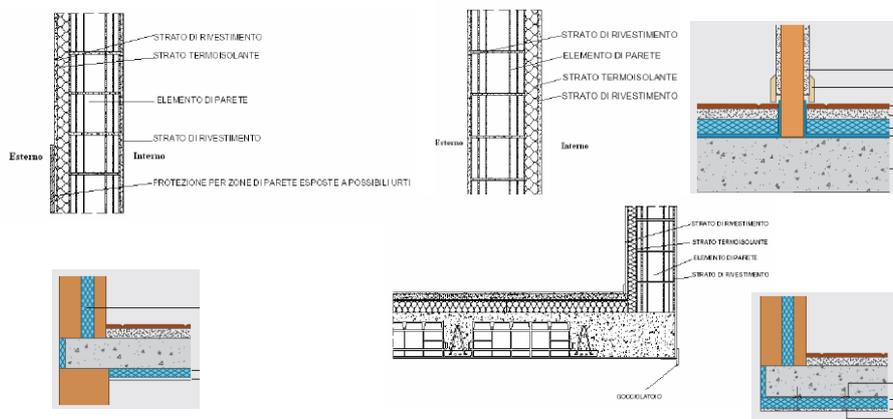
EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Prestazione energetica di un edificio



EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Diversi sono i sistemi di isolamento di pareti verticali e coperture. Fra questi cappotto esterno e interno, isolamento nell'intercapedine, parete ventilata.

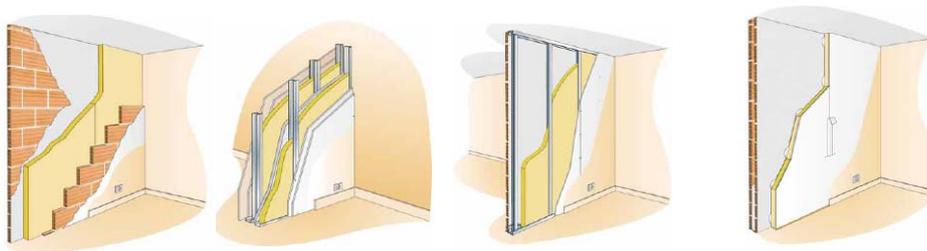


Soluzioni per pareti perimetrali e ventilate



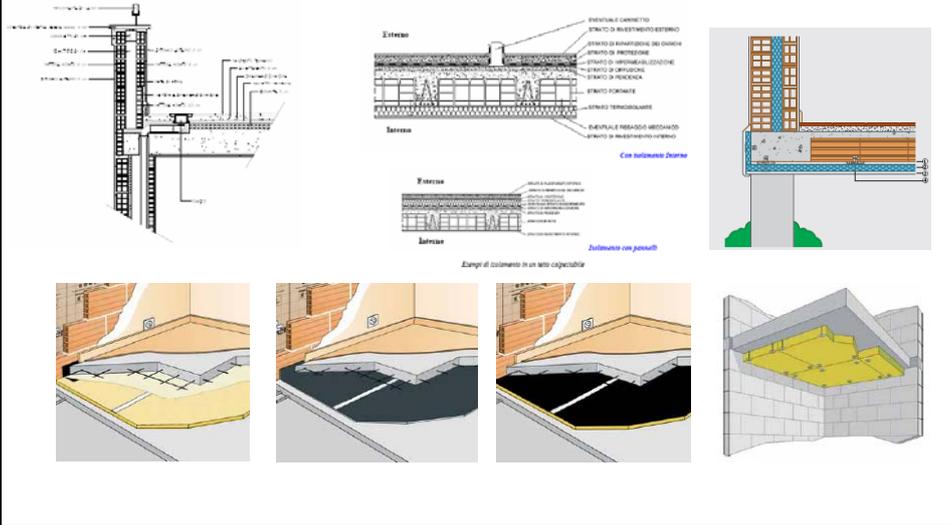
EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Soluzioni per pareti di separazione tra unità differenti



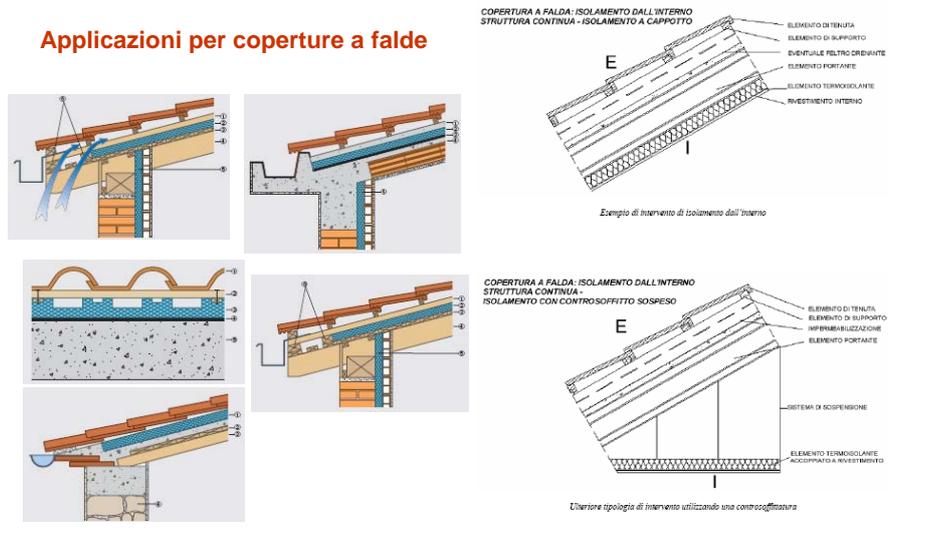
EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Isolamento di coperture piane, solai interpiano e non riscaldati



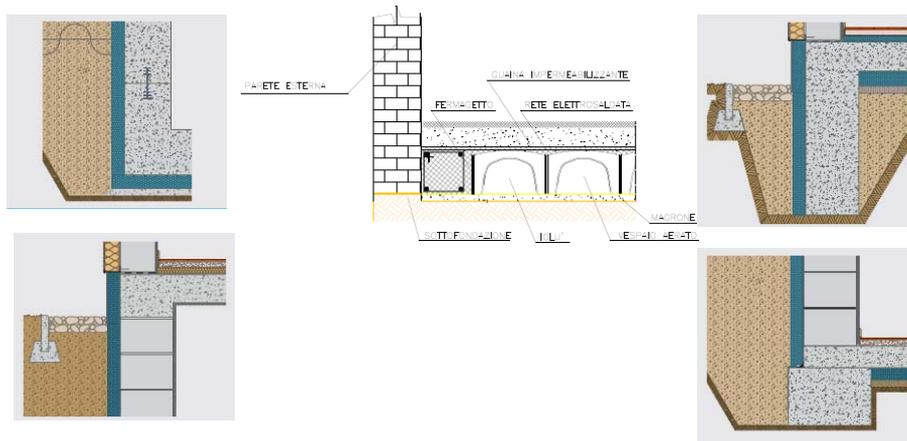
EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Applicazioni per coperture a falde



EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Isolamento parete controterra

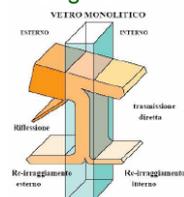


EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Isolamento delle finestre

È importante migliorare la tenuta all'aria dei serramenti e ridurre le dispersioni o i rientri di calore attraverso i vetri e i cassonetti. La trasmissione termica attraverso i vetri avviene per:

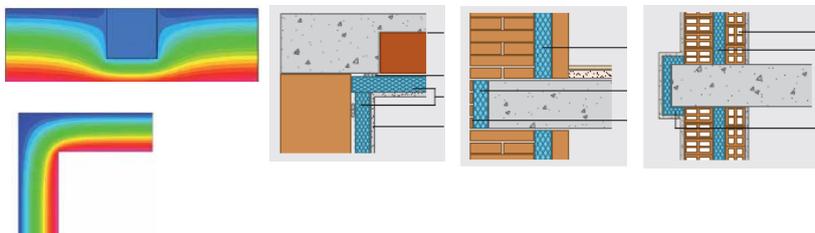
- Cessione di calore dalla stanza verso il vetro;
 - Cessione di calore attraverso il vetro;
 - Cessione di calore dalla superficie esterna del vetro verso l'ambiente esterno.
- Il vetro monolitico offre una scarsa resistenza. Un modo per incrementarla è aggiungere un altro vetro con intercapedine che fornisce un ulteriore strato resistente (o utilizzare vetri speciali o gas diversi nell'intercapedine o vetri tripli)



EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Ponti termici

Il calcolo delle dispersioni termiche in genere si effettua con ipotesi di regime termico stazionario (temperature int ed est costanti).
In realtà questa ipotesi non si verifica per la non omogeneità della parete, per la disomogeneità termica degli strati o geometrica di punti particolari (nodi d'angolo, pilastri, giunti,...).
La presenza di un ponte termico comporta una diversa distribuzione delle temperature che provoca un aumento del calore disperso e può portare alla formazione di condense superficiali con formazione di muffe.



EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Illuminazione

L'illuminazione degli edifici residenziali rappresenta il 15-20% dei consumi elettrici generali. Fondamentale è quindi l'utilizzo di tecnologie più efficienti rispetto alle tradizionali lampade ad incandescenza. Si citano pertanto le lampade fluorescenti compatte tradizionali ed elettroniche, le lampade alogene e lampade al sodio.

EQUIVALENZA TRA LAMPADE FLUORESCENTI COMPATTE E LAMPADE AD INCANDESCENZA			
	FLUORESCENTI COMPATTE NON ATTIVE E MERCE ET	INCANDESCENZA	
CONVENIENZA ECONOMICA	900 1000 1000 2000	4000 4000 7500 8000	
CONVENIENZA ECONOMICA	900 1000 1000 2000	4000 4000 7500 8000	
ELETTRONICA A TUBO	8000 2000 2500	2000 4000 20000	
ELETTRONICA A TUBO	900 1000 2000	2000 4000 8000	
CONVENIENZA ECONOMICA	900 1000 1000	4000 4000 7500	
ELETTRONICA A TUBO	8000 2000 2500	2000 4000 20000	

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Ventilazione

L' enorme incremento della domanda di climatizzazione estiva ha messo in risalto l' aspetto della ventilazione, naturale o meccanica, in relazione al comfort e benessere termoigrometrico in quanto influisce sui valori di temperatura, velocità e umidità relativa dell' aria.

I sistemi di ventilazione vengono normalmente classificati in:

- Ventilazione naturale (effetto camino);
- Ventilazione meccanica;
- Ventilazione ibrida.

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Impiantistica

Problemi di approvvigionamento e di emissioni in atmosfera di gas ad effetto serra hanno spinto verso la modifica di norme che riguardano la progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti di riscaldamento con l' obiettivo di contenere i consumi.

Le componenti principali di un impianto termico sono:

- Il generatore;
- La rete di distribuzione;
- I corpi scaldanti;
- I sistemi di regolazione e controllo.

Ciascuna componente presenta un rendimento che influenza il rendimento globale che fornisce un' indicazione del sistema complessivo edificio-impianto (si caratterizza il rendimento globale medio stagionale). Il dimensionamento dell' impianto deve avvenire in relazione al valore massimo della temperatura prevista, alle caratteristiche climatiche della zona, alle caratteristiche termofisiche dell' edificio e al regime di conduzione dell' impianto in termini di intermittenza-attenuazione.

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Prestazione energetica di un edificio

La prestazione energetica globale di un edificio può essere espressa da un descrittore che indichi il fabbisogno totale annuo di energia primaria inteso come somma di più descrittori dei singoli fabbisogni.

$$F_{TOT} = F_H + F_{AC} + F_W + F_I + F_{AUX} \text{ [KWh/m}^2 \text{ anno]}$$

Il D. Lgs 192/2005 ha introdotto l' EP_i (energy performance invernale, fabbisogno annuale di energia invernale) da confrontare con i valori di legge. Nell' all. C del D.Lgs 311/2006 sono riportati i valori limite di EP_i e vengono illustrati i requisiti della prestazione energetica degli edifici imponendo nuovi valori di trasmittanza per chiusure trasparenti e per i vetri.

Il decreto stabilisce pertanto due criteri di progettazione, uno basato sul calcolo di EP_i e l' altro basato sul calcolo della trasmittanza termica da confrontare con quella limite.

Prestazione energetica di un edificio - requisiti

Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica										
	A		B		C		D		E		F
	<i>fino a</i> 600 GG	<i>a</i> 601 GG	<i>a</i> 900 GG	<i>a</i> 901 GG	<i>a</i> 1400 GG	<i>a</i> 1401 GG	<i>a</i> 2100 GG	<i>a</i> 2101 GG	<i>a</i> 3000 GG	<i>oltre</i> 3000 GG	
$\leq 0,2$	10	10	15	15	25	25	40	40	55	55	
$\geq 0,9$	45	45	60	60	85	85	110	110	145	145	

Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale dal 01/01/2008

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica										
	A		B		C		D		E		F
	<i>fino a</i> 600 GG	<i>a</i> 601 GG	<i>a</i> 900 GG	<i>a</i> 901 GG	<i>a</i> 1400 GG	<i>a</i> 1401 GG	<i>a</i> 2100 GG	<i>a</i> 2101 GG	<i>a</i> 3000 GG	<i>oltre</i> 3000 GG	
$\leq 0,2$	9,5	9,5	14	14	23	23	37	37	52	52	
$\geq 0,9$	41	41	55	55	78	78	100	100	133	133	

Prestazione energetica di un edificio - requisiti

Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale dal 01/01/2010

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica										
	A		B		C		D		E		F
	<i>fino a</i> 600 GG	<i>a</i> 601 GG	<i>a</i> 900 GG	<i>a</i> 901 GG	<i>a</i> 1400 GG	<i>a</i> 1401 GG	<i>a</i> 2100 GG	<i>a</i> 2101 GG	<i>a</i> 3000 GG	<i>oltre</i> 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	

Prestazione energetica di un edificio - requisiti

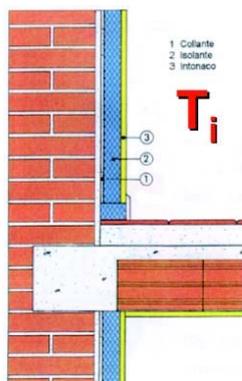


Tabella 2.1 Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache verticali, espressa in W/m²K

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	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	0,45	0,37	0,34
F	0,44	0,35	0,33

Prestazione energetica di un edificio - requisiti

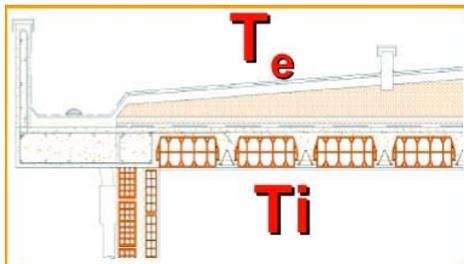


Tabella 3.1 Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura espressa in W/m²K

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	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

Prestazione energetica di un edificio - requisiti

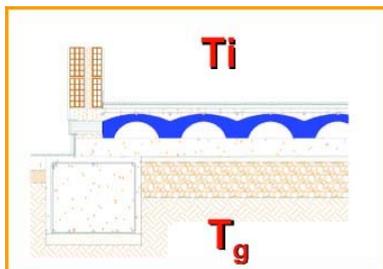


Tabella 3.2 Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali di pavimento espressa in W/m²K

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	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

Prestazione energetica di un edificio - requisiti

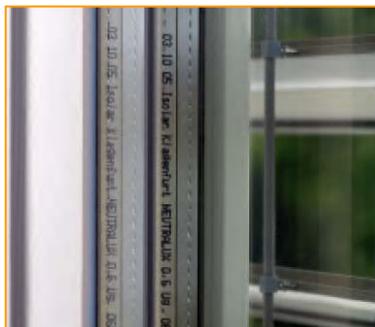


Tabella 4b. Valori limite della trasmittanza centrale termica U dei vetri espressa in W/m^2K

Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 luglio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2011 U (W/m^2K)
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

Prestazione energetica di un edificio - requisiti

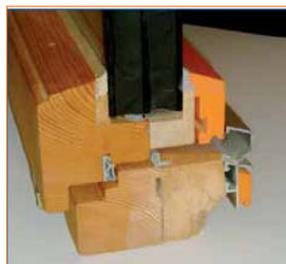
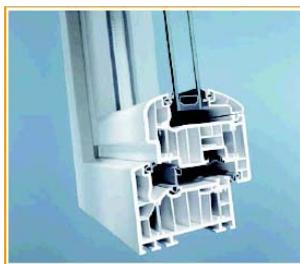
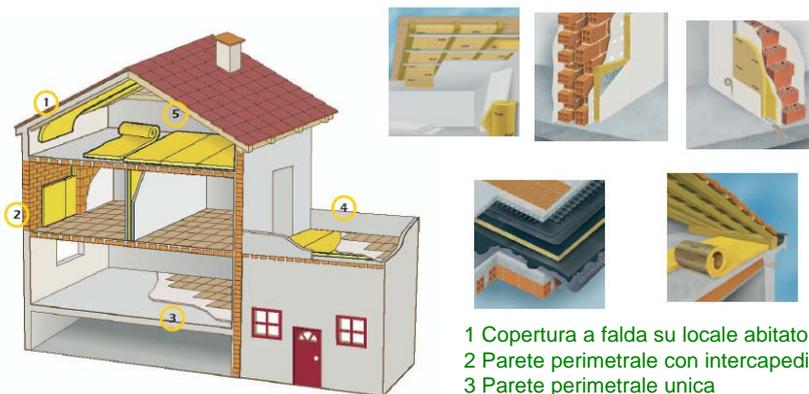


Tabella 4a. Valori limite della trasmittanza termica U delle chiusure trasparenti comprensive degli infissi espressa in W/m^2K

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	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

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI CIVILI

Esempio di intervento di isolamento / coibentazione per edificio esistente



- 1 Copertura a falda su locale abitato
- 2 Parete perimetrale con intercapedine
- 3 Parete perimetrale unica
- 4 Copertura piana pedonabile
- 5 Copertura a falda sottotetto non abitabile

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Esempio di intervento

EDIFICIO: Abitazione Unifamiliare
Tipi di intervento per il risparmio energetico
ZONA CLIMATICA E (NORD ITALIA)

	Isolamento a cappotto delle pareti perimetrali	Isolamento dall'interno delle pareti perimetrali	Isolamento della copertura	Installazione di serramenti con maggiori proprietà isolanti	Isolamento primo solato (su ambiente non riscaldato o su piloty)
Spessore medio isolante da impiegare (cm)	8	6+1	10	/	8
COSTO Medio Materiale (euro/mq)	20-30	11-15	21-51	300	24
Costo Medio manodopera (euro/mq)	25	15-25	5-20	20-30	25
Risparmio energetico ottenibile (% rispetto a prima dell'intervento)	15-20	15-20	40-45	3-5	10-15
Convenienza	••	••	••••	•	••

Fonte: ANIT

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Esempio di intervento

EDIFICIO: Condominio

Tipi di intervento per il risparmio energetico – Interventi globali (sull'intero edificio)

ZONA CLIMATICA E (NORD ITALIA)

	Isolamento a cappotto delle pareti perimetrali	Isolamento della copertura	Installazione di serramenti con maggiori proprietà isolanti	Isolamento primo solaio (su ambiente non riscaldato o su piloty)
Spessore medio isolante da impiegare (cm)	8	10	/	8
COSTO Medio Materiale (euro/mq)	20-30	21-51	300	24
Costo Medio manodopera (euro/mq)	25	5-20	20-30	25
Risparmio energetico ottenibile (% rispetto a prima dell'intervento)	30-35	10-15	8-10	10-15
Convenienza	****	**	•	**

Fonte: ANIT

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Esempio di intervento sui componenti finestrati

INTERVENTI				ZONA CLIMATICA			
				A, B, C	D	E	F
INTERVENTI SULLE FINESTRE		COSTI INDICATIVI €/m ²	RISPARMIO ENERGETICO %	CONVENIENZA	CONVENIENZA	CONVENIENZA	CONVENIENZA
CONTROLLO INFILTRAZIONI	GUARNIZIONI SUPPLEMENTARI	6,20	10-15	**	****	*****	*****
CONTROLLO DISPERSIONI DAL CASSONETTO	ISOLAMENTO	9,00	5-10	**	***	****	*****

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Esempio di intervento per collettori solari

Costi				
Il costo degli impianti solari è variabile in funzione della complessità impiantistica e della tecnologia dei collettori				
impianti monofamiliari con collettori vetriati piani		500-700	€/m ²	
impianti con collettori a tubi sottovuoto		1000-1200	€/m ²	
nota: per impianti importanti dimensionalmente il costo unitario si avvicina ai valori più bassi di quelli sopra riportati				
MACROZONE DI IRRAGGIAMENTO SOLARE [kWh/m ² anno]		Inclinazione dei collettori	Superficie m ² / persona	(*) tiene conto anche della radiazione diffusa sul piano del collettore (albedo)
sul piano del collettore (*)				
NORD	1500 -1600	50°	0,8	
CENTRO	1600- 1700	45°	0,7	
SUD	1700- 1900	35°	0,57	
Per l'installazione di un impianto solare per la produzione giornaliera di 50 litri/persona di acqua calda da 15 a 45 °C con fattore di copertura del 75% (valori indicativi)				

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Esempio di intervento per collettori solari

Risparmio economico atteso e tempo di ritorno						
	Superficie collettori (m ²)	Investimento €	Risparmio economico €/anno		Tempo di ritorno (anni)	
			Elettricità	Metano	Elettricità	Metano
NORD (Milano)	3.2	1920	385	184	5	10
CENTRO (Roma)	2.7	1675	385	184	4.4	9
SUD (Palermo)	2.3	1400	385	184	3.7	7.4
Costo dell' elettricità 0.18 €/kwh Costo del metano 0.75 €/m ³ Rendimento medio caldaia 90%						

EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Osservazioni finali

L'efficienza energetica rappresenta un'opportunità per fornitori di tecnologie e per l'intero sistema paese

Esistono ancora notevoli spazi per un'efficienza energetica

Informazione e comunicazione sono strumenti essenziali per un dialogo continuo fornitori/utilizzatori/operatori/ESCO

Stretta collaborazione tra responsabile acquisti, responsabile tecnico, responsabile di esercizio e manutenzione e un efficiente energy manager

Grazie per l'attenzione

Andrea Forni e Pasquale Regina
ENEA C.R. Frascati
Via Enrico Fermi, 45
00044 Frascati Roma
Tel. 0694005802; E-mail forni@frascati.enea.it
pasquale.regina@casaccia.enea.it