



L'elaborazione dei dati raccolti

Metodologie di calcolo del fabbisogno invernale

Decreto 26 Giugno 2009 "Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici"



I servizi da fornire

SERVIZI CONSIDERATI DALLA DIRETTIVA

- Riscaldamento
- Acqua calda sanitaria
- Ricambio d'aria
- Condizionamento
- Illuminazione



ALTRI SERVIZI NON COMPRESI

- Ascensori
- Cancelli automatici
- ...



Metodologie per la determinazione della prestazione energetica degli edifici

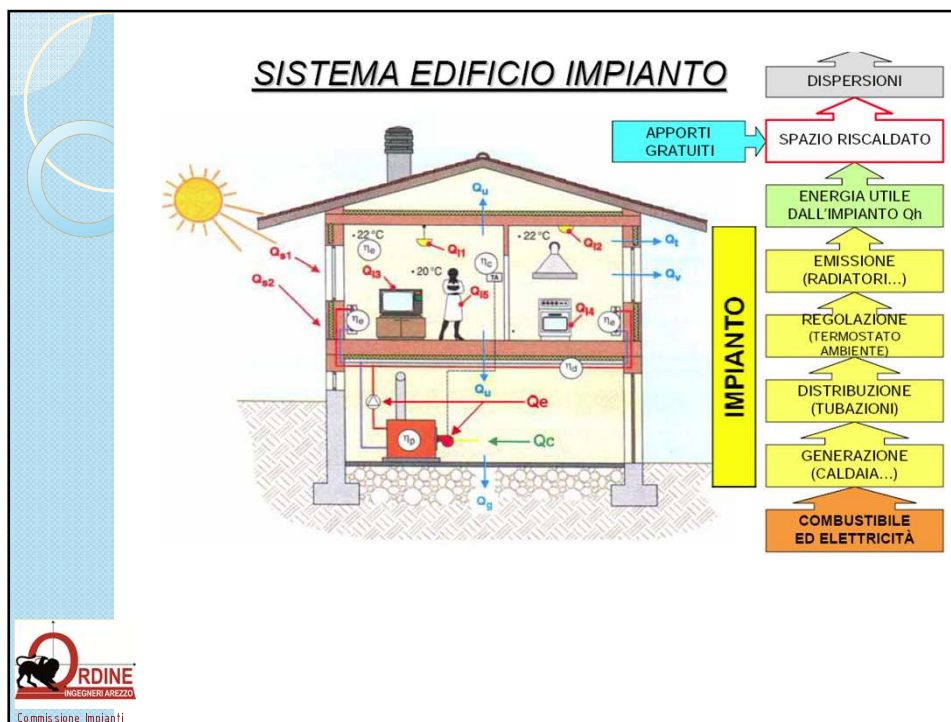
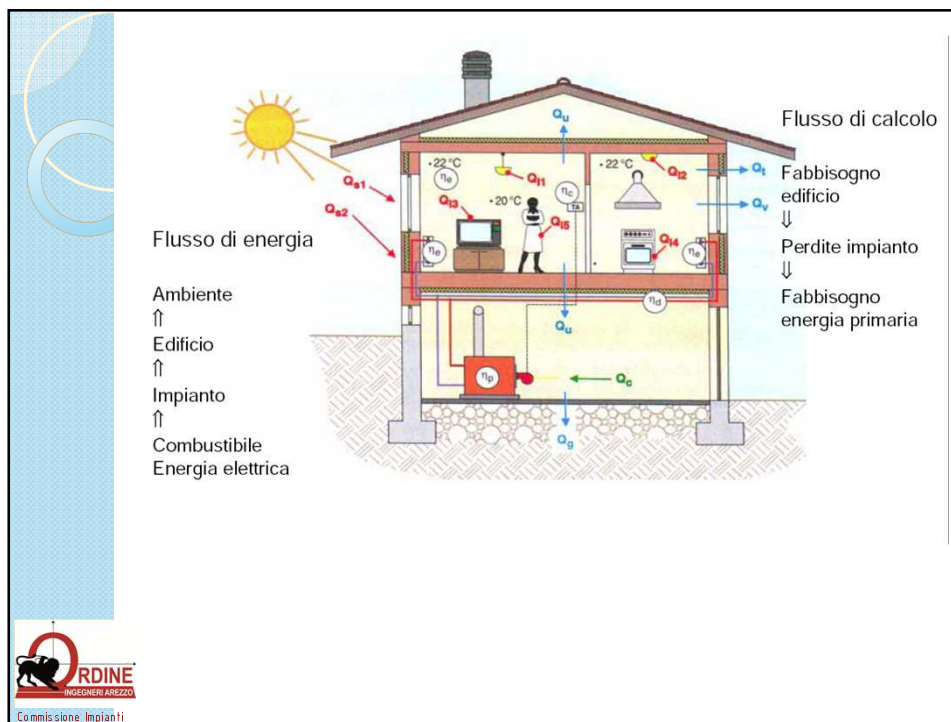
- $EP_{gl} = E_{pi} + E_{pacs} + E_{pe} + E_{pill}$ [kWh/m²anno]
- E_{pi} indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale
- E_{pacs} indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria
- E_{pe} indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva
- E_{pill} indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale
- Fase di avvio $EP_{gl} = E_{pi} + E_{pacs}$



Procedura generale di calcolo

- Definizione del servizio ...20°C ...26°C ...X l/gg m²
 - Calcolo del **fabbisogno dell'involucro** (energia)
 - + **Dispersioni, consumo, carichi...** (intrinseci nel servizio)
 - **Apporti "gratuiti"** (non vengono dall'impianto)
 - = **Fabbisogno di energia utile** = energia che deve essere fornita dall'impianto
 - Analisi dell'**impianto per sottosistemi**
 - Somma delle perdite dei sottosistemi
 - Somma dei fabbisogni di energia ausiliaria
 - ... per emissione, regolazione, distribuzione, accumulo, generazione ...
 - Fabbisogno di energia per **vettore energetico**
Combustibile, energia elettrica, biomassa, calore da teleriscaldamento...
 - Somma pesata dell'energia entrante (fattori di conversione in **energia primaria**), rapporto ai m² ed espressione del risultato finale.
 - Ripetere il calcolo **mese per mese** e sommare i risultati
- Complicazioni: sistemi con più sistemi di generazione e/o utenze, interazioni fra impianti per servizi diversi...







Metodologie per la determinazione della prestazione energetica degli edifici

- I .Metodo di calcolo di progetto:

prevede la valutazione a partire dai dati di ingresso del progetto energetico dell'edificio come costruito e dei sistemi impiantistici a servizio dell'edificio come realizzati. Si utilizzano le UNI TS 11300. Questa procedura è applicabile a tutte le tipologie edilizie degli edifici nuovi ed esistenti indipendentemente dalla loro dimensione.



Metodo di calcolo da progetto

- Il metodo consiste nell'usare un software certificato CTI UNI TS
- Occorrono molti dati di ingresso
- I dati sono in parte rilevati e in parte fissati dalla norma (condizioni standard di utilizzo)



10

Alcuni software commerciali certificati

Ragione Sociale	Software	N. Protocollo	N. Certificato
MC4 Software Italia s.r.l. c.so Corsica 7/53-55 - 10134 Torino	MC4 SUITE 2009	n. 1	n. 4
Acca Software S.p.A. Via M. Cianciulli - 83048 Montella AV	TerMus V.14.00e	n. 2	n. 1
DYN.E s.r.l. Via Tezze di Cereda, 18 - Comedo Vicentino VI	"AvEnergia 2010"	n. 3	n. 5
Ediclima S.r.l. Via Vivaldi 7 - 28021 Borgomanero NO	EC601 V7-9.1 T	n. 4	n. 2
Microsoft s.r.l. Via Menicucco, 1 - 60121 Ancona	Termo versione 6.3	n. 5	n. 3
Watts Industries Italia S.r.l. Via Brenno 21 - 20046 Blassano MI	Stima 10-TFM vers.7.5.03	n. 6	n. 7
Itasoft Group spa Via Nazionale, 154 - 35048 Stanghella PD	"Termiko 2.0"	n. 7	n. 6
Sacert Corso di Porta Vittoria, 27 - 20122 Milano	BestClass TS11300 ver. 2.0	n. 8	n. 8
Logical Soft S.r.l. Via Garibaldi 253 - 20033 Desio (MI)	Termolog EpiX 2	n. 9	n. 9
BM Sistemi s.r.l. Via Sacro Cuore, 114/C - 97015 Modica (RG)	BM Clima Energia UNI TS 2010	n. 10	n. 10
EVOLVENTE s.r.l. Via Dalton, 56 - 41100 Modena	-	n. 11	-
Secos Engineering srl Via Le Chiuse, 73 - 10144 Torino	Easy Clima v. 2.4.8.7	n. 12	n. 14

Attualmente risultano certificati 18 sw, l'elenco completo si trova su www.cti2000.it



11

Cosa cambia con le UNI-TS?

- Quadro generale: adattato per sistemi complessi, considerazione di recuperi fra impianti relativi a servizi diversi
- Energia elettrica considerata esplicitamente in tutti i sottosistemi
- Introdotto il calcolo dell'impianto dell'acqua calda sanitaria
- Distribuzione riscaldamento ed acqua calda sanitaria: specificati i casi in cui occorre un calcolo analitico
- Generazione a combustione: aggiunto metodo basato sui dati della direttiva europea
- Generazione a combustione: aggiunti generatori modulanti, a condensazione (con nuovi parametri), modulari
- Generazione : in corso di aggiunta metodologie per vari tipi di sistemi di generazione

... ma si tratta solo di aggiunte...



Metodologie per la determinazione della prestazione energetica degli edifici

• 2. Metodo di calcolo da rilievo sull'edificio

o standard: prevede la valutazione della prestazione energetica a partire dai dati di ingresso ricavati da indagini svolte direttamente sull'edificio esistente.

- a) mediante procedure di rilievo anche strumentali sull'edificio: si usano le **UNIT S I I 300** e le semplificazioni. Si applica a tutti gli edifici esistenti.
- b) Per analogia costruttiva con altri edifici coevi
- c) Sulla base dei principali dati climatici, tipologici, geometrici ed impiantistici



Calcolo semplificato

L'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale E_{pi} può essere ricavato come:

$$E_{pi} = \frac{(Q_h / A_{pav})}{\eta_g} \quad [\text{kWh/m}^2\text{K}]$$

Dove:

Q_h = fabbisogno di energia termica dell'edificio, espresso in kWh

A_{pav} = la superficie utile (pavimento) espressa in m^2

η_g = rendimento globale medio stagionale



Calcolo semplificato

Il fabbisogno termico dell'edificio Q_h è dato da:

$$Q_h = 0,024 \cdot GG \cdot (H_T + H_V) - f_x (Q_s + Q_i) \quad (\text{kWh})$$

Dove:

GG sono i gradi giorno della città nella quale viene ubicato l'edificio in esame, (Kgg);

H_T è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno di ciascuna superficie disperdente; (W/K);

H_V è il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione (W/K);

f_x è il coefficiente di utilizzazione degli apporti gratuiti (adimensionale), assunto pari a 0,95

Q_s sono gli apporti solari attraverso i componenti di involucro trasparente (MJ);

Q_i sono gli apporti gratuiti interni (MJ)



15

Calcolo semplificato

Il coefficiente di scambio termico per trasmissione è:

$$H_t = \sum_{i=1}^n S_i \cdot U_i \cdot b_{tr,i} \quad [\text{W/K}]$$

Dove:

S_i = superfici esterne che racchiudono il volume lordo riscaldato. Non si considerano le superfici verso altri ambienti riscaldati alla stessa temperatura $[\text{m}^2]$

U_i = trasmittanza termica della struttura $[\text{W/m}^2\text{K}]$

$b_{tr,i}$ = fattore di correzione dello scambio termico verso ambienti non climatizzati o verso il terreno (adimensionale)

I valori del coefficiente $b_{tr,i}$ si ricavano:

- per superfici disperdenti verso ambienti non riscaldati: Prospetto 5 UNI/TS 11300-1
- per superfici disperdenti verso il terreno: Prospetto 6 UNI/TS 11300-1



16

Calcolo semplificato-Prospetto 5

Fattore di correzione $b_{tr,x}$

Ambiente confinante	$b_{tr,x}$
Ambiente	
- con una parete esterna	0,4
- senza serramenti esterni e con almeno due pareti esterne	0,5
- con serramenti esterni e con almeno due pareti esterne (per esempio autorimesse)	0,6
- con tre pareti esterne (per esempio vani scala esterni)	0,8
Piano interrato o seminterrato	
- senza finestre o serramenti esterni	0,5
- con finestre o serramenti esterni	0,8
Sottotetto	
- tasso di ventilazione del sottotetto elevato (per esempio tetti ricoperti con tegole o altri materiali di copertura discontinua) senza rivestimento con feltro o assito	1,0
- altro tetto non isolato	0,9
- tetto isolato	0,7
Aree interne di circolazione (senza muri esterni e con tasso di ricambio d'aria minore di $0,5 \text{ h}^{-1}$)	0,0
Aree interne di circolazione liberamente ventilate (rapporto tra l'area delle aperture e volume dell'ambiente maggiore di $0,005 \text{ m}^2/\text{m}^3$)	1,0

Calcolo semplificato-Prospetto 6

Per gli edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, il coefficiente di accoppiamento termico in regime stazionario tra gli ambienti interno ed esterno è dato da:

$$H_g = A \times U_f \times b_{tr,g} \quad (20)$$

dove:

A è l'area dell'elemento;

U_f è la trasmittanza termica della parte sospesa del pavimento (tra l'ambiente interno e lo spazio sottopavimento), espressa in $\text{W/m}^2\text{K}$, mentre,

$b_{tr,g}$ è dato dal prospetto 6.

Fattore di correzione $b_{tr,g}$

Ambiente confinante	$b_{tr,g}$
Pavimento controterra	0,45
Parete controterra	0,45
Pavimento su vespaio aerato	0,80

Calcolo semplificato

Il coefficiente di scambio termico per ventilazione è:

$$H_v = 0,34 \cdot n \cdot V_{\text{netto}} \quad [\text{W/K}]$$

Dove

n = numero di ricambi d'aria pari a 0,3 vol/h

V_{netto} = In assenza di informazioni sul volume netto dell'ambiente climatizzato, si assume pari al 70% del volume lordo.



19

Calcolo semplificato

Gli apporti solari attraverso i componenti trasparenti sono:

$$Q_s = 0,2 \cdot \sum_{\text{espoz.}} I_{\text{sol},i} \cdot S_{\text{terr},i} \quad [\text{kWh}]$$

Dove:

0,2 = coefficiente di riduzione che tiene conto del fattore solare degli elementi trasparenti e degli ombreggiamenti medi

I_{sol,i} = irradianza totale stagionale (nel periodo di riscaldamento) sul piano verticale, per ciascuna esposizione.

NOTA Il valore si calcola come sommatoria dei valori di irradianza media mensile sul piano verticale riportati nella UNI 10349, estesa ai mesi della stagione di riscaldamento. Per i mesi non completamente ricompresi nella stagione di riscaldamento (es. ottobre ed aprile per la zona E) si utilizza un valore di irradianza pari alla quota parte del mese.



20

Calcolo semplificato

Gli apporti gratuiti interni sono:

$$Q_i = (\theta_{int} \cdot A_{pav} \cdot h) / 1000 \quad [\text{kWh}]$$

Dove:

Φ_{int} = apporti interni gratuiti, valore convenzionale assunto pari a 4 W/m^2 per edifici residenziali

h = numero di ore della stagione di riscaldamento



21

Calcolo semplificato

Il rendimento globale medio stagionale è:

$$\eta_g = \eta_e \times \eta_{rg} \times \eta_d \times \eta_{gn}$$

dove:

η_e = rendimento di emissione, valori del prospetto 17 della UNI/TS 11300-2

η_{rg} = rendimento di regolazione, valori del prospetto 20 della UNI/TS 11300-2

η_d = rendimento di regolazione, valori dei prospetti 21 (a,b,c,d,e) della UNI/TS 11300-2

η_{gc} = rendimento di generazione, valori dei prospetti 23 (a,b,c,d,e) della UNI/TS 11300-2



22

Calcolo semplificato rendimento emissione Prospetto 17 UNI TS 11300-2

Rendimenti di emissione (η_e) in locali di altezza minore di 4 m

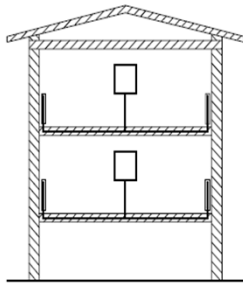
Tipo di terminale di erogazione	Carico termico medio annuo W/m ^{3 a}		
	<4	4-10	>10
	η_e		
Radiatori su parete esterna isolata (*)	0,95	0,94	0,92
Radiatori su parete interna	0,96	0,95	0,92
Ventilconvettori (**) valori riferiti a t_{media} acqua = 45 °C	0,96	0,95	0,94
Termoconvettori	0,94	0,93	0,92
Bocchette in sistemi ad aria calda (***)	0,94	0,92	0,90
Pannelli isolati annegati a pavimento	0,99	0,98	0,97
Pannelli annegati a pavimento (****)	0,98	0,96	0,94
Pannelli annegati a soffitto	0,97	0,95	0,93
Pannelli a parete	0,97	0,95	0,93


Rendimento regolazione Prospetto 20 UNI TS 11300-2

Tipo di regolazione	Caratteristiche	Sistemi a bassa inerzia termica	Sistemi ad elevata inerzia termica	
		Radiatori, convettori, ventilconvettori, strisciradienti ed aria calda	Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente	Pannelli annegati nelle strutture edilizie e non disaccoppiati termicamente
Solo Climatiza (compensazione con sonda esterna)		$1 - (0,6 \eta_e \gamma)$	$0,98 - (0,6 \eta_e \gamma)$	$0,94 - (0,6 \eta_e \gamma)$
Solo ambiente con regolatore	On off	0,94	0,92	0,88
	PI o PID	0,99	0,97	0,93
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,96	0,92
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,95	0,91
	P banda prop. 2 °C	0,95	0,93	0,89
Climatiza + ambiente con regolatore	On off	0,97	0,95	0,90
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 2 °C	0,97	0,96	0,94
Solo zona con regolatore	On off	0,93	0,91	0,87
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 2 °C	0,94	0,92	0,88
Climatiza + zona con regolatore	On off	0,96	0,94	0,92
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,97	0,96
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,96	0,94
	P banda prop. 2 °C	0,96	0,95	0,93

Nota: γ rapporto apporti/potenza
 η_e fattore di utilizzo degli apporti definito nella UNI TS 11300-1.

Calcolo semplificato rendimento distribuzione Prospetto 21a UNI TS 11300-2

IMPIANTI AUTONOMI				
	Isolamento distribuzione			
	Legge 10/91 Periodo di realizzazione dopo il 1993	Discreto Periodo di realizzazione 1993-1977	Medio Periodo di realizzazione 1976-1961	Insufficiente Periodo di realizzazione prima del 1961
	0,990	0,980	0,969	0,958


Commissione Impianti

Rendimento generazione Prospetto 23a UNI TS 11300-2

Generatori di calore a camera stagna tipo C per impianti autonomi classificati * (3 stelle)**


Valore di base	F1			F2	F4
	1	2	4		
93	0	-2	-5	-4	-1

Nota Valore di base riferito a: caldaia a tre stelle, sovradimensionamento 1 riferito al minimo di modulazione, installazione all'interno, camino alto meno di 10 m, temperatura di mandata in condizioni di progetto <65 °C.

Generatori di calore a gas a condensazione ** (4 stelle)**

ΔT fumi - acqua ritorno a Pn	Valore di base	F1			F2	F5	F7			
		1	1,25	1,5			40	50	60	>60
<12 °C	104	0	0	0	-1	-3	0	-4	-6	-7
da 12 °C fino a 24 °C	101	0	0	0	-1	-3	0	-2	-3	-4
>24 °C	99	0	0	0	-1	-2	0	-1	-2	-3

Nota Valori di base riferito a: caldaia a quattro stelle, regolazione modulante su aria e gas, sovradimensionamento 1 riferito alla potenza nominale, installazione in centrale termica, chiusura aria comburente all'arresto (o bruciatore a premiscelazione totale), ΔT finale acqua ritorno/fumi per classi <12, da 12 fino a 24, oltre 24 °C a potenza nominale.


Commissione Impianti

Calcolo semplificato

rendimento generazione

Prospetto 23a UNI TS 11300-2


Generatori di calore a camera stagna tipo C per impianti autonomi classificati * (3 stelle)**

Valore di base	F1			F2	F4
	1	2	4		

Generatori di calore a gas a condensazione ** (4 stelle)**

ΔT fumi - acqua ritorno a Pn	Valore di base	F1			F2	F5	F7			
		1	1,25	1,5			40	50	60	>60
<12 °C	104	0	0	0	-1	-3	0	-4	-6	-7
da 12 °C fino a 24 °C	101	0	0	0	-1	-3	0	-2	-3	-4
>24 °C	99	0	0	0	-1	-2	0	-1	-2	-3

Nota Valori di base riferito a: caldaia a quattro stelle, regolazione modulante su aria e gas, sovradimensionamento 1 riferito alla potenza nominale, installazione in centrale termica, chiusura aria comburente all'arresto (o bruciatore a premiscelazione totale), ΔT finale acqua ritorno/fumi per classi <12, da 12 fino a 24, oltre 24 °C a potenza nominale.


Commissione Impianti


Calcolo semplificato

Utilizzabile per edifici residenziali sotto 1000 m²

$$E_{Pi} = \frac{0,024 \cdot GG \cdot \left(\sum_i A_i \cdot U_i \cdot b_{tr,i} + 0,34 \cdot 0,3 \cdot V_{netto} \right) - 0,95 \cdot \left(0,2 \cdot \sum_k A_{fm,k} \cdot I_{sol,k} + 4 \frac{W}{m^2} \cdot S_u \cdot \frac{h}{1000} \right)}{\eta_e \cdot \eta_{rg} \cdot \eta_d \cdot \eta_{gn} \cdot S_u}$$

GG Gradi giorno A _i Area struttura disperdente U _i Trasmissione struttura disperdente b _{tr,i} Coefficiente tipo struttura (tabelle UNI-TS) 0,34 Calore specifico aria 0,3 Ricambi ora fissi η _x rendimenti da tabelle UNI-TS	0,95 Fattore utilizzazione apporti A _{fm} Area superfici trasparenti I _{sol} Irradianza sup. vert. per orient. 0,2 Ombre, telaio, trasmissione vetro 4 W/m² Apporti interni h Durata stagione di riscaldamento S _u Superficie utile
---	--

Semplificazione modesta dal punto di vista dell'input


Commissione Impianti

E se manca il riscaldamento ?

- **Involucri edilizi "virtuosi" (\cong MAI...)**
 - Fabbisogno di energia utile dell'involucro edilizio $Q_H <$ valori in tabella 1 e 2 (zona E $\rightarrow Q_H < 20 \text{ kWh/m}^2$ oppure 8 kWh/m^2)
 - Edifici industriali E8 in cui siano rispettate le trasmittanze limite "delle pareti opache e trasparenti"
 - \rightarrow applicare il rendimento globale medio stagionale limite determinato utilizzando la potenza calcolata secondo EN 12831
- **Involucri edilizi "comuni" (\cong SEMPRE...)**
 - Fabbisogno di energia utile dell'involucro edilizio $Q_H >$ valori in tabella 1 e 2
 - Edifici industriali E8 in cui siano rispettate le trasmittanze limite "delle pareti opache e trasparenti"
 - \rightarrow **IPOTIZZARE APPARECCHIATURE ELETTRICHE**
 - \rightarrow si intende evidentemente riscaldamento elettrico diretto ... e non pompa di calore ...
 - \rightarrow occorre considerare anche emissione ($\eta=0,92$), regolazione ($\eta=0,94$) e conversione in primario

$$EP = Q_H (\text{energia utile}) \times 2,51$$

E se manca il il sanitario?

"IPOTIZZARE APPARECCHIATURE ALIMENTATE DALLA RETE ELETTRICA"

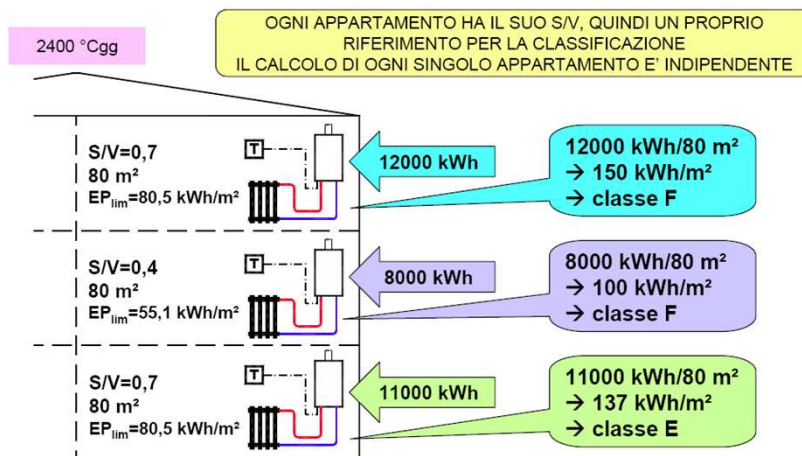
- \rightarrow Si intendeva evidentemente "boiler elettrico"
... e non anche pompa di calore come azzarda qualcuno...
- \rightarrow Occorre considerare anche erogazione, distribuzione ed accumulo
... erogazione $\eta=95\%$, distribuzione finale perdite 8% , bollitore elettrico con accumulo $\eta=75\%$, fattore di conversione in energia primaria $2,17...$

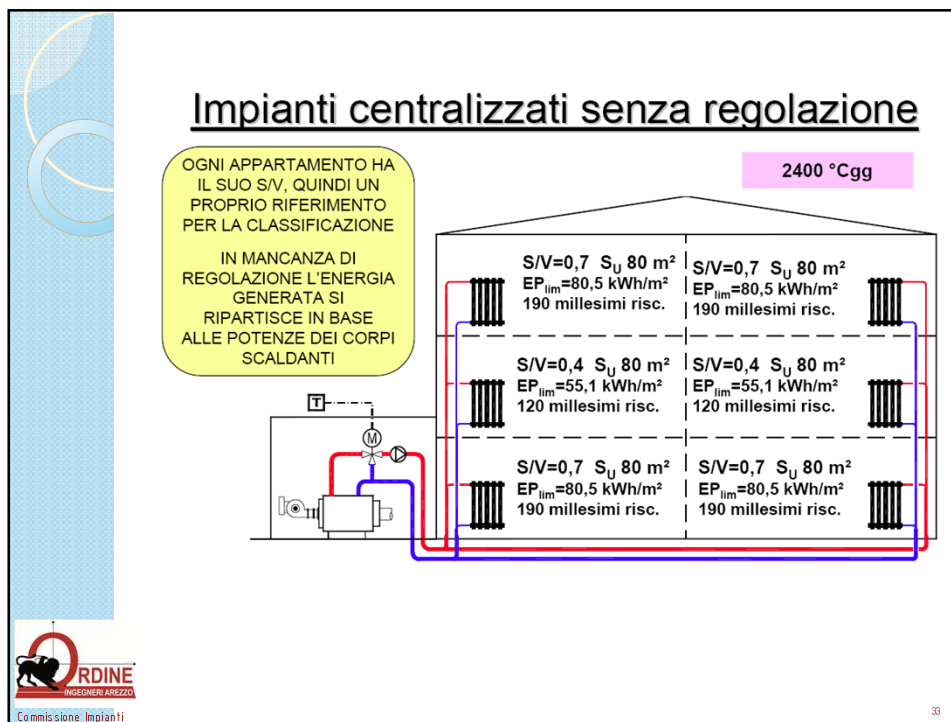
$$E_p = Q_w (\text{energia utile}) \times 3,29$$

Edifici o unità immobiliari?

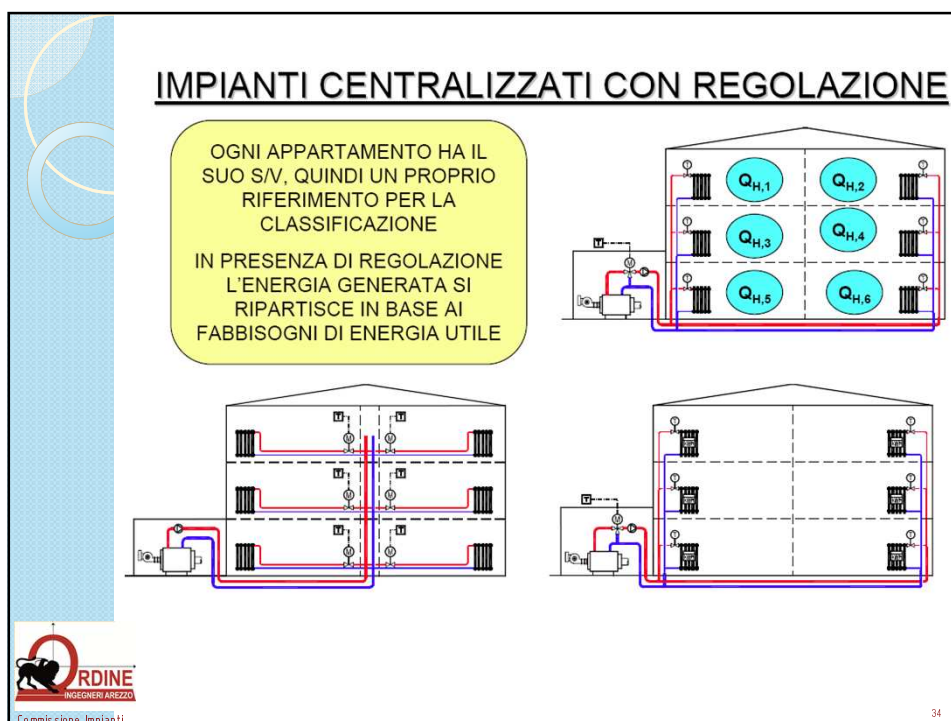
- La certificazione si riferisce alle unità immobiliari
... si comprano e si vendono unità immobiliari...
 - Negli edifici con più unità immobiliari
 - Ogni unità immobiliare ha il suo S/V, quindi il suo fabbisogno di energia primaria limite
 - In caso di impianti autonomi, ognuno il suo calcolo dell'energia primaria
 - In caso di impianto centralizzato occorre ripartire l'energia primaria complessiva fra le varie unità immobiliari
 - se non è regolato, ripartire l'energia primaria dell'intero edificio in base ai millesimi di riscaldamento;
 - se vi è un sistema di regolazione, ripartire in base al fabbisogno di energia reale (utile + perdite emissione e regolazione) di ciascuna unità immobiliare
- Gli amministratori devono rendere disponibili i dati necessari

Classificazione con impianti autonomi

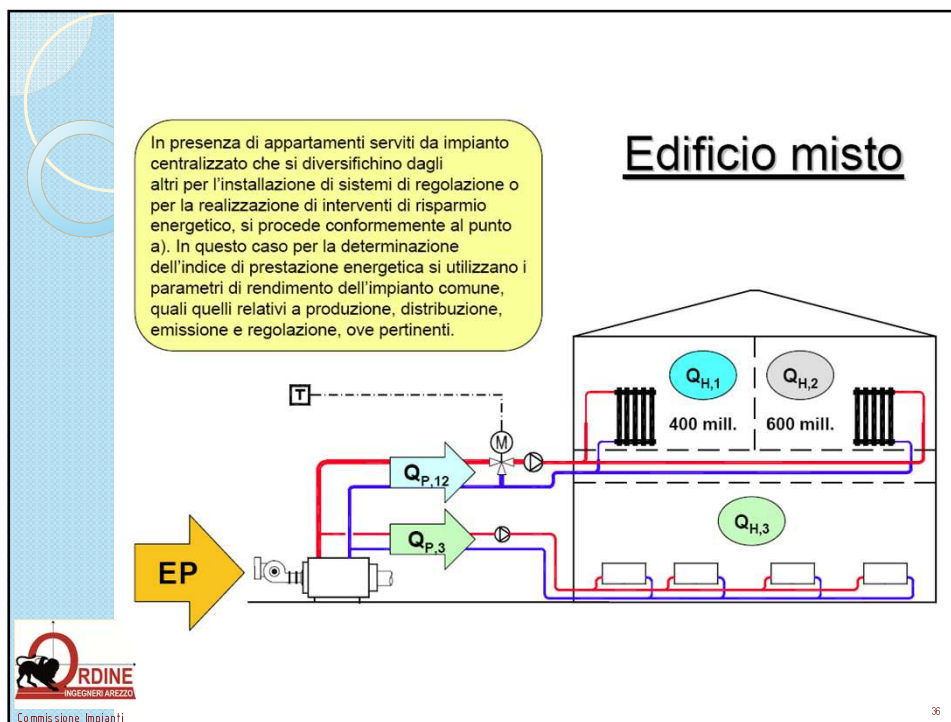
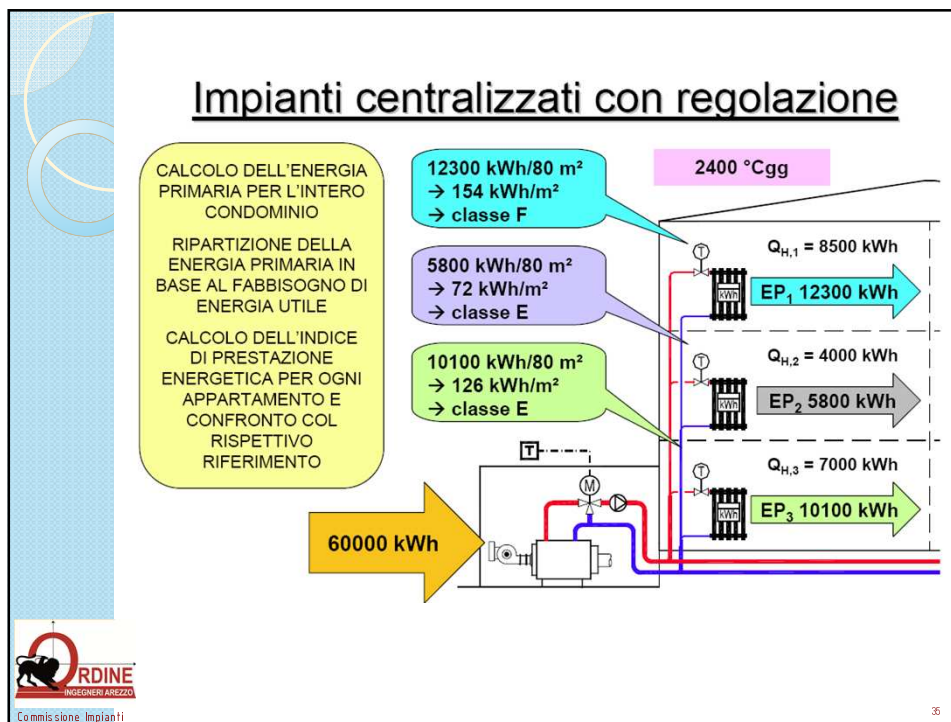


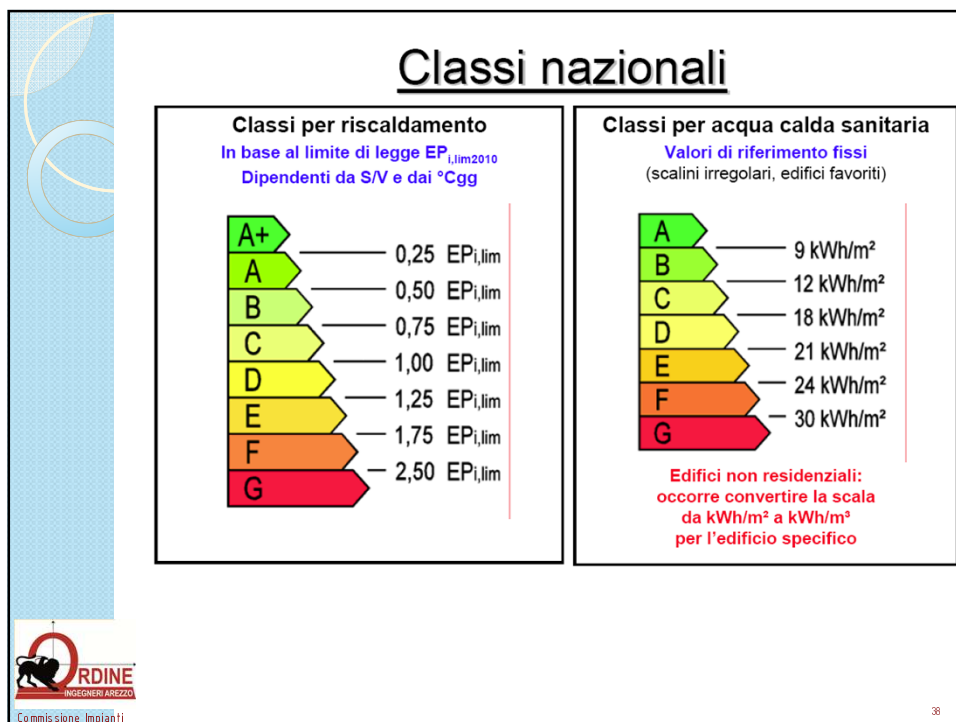
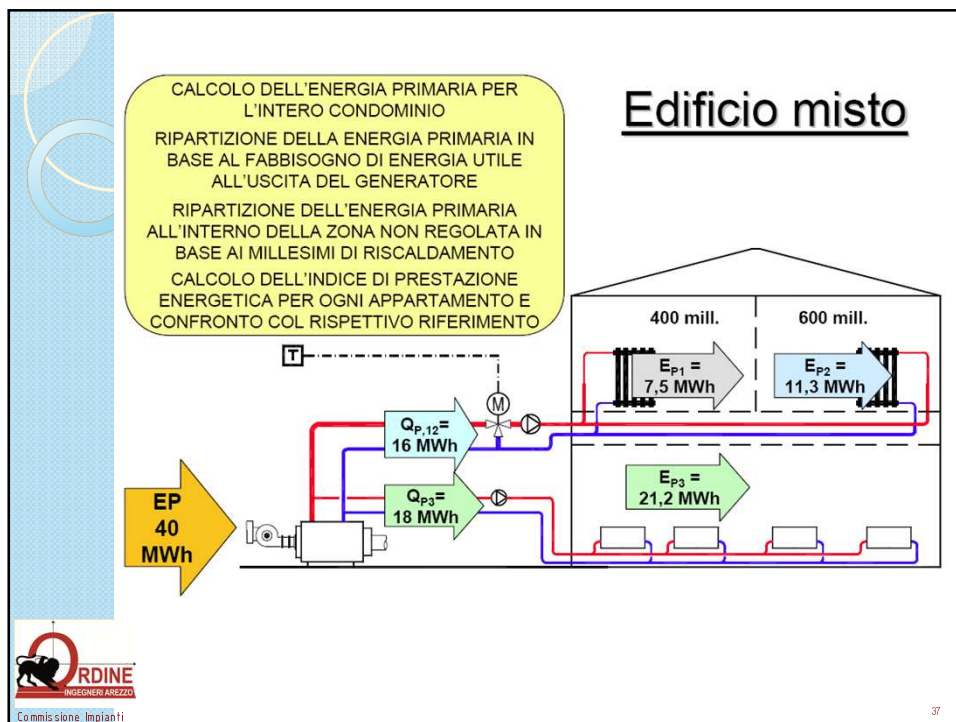


33



34






Classe complessiva

Limite di classe globale: sommare i limiti di classe per i singoli servizi

0,00 EP _{lim}	0,25 EP _{lim}	0,50 EP _{lim}	0,75 EP _{lim}	1,00 EP _{lim}	1,25 EP _{lim}	1,75 EP _{lim}	2,50 EP _{lim}	...
A+	A	B	C	D	E	F	G	
0 kWh/m ²	9 kWh/m ²	12 kWh/m ²	18 kWh/m ²	21 kWh/m ²	24 kWh/m ²	30 kWh/m ²	...	
A	B	C	D	E	F	G		

- ✧ **per edifici non residenziali:**
occorre convertire la scala da kWh/m² a kWh/m³ per l'edificio specifico (?)
- ✧ **Manca una classe** per l'acqua calda sanitaria
- ✧ Indicazione: cruscotto (punti 3 e 4 del certificato)


Commissione Impianti

Valutazione estiva

Valutazione da I (ottimo) ...II...III...IV...V (mediocre)

- **Valutazione sulla base dell'energia utile per raffrescamento**


0 kWh/m ²	10 kWh/m ²	20 kWh/m ²	30 kWh/m ²	40 kWh/m ²	...
I	II	III	IV	V	

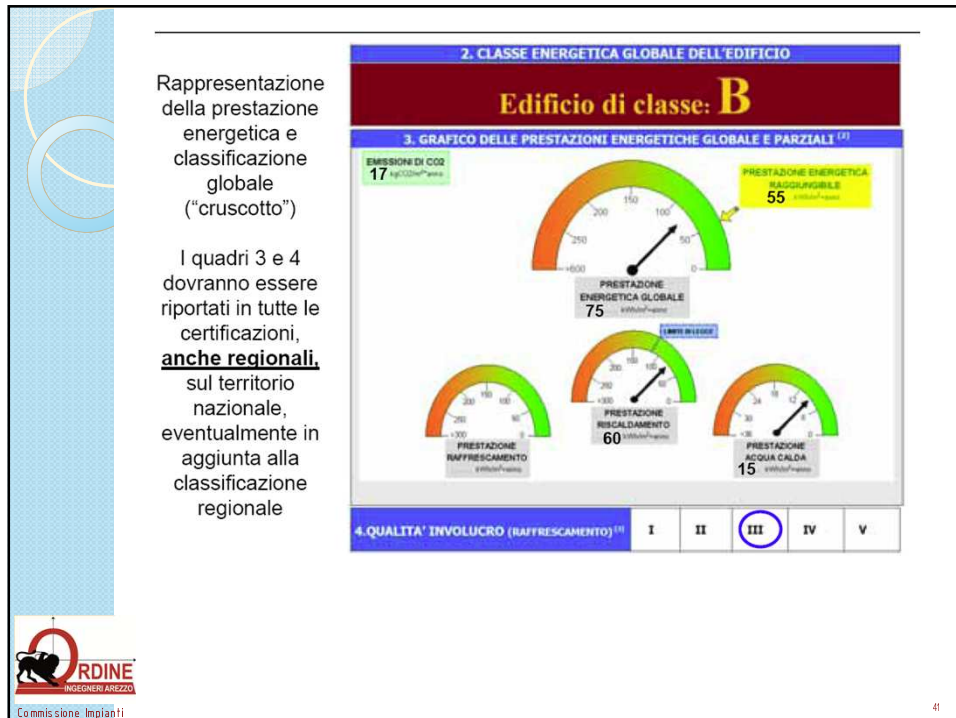
Non residenziale? Convertire la scala da kWh/m² a kWh/m³ per l'edificio specifico
- Non residenziale? Convertire la scala da kWh/m² a kWh/m³ per l'edificio specifico
- **Valutazione dello sfasamento (solo se si usa il metodo semplificato per EPI)**
 teoricamente valuta sfasamento ed attenuazione ma poi prevale sempre lo sfasamento

...	12 h	10 h	8 h	6 h	0 h
	I	II	III	IV	V

Non applicabile perché non esiste lo sfasamento di un edificio ma solo di una struttura
 Soluzione: prendere la struttura più rappresentativa, escludendo NE-N-NO

Valutazione facoltativa per il edifici residenziali sotto 200 m² per i quali sia stato utilizzato il metodo semplificato per il calcolo di EPI ma allora si attribuisce di regola la classe V (col metodo semplificato non ci sono dati per il calcolo estivo)


Commissione Impianti



Fabbisogno per acqua calda sanitaria

Dipende da:

- Volume di acqua richiesto
 - Persone o superficie
- Temperatura di utilizzo (40 °C)
- Temperatura dell'acquedotto (5...15°C)

L'involucro non ha influenza diretta:
entra nel conto solo la sua superficie
come dato statistico

Non ci sono apporti gratuiti

Possibilità di riduzione del fabbisogno:
scambio in controcorrente (non facile)

MISURABILE DIRETTAMENTE

ORDINE INGEGNERI AREZZO
Commissione Impianti


Fabbisogno per acqua calda sanitaria

SECONDO UNI-TS 11300-2 IN GENERALE...

$$Q_W = \sum V_w \cdot \rho \cdot C \cdot (\theta_w - \theta_0) \quad [Wh]$$

V_w [m³] Fabbisogno specifico in funzione della tipologia di utenza
 ρ [kg/m³] Densità dell'acqua, 1000 kg/m³
 C [Wh/kg·K] Calore specifico dell'acqua = 1,16 Wh/kg·K
 θ_w [°C] **40 °C Temperatura di riferimento dell'acqua calda**
 θ_0 [°C] **15 °C Temperatura di riferimento dell'acqua fredda**

Riferimento alla temperatura di utilizzo per tener conto correttamente delle eventuali variazioni della temperatura dell'acqua fredda sanitaria


Commissione Impianti


Fabbisogno per acqua calda sanitaria

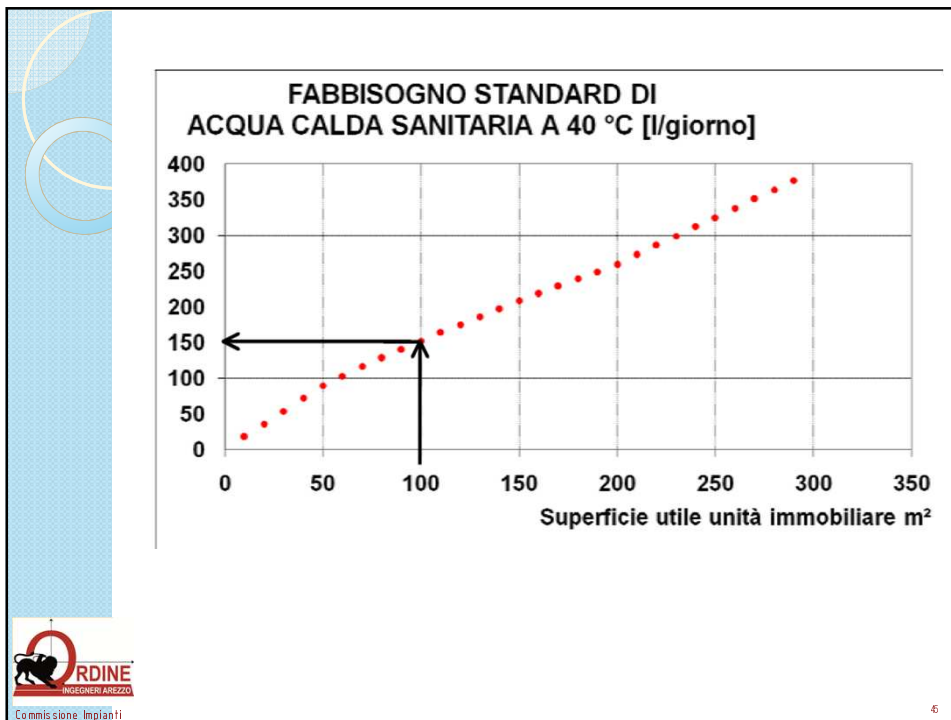
UTENZE RESIDENZIALI

$$V_w = a \cdot n_u = a(S_u) \cdot S_u \quad [l/gg]$$

a [l/m²·gg] Fabbisogno specifico, funzione della superficie
 S_u [m²] Superficie utile dell'unità immobiliare servita

Fabbisogno giornaliero [l/m ² ·gg]	Superficie utile Su [m ²]		
	<= 50	50 - 200	> 200
a	2	6 * Su^{-0,28}	1,3


Commissione Impianti



Esempio

- **Stima del fabbisogno standard:**
 - Superficie utile 100 m² → 150 l/giorno → 4500 l/mese
 - Temperatura acqua fredda: 15 °C
 - **Temperatura acqua calda: 40 °C**
 - Fabbisogno di energia utile
 $4500 \text{ l/mese} \times 1,16 \text{ Wh/l}^\circ\text{C} \times 25 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 130 \text{ kWh/mese}$
- **Verifica del fabbisogno reale:**
 - Lettura contatore acqua → 3200 l/mese
 - Temperatura acqua fredda: 15 °C
 - **Temperatura acqua calda: 50 °C**
 - Fabbisogno di energia utile
 $3200 \text{ l/mese} \times 1,16 \text{ Wh/l}^\circ\text{C} \times 35 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 130 \text{ kWh/mese}$

ORDINE
INGEGNERI AREZZO
Commissione Impianti


45

Fabbisogno per acqua calda sanitaria

UTENZE DIVERSE


$$V_w = a \cdot n_u \cdot f_{occ} \text{ [l/giorno]}$$

Tipo di attività	A	Nu
Hotel 1-2-3-4- stelle- senza lavanderia	40-60-80-90	Numero di letti
Hotel 1-2-3-4- stelle- con lavanderia	50-60-70-90	Numero di letti
Altre attività ricettive	28	Numero di letti
Attività ospedaliera senza pernottamento	10	Numero di letti
Attività ospedaliera con pernottamento	90	Numero di letti
Scuole materne ed asili nido	15	Numero di alunni
Attività sportive	100	Numero docce
...


Commissione Impianti

Considerazioni sull'acqua calda sanitaria

- **Potenza per unità immobiliare con accumulo: 200 W**
- **Potenza per unità immobiliare senza accumulo: > 24 kW**
- **Con il sistema istantaneo:**
 - Minor spazio
 - Portata disponibile limitata
 - Instabilità della temperatura di erogazione
 - Forte sovradimensionamento dell'impianto
 - Generatore in temperatura 24/24 - 7/7
 - Manutenzione frequente scambiatore
 - Più difficile sfruttare la condensazione
 - Più difficile lo sfruttamento di fonti rinnovabili
 - Rendimento di solito inferiore al sistema ad accumulo


Commissione Impianti

Perdite di erogazione acqua calda sanitaria

Acqua calda sanitaria (riscaldamento iniziale tubi ed accessori):

- UNI-TS 11300: rendimento di erogazione fisso 95%
- EN 15316-3-2: vari metodi che tengono conto della tipologia delle tubazioni terminali, non interessate da ricircolo.



49

Perdite di distribuzione acqua calda sanitaria

- **Rete interessata da ricircolo:**
come riscaldamento, calcolo analitico
- **Rete non interessata da ricircolo:**
coefficienti di perdita da tabella

Tipologia del sistema	Tipo di distribuzione	Coefficiente di perdita $f_{l,d,w}$	Coefficiente di recupero $f_{rr,w,d}$
1. Sistemi installati prima dell'entrata in vigore della legge 373/76	Senza tubazione di ricircolo	0,12	0,5
3. Sistemi installati dopo l'entrata in vigore della legge 373/76	Senza tubazione di ricircolo	0,08	0,5



50

Le costanti di tempo

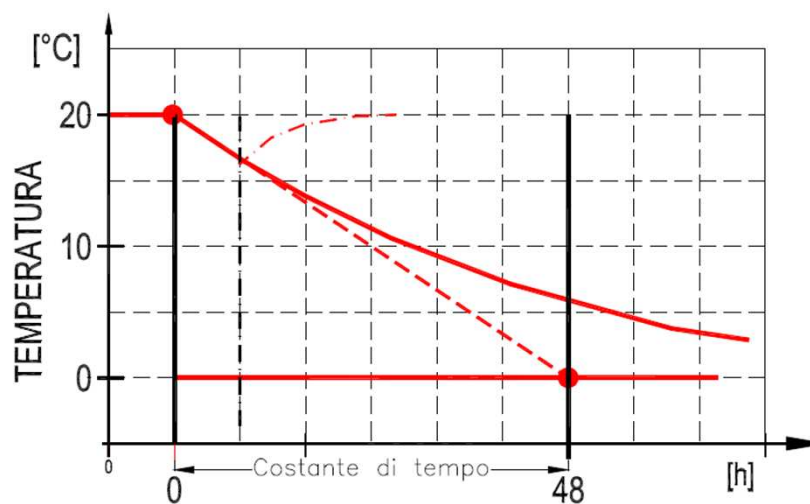
- I processi di raffreddamento spontaneo sono spesso rappresentabili con una caratteristica semplice: la costante di tempo
- In generale:

$$\text{Costante di tempo } \tau = \frac{\text{Capacità termica}}{\text{Trasmittanza}} = \frac{[J / K]}{[W / K]} = s$$

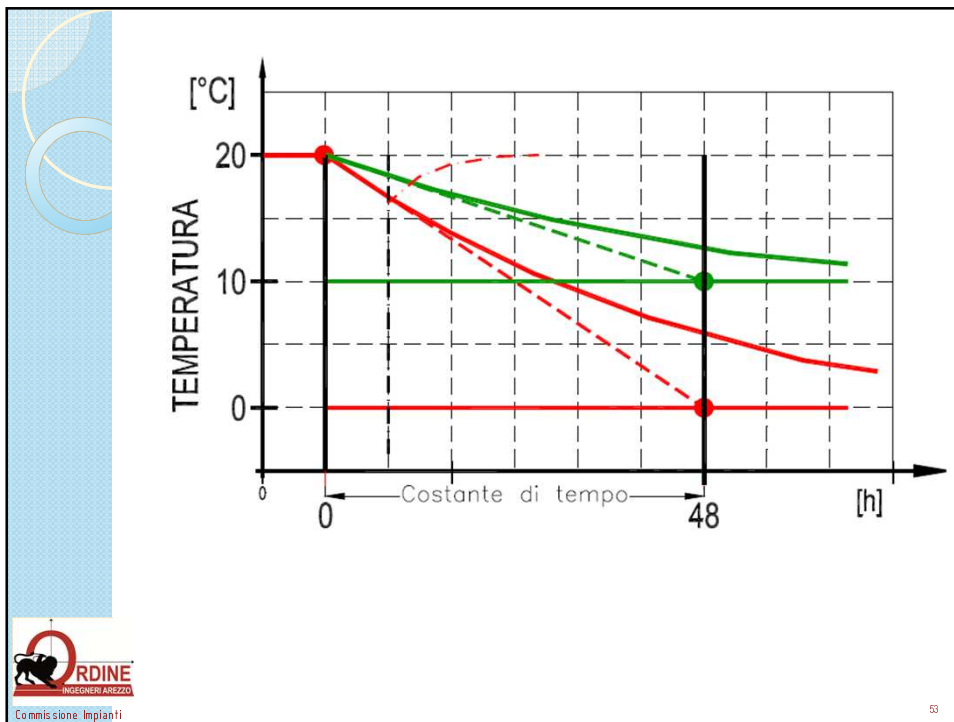
- Alcuni esempi:
 - Tubazione di riscaldamento o acqua calda sanitaria $\rightarrow \tau \cong \text{ore}$
 - Bollitore per acqua calda sanitaria $\rightarrow \tau \cong \text{molte decine di ore}$
 - Edificio riscaldato $\rightarrow \tau \cong \text{qualche decina di ore}$
- Le dispersioni termiche per conduzione attraverso un isolamento termico dipendono esclusivamente dalla temperatura media
- La costante di tempo consente di valutare rapidamente l'effetto di funzionamenti ad intermittenza



51



52




Alcune costanti di tempo

- Tubazione da ½", non isolata, in aria: 20'
- Tubazione da ½", isolata 9 mm: 1h 12'
- Tubazione da ½", isolata 19 mm: 1h 30'
- Tubazione da 1", non isolata, incassata : 36'
- Tubazione da 1", isolata 19 mm: 2h 45'
- Tubazione da 1", isolata 40 mm: 4h 10'
- Tubazione da 2", non isolata : 1h 30'
- Tubazione da 2", isolata 19 mm: 6h 00'
- Tubazione da 2", isolata 40 mm: 10h 00'

Rete non interessata da ricircolo

- Di solito è la parte terminale
- Diametro tipico ½"
- Costante di tempo → 1"
- 3 cariche al giorno → tutto il calore va in ambiente
- Calore accumulato in ½": 0,36 l/m → 15 Wh/m
20 m → 3 cariche → 60 m x 15 Wh/m → 900 Wh
- Fabbisogno giornaliero → 5 kWh
- Efficienza: 80% per perdite di rete finale... praticamente inevitabile su carichi normali


Commissione Impianti


Metodo analitico UNI-TS 11300-2

- si determinano le trasmittanze lineiche U_i degli elementi del sottosistema di distribuzione, espresse in $W/m \cdot K$, tenendo conto di diametro, spessore e conduttività del coibente, tipologia di installazione;
- si determinano le lunghezze L_i degli elementi del sottosistema di distribuzione;
- si determinano le temperature interna $\theta_{w,i}$ ed esterna $\theta_{a,i}$ degli elementi;
- si determina la durata delle perdite t_i ;
- si determina il fattore di recupero delle perdite $f_{W,dis,ri}$ per tener conto delle perdite recuperabili ai fini del riscaldamento ($f_{W,dis,ri}=0$ a di fuori del periodo di riscaldamento)
- si calcolano le perdite totali $Q_{W,dis,ls}$ e le perdite recuperabili $Q_{W,dis,rl}$

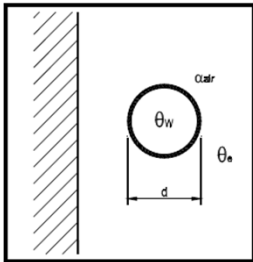
$$Q_{W,dis,ls} = \sum_i L_i \cdot U_i \cdot (\theta_{w,i} - \theta_{a,i}) \cdot t_i \quad Q_{W,dis,rl} = \sum_i L_i \cdot U_i \cdot (\theta_{w,i} - \theta_{a,i}) \cdot t_i \cdot f_{W,dis,ri}$$

- si calcola l'energia ausiliaria totale $W_{W,dis,aux}$;
- si determina l'energia elettrica recuperata $k_{w,dis,aux,rh} \cdot W_{W,dis,aux}$;
- si calcola la quantità di calore richiesta alla generazione

$$Q_{W,dis,in} = Q_{W,dis,out} + Q_{W,dis,ls} - k_{W,dis,aux,rh} \cdot W_{W,dis,aux}$$

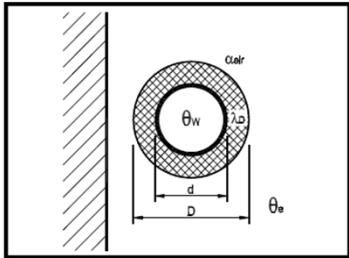

Commissione Impianti

Tubazione non isolata
corrente in aria




$$U_{p,air} = 3,24 \cdot \pi \cdot d \cdot (\theta_w - \theta_e)^{0,3}$$

Tubazione isolata
singolarmente corrente in aria



$$U_{p,air} = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_D} \cdot \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{\alpha_{air} \cdot D}} \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$$



57

Esempio

Tubazione da 1" , $\lambda = 0,04 \text{ W/m} \cdot \text{K}$

- S = 19 mm, singola in aria: 0,24 W/K
- S = 0 mm in aria: 0,9 W/K (50 °C)
- S = 0 mm, incassata a muro: 1,7 W/K

Con 0,24 W/K $\Delta T = 30 \text{ °C}$ per 8760 ore/anno
 → 63 kWh → 6,5 m³ di metano →
 → 6,5 m³ x 0,65 €/m³ → 4,3 €/anno


58

Temperature interne ed esterne della rete

Temperatura interna tratti rete con ricircolo: 48 °C

Temperatura interna tratti senza ricircolo: 28...30 °C

Temperature esterne alla rete

- tubazioni all'interno od in murature affacciate all'interno
→ 20 °C
- tubazioni affacciate all'esterno
→ temperatura esterna media mensile o annua;
- tubazioni affacciate su locali non riscaldati:
→ calcolo con b
- tubazioni in centrale termica:
→ esterna + 5°C
- tubazioni interrato
→ temperatura media stagionale annua.



59

Rete interessata da ricircolo

- Costanti di tempo spesso maggiori di 4 h
- Possibile un intermittenza del ricircolo
→ risparmio soprattutto di energia elettrica
- Necessari forti spessori di isolamento
→ 19 mm non sono mai sufficienti ...
- Se si deve rispettare caduta massima 2 °C...
→ portata minima in funzione della lunghezza della rete



60

Perdite di accumulo

- Dispersione della superficie del bollitore

$$Q_{W,sto,ls} = \frac{S_s \cdot \lambda_s}{d_s} \cdot (\theta_s - \theta_a) \cdot t_s$$

$$\frac{S_s \cdot \lambda_s}{d_s} = \text{W/}^\circ\text{C dichiarati dal costruttore}$$

- S_s = superficie esterna bollitore m^2
- λ_s = conducibilità materiale coibente $\text{W/m}\cdot\text{K}$
- d_s = spessore materiale coibente m
- t_s = durata del periodo s

- Non tiene conto degli eventuali ponti termici
- Alternativa: potenza fissa per classe di volume del bollitore.

Perdite circuito primario acqua calda sanitaria

- **Distanza tra accumulo e generatore $\leq 5 \text{ m}$ e tubazioni di collegamento isolate:**

Le perdite per la distribuzione si considerano trascurabili.

- **Distanza tra accumulo e generatore $\leq 5 \text{ m}$ e tubazioni di collegamento non isolate**

Le perdite per la distribuzione devono essere calcolate secondo il metodo riportato nell'appendice A utilizzando appropriate temperature dell'acqua nel circuito primario

- **Distanza tra accumulo e generatore $> 5 \text{ m}$**
Utilizzare il metodo di calcolo dell'appendice A

Perdite di generazione acqua calda sanitaria

- Per generatori autonomi in funzione di sola produzione acqua calda sanitaria (anche combinati nel periodo estivo), si usano dati di prodotto oppure la tabella
- In tutti gli altri casi (generatori centralizzati, a servizio misto, ecc.) si usa il metodo per il riscaldamento con il pertinente carico

Tipo di apparecchio	Versione	Rendimento * istantaneo (%)	Rendimento Stagionale (%)
Generatore a gas di tipo istantaneo per sola produzione di acqua calda sanitaria	Tipo B con pilota permanente	75	45
	Tipo B senza pilota	85	77
	Tipo C senza pilota	88	80
Generatore a gas ad accumulo per sola produzione di acqua calda sanitaria	Tipo B con pilota permanente	75	40
	Tipo B senza pilota	85	72
	Tipo C senza pilota	88	75
Bollitore elettrico ad accumulo	-	95	75 **
Bollitori ad accumulo a fuoco diretto	A camera aperta	84	70
	A condensazione	98	90

(*) Se è disponibile il rendimento istantaneo dichiarato dal costruttore, in assenza di calcolo specifico si determina il rendimento stagionale sottraendo 15%

Verifica degli impianti a.c.s.

- Fabbisogno (facilmente misurabile):
 - V : m³ di acqua prelevata (contaltri)
 - T_c [°C] = Temperatura di consegna
 - T_f [°C] = Temperatura dell'acqua fredda sanitaria
- Energia primaria
 - Q_c [kWh] = Metano a contatore

$$\eta_w = \frac{Q_w}{Q_c} = \frac{V \cdot \rho \cdot c \cdot (T_c - T_f)}{Nm^3 \cdot P.C.I.}$$

Valutazione costi/benefici



Palazzina 12 appartamenti anni'60 telaio c.a.

Valutazione costi/benefici

9. NOTE

(Interventi di manutenzione edile ed impiantistica, energeticamente significativi, realizzati nella vita dell'edificio, sistemi gestionali in essere, ...)

III

10. EDIFICIO

Tipologia edilizia	Palazzina 12 appartamenti		
Tipologia costruttiva	Telaio in calcestruzzo armato		
Anno di costruzione	1960	Numero di appartamenti	12
Volume lordo riscaldato V (m ³)	3514,7	Superficie utile (m ²)	911,2
Superficie disperdente S (m ²)	1768,3	Zona climatica/GG	E / 2383
Rapporto S/V	0,503	Destinazione d'uso	E.1 (1)



Valutazione costi/benefici

Raccomandazioni

Procedura

- Ipotizzare una sequenza coerente di interventi
- Verificare la riduzione del consumo di combustibili
- Verificare la nuova classe dell'unità immobiliare
- Stimare la riduzione di costi
- Stimare il costo di ciascun intervento
- Valutare il tempo di ritorno: costo/riduzione costi
- Tempo di ritorno < 10 anni → prestazione raggiungibile

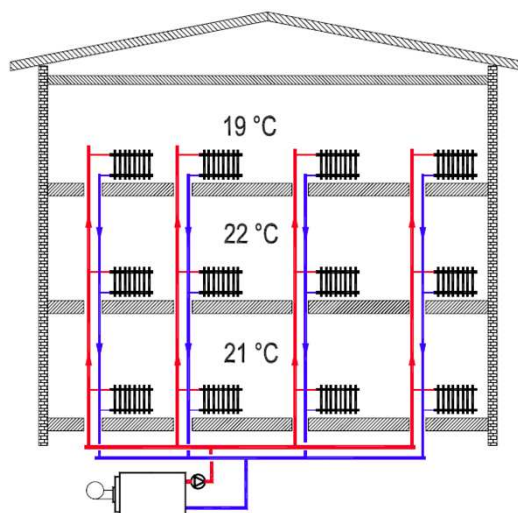
Impianti centralizzati: regolazione, coibentazione tetto (e/o pilotis), sostituzione generatore

Impianti autonomi: rari interventi immediati



67

Valutazione costi/benefici



STATO INIZIALE

RETE SBILANCIATA,
SOTTOTETTO MAL
ISOLATO

LAMENDELE PER BASSA
TEMPERATURA
ALL'ULTIMO PIANO

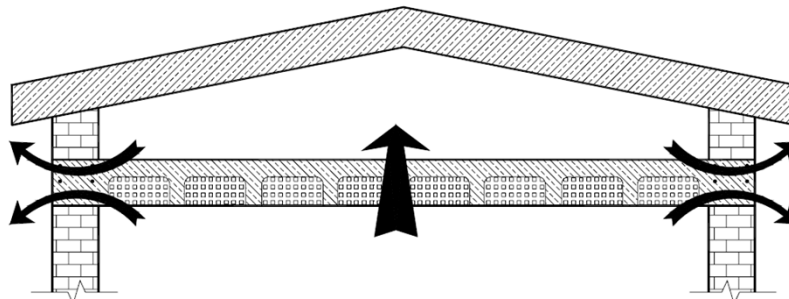
FINESTRE APERTE AL
PIANO INTERMEDIO

Soluzione frequente:
aumentiamo la potenza
della caldaia



68

Valutazione costi/benefici



Sottotetto non isolato

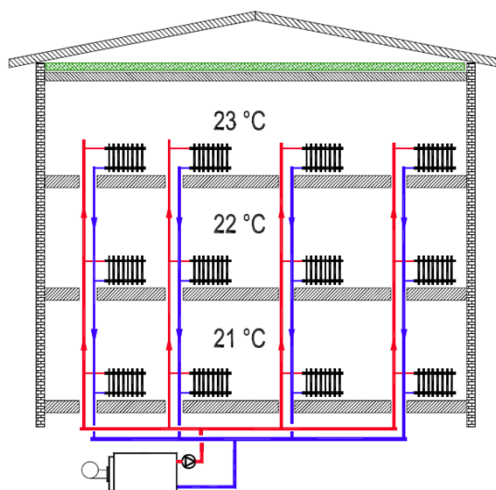
Superficie: 100 m² Trasmittanza: 1,9 W/m²K → 190 W/K

Energia dispersa annua: 190 W/K x 9 K x 4300 h = 7350 kWh

Rendimento impianto 65 % → Consumo annuo 11000 kWh

Costo combustibile : 11000 kWh x 0,65 €/m³ / 9,6 kWh/m³ = 745 €

Valutazione costi/benefici

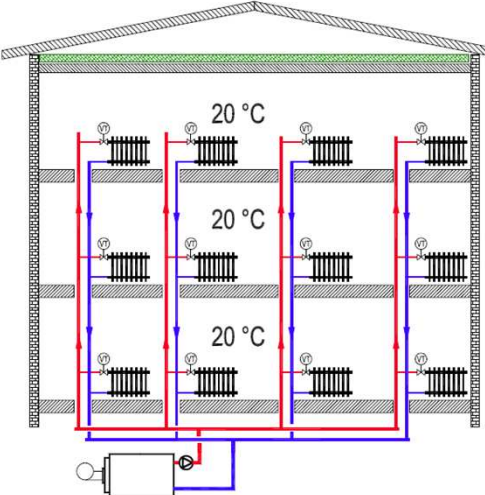


ISOLAMENTO DEL
SOTTOTETTO,
RISPARMIO TEORICO
SUI CONSUMI -20%

RISPARMIO REALE
MOLTO INFERIORE

SENZA RIBILANCIARE LA
RETE ED IN ASSENZA DI
REGOLAZIONE PER
ZONA O PER SINGOLO
AMBIENTE NON SI PUO'
RIDURRE LA CURVA
CLIMATICA...

Valutazione costi/benefici



ISOLAMENTO DEL SOTTOTETTO E VALVOLE TERMOSTATICHE

LA REGOLAZIONE PER SINGOLO AMBIENTE PERMETTE CHE L'INTERVENTO DI RIDUZIONE DELLE DISPERSIONI SI TRASFORMI IN UNA RIDUZIONE DEI CONSUMI


L'OBIETTIVO NON E' RIDURRE LE DISPERSIONI MA IL CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA

ORDINE INGEGNERI AREZZO
Commissione Impianti

71

Valutazione costi/benefici

6. RACCOMANDAZIONI ⁽⁵⁾ m		
Interventi	Prestazione Energetica/Classe a valle del singolo intervento	Tempo di ritorno (anni) m
1) <i>Installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti e sostituzione della pompa di circolazione</i> m	G m	4,5 m
2) <i>Coibentazione del sottotetto (120 mm di polistirene od equivalente)</i> m	F m	3,8 m
3) <i>Sostituzione del generatore di calore con uno nuovo a condensazione ed intubamento del condotto scarico fumi</i> m	E m	4,6 m
4) <i>Sostituzione progressiva delle finestre</i> m	E m	33 m
5) <i>Coibentazione a cappotto della muratura perimetrale e delle spalle delle finestre</i> m	D m	23 m
PRESTAZIONE ENERGETICA RAGGIUNGIBILE ⁽²⁾ m		129,4 kWh/ m² anno m
		5 (<10 anni) m



243 kWh/m²

15.000 €/anno

**30.000 €
5 anni**

130 kWh/m²

8.000 €/anno

... o 200.000 € di pannelli PV ??

Costi 1) € 13000 - % 17) € 7000 - 18% 3) € 10000 - 22%

ORDINE INGEGNERI AREZZO
Commissione Impianti

72