

PAS - Percorsi Abilitanti Speciali (D.M. 249/2010)

DIPARTIMENTO: **Ingegneria civile ed industriale**

numero classe di abilitazione	Denominazione classi di abilitazione
A033	Educazione tecnica nella scuola secondaria di primo grado

FORMAZIONE DIDATTICO-SCIENTIFICA: 18 CFU						
Referente		Paolo Sebastiano Valvo				
<i>INSEGNAMENTI INTEGRATI</i>		<i>MODULI DIDATTICI</i>		<i>Docente</i>	<i>n. CFU</i>	<i>n. ore</i>
Tecnologie dei materiali	Filippi Sara	Fondamenti di tecnologia dei materiali		Cinelli Patrizia	3	18
Costruzioni e tecnologia delle costruzioni	Barsotti Riccardo	Tecnologia delle costruzioni		Palazzuoli Marco	3	18
Chimica degli alimenti	Barbani Nicoletta	Chimica degli alimenti		Barbani Nicoletta	3	18
Impianti	Fantozzi Fabio	Impianti tecnici degli edifici		Fantozzi Fabio	1,5	12
		Impianti elettrici		Barcaglioni Maurizio	1,5	6
Organizzazione industriale e automazione dei processi produttivi	Lanzetta Michele	Organizzazione industriale e automazione dei processi produttivi		Lanzetta Michele	3	18
Disegno tecnico edile	Nocera Marco	Fondamenti di disegno tecnico		Nocera Marco	3	18

Lezioni maggio – giugno 2014

Impianti Tecnici degli edifici - Docente: Prof. F. Fantozzi

ARGOMENTI DA TRATTARE

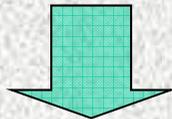
Fisica Tecnica dell'edificio: grandezze fisiche, unità di misura. Involucro edilizio. I rendimenti. Impianti di riscaldamento e climatizzazione. Impianti idro-sanitari. *Impianti elettrici*. Simboli per la rappresentazione grafica degli impianti. Normativa tecnica.

Lezioni 24 e 31 maggio 2014

Docente: Prof. F. Fantozzi

Tratto da precedente Convegno: “COME PROGETTARE L’EFFICIENZA ENERGETICA DELL’INVOLUCRO EDILIZIO - Valutazione dei sistemi e delle soluzioni nella nuova edificazione e nella ristrutturazione” tenuto a Pisa

Le problematiche dell’inquinamento, dell’esaurimento delle risorse naturali e delle sempre più connesse normative cogenti stanno portando ad un’ineludibile trasformazione dell’approccio al progetto integrato (forma, struttura, impianti) e al processo edilizio (tecnologie, materiali, tecniche costruttive).



nuovo valore della figura del professionista in grado di progettare soluzioni tecnico-organizzative, attente agli aspetti economici, e rispondenti a quelle esigenze che sono considerate prioritarie in Italia: la salvaguardia del territorio, il risparmio di energia attraverso il controllo della valutazione energetica degli edifici, il rispetto di specifici requisiti acustici, ecc. (condensa, strutture).

Dalla logica precedente si evince che le problematiche interconnesse che caratterizzano la qualità dell'edificio sono diverse:

- *Energetica e sostenibilità ambientale*
- *Acustica*
- *Strutturale*
- *Condensa*
- *Sicurezza antincendio ma anche sicurezza in genere (legge 626/94 per edifici con attività lavorative) e igiene degli ambienti abitativi*

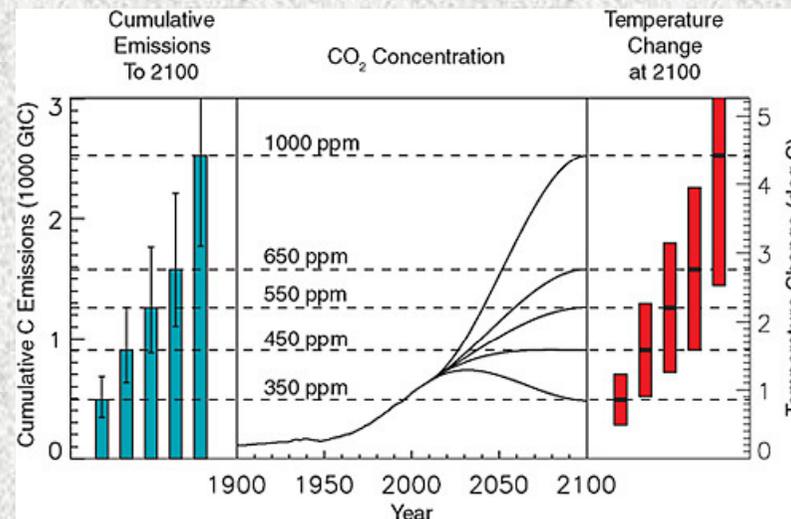
tutte legate in modo particolare alla scelta dei componenti di involucro e per farne un'esemplificazione cominciamo provocatoriamente da un esempio in campo acustico per vedere come si riflette anche sul resto

OSSERVAZIONI
su Problema energetico e ambientale
(dati e tabelle)
– filosofia del problema

Ci sono dunque diversi ordini di problemi che giustificano un'attenzione sempre crescente all'aspetto energetico:

- gli eccessivi consumi energetici attuali e l'alto costo dell'energia prodotta con fonti tradizionali
- una futura difficoltà di approvvigionamento e l'eccessiva esposizione verso i paesi produttori
- l'alto costo ambientale in termini di

- effetto serra



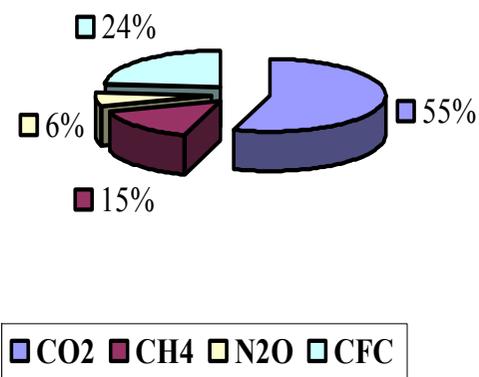
Ci sono dunque diversi ordini di problemi che giustificano un'attenzione sempre crescente all'aspetto energetico:

- l'alto costo ambientale in termini di

- effetto serra

Gas	Fonti principali	Contributo al riscaldamento globale (3)
Biossido di carbonio (CO ₂)	Combustione di combustibili fossili (c.77%)	55
CFC e gas correlati (HCFC, HFC) (4)	Vari usi industriali: refrigerazione agente schiumogeno; solventi	24
Metano (CH ₄)	Risaie, fermentazione enterica, perdite di gas.	15
Protossido d'azoto (N ₂ O)	Combustione delle biomasse. Uso dei fertilizzanti. Uso dei combustibili fossili	6

I PRINCIPALI GAS CHE SCALDANO LA TERRA



- inquinamento →



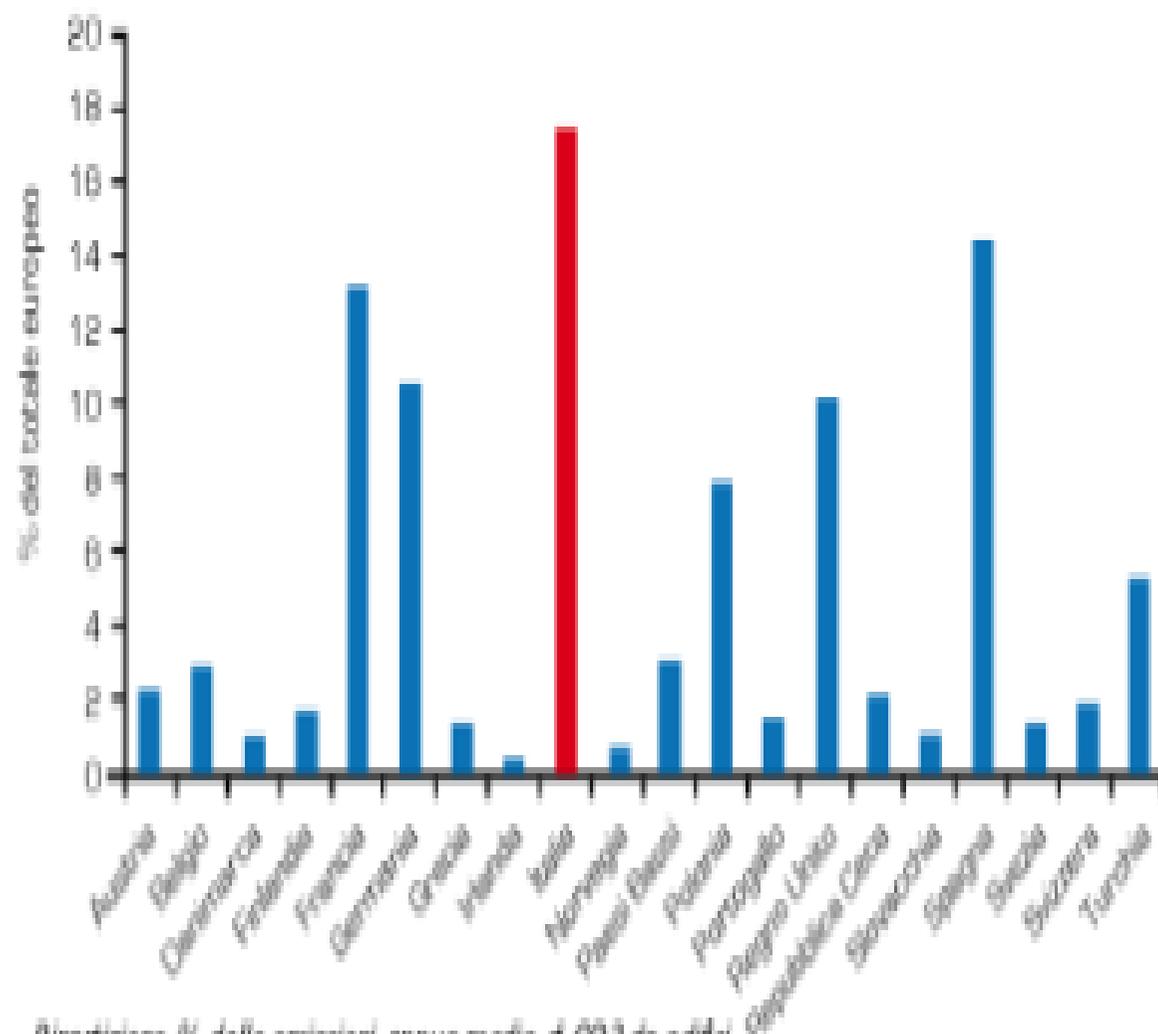
SVILUPPO SOSTENIBILE

“... è uno sviluppo in grado di garantire il soddisfacimento dei bisogni attuali senza compromettere la possibilità delle generazioni future di far fronte ai loro bisogni.”

Commissione Brundtland, 1987

(Commissione mondiale dell'ambiente e dello sviluppo)

Ripartizione % delle emissioni di CO2 da edifici

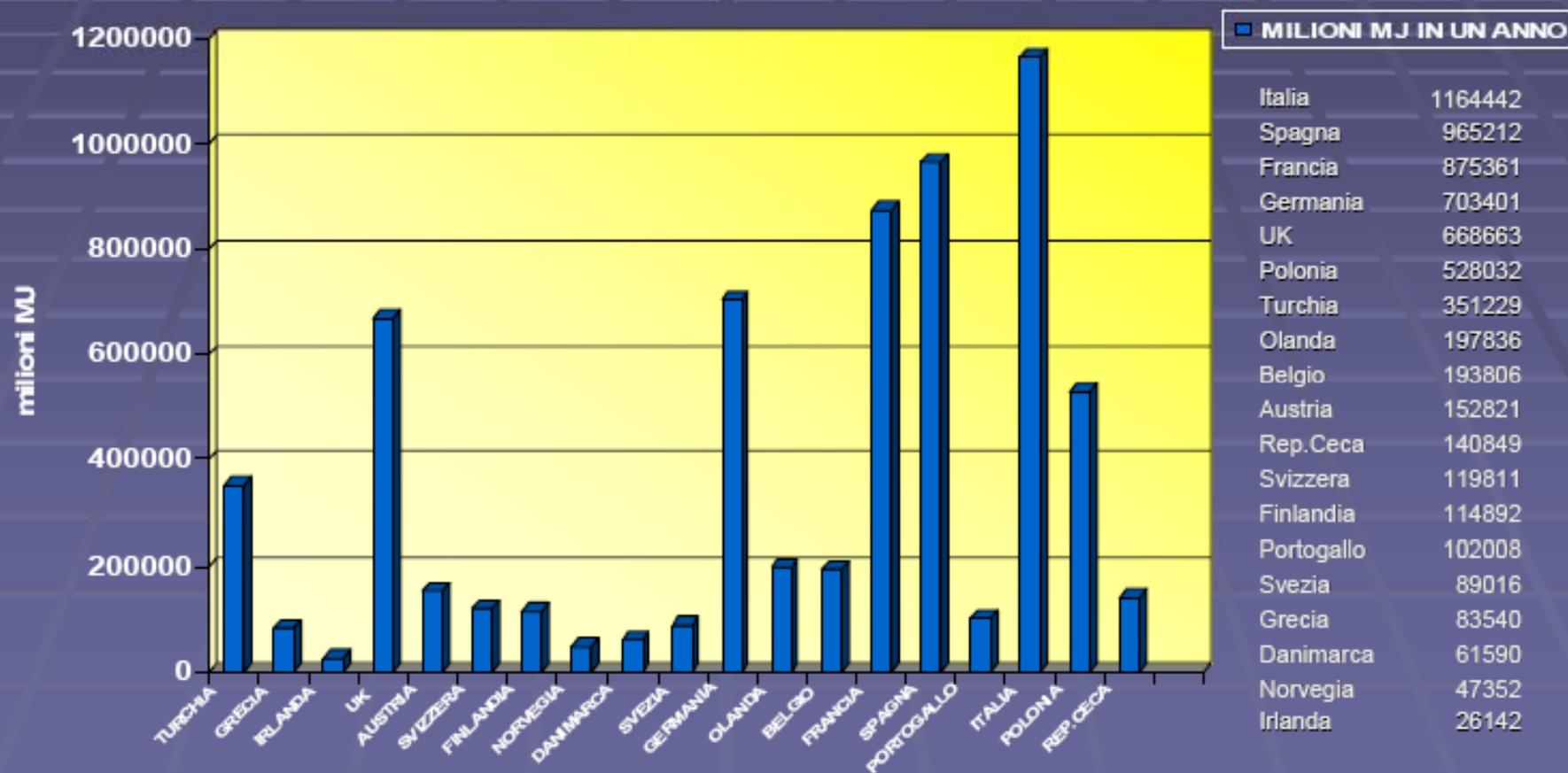


Ripartizione % delle emissioni annue medie di CO2 da edifici nei principali Paesi europei (Fonte Eurima)

- **L'Italia è al primo posto per emissioni di CO2**
- **Scarsa efficienza energetica edilizia legata all'obsolescenza**
- **Il 70 % degli edifici realizzato prima di qualsiasi norma sull'efficienza energetica**

FABBISOGNO DI ENERGIA NEGLI EDIFICI

- Numerosi studi a livello internazionale evidenziano come l'energia impiegata negli edifici rappresenta oltre il 40% del consumo totale di energia della Comunità Europea.
- L'Italia è il paese europeo dove si verifica il maggior consumo di energia nelle abitazioni e risulta pari al 17,5% del totale di energia annua imputabile alle case in Europa.



Edifici ad uso abitativo per epoca di costruzione

Edifici

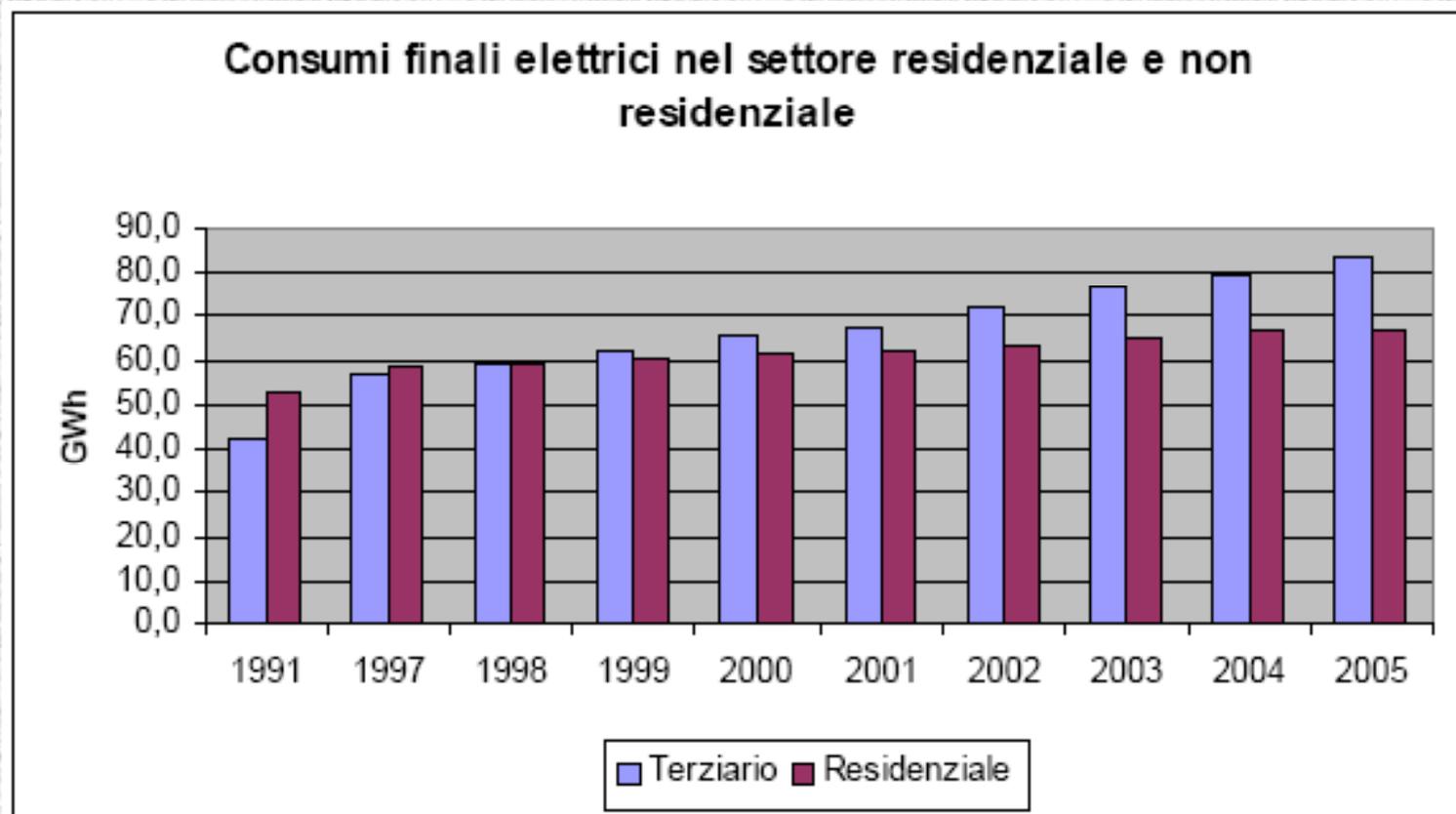
	Prima del 1919	Dal 1919 al 1945	Dal 1946 al 1951	Dal 1952 al 1971	Dal 1972 al 1981	Dal 1982 al 1991	Dal 1992 al 2001	dopo il 2001	Totale
Piemonte	316.845	128.529	101.827	120.461	107.233	53.999	48.250	28.132	905.276
Valle d'Aosta	10.546	4.064	4.975	5.770	6.281	4.304	3.121	1.598	40.659
Lombardia	251.018	143.059	207.746	263.994	225.047	132.338	116.256	67.080	1.406.538
Liguria	90.182	35.398	35.370	37.915	26.136	13.491	9.222	12.432	260.144
Trentino-Alto Adige	53.879	16.888	20.709	29.452	27.016	18.607	19.409	52.409	238.369
Veneto	148.780	93.000	146.372	205.167	184.075	98.607	84.255	12.315	972.571
Friuli-Venezia Giulia	56.088	29.286	40.323	47.764	56.520	30.053	20.280	6.095	286.409
Emilia-Romagna	129.045	94.115	135.151	140.989	121.597	61.251	52.918	35.107	770.173
Toscana	205.268	95.522	105.764	105.588	82.869	42.317	30.394	20.047	687.769
Umbria	39.857	17.136	23.057	28.273	30.749	18.462	14.483	6.861	178.878
Marche	69.910	36.235	40.741	51.055	49.845	24.876	17.172	11.872	301.706
Lazio	99.483	66.226	111.584	139.028	162.014	101.062	53.170	29.588	762.155
Abruzzo	73.619	47.413	49.445	52.113	51.715	34.434	19.539	16.660	344.938
Molise	34.735	17.976	12.346	11.353	11.378	8.745	5.151	3.360	105.042
Campania	132.242	87.747	97.772	137.361	155.639	148.847	63.139	26.780	849.527
Puglia	123.865	107.894	132.797	159.684	188.753	127.603	53.268	34.483	928.347
Basilicata	31.714	19.621	22.811	20.882	20.518	21.495	10.931	4.538	152.510
Calabria	91.985	90.089	89.135	92.936	105.447	80.456	36.784	19.450	606.282
Sicilia	149.826	204.598	210.007	242.033	275.742	190.317	80.315	34.989	1.387.827
Sardegna	41.372	49.021	71.897	76.139	94.634	79.238	52.970	25.792	491.063
Italia	2.150.259	1.383.815	1.659.829	1.967.957	1.983.206	1.290.502	791.027	449.588	11.676.183

Fonte: elaborazione e stime CRESME / SI

CRESME = Centro Ricerche Economiche Sociali di Mercato per l'Edilizia e il Territorio

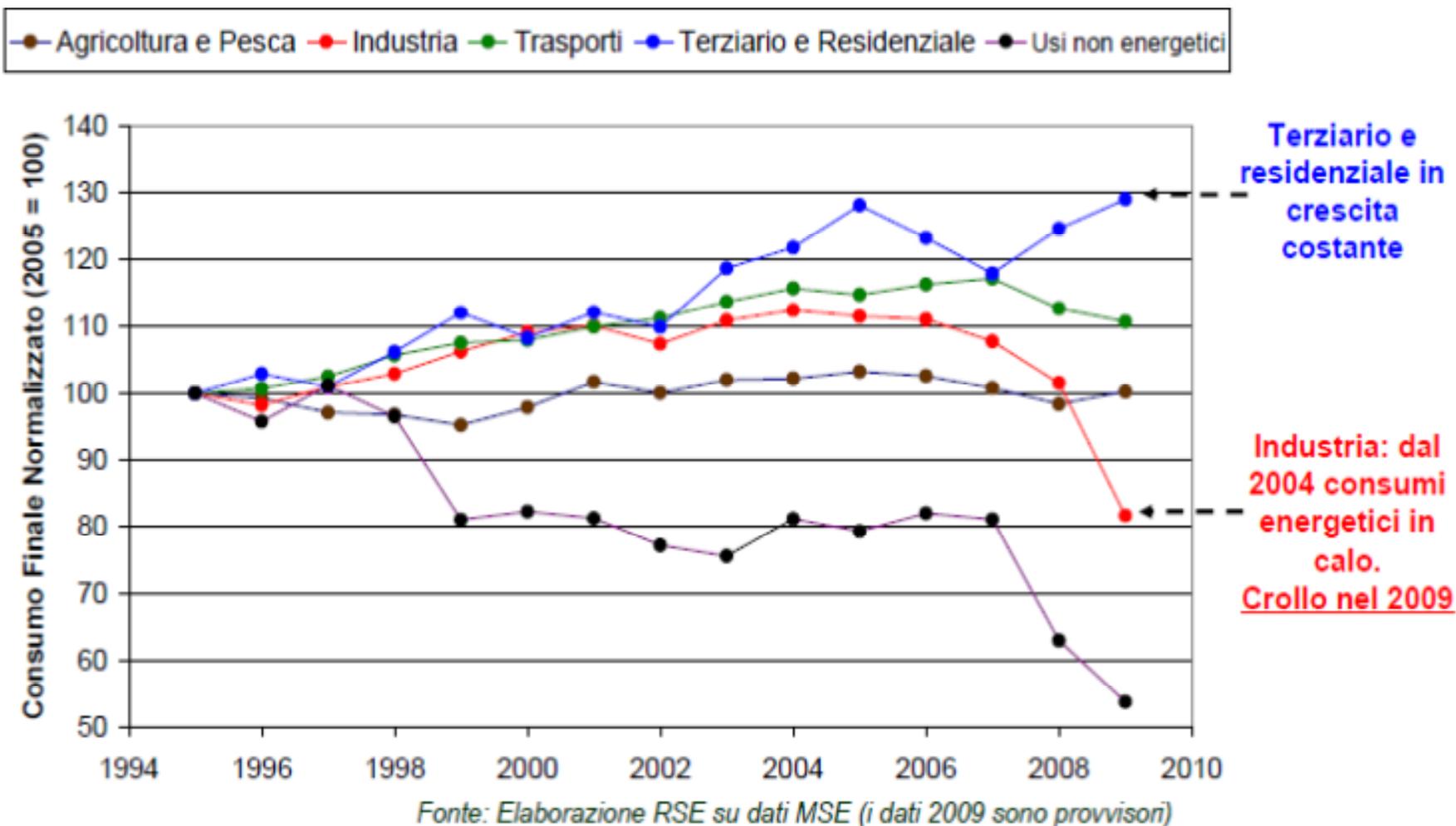
RIPARTIZIONE CONSUMI in Italia

Nonostante la sempre maggior diffusione degli elettrodomestici ad alta efficienza e quella delle lampade a basso consumo, nei due settori, residenziale e non residenziale, si ha un costante aumento dei consumi elettrici a causa delle condizioni climatiche estive e della ricerca di maggior comfort.



I - Consumi finali elettrici nel settore residenziale e non residenziale
Fonte: ENEA, Ministero Sviluppo Economico, TERNA

Andamento Consumi Finali in Italia – per settore



Esempio



Consumi nell'edilizia?

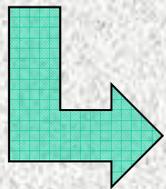
Consumi nel civile (dati libro bianco Enea-Finco¹)

- Costruzione di un appartamento : 5 Tep²
- Consumi di un appartamento per il solo riscaldamento : 1 Tep/ anno da cui in 50 anni (vita economicam. utile) : 50 Tep

contro

i 25 Tep di un appartamento isolato e

i 10 Tep di un appartamento passivo



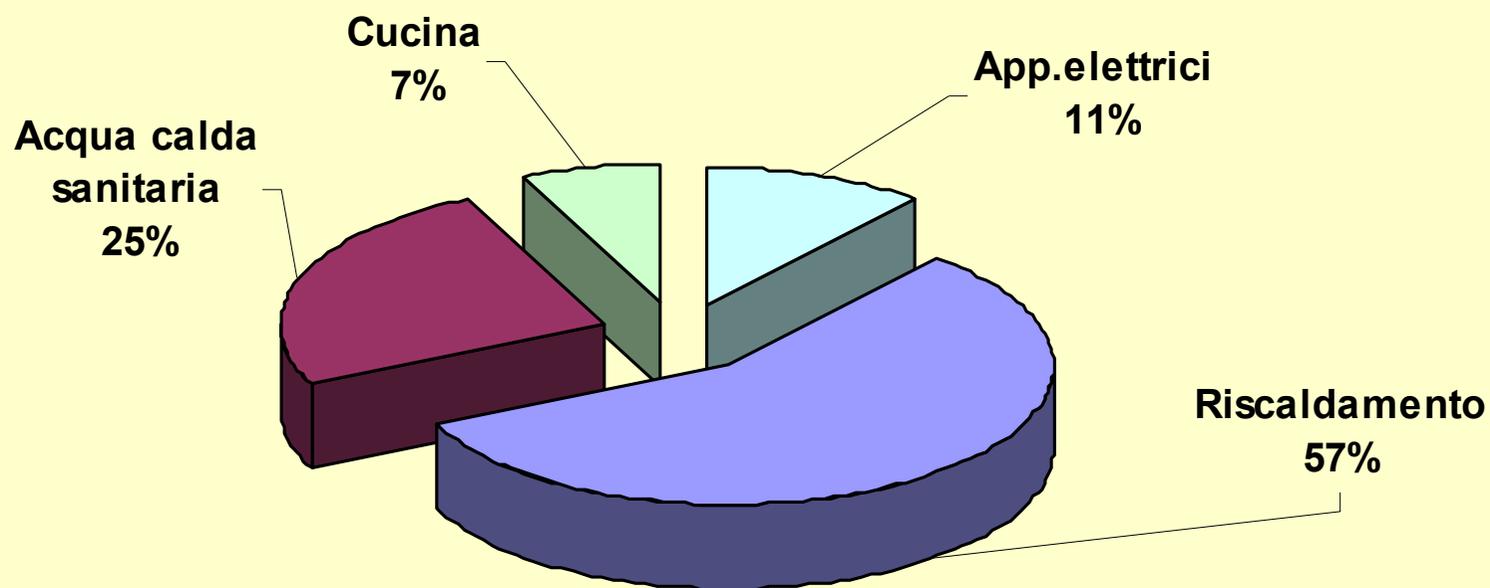
i costi di esercizio pesano molto di più di quelli di costruzione

Nota 1: F.IN.CO. nata nel 1994 è la Federazione Nazionale di settore di Confindustria che rappresenta le industrie dei prodotti-impianti-servizi del comparto delle Costruzioni.

Nota 2: 1 TEP (Tonnellata Equivalente di Petrolio) = 11628 kWh termici = 4545,45 kWh elettrici

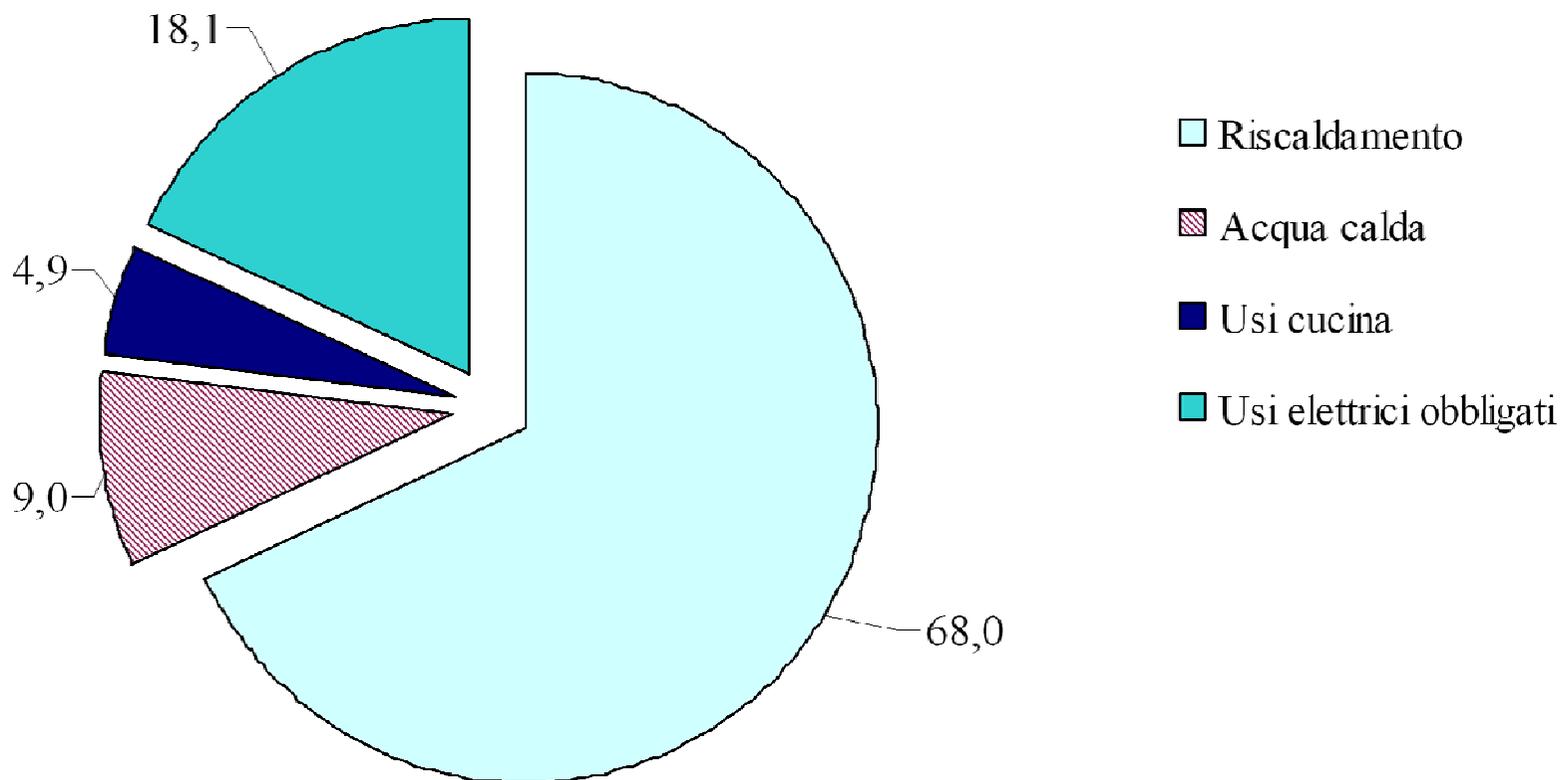
RIPARTIZIONE CONSUMI Paesi UE

Consumo energetico negli edifici del residenziale nei paesi UE



RIPARTIZIONE CONSUMI Italia - 2007

Consumi finali di energia nel settore residenziale per categoria d'uso. Anno 2007 (%)



In proposito a quanto sottolineato finora, è recentemente entrata in vigore la **Direttiva 2010/31/UE** sull'efficienza energetica degli edifici, in seguito alla quale la Direttiva 2002/91/CE è stata abrogata dal 1° febbraio 2012.

DIRETTIVA 2010/31/UE

IN PROPOSITO → *si legge all'Articolo 9 – comma 1*

Edifici a energia quasi zero

1. Gli Stati membri provvedono affinché:

- a)** entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a energia quasi zero; e
- b)** a partire dal 31 dicembre 2018 gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi siano edifici a energia quasi zero.

DIRETTIVA 2010/31/UE

Def.ne *edificio a energia quasi zero*

Si veda art. 2 comma 2:

.....

2) «edificio a energia quasi zero»: edificio ad altissima prestazione energetica, determinata conformemente all'allegato I.

Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze;

DIRETTIVA 2010/31/UE

É inoltre evidente e particolarmente significativo che la presente Direttiva rivolga la sua attenzione anche ad **edifici esistenti**.

In tal caso:

..... si parla, art. 1, comma 2 c) dell'applicazione di requisiti minimi alla prestazione energetica di:

*i) **edifici esistenti**, unità immobiliari ed elementi edilizi sottoposti a ristrutturazioni importanti;*

ii) elementi edilizi che fanno parte dell'involucro dell'edificio e hanno un impatto significativo sulla prestazione energetica dell'involucro dell'edificio quando sono rinnovati o sostituiti; nonché

iii) sistemi tecnici per l'edilizia quando sono installati, sostituiti o sono oggetto di un intervento di miglioramento;

DIRETTIVA 2010/31/UE

Def.ne *ristrutturazione importante*

Si veda art. 2 comma 10:

.....

10) «ristrutturazione importante»: ristrutturazione di un edificio quando:

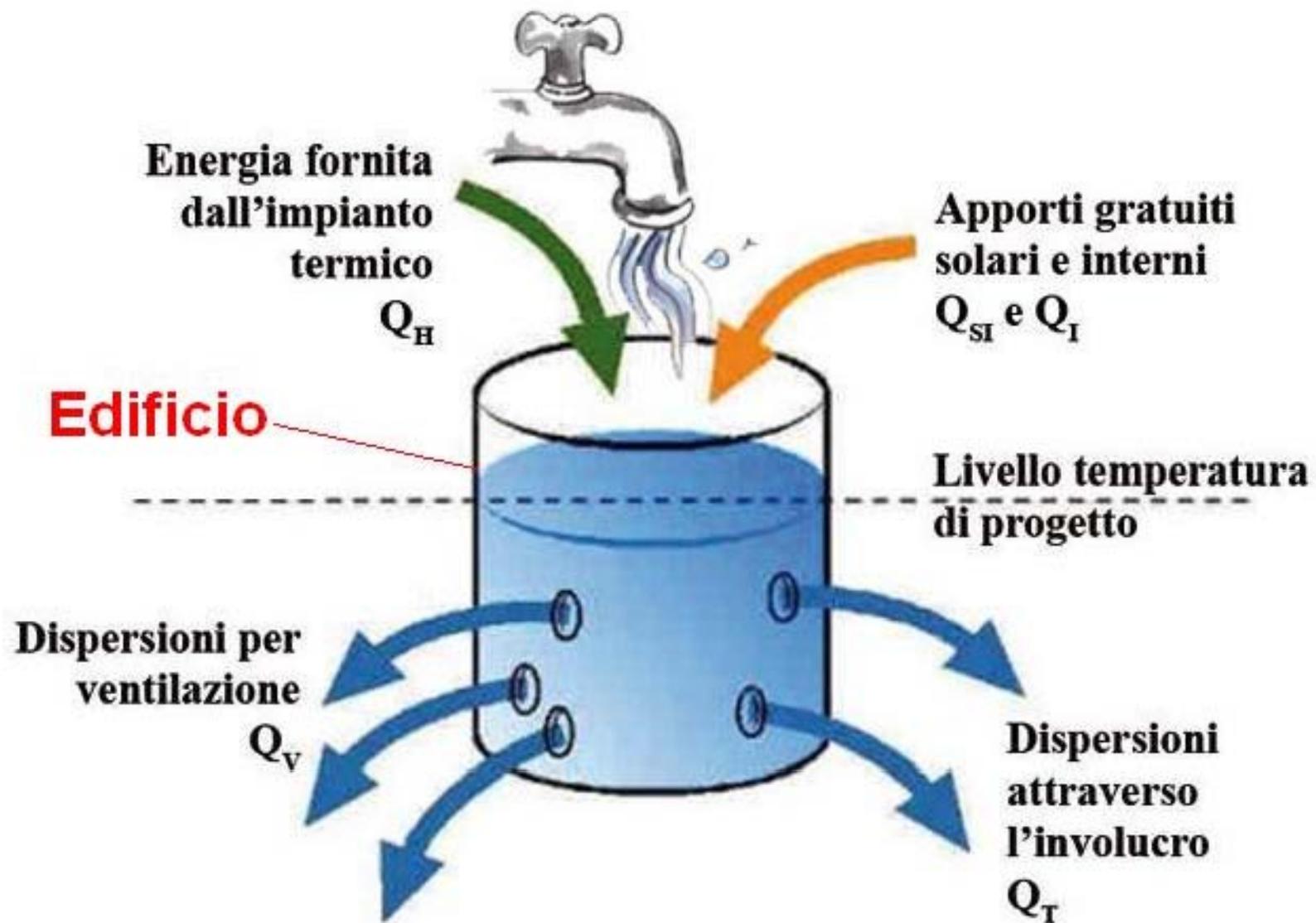
a) il costo complessivo della ristrutturazione per quanto riguarda l'involucro dell'edificio o i sistemi tecnici per l'edilizia supera il 25 % del valore dell'edificio, escluso il valore del terreno sul quale questo è situato;

oppure

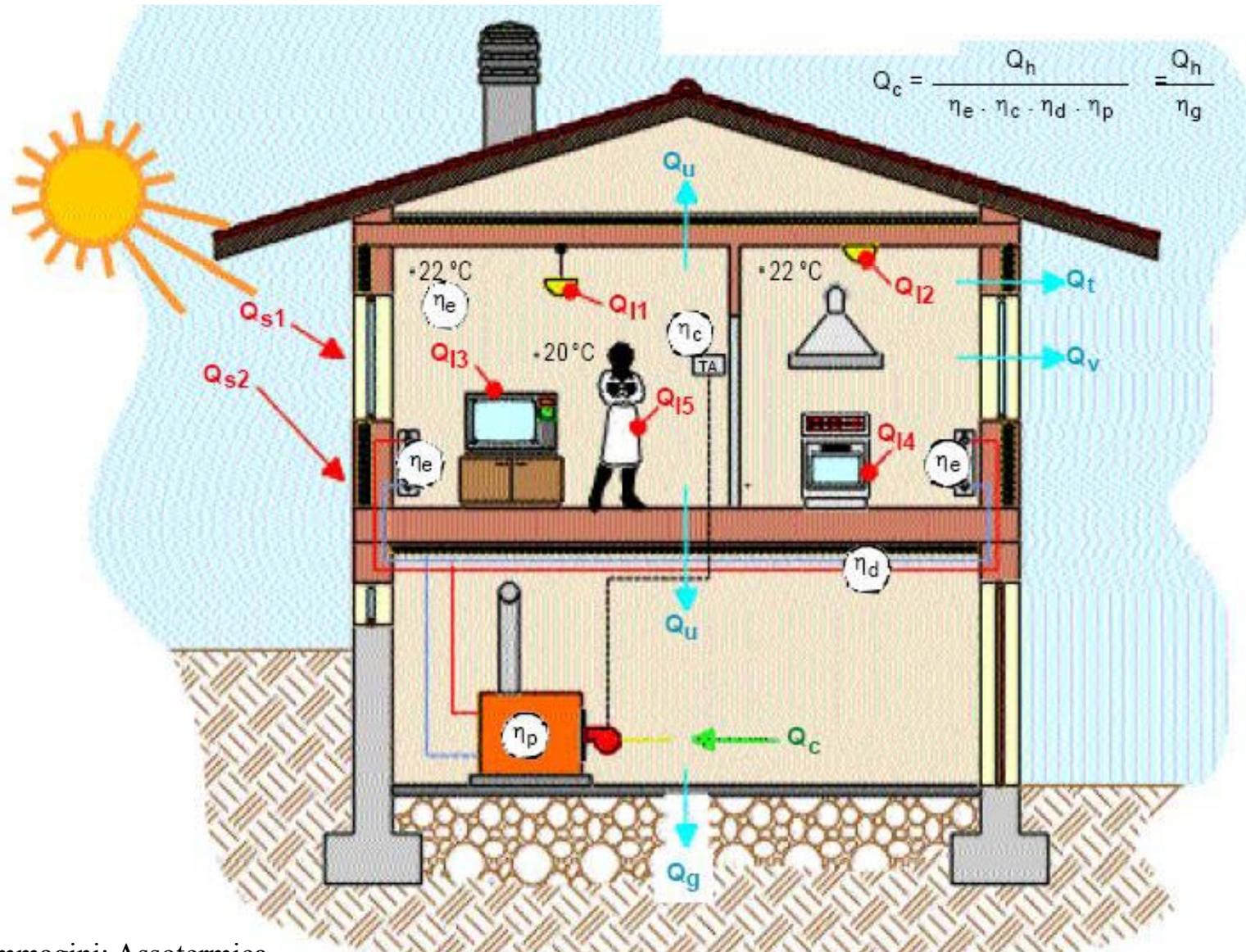
b) la ristrutturazione riguarda più del 25 % della superficie dell'involucro dell'edificio;

gli Stati membri possono scegliere di applicare l'opzione di cui alla lettera a) o quella di cui alla lettera b);

SISTEMA EDIFICIO – IMPIANTO (caso inv.)



SISTEMA EDIFICIO - IMPIANTO



Fonte Immagini: Assotermica

Scelte d'impianto

Le prestazioni energetiche di un edificio sono legate sia alle prestazioni d'involucro

che al rendimento dell'impianto.

$$EP = \frac{Q_c}{S_{utileriscaldata}}$$

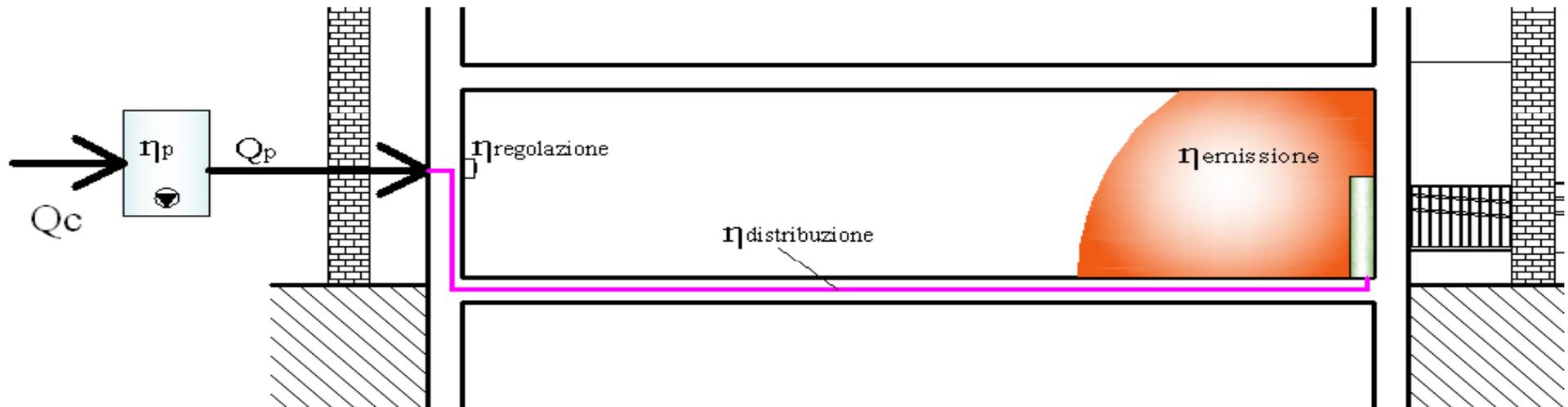
Fabbisogno di energia primaria nel periodo invernale

$$Q_c = \frac{Q_p}{\eta_p} \rightarrow Q_p = \frac{Q_h}{\eta_e \eta_c \eta_d}$$

Energia termica fornita dal sistema di produzione all'appartamento

Rendimento del sistema di produzione

Q_c aumenta se aumenta Q_h o se diminuiscono i rendimenti d'impianto



Considerazioni preliminari: la normativa italiana

Richiami normativi

La direttiva europea 2002/91/CE

I **requisiti energetici** per edificio analizzato hanno un valore limite da non superare: EP_{lim}

$$EP \leq EP_{lim}$$

***EP** rappresenta l'indicatore di prestazione energetica dell'edificio
Definito come somma di TUTTI GLI USI FINALI DI ENERGIA (climatizzazione
invernale, estiva, ventilazione, acqua calda sanitaria, illuminazione,..)*

EP_{lim} è il valore che rappresenta il requisito da non superare.

DECRETO LEGISLATIVO 19 agosto 2005, n. 192 (coordinato con il D. Lgs 29 dicembre 2006, n.311 e il recente DPR n.59/2009):

Tabella 1.3 Valori limite, **applicabili dal 1 gennaio 2010**, dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, espresso in kWh/m² anno

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

1.2 Tutti gli altri edifici

Tabella 2.3 Valori limite, **applicabili dal 1 gennaio 2010**, dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale espresso in kWh/m³ anno

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	fino a 600 GG	a 601 GG	a 900 GG	a 901 GG	a 1400 GG	a 1401 GG	a 2100 GG	a 2101 GG	a 3000 GG	oltre 3000 GG
≤0,2	2,0	2,0	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

DEFINIZIONI UTILI – Gradi giorno

(art. 1 Definizioni – DPR 412/93)

z) per “gradi-giorno” di una località, la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente, convenzionalmente fissata a 20 °C, e la temperatura media esterna giornaliera; l'unità di misura utilizzata è il grado-giorno (GG).

(All. A – DPR 192/05)

13) gradi giorno di una località è il parametro convenzionale rappresentativo delle condizioni climatiche locali, utilizzato per stimare al meglio il fabbisogno energetico necessario per mantenere gli ambienti ad una temperatura prefissata; l'unità di misura utilizzata è il grado giorno, GG.

RIASSUMENDO: Cosa sono dunque i "Gradi Giorno"

I Gradi Giorno (GG) sono un'unità di misura che indica il fabbisogno termico per il riscaldamento delle abitazioni in una determinata località.

Sono calcolati come la sommatoria, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle differenze (solo quelle positive) giornaliere tra la temperatura convenzionale ideale per l'ambiente riscaldato (20°C), e la temperatura media giornaliera all'esterno dell'abitazione.

Se il valore della differenza è negativo, non viene preso in considerazione perché, in base alle convenzioni stabilite, non occorre riscaldare l'ambiente abitativo.

DEFINIZIONI UTILI – Gradi giorno - ESEMPLIFICAZIONE

Per ciascun giorno occorre considerare la differenza (solo se positiva):

Temperatura interna $\rightarrow (t_i - t_{me,j})^+$ \leftarrow Temperatura media giornaliera esterna del giorno j-mo

Procedendo alla somma di queste differenze su tutto l'anno si definiscono i gradi giorno GG della località in esame

$$GG = \sum_{j=1}^N (t_i - t_{me,j})^+ = \sum_{j=1}^N (20 - t_{me,j})^+ \text{ [K-giorno]}$$

La normativa italiana calcola t_{me} sulla media aritmetica di quattro valori giornalieri di temperatura: massima, minima, riferita alle ore 8.00 e alle 19.00, ed estende la sommatoria **a tutta la stagione in cui la temperatura media esterna è inferiore a 12°C**

DEFINIZIONI UTILI – Zona climatica

Cosa è invece una “Zona Climatica”

Le zone climatiche (regioni climatiche italiane) sono accomunate da temperature medie simili. Sono state definite in modo da poter stabilire la durata giornaliera di attivazione ed i periodi di accensione degli impianti termici allo scopo di contenere i consumi di energia. Le zone climatiche (dette anche fasce climatiche) vengono individuate in base ai gradi giorno e sono sei (dalla A alla F); alla zona climatica A appartengono i comuni italiani per i quali il valore dei gradi giorno è molto basso e che di conseguenza si trovano in condizioni climatiche più favorevoli (richiesta minore di riscaldamento) e così via fino alla zona climatica F.

Zona climatica A	La fascia più calda
Zona climatica B	
Zona climatica C	
Zona climatica D	
Zona climatica E	
Zona climatica F	La fascia più fredda

DEFINIZIONI UTILI – Rapporto S/V

Rapporto S/V

Il rapporto di forma S/V è calcolato come il rapporto tra la superficie disperdente lorda (S) del fabbricato (somma delle superfici esterne delle pareti perimetrali, copertura, pavimento su terra o solaio su interrato ecc. che definiscono l'involucro termico) e il volume lordo riscaldato (V). Le misure utilizzate per il calcolo di S e V sono al lordo di muri perimetrali e solai “freddi”.

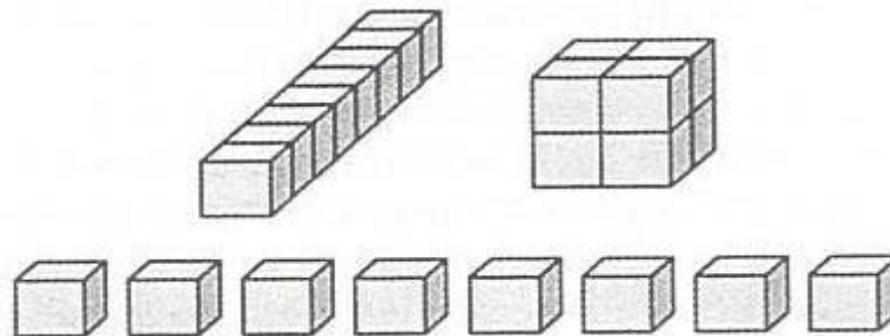
Gli elementi di separazione (muri, solai ecc.) tra unità immobiliari confinanti riscaldate vanno considerati per metà dello spessore nel calcolo del volume riscaldato delle unità immobiliare stesse

Nota: Nell'appendice C del DPR 192/05 si dice che la S disperdente è definita come superficie che delimita verso l'esterno (ovvero verso ambienti non dotati di impianto di riscaldamento) il volume riscaldato V.

DEFINIZIONI UTILI - Rapporto S/V

La figura, tratta da “L’Edificio Passivo” di Uwe Wienke, rende bene questo concetto.

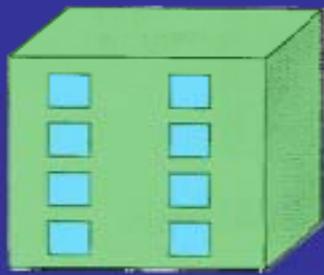
	Edificio piccolo V = 1.000 m ³		Edificio grande V = 10.000 m ³	
	S	S/V	S	S/V
Tutti gli 8 dadi riuniti in un grande dado	600	0,6	2.785	0,28
Gli otto dadi schierati	850	0,85	3.945	0,39
8 dadi singoli	1.200	1,2	5.570	0,56



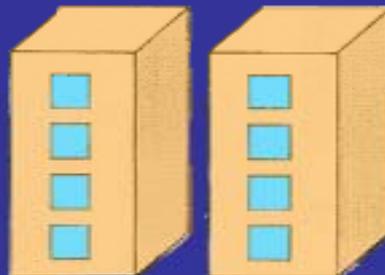
Forma compatta e forma dispersiva di un edificio

A parità di volume, anche la forma ha la sua importanza

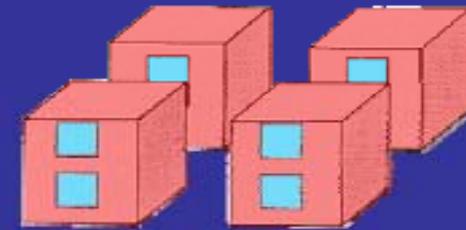
1. EFFETTO VOLUME



$$S/V = 0.5$$



$$S/V = 0.67$$

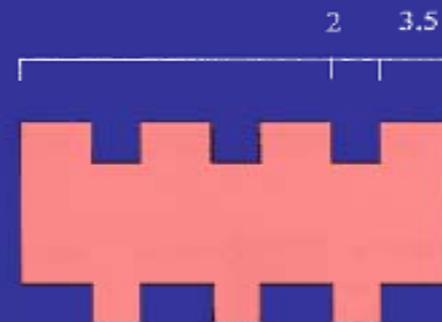


$$S/V = 0.83$$

2. EFFETTO FORMA



$$S/V = 0.52$$



$$S/V = 0.67$$

DECRETO LEGISLATIVO 19 agosto 2005, n. 192 (coordinato con il D. Lgs 29 dicembre 2006, n.311 e il recente DPR n.59/2009):

Tabella 1.3 Valori limite, **applicabili dal 1 gennaio 2010**, dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, espresso in kWh/m² anno

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

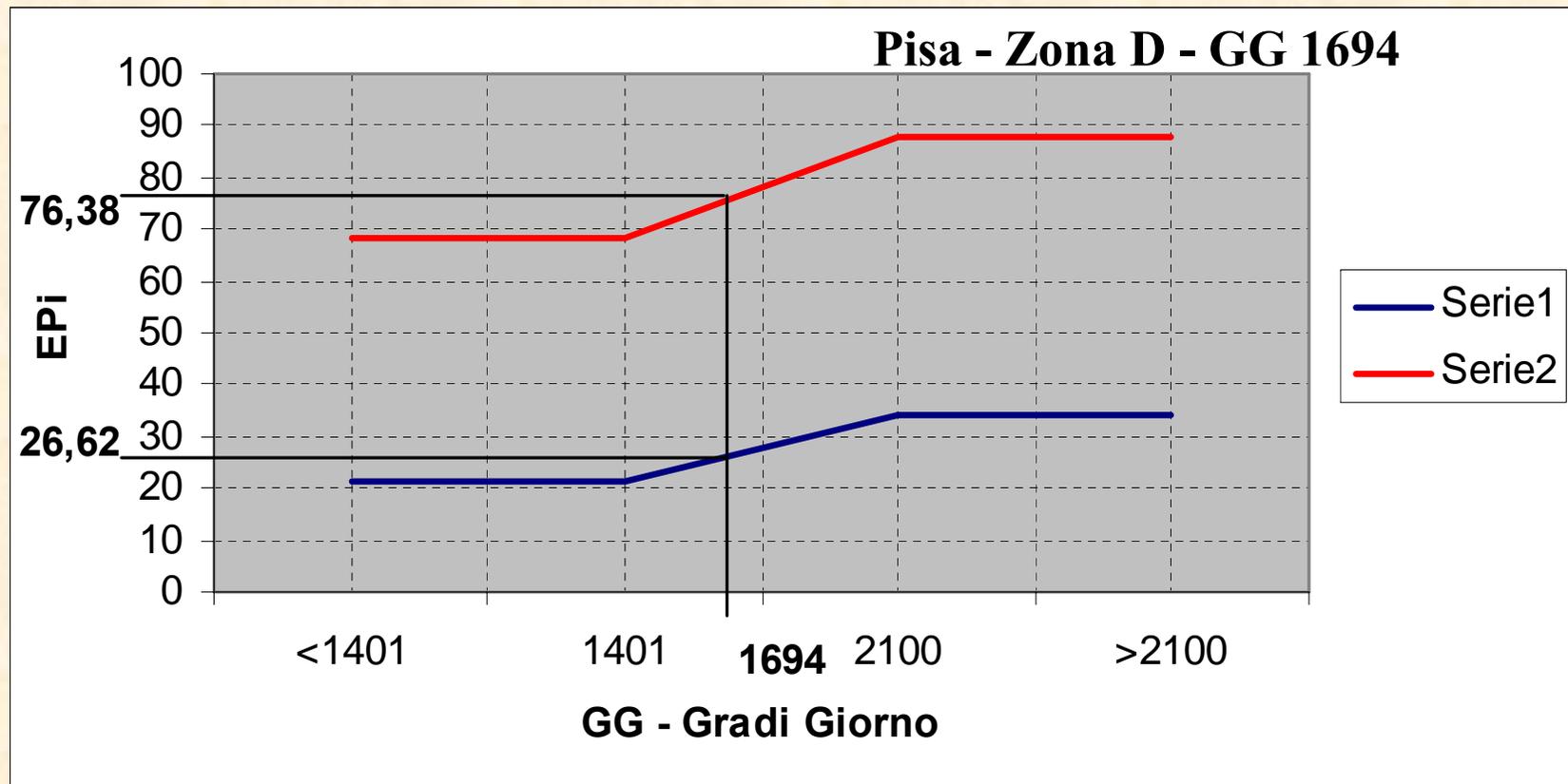
Esempio di valutazione di Ep limite per una precisa Zona Clim. - PISA

Esempio: per $S/V < 0,2$ si ha \rightarrow per GG = 1401 \rightarrow EPi = 21,3

\rightarrow per GG = 2100 \rightarrow EPi = 34

per $S/V > 0,9$ si ha \rightarrow per GG = 1401 \rightarrow EPi = 68

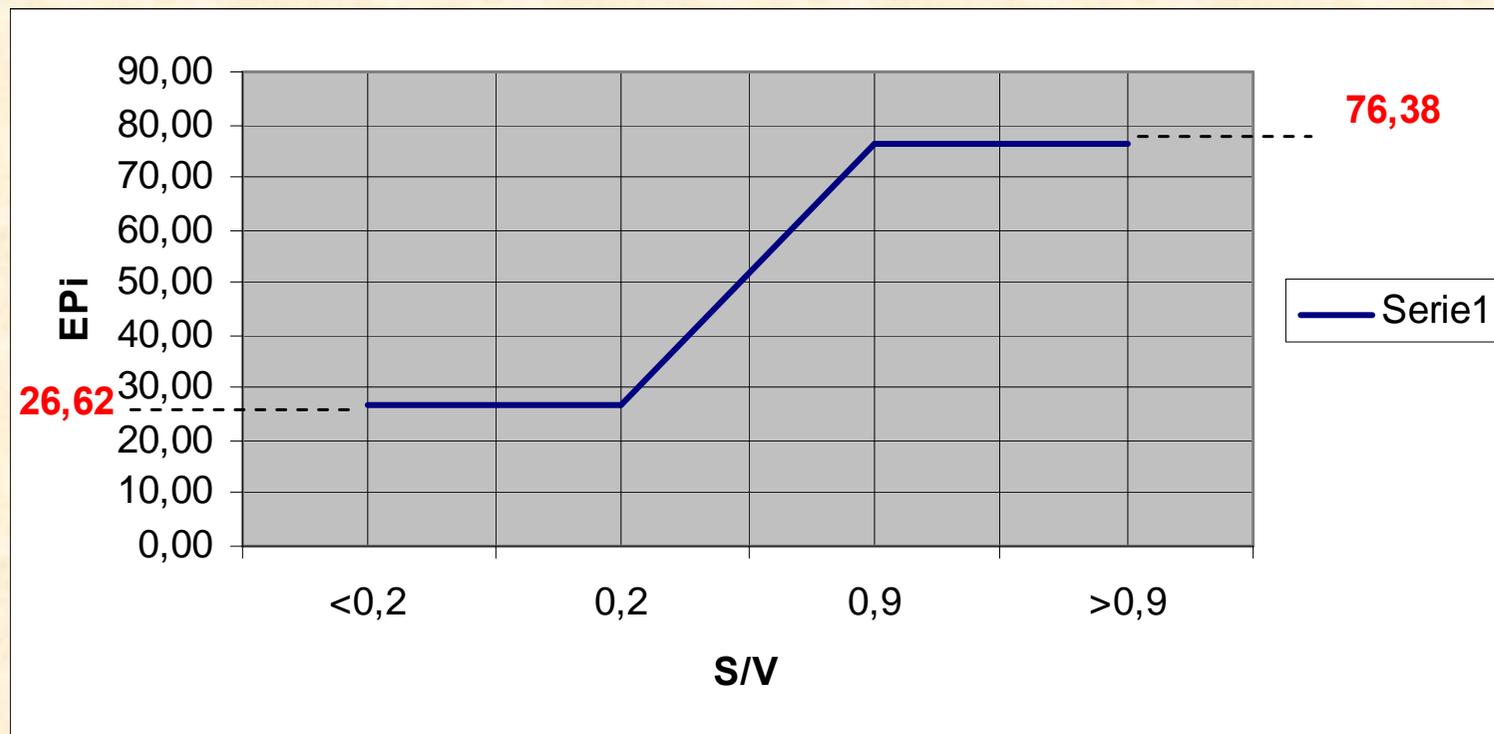
\rightarrow per GG = 2100 \rightarrow EPi = 88



Esempio di valutazione di E_p limite al variare del rapporto S/V partendo dai due dati precedenti:

Esempio: per 1694 GG si ha \rightarrow per $S/V \leq 0,2 \rightarrow E_{Pi} = 26,62$

\rightarrow per $S/V \geq 0,9 \rightarrow E_{Pi} = 76,38$



Decreto 26luglio2009 (Allegato 4)

EP_i

	≤	Classe A_i+	<	0,25	EP _{iL} (2010)
0,25 EP _{iL} (2010)	≤	Classe A_i	<	0,50	EP _{iL} (2010)
0,50 EP _{iL} (2010)	≤	Classe B_i	<	0,75	EP _{iL} (2010)
0,75 EP _{iL} (2010)	≤	Classe C_i	<	1,00	EP _{iL} (2010)
1,00 EP _{iL} (2010)	≤	Classe D_i	<	1,25	EP _{iL} (2010)
1,25 EP _{iL} (2010)	≤	Classe E_i	<	1,75	EP _{iL} (2010)
1,75 EP _{iL} (2010)	≤	Classe F_i	<	2,50	EP _{iL} (2010)
		Classe G_i	≥	2,50	EP _{iL} (2010)

CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

EP_{acs}

	≤	Classe A_{acs}	<	9 kWh/m ² anno
9 kWh/m ² anno	≤	Classe B_{acs}	<	12 kWh/m ² anno
12 kWh/m ² anno	≤	Classe C_{acs}	<	18 kWh/m ² anno
18 kWh/m ² anno	≤	Classe D_{acs}	<	21 kWh/m ² anno
21 kWh/m ² anno	≤	Classe E_{acs}	<	24 kWh/m ² anno
24 kWh/m ² anno	≤	Classe F_{acs}	<	30 kWh/m ² anno
		Classe G_{acs}	≥	

PRODUZIONE ACS

EP_{gl}

	≤	Classe A_{gl}+	<	0,25	EP _{iL} (2010)	+	9 kWh/m ² anno		
0,25 EP _{iL} (2010)	+	9 kWh/m ² anno	≤	Classe A_{gl}	<	0,50	EP _{iL} (2010)	+	9 kWh/m ² anno
0,50 EP _{iL} (2010)	+	9 kWh/m ² anno	≤	Classe B_{gl}	<	0,75	EP _{iL} (2010)	+	12 kWh/m ² anno
0,75 EP _{iL} (2010)	+	12 kWh/m ² anno	≤	Classe C_{gl}	<	1,00	EP _{iL} (2010)	+	18 kWh/m ² anno
1,00 EP _{iL} (2010)	+	18 kWh/m ² anno	≤	Classe D_{gl}	<	1,25	EP _{iL} (2010)	+	21 kWh/m ² anno
1,25 EP _{iL} (2010)	+	21 kWh/m ² anno	≤	Classe E_{gl}	<	1,75	EP _{iL} (2010)	+	24 kWh/m ² anno
1,75 EP _{iL} (2010)	+	24 kWh/m ² anno	≤	Classe F_{gl}	<	2,50	EP _{iL} (2010)	+	30 kWh/m ² anno
		Classe G_{gl}	≥	2,50	EP _{iL} (2010)				

GLOBALE

DECRETO LEGISLATIVO 19 agosto 2005, n. 192 (coordinato con il D. Lgs 29 dicembre 2006, n.311 e il recente DPR n.59/2009):

Oss.ne

$$EP_i \leq \text{Classe } A_{i+} < 0,25 EP_{iL}(2010)$$

Con 26,62 $S/V < 0,2 \rightarrow$ Classe A+ = 6,66 kWh/m² anno

Con 76,38 $S/V > 0,9 \rightarrow$ Classe A+ = 19,1 kWh/m² anno

Nel primo caso con 19,1 kWh/m² anno, sarei in classe B, quasi in C.

Ne consegue dunque che laddove si hanno valori limite più alti per alti valori di S/V, più facilmente si cade in classi energetiche più "favorevoli", cioè proprio per quegli edifici caratterizzati da una maggiore superficie disperdente, a parità di volume.

La realtà sarebbe che la villetta di testa (normalmente la più costosa) potrebbe avere una classe energetica A mentre quelle centrali sono magari in classe C.

Che sia questo il motivo che ha guidato il legislatore?

ANALISI DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE

Gli indici di prestazione energetica

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

EP= indice di prestazione energetica

i = climatizzazione invernale

e = climatizzazione estiva

acs = produzione di acqua calda sanitaria

ill = illuminazione artificiale (escluse le abitazioni)

→ [kWh/m²] per gli edifici residenziali

→ [kWh/m³] per gli altri edifici (residenze collettive, terziario, industria)

Nella FASE DI AVVIO:

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

EP_e è valutato attraverso la qualità dell'involucro edilizio

ANALISI DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE

CALCOLO DEGLI INDICI PRESTAZIONALI

D.M. 26 giugno 2009 – Linee Guida per la certificazione energetica

PRESTAZIONE INVERNALE

$$EP_i = \frac{Q_{H,nd} / A}{\eta_g}$$

PRESTAZIONE ESTIVA

$$EP_{e,invol} = \frac{Q_{C,nd}}{A}$$

PRESTAZIONE ACS

$$EP_{acs} = \frac{Q_{h,W} / A}{\eta_g}$$

L' $EP_{i,lim}$ si calcola in base alla tabella 2.3 allegato C del D. Lgs 311/2006, per interpolazione in funzione del rapporto S/V di ciascuna zona termica ed in base ai gradi giorno nella zona di Pisa (1694, zona climatica D).

L' $EP_{e,invol,lim}$ è imposto dall'art. 3 del D.P.R. 59/09, pari 30kWh/m²anno per edifici residenziali e 10 kWh/m³anno per tutti gli altri edifici (zona climatica D).

CALCOLO DEI FABBISOGNI ENERGETICI

CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

UNI/TS 11300 – 1 (2008)

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{gn}$$

$Q_{H,n}$ Fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per il riscaldamento ;
 $Q_{H,ht}$ Scambio termico totale nel caso di riscaldamento ;
 Q_{gn} Apporti termici totali;
 $\eta_{H,gn}$ Fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche.

CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

UNI/TS 11300 – 1 (2008)

$$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,ls} \times Q_{C,ht}$$

$Q_{C,nd}$ Fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per il raffrescamento;
 $Q_{C,ht}$ Scambio termico totale nel caso di raffrescamento;
 Q_{gn} Apporti termici totali;
 $\eta_{C,ls}$ Fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche.

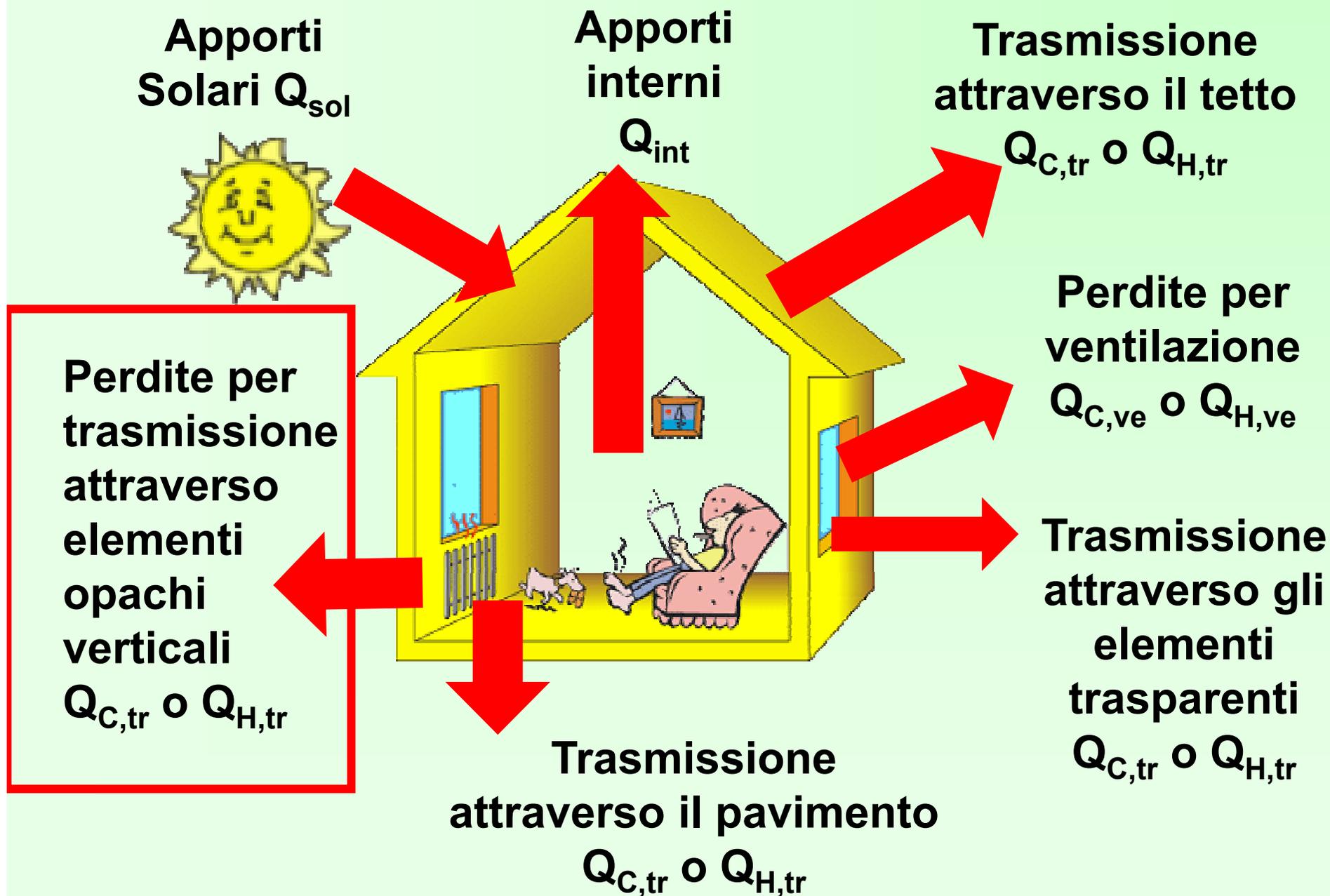
ACQUA CALDA SANITARIA

UNI/TS 11300 – 2 (2008)

$$Q_{h,W} = \sum \rho \ c \ V_W (\theta_{er} - \theta_o) \ G$$

ρ massa volumica dell'acqua [Kg/m³];
 c calore specifico dell'acqua pari a 1,162 Wh/Kg °C;
 V_W volume dell'acqua richiesta durante il periodo di calcolo [m³/G];
 θ_{er} temperatura di erogazione convenzionalmente pari a 40°C;
 θ_o temperatura di ingresso dell'acqua fredda sanitaria convenzionalmente pari a 15°C;
 G numero dei giorni del periodo di calcolo.

BILANCIO TERMICO DI UN AMBIENTE – UNI EN 13790



EN ISO 13790:2008

Calcolo degli scambi termici

Per ogni zona dell'edificio gli scambi termici per riscaldamento si calcolano: $Q_{H,tr}$

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \cdot t + \left\{ \sum_k F_{r,k} \Phi_{r,mn,k} \right\} \cdot t$$

$H_{tr,adj}$ = coefficiente di scambio termico espresso in W/K

$\theta_{int,set,H}$ = temperatura interna espressa in °C

θ_e = temperatura media esterna espressa in °C

t = tempo: durata del mese espressa in Ms (10^6 s)

$F_{r,k}$ = fattore di forma tra componente edilizio e volta celeste

$\phi_{r,mn,k}$ = extra flusso dovuto alla radiazione infrarossa dal componente edilizio mediato nel tempo espresso in W

EN ISO 13790:2008
Calcolo degli scambi termici

Il coefficiente di scambio termico : $H_{tr, adj}$

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A$$

H_D = coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso ambiente esterno, espresso in W/K

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k + \sum_j \chi_j$$

A_i = area dell'elemento di edificio i, [m²]

U_i = **trasmittanza termica dell'elemento i [W/(m²K)]**

l_k = lunghezza di ogni giunto [m];

Ψ_k = trasmittanza lineica [W/mK];

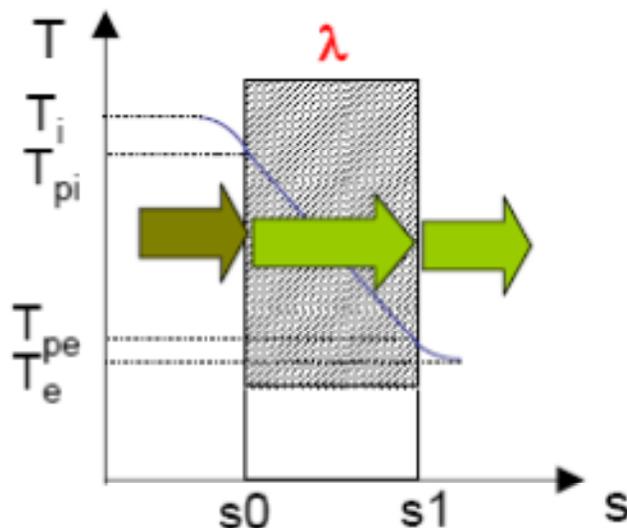
χ_j = trasmittanza termica di punto - ponte termico di punto [W/K];

↓ **Calcolo di U**

Calcolo della trasmittanza di una parete

In una parete edilizia è necessario eseguire una analisi completa della trasmissione del calore e quindi tenere conto che il calore si trasmette:

- per **CONVEZIONE** tra l'aria interna del locale e la superficie interna della parete
- per **CONDUZIONE** attraverso la parete costituita da uno o più strati
- per **CONVEZIONE** tra la faccia esterna della parete e l'aria esterna.



In una parete costituita da un solo strato le resistenze termiche non sono una, ma tre (2 per la convezione e 1 per la conduzione).

T_i = Temperatura interna

T_{pi} = Temperatura parete interna

T_{pe} = Temperatura parete esterna

T_e = Temperatura esterna

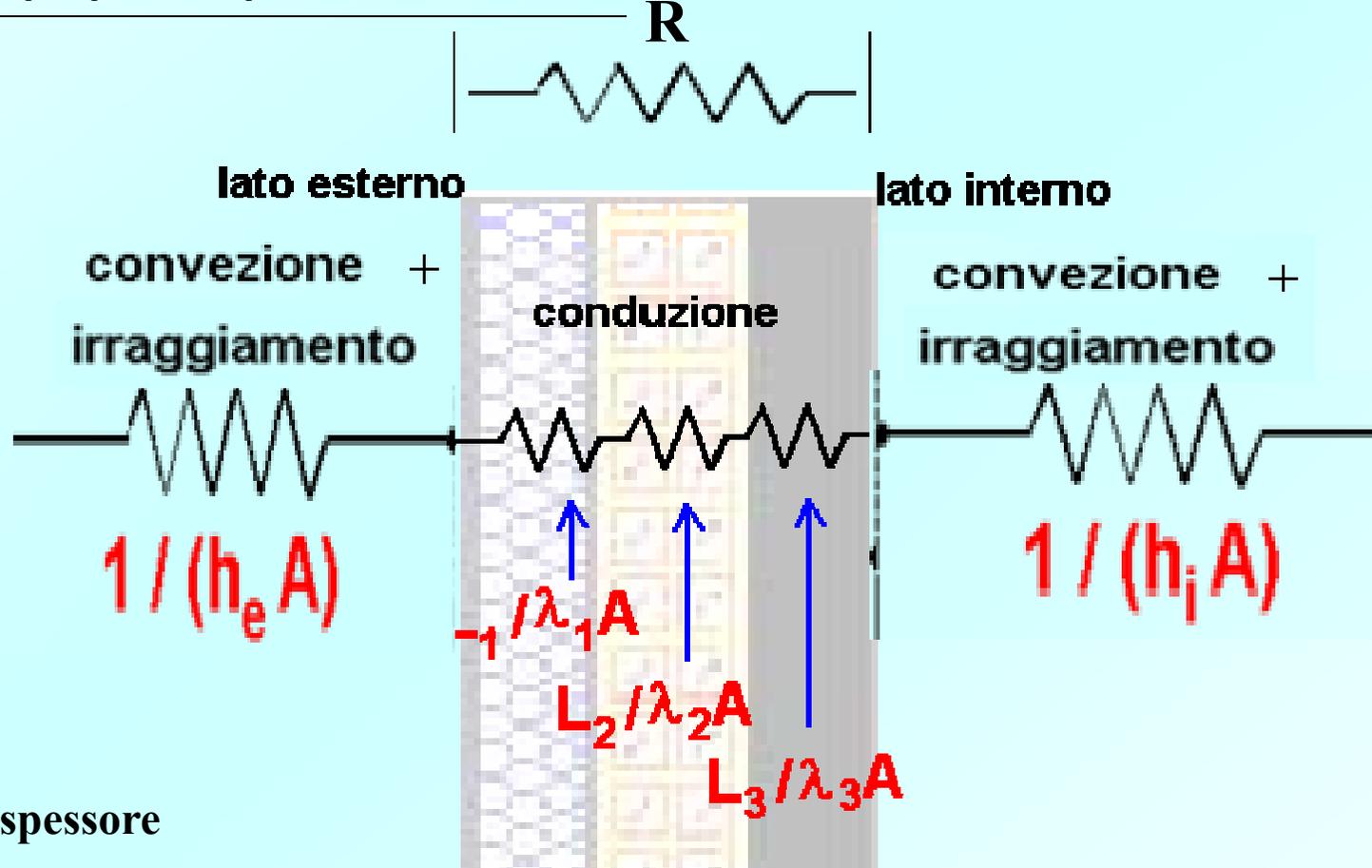
**Meccanismi combinati di scambio termico
attraverso una superficie piana**

U – CALCOLO MEDIANTE RESISTENZE TERMICHE

Conduzione attraverso gli strati

Resistenza termica per conduzione:

$$R = \sum_i L_i / (\lambda_i A) \text{ [K/W]} \Leftrightarrow 1/R = C = \text{conduttanza}$$



con $L = s =$ spessore

e $\lambda =$ conduttività termica dei materiali

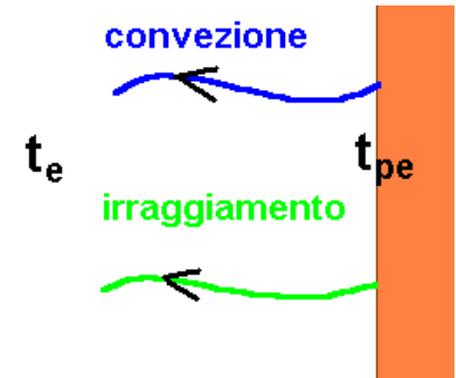
U – CALCOLO MEDIANTE RESISTENZE TERMICHE

Lato interno: $R_i = 1 / (h_i A)$ [K/W]

Lato esterno: $R_e = 1 / (h_e A)$ [K/W]

con R_i e R_e = resistenze termiche liminari

h_i e h_e = coefficienti liminari di scambio (adduttanze)

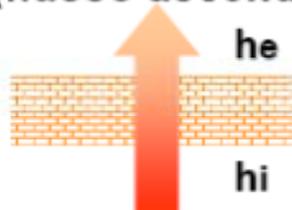


Coefficienti conduttivi (liminari) h_i e h_e

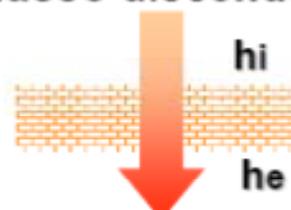
- Valori convenzionali da UNI EN ISO 6946:2008 -

	Parete orizzontale		Parete verticale
	Flusso ascendente	Flusso discendente	Flusso orizzontale
R_{si} (=1/ h_i) (m ² K/W)	0,10	0,17	0,13
R_{se} (=1/ h_e) (m ² K/W)	0,04	0,04	0,04
h_i (W/m ² K)	9,35	5,81	8,13
h_e (W/m ² K)	23,26	23,26	23,26

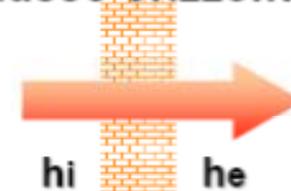
**Parete orizzontale
(flusso ascendente)**



**Parete orizzontale
(flusso discendente)**



**Parete verticale
(flusso orizzontale)**



U – CALCOLO MEDIANTE RESISTENZE TERMICHE struttura piana, espressione generale

$$U = \left(\frac{1}{h_i} + \sum \frac{L_n}{\lambda_n} + \frac{1}{C} + \frac{1}{C_a} + \frac{1}{h_e} \right)^{-1} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

C = conduttanza dello strato non omogeneo [W/m²K]

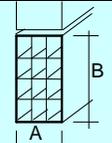
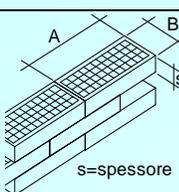
1/C_a = resistenza termica di eventuali intercapedini d'aria

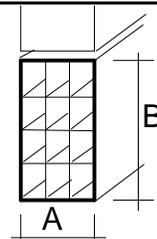
**Resistenza termica per intercapedini d'aria non ventilate
[m²K/W] da UNI EN ISO 6946:2008**

Tipo di intercapedine	Spessore 1 cm	Spessore 5 - 10 cm
Strato d'aria orizzontale (flusso di calore ascendente)	0.15	0.16
Strato d'aria verticale	0.15	0.18
Strato d'aria orizzontale (flusso di calore discendente)	0.15	0.22

Esempio di Conduttanza di alcuni materiali

$$U = \left(\frac{1}{h_i} + \sum \frac{L_n}{\lambda_n} + \frac{1}{C} + \frac{1}{C_a} + \frac{1}{h_e} \right)^{-1}$$

TIPO DI STRUTTURA	Dim. A (cm)	Dim. B (cm)	Conduttanza unitaria C (W/m ² K)	Schema della struttura	
TAVOLATO DI MATTONI FORATI DI LATERIZIO	4	25	9,09		
	6	25	7,69		
	8	25	5,00		
	10	25	3,70		
	12	25	3,22		
15	25	2,22			
MURO IN MATTONI SEMPIENI	spessore (cm) 5	25	12	5,26	
	6	28	14	4,16	
	12	25	12	4,16	
	12	25	24	2,70	
MURO IN BLOCCHI					

TIPO DI STRUTTURA	Dim. A (cm)	Dim. B (cm)	Conduttanza unitaria C (W/m ² K)	Schema della struttura
TAVOLATO DI MATTONI FORATI DI LATERIZIO	4	25	9,09	
	6	25	7,69	
	8	25	5,00	
	10	25	3,70	
	12	25	3,22	
15	25	2,22		

STRUTTURE TRASPARENTI

$$U_w = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_f U_f + \sum l_g \psi_g}{\sum A_g + A_f}$$

U_g trasmittanza termica dell'elemento vetrato (W/m^2K)

A_g area dell'elemento vetrato (m^2)

U_f trasmittanza termica del telaio (W/m^2K)

A_f area del telaio (m^2)

l_g lunghezza del perimetro dell'elemento vetrato (m);

Ψ_g trasmittanza termica lineare dovuta agli effetti combinati di vetro, telaio e intercapedine (W/mK)

UNI EN ISO 10077-1 - Calcolo della trasmittanza termica di finestre e chiusure - Metodo semplificato

UNI EN ISO 10077-2 - Prestazione termica di finestre porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo numerico per i telai

dove

$$U_g = \left(\frac{1}{h_e} + \sum_{i=1}^n r_i \cdot s + \sum_{j=1}^{n-1} R_{sj} + \frac{1}{h_i} \right)^{-1} \quad \left\{ \begin{array}{l} h_e = 25 \\ h_i = 3,6 + 4,4 \frac{\varepsilon}{0,837} \end{array} \right.$$

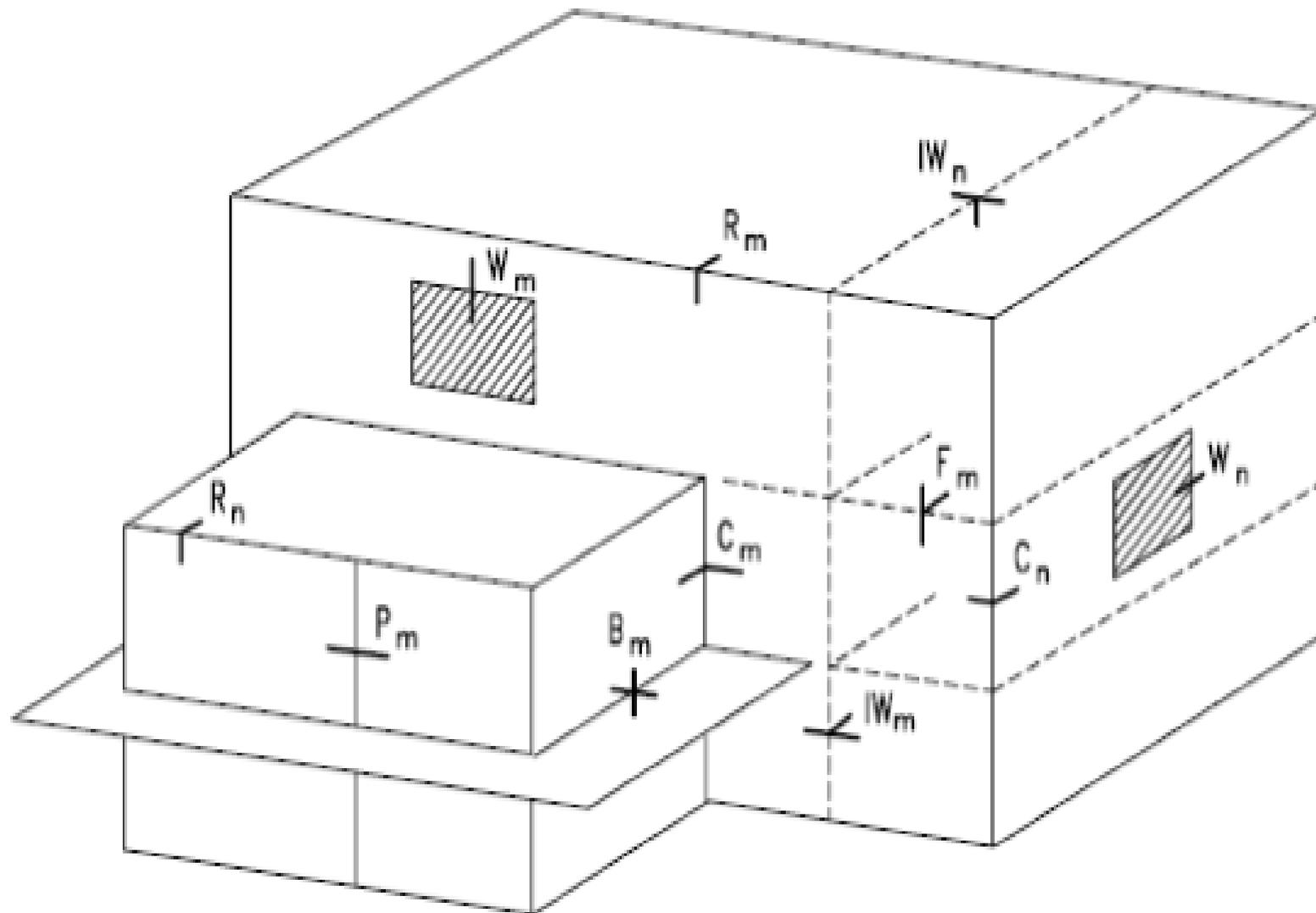
r resistività della lastra di vetro (mK/W)

s spessore del vetro (m)

R_s resistenza termica dello strato racchiuso tra le due lastre (m^2K / W)

n numero di lastre del componente trasparente

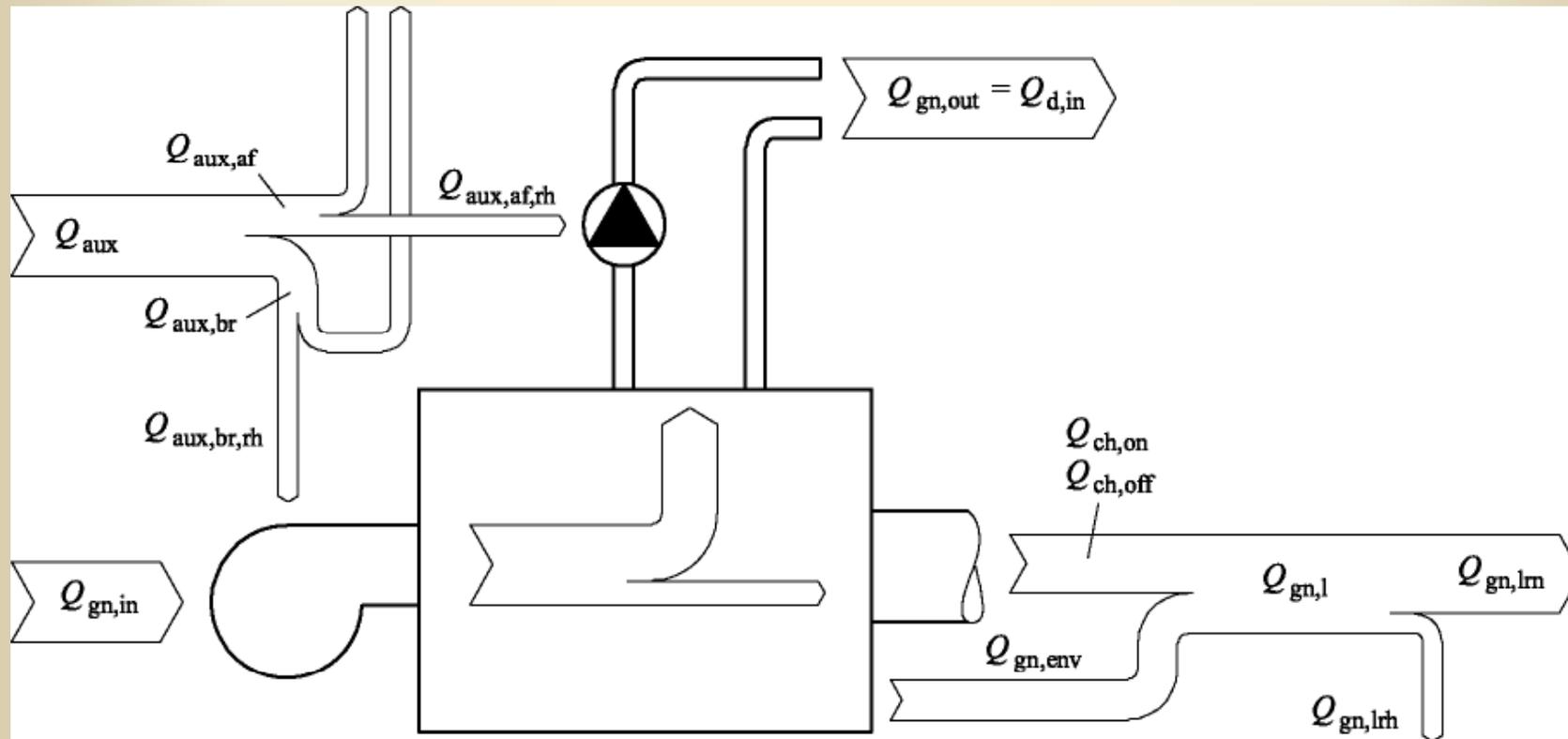
Posizione e tipologia dei principali ponti termici in edilizia



Rendimenti di impianto

Analizzare file sui rendimenti di impianto

Analizzare UNI TS 11300-2

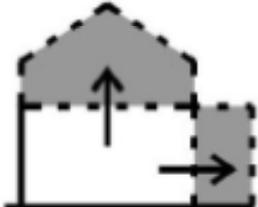
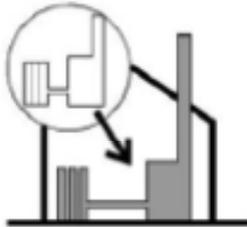
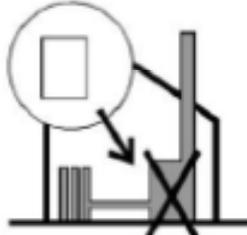


Considerazioni preliminari: la normativa italiana

Il Decreto Legislativo 192/05 parla di verifica dell'EP_i

$$EP_i \leq EP_{lim}$$

EP_i rappresenta l'indicatore di prestazione energetica dell'edificio definito come la "quantità annua di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi la climatizzazione invernale e estiva, la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, la ventilazione e l'illuminazione."

TIPO DI INTERVENTO (DLgs 192/05 Art. 3)	
 <p>edifici di nuova costruzione e impianti in essi contenuti</p>	 <p>ampliamenti con un volume > 20% del volume dell'edificio stesso (Art.3 comma 2, b)</p>
 <p>nuova installazione di impianti termici in edifici esistenti o ristrutturazione degli stessi impianti (Art.3 comma 2, c, punto2)</p>	 <p>ristrutturazioni integrali degli elementi d'involucro e demolizioni e ricostruzioni in manutenzione straordinaria di edifici esistenti con superficie utile > 1000 m² (Art.3 comma 2, a, punti1e2)</p>
 <p>sostituzione di generatori di calore (Art.3 comma 2, c, punto3)</p>	 <p>ristrutturazioni totali o parziali e manutenzioni straordinarie dell'involucro per tutti i casi diversi dai due sopra descritti (Art.3 comma 2, c, punto1)</p>

Considerazioni preliminari: la normativa italiana (DPR 59/09)

Sono esclusi dagli obblighi previsti dalle recenti disposizioni di legge gli interventi“...*in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe una alterazione inaccettabile del loro carattere o aspetto con particolare riferimento ai caratteri storici o artistici*”.

CLASSIFICAZIONE DEGLI EDIFICI (SECONDO IL DPR 412/93)	
E. 1	Edifici adibiti a residenza e assimilabili: E.1 (1) abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo, quali abitazioni civili, rurali, collegi , conventi, case di pena e caserme E.1 (2) abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria, quali case per vacanze, fine settimana e simili E.1 (3) abitazioni adibite ad albergo, pensione e attività similari
E. 2	Edifici adibiti a ufficio e assimilabili pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite 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 cure 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 tossico-dipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici
E. 4	Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili E.4 (1) quali cinema e teatri, sale di riunione per congressi E.4 (2) quali mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto E.4 (3) quali bar, ristoranti, sale da ballo
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 E.6 (1) piscine, saune e assimilabili E.6 (2) palestre e assimilabili E.6 (3) servizi di supporto alle attività sportive
E. 7	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
E. 8	Edifici adibiti ad attività industriali e artigianali e assimilabili