

# SEMINARIO

## ECOSISMABONUS: Tecniche ed Opportunità

Catania, 18 Luglio 2020

# Le tecnologie per l'efficientamento energetico

Ing. Gianpiero EVOLA

Ricercatore (RTD-B) in Fisica Tecnica Ambientale  
DIEEI, Università degli Studi di Catania



## Prima del «Decreto Rilancio» ...

La Legge di Bilancio 2020 ha prorogato a tutto il 2020 la **concessione di incentivi** in forma di **detrazione fiscale dall'imposta lorda**, nella misura del **50%** o del **65%** (in **10 rate annue**), per le spese documentate sostenute per:

- Interventi di **isolamento termico** sull'**involucro di edifici esistenti** (incentivo massimo 60000 €)
- Interventi di **installazione di pannelli solari termici** (incentivo massimo 60000 €)
- Interventi di **sostituzione di impianti di climatizzazione invernale** con nuovi impianti più efficienti (incentivo massimo 30000 €)
- Acquisto e posa in opera di **schermature solari** (a partire dal 2015 - incentivo massimo 60000 €) Dal 2018 al 50%



Infine, è da segnalare la possibilità di ricevere gli incentivi (65%) anche per l'acquisto, l'installazione e la messa in opera di **dispositivi multimediali per il controllo da remoto** degli impianti di riscaldamento o produzione di acqua calda sanitaria.

# Interventi sull'involucro edilizio

## Spese ammissibili

- Fornitura e posa in opera di materiale coibente
- Fornitura e posa in opera di materiali ordinari
- Fornitura e posa in opera di nuove finestre, comprensive di infisso
- Fornitura e posa in opera di scuri, persiane, avvolgibili, cassonetti (se solidali con l'infisso) ed elementi accessori, purché tale sostituzione avvenga simultaneamente a quella degli infissi
- Demolizione e ricostruzione dell'elemento costruttivo
- Prestazioni professionali per la realizzazione degli interventi
- Redazione della documentazione per accedere agli incentivi



Le detrazioni sono concesse solo se:

- edificio **esistente** (non in costruzione!!)
- l'edificio è dotato di **impianto di riscaldamento**
- gli elementi di involucro **delimitano zone riscaldate**



# Installazione di pannelli solari termici

I **pannelli solari** s'intendono agevolabili se adibiti alla **produzione di acqua calda** per usi domestici o industriali, o alla copertura del fabbisogno di acqua calda in piscine, strutture sportive, case di ricovero e cura, istituti scolastici.

In ogni caso, essi devono essere installati su edifici esistenti



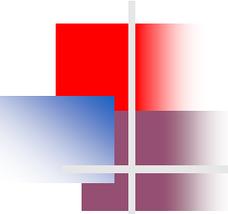
Collettori solari **PIANI**



Collettori a **TUBI SOTTOVUOTO**

## Rispetto di requisiti (asseverato da tecnico abilitato)

- Pannelli e bollitori garantiti per almeno cinque anni;
- Accessori e componenti elettrici ed elettronici garantiti almeno due anni;
- Pannelli in possesso della certificazione «*Solar Keymark*»;
- Impianto installato in conformità ai manuali di installazione dei componenti.



# Impianto di climatizzazione invernale

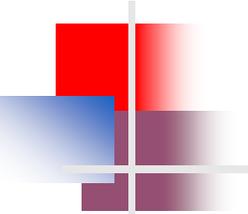
Per interventi di sostituzione di impianti di climatizzazione invernale si intendono gli interventi di sostituzione, integrale o parziale, di impianti di climatizzazione invernale esistenti con:

- impianti dotati di caldaie a condensazione
- impianti dotati di pompe di calore ad alta efficienza
- **scaldacqua** a pompa di calore

Nell'ambito degli interventi sopra elencati, sono ammessi agli incentivi anche:

- Trasformazione degli impianti individuali autonomi in impianti centralizzati con **contabilizzazione del calore**
- Interventi per **introdurre la contabilizzazione** in un impianto centralizzato esistente

Sono invece **esclusi** gli interventi di trasformazione dell'impianto di climatizzazione invernale **da centralizzato ad autonomo**

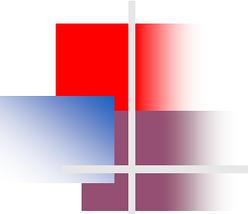


## Documentazione da produrre

- asseverazione a firma di un **tecnico abilitato** (iscritto all'Albo), in cui si attesti il rispetto dei requisiti tecnici specifici minimi. L'asseverazione può essere sostituita dalla dichiarazione di conformità al progetto resa dal direttore dei lavori.
- scheda descrittiva o scheda informativa
- Attestato di Prestazione Energetica (APE), redatto da tecnico abilitato. L'APE dovrà essere conservato dal cliente (non inviato all'ENEA).

Le varie schede vengono compilate direttamente online sul portale **ENEA - Ecobonus** (<https://ecobonus2019.enea.it/index.asp>).

La trasmissione della documentazione deve avvenire **per via telematica** entro 90 giorni dal termine dei lavori (quest'ultimo coincide con il collaudo).



## Con il «Decreto Rilancio»

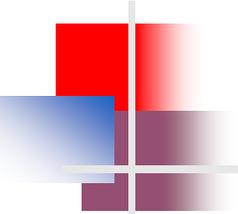
Con il **Decreto Rilancio 2020** la detrazione fiscale si applica nella misura del 110% per le spese sostenute dal 1° luglio 2020 al 31 dicembre 2021, da ripartire in cinque rate annuali, nei seguenti casi:

- a) Isolamento termico delle superfici opache verticali, orizzontali e inclinate, con incidenza superiore al 25% della superficie disperdente lorda (dell'edificio o dell'U.I. interessata);
- b) Sostituzione impianti termici esistenti con impianti centralizzati a condensazione o a pompa di calore, anche abbinati a collettori solari termici
- c) Sostituzione impianti termici esistenti in edifici unifamiliari o singole U.I. con impianti a pompa di calore, anche abbinati a collettori solari termici

La detrazione fiscale si applica nella misura del 110% anche per:

- installazione di impianti solari fotovoltaici connessi alla rete elettrica
- gli altri interventi di efficientamento già incentivati dalla precedente normativa

ma solo a condizione che questi interventi siano eseguiti congiuntamente ai tre interventi sopra elencati, e che determinino un miglioramento di almeno due classi energetiche !!



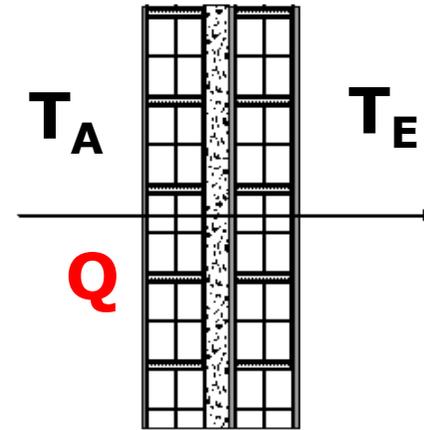
## Gli aspetti tecnici più rilevanti

---

- Quali isolanti e con quali spessori?
- Quali prestazioni per caldaie e pompe di calore?
- Come migliorare di 2 classi energetiche?
- Cosa succede all'energia elettrica immessa in rete?

# La trasmittanza termica

La **trasmittanza termica** di un elemento edilizio rappresenta il flusso termico trasmesso attraverso di esso in presenza di una differenza unitaria di temperatura fra i due ambienti (si misura in  $W/m^2K$ )



La **trasmittanza U** è l'inverso della resistenza termica totale



$$U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \left( \frac{1}{h_{oi}} + \sum_{j=1}^n \frac{s_j}{\lambda_j} + \frac{1}{h_{oe}} \right)^{-1}$$

Nota la trasmittanza di una parete, si può valutare la **potenza termica trasmessa** :

$$Q = U \cdot A \cdot (T_A - T_E) \quad [W]$$

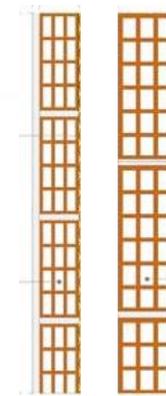
# Isolamento termico: requisiti tecnici

Valori massimi di trasmittanza termica per interventi su edifici esistenti riguardanti **strutture opache verticali, orizzontali o inclinate** e **chiusure apribili e assimilabili** che delimitano il volume riscaldato verso l'esterno o verso locali non riscaldati

Zona climatica	Strutture opache verticali	Strutture opache orizzontali o inclinate		Chiusure apribili e assimilabili (**)
		Coperture	Pavimenti (*)	
A	<b>0.38</b>	<b>0.27</b>	<b>0.40</b>	<b>2.60</b>
B	<b>0.38</b>	<b>0.27</b>	<b>0.40</b>	<b>2.60</b>
C	<b>0.30</b>	<b>0.27</b>	<b>0.30</b>	<b>1.75</b>
D	<b>0.26</b>	<b>0.22</b>	<b>0.28</b>	<b>1.67</b>
E	<b>0.23</b>	<b>0.20</b>	<b>0.25</b>	<b>1.30</b>
F	<b>0.22</b>	<b>0.19</b>	<b>0.23</b>	<b>1.00</b>

I serramenti sono comprensivi anche delle strutture accessorie che hanno effetto sulla dispersione di calore (scuri o persiane), o che risultino strutturalmente accorpate al manufatto (per esempio, cassonetti incorporati nel telaio dell'infisso)

## Esempio di calcolo: pareti (1/2)



### PARETE A CASSETTA:

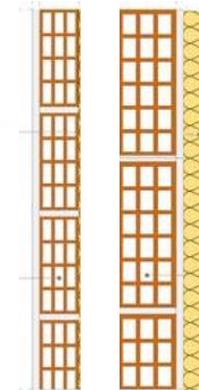
mattoni forati da 12 cm con camera d'aria da 5 cm (non isolata) e controparete in forati da 8 cm

	Fonte	s [m]	$\lambda$ [W/m K]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Strato liminare interno	UNI 6946	-		0,13
Intonaco di calce e gesso (interno)	UNI 10351	0,015	0,7	0,021
Forati 8/30 per controparete interna	UNI 10355	0,08	-	0,200
Intercapedine d'aria non ventilata	UNI 6946	0,05	-	0,180
Forati 12/30 di tamponamento	UNI 10355	0,12	-	0,240
Intonaco calce e cemento (esterno)	UNI 10351	0,02	0,9	0,022
Strato liminare esterno	UNI 6946	-	-	0,04

**Resistenza termica totale :**  $R_{\text{tot}} = 0,833$  (m<sup>2</sup>K/W)

**TRASMITTANZA :**  $U = 1,2$  (W/m<sup>2</sup>K)

## Esempio di calcolo: pareti (2/2)



### Intervento di COIBENTAZIONE:

Cappotto termico da 5 cm con polistirene espanso

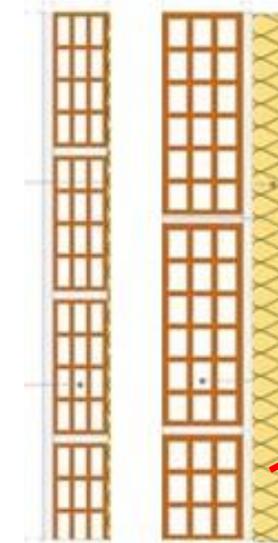
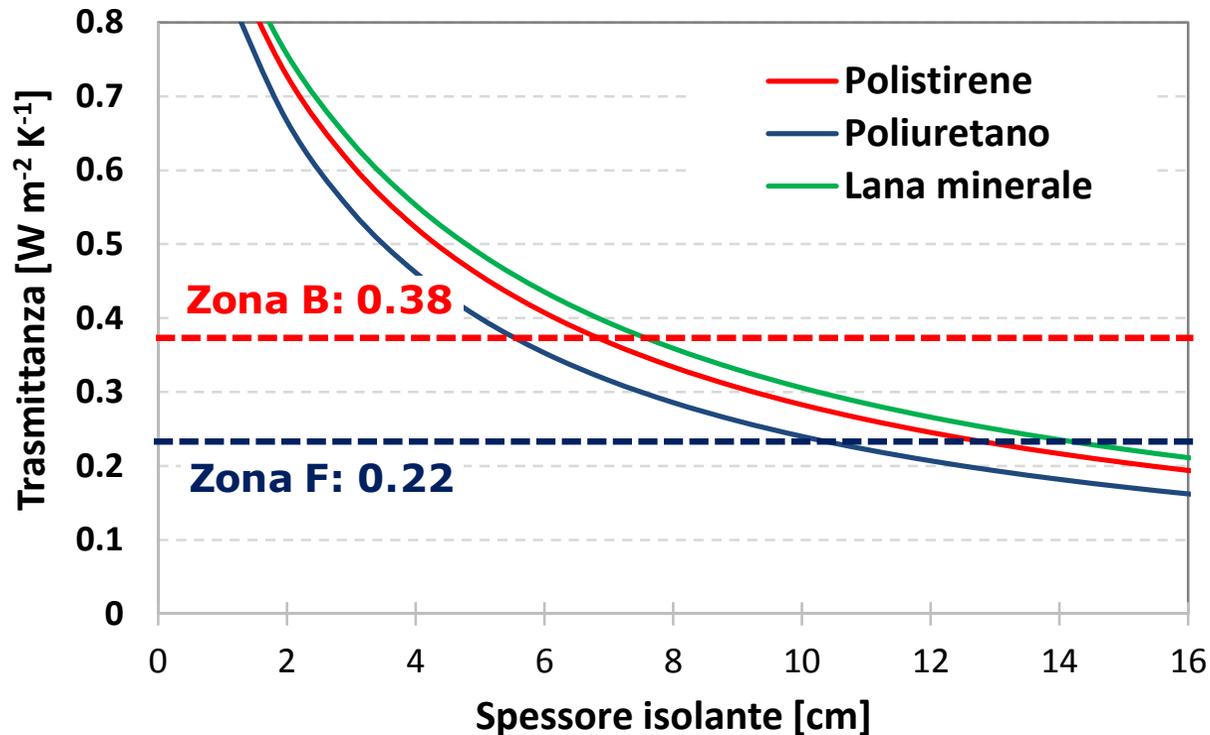
	Fonte	s [m]	$\lambda$ [W/m K]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Strato liminare interno	UNI 6946	-		0,13
Intonaco di calce e gesso (interno)	UNI 10351	0,015	0,7	0,021
Forati 8/30 per controparete interna	UNI 10355	0,08	-	0,200
Intercapedine d'aria non ventilata	UNI 6946	0,05	-	0,18
Forati 12/30 di tamponamento	UNI 10355	0,12	-	0,240
<b>Polistirene espanso</b>	<b>UNI 10351</b>	<b>0,05</b>	<b>0,038</b>	<b>1,31</b>
Intonaco calce e cemento (esterno)	UNI 10351	0,02	0,9	0,022
Strato liminare esterno	UNI 6946	-	-	0,04

**Resistenza termica totale :**  $R_{\text{tot}} = 2,14 \text{ (m}^2\text{K/W)}$

**TRASMITTANZA :**  $U = 0,47 \text{ (W/m}^2\text{K)}$

# Calcolo dello spessore di isolante

**Esempio:** per la parete mostrata a destra, determinare lo spessore minimo di isolante da adottare per ottenere gli incentivi (in zona B e in zona F)



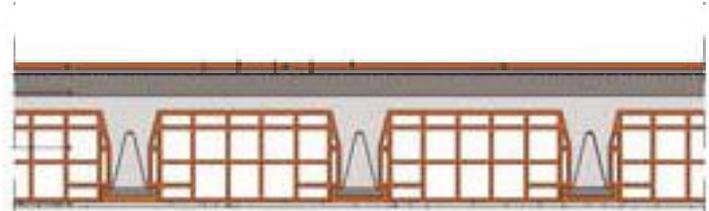
??

## TRASMITTANZA

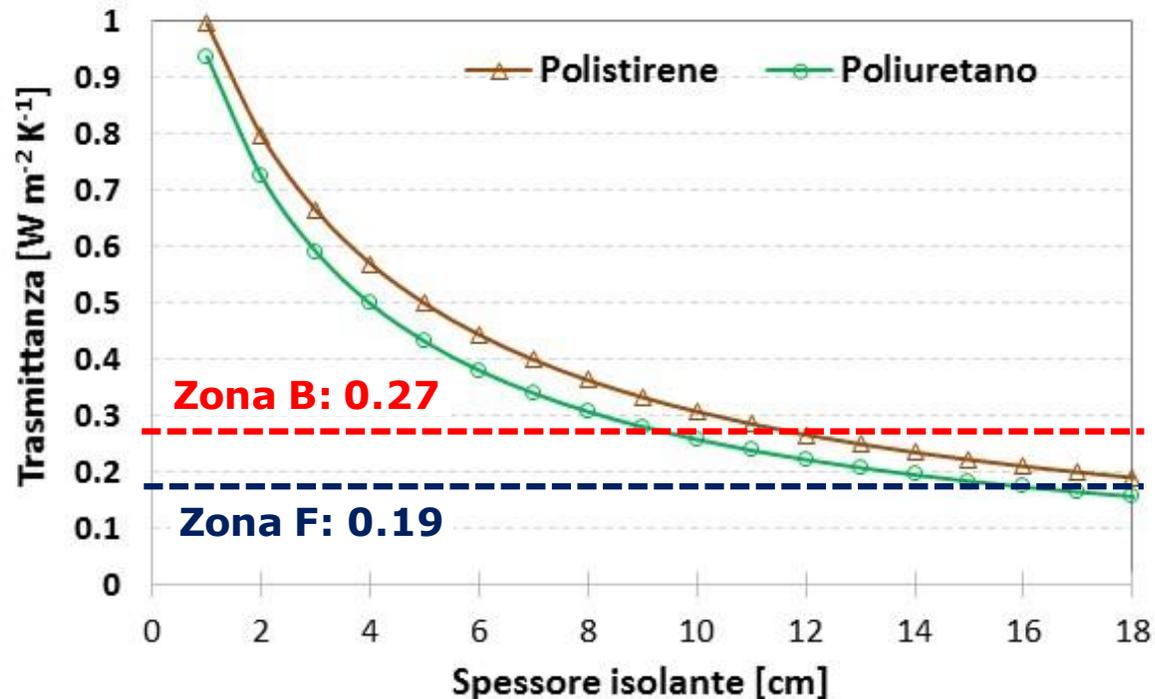
$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{oi}} + \sum_{j=1}^n \frac{s_j}{\lambda_j} + \frac{1}{h_{oe}}}$$

# Calcolo dello spessore di isolante - solaio

Copertura calpestabile con soletta in latero-cemento e con massetto in calcestruzzo alleggerito (800 kg/m<sup>3</sup>) – **NON ISOLATA**



**TRASMITTANZA:**  $U = 1,33 \text{ (W/m}^2\text{K)}$



Quale spessore di isolante utilizzare ???

# Conducibilità: valori certificati

## Lana di roccia



Conducibilità termica dichiarata alla temperatura media di 10° C secondo EN 12667 – EN 12939 (CE)

$$\lambda_D = 0,036 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

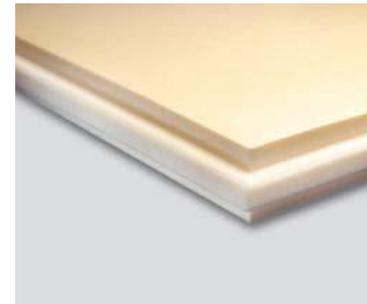
## Poliuretano



Conducibilità termica dichiarata alla temperatura media di 10° C secondo UNI 13165

$$\lambda_D = 0,026 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

## Polistirene XPS



Conducibilità termica dichiarata alla temperatura media di 10° C secondo EN 12667

$$\lambda_D = 0,034 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

# Valori di conducibilità termica

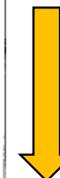
Bisogna distinguere la conducibilità misurata in laboratorio ( $\lambda_m$  o anche  $\lambda_D$  nelle schede tecniche dei materiali) dalla conducibilità in opera ( $\lambda$ ), maggiorata per tenere conto di posa in opera, invecchiamento ed eventuale presenza di umidità.

Materiale	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\delta_a \cdot 10^{12}$ (kg/msPa)	$\delta_u \cdot 10^{12}$ (kg/msPa)	$\lambda_m$ (W/mK)	$m$ %	$\lambda$ (W/mK)		
<b>Materie plastiche cellulari</b>								
Le conduttività di riferimento sono valide per materiali prodotti da non meno di 100 d (giorni). Per temperature medie comprese tra 270 e 320 K la conduttività delle materie plastiche cellulari aumenta da 0,4 a 0,5% / K al crescere della temperatura media del materiale. Sul valore di $m$ le tolleranze di spessore riferite a lastre di 10 cm di spessore, incidono dall'1 al 3%; l'effetto dell'installazione per incollaggio accostamento, incastro o battentatura, ecc. incide dall'1 al 3%, per montaggi che impiegano staffe o altri sistemi che introducono ponti termici, maggiorare i dati di calcolo almeno del 5%. Per montaggi contro il terreno maggiorare i dati di calcolo dal 10 al 25% <sup>4)</sup> . Per i materiali leggeri le resistenze termiche specifiche non sono rigorosamente additive; ricalcolare la resistenza termica specifica totale di ciascun manufatto o di ciascun isolamento composto da più strati sovrapposti di resistenza termica specifica nota. Qualora sia fornita, per un determinato materiale, una correlazione tra la conduttività a 100 d dalla produzione e la conduttività ad un diverso numero di giorni dalla produzione, si possono ricalcolare i valori di $m$ .								
— cloruro di polivinile espanso rigido in lastre <sup>5)</sup>	30 40	} 0,5 a 1	1 a 2	0,032 0,035	20 20	0,039 0,041		
— polietilene <sup>5)</sup>	30			0,042	20	0,050		
— espanso estruso in continuo, non reticolato	50			0,050	20	0,060		
— espanso estruso in continuo, reticolato	33 50			0,040 0,048	20 20	0,048 0,058		
— polistirene (contenuto di umidità in pareti interne <sup>3)</sup> da 1 a 2%; per applicazioni contro il terreno <sup>4)</sup> sino al 20%; per i prodotti estrusi i valori di umidità indicati devono essere circa dimezzati. La conduttività aumenta da 0,1 a 0,5% per ogni % di umidità)	15	3,6 a 9	3,6 a 9	0,041	10	0,045		
— espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi (conforme a UNI 7891, le masse volumiche sono quelle nominali indicate nella norma; conduttività di riferimento ricalcolate a 293 K e per 10 cm di spessore)	20 25 30	} 2,5 a 6	2,5 a 6	0,037 0,036 0,036	10 10 10	0,041 0,040 0,040		
— espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi	10 15 20 25 30			1,8 a 4,5 3,6 a 9 2,5 a 6 1,8 a 4,5	1,8 a 4,5 3,6 a 9 2,5 a 6 1,8 a 4,5	0,051 0,043 0,040 0,039 0,038	10 10 10 10 10	0,059 0,047 0,044 0,042 0,042

Maggiorazione percentuale

Valore di laboratorio

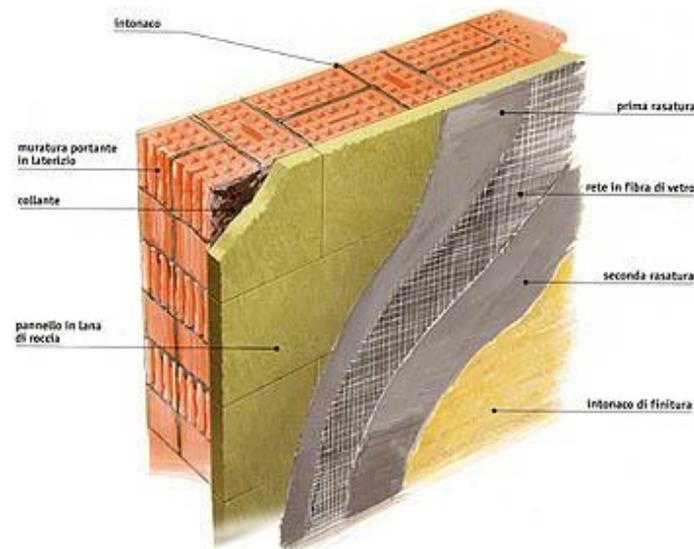
Valore in opera



# Isolamento a CAPPOTTO (ETICS)

**Vantaggi** dell'isolamento a cappotto (soprattutto **EPS** e **lana minerale**):

- Continuità dell'isolamento, con eliminazione dei ponti termici
- Riduce il rischio di formazione di condensa nelle pareti
- Migliora il potere fonoisolante delle pareti ([lana minerale](#))
- Migliora l'inerzia termica dell'edificio
- Protegge le strutture dagli sbalzi termici e dagli agenti atmosferici



# Isolamento in intercapedine

Le intercapedini possono essere isolate tramite **insufflaggio di isolante**



**Poliuretano**  
espanso in loco  
( $\lambda = 0.03 \text{ W/mK}$ )



**Perlite**  
( $\lambda = 0.055 \text{ W/mK}$ )



**Lana di vetro sfusa**  
( $\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$ )

**Non possono essere corretti i ponti termici di travi e pilastri !!**

# Isolare gli edifici storici ?!

L'isolamento di una parete dal **lato interno** :



- Aumenta il rischio di formazione di condensa
- Diminuisce la superficie calpestabile
- Surriscaldamento estivo (no inerzia termica)
- È più difficile eliminare i ponti termici



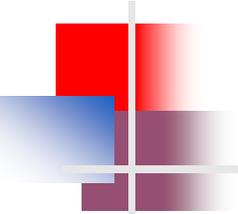
In tal senso, qualora sia necessario ricorrere all'isolamento interno, è conveniente applicare un **freno (barriera) al vapore** e utilizzare materiali isolanti più «massivi»

Pannelli a base di **idrati di silicati di calcio** o di **calcestruzzo cellulare** (tipo YTONG)

Spessore: da 50 a 200 mm  
Conducibilità: 0.045 W/(m·K)  
Densità: circa 110 kg/m<sup>3</sup>



Utilizzati per isolamento dal lato interno (traspiranti)



# Gli isolanti e i CAM

## **Art. 119, comma 1.a**

I materiali isolanti utilizzati devono rispettare i Criteri Ambientali Minimi di cui al DM 11 ottobre 2017, pubblicato nella G.U. n.259 del 6 novembre 2017

## **DECRETO 11 ottobre 2017, art. 2.4.2.9**

Gli isolanti utilizzati devono rispettare i seguenti criteri:

- non devono contenere ritardanti di fiamma che siano oggetto di restrizioni o proibizioni previste da normative nazionali o comunitarie;
- non devono contenere agenti espandenti con un potenziale di riduzione dell'ozono superiore a zero;
- non devono contenere catalizzatori al piombo;
- se prodotti da una resina di polistirene espandibile gli agenti espandenti devono essere inferiori al 6% del peso del prodotto finito;
- se costituiti da lane minerali, queste devono essere conformi alla nota Q o alla nota R di cui al regolamento (CE) n. 1272/2008 (CLP) e s.m.i. (29)

# Gli isolanti e i CAM

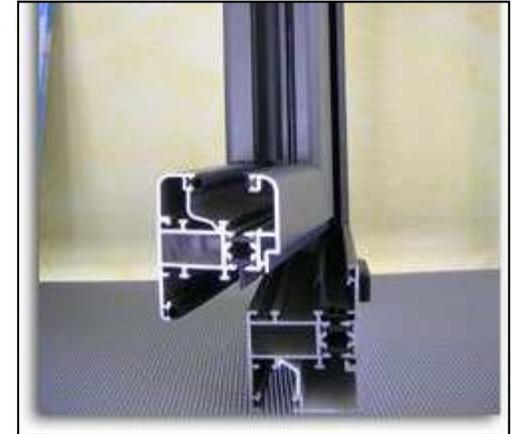
## **DECRETO 11 ottobre 2017, art. 2.4.2.9 (segue)**

Se il prodotto finito contiene uno o più dei componenti elencati nella seguente tabella, questi devono essere costituiti da **materiale riciclato e/o recuperato** secondo le **quantità minime indicate**, misurato sul peso del prodotto finito.

	<b>Pannelli</b>	<b>Stipato o insufflato</b>	<b>Materassini</b>
Cellulosa	-	80%	-
Lana di vetro	60%	60%	60%
Lana di roccia	15%	15%	15%
Perlite espansa	30%	40%	8÷10%
Fibre in poliestere	60÷80%	-	-
Polistirene espanso	10÷60%	10÷60%	-
Polistirene estruso	5÷45%	-	-
Poliuretano espanso	1÷10%	1÷10%	-
Agglomerati di poliuretano	70%	70%	70%
Agglomerati di gomma	60%	60%	60%
Isolante riflettente in alluminio	-	-	15%

# La scelta dei serramenti

## TELAIO in Alluminio a taglio termico

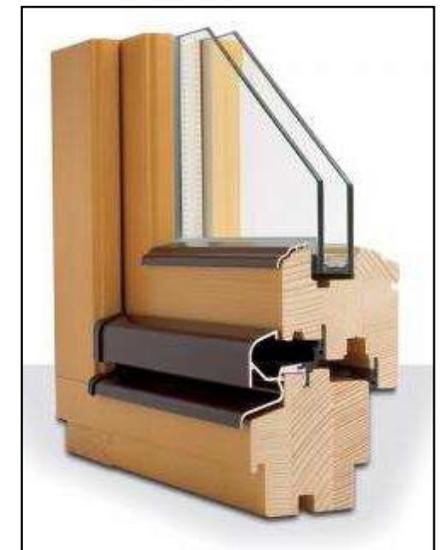


I telai in PVC hanno ottime prestazioni

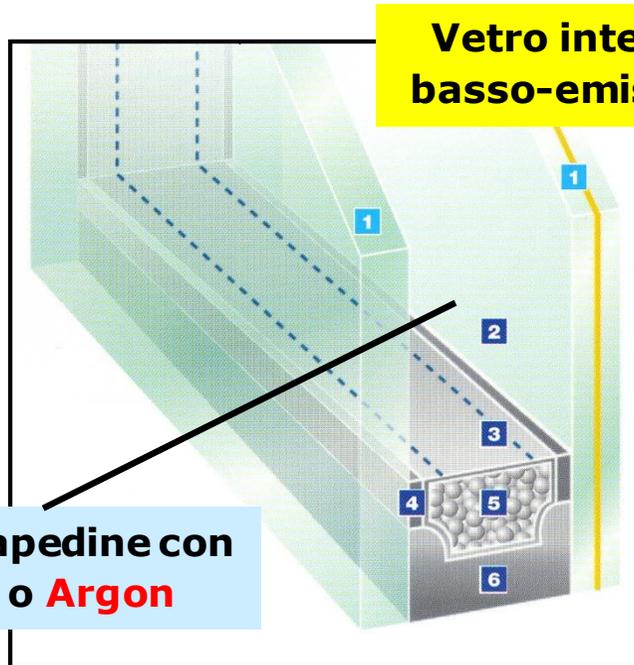
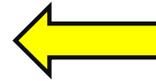
## TELAIO IN PVC



## TELAIO IN LEGNO



Vetro interno basso-emissivo



Intercapedine con  
**Aria o Argon**

**Trasmittanza vetrata:**  $U = 1.1 - 1.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

**Trasmittanza telaio:**  $U = 2 - 2.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

**NB:** alle nostre latitudini (zona B e C)  
è sconsigliato adottare **tripli vetri**  
( $U = 0.8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ )!!

# Impianti di climatizzazione invernale: requisiti

## Rispetto di requisiti (asseverato da tecnico abilitato)

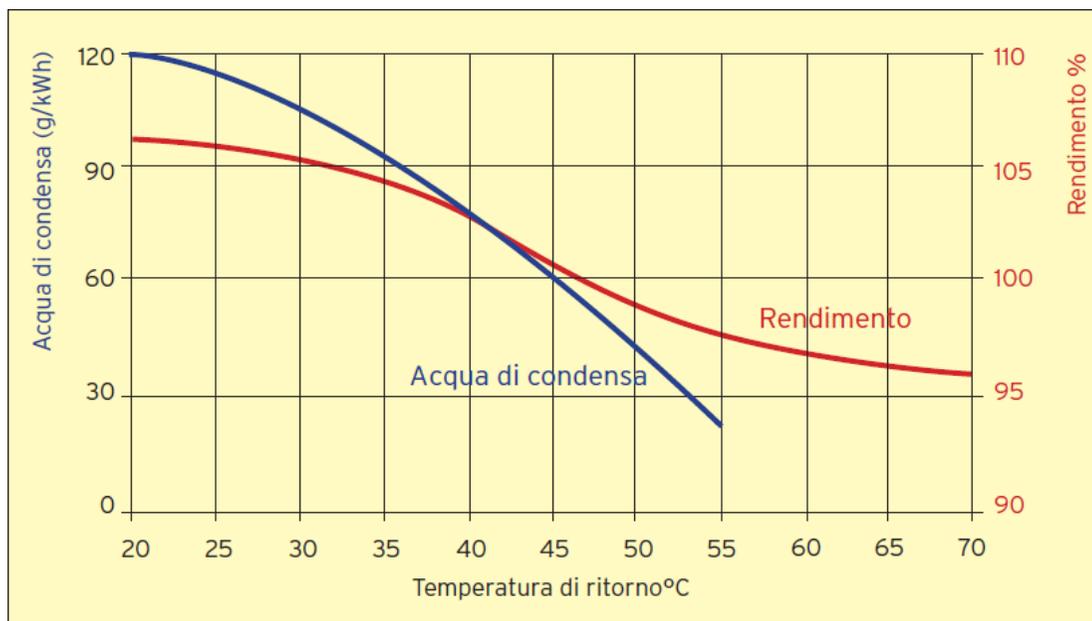
1. I generatori di calore a **condensazione** devono avere **efficienza media stagionale almeno del 90%** (Classe A di prodotto)
2. Ove tecnicamente compatibili, presenza di **valvole termostatiche** a bassa inerzia termica **su tutti i corpi scaldanti** (ma solo se la temperatura del fluido termovettore è superiore ai 45°C)



Inoltre, solo se il generatore a condensazione ha potenza al focolare  $P_n \geq 100$  kW:

3. Contestuale verifica e messa a punto del **sistema di distribuzione**
4. Deve essere utilizzato un **bruciatore di tipo modulante**
5. Deve essere presente la **regolazione climatica** sul bruciatore
6. Deve essere installata una **pompa di tipo elettronico** a giri variabili.

# Caldaie a condensazione: osservazioni



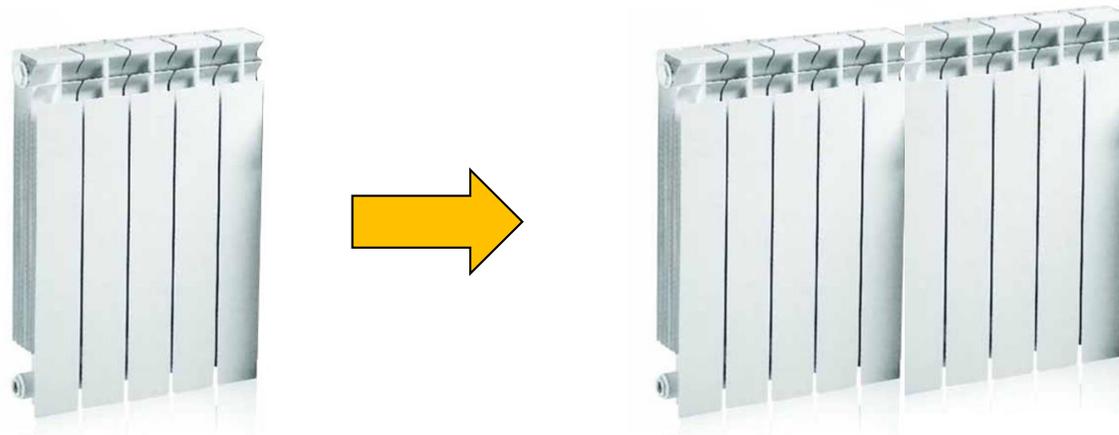
Una **caldaia a condensazione** permette di risparmiare il 15% di energia primaria rispetto ad una caldaia tradizionale (91% vs. 106% sul PCI) ...  
... ma bisogna utilizzarla per produrre acqua calda a **bassa temperatura** (temperatura di ritorno < 55°C), o non sarà possibile attivare la condensazione !!



# Caldaie a condensazione: osservazioni

In definitiva, se si installa una caldaia a condensazione in sostituzione di una vecchia caldaia standard a servizio di un impianto termico con radiatori:

- Se i radiatori continuano ad essere alimentati alla stessa temperatura originaria (tipicamente 75°C), la caldaia a condensazione lavorerà con rendimento inferiore alle attese !!!
- Se i radiatori vengono alimentati a temperatura inferiore (circa 60°C), la caldaia a condensazione lavorerà perfettamente, ma i radiatori emetteranno una minore potenza termica



**E' necessario aumentare il numero di elementi !!!**

# Caldaie a biomassa

Nel caso di **aree non metanizzate**, è ammesso l'utilizzo di caldaie a biomassa

## **Requisiti minimi:**

- ✓ garantire un **rendimento utile nominale** non inferiore a:  
( $P_n$  = potenza utile nominale)

$$\eta_{\min} = 87.5 + \log(P_n) \quad [\%]$$

- ✓ Certificazione di **conformità alla Classe 5** della UNI EN 303-5;
- ✓ Emissioni in atmosfera di **particolato e CO** non superiori ad opportuni limiti;
- ✓ Utilizzare **pellet di qualità** conforme alla UNI EN ISO 17225-2.

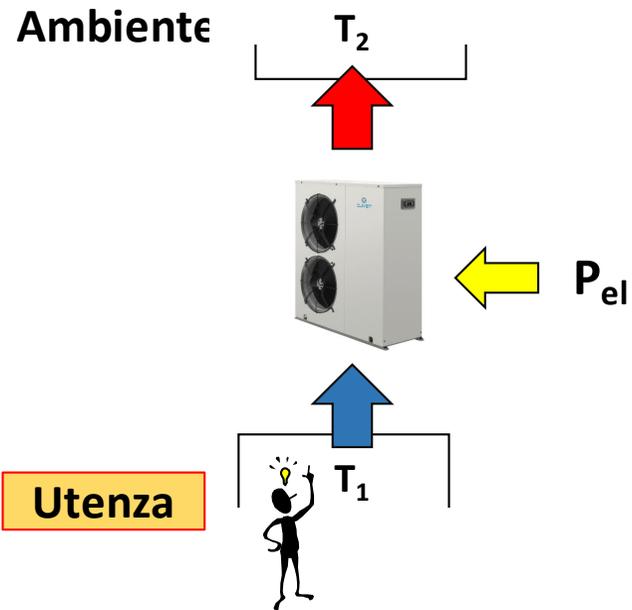
PELLET



Nota: per **stufe e termocamini a legna** è sufficiente un rendimento di almeno 85%

# Le pompe di calore

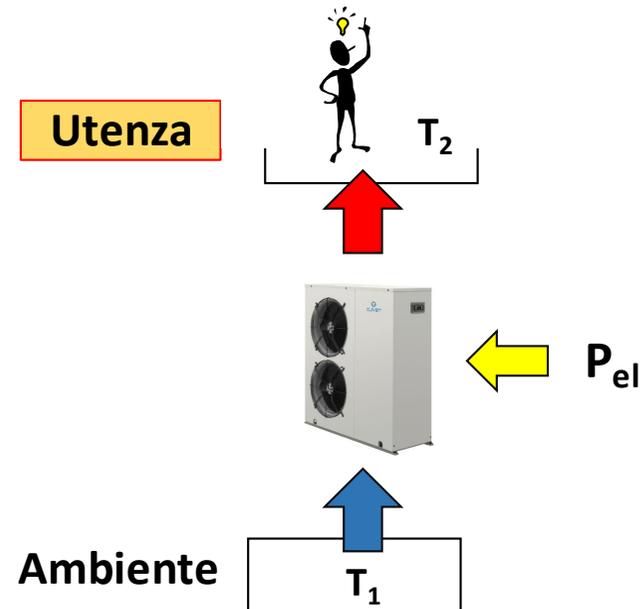
## Macchina frigorifera



$$EER = \frac{\text{Potenza frigorifera}}{\text{Potenza elettrica}} = \frac{Q_1}{P_{el}}$$

EER = Energy Efficiency Ratio

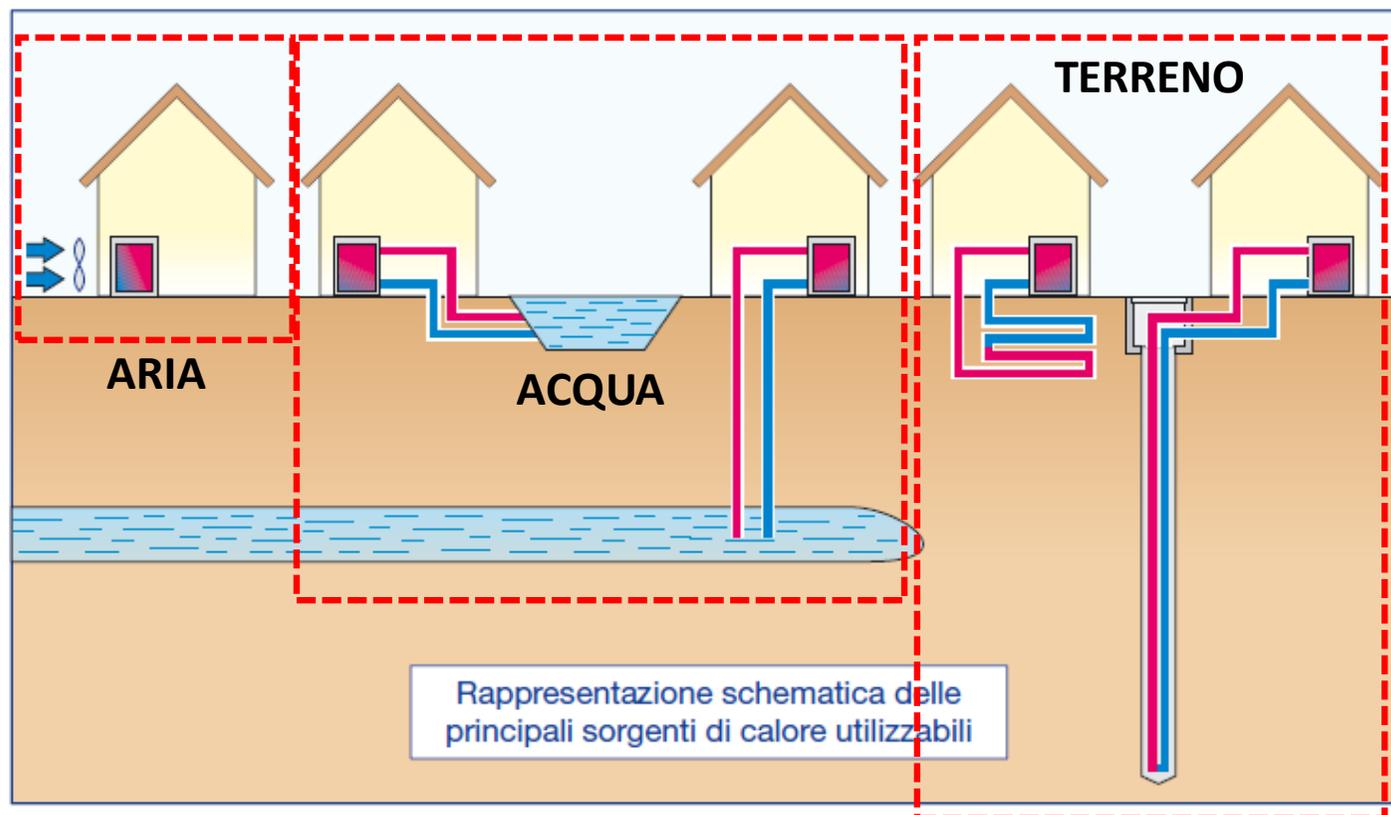
## Pompa di calore



$$COP = \frac{\text{Potenza termica}}{\text{Potenza elettrica}} = \frac{Q_2}{P_{el}}$$

COP = Coefficient Of Performance

# Le sorgenti termiche per le pompe di calore



- Le sorgenti termiche potenziali da cui estrarre calore all'evaporatore sono: **aria, acqua, terreno**.
- I fluidi utilizzati per il trasferimento del calore all'utenza sono: **aria e acqua**.
- Si parla allora di PdC "aria-aria", "aria-acqua", "acqua-aria", "acqua-acqua", "terreno-aria", "terreno-acqua" (il primo termine indica la sorgente fredda)

# Pompe di calore: valori minimi del COP

Tipo	Esterno	Interno	COP
Aria/aria	7°C	20°C	3.9
Aria/acqua (Q < 35 kW)	7°C	30-35°C	4.1
Aria/acqua (Q > 35 kW)	7°C	30-35°C	3.8
Salamoia/aria	0°C	20°C	4.3
Salamoia/acqua	0°C	30-35°C	4.3
Acqua/aria	10°C	20°C	4.7
Acqua/acqua	10°C	30-35°C	5.1

Per pompe di calore dotate di **inverter** i valori minimi di COP sono ridotti del 5%

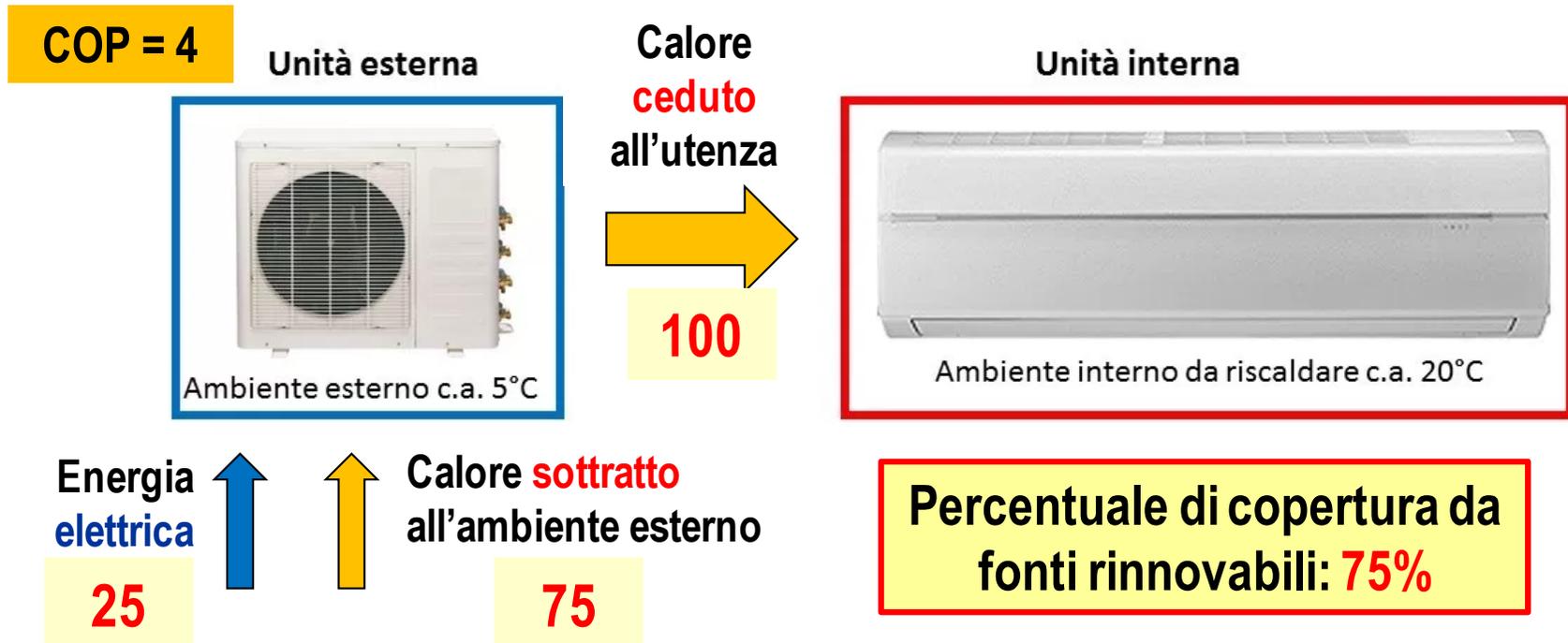
Valori del COP minimo per le pompe di calore elettriche

Valori di EER minimo in funzionamento estivo

Tipo	Esterno	Interno	EER
Aria/aria	35°C	27°C	3.4
Aria/acqua (Q < 35 kW)	35°C	23°C	3.8
Aria/acqua (Q > 35 kW)	35°C	23°C	3.5
Salamoia/aria	30°C	27°C	4.4
Salamoia/acqua	30°C	23°C	4.4
Acqua/aria	30°C	27°C	4.4
Acqua/acqua	30°C	23°C	5.1

# Pompe di calore ed energia rinnovabile

- ✓ Una pompa di calore sfrutta fonti di **energia rinnovabile**, ma solo nel suo funzionamento **in riscaldamento** (non durante il regime di raffrescamento !)
- ✓ Essa infatti attinge energia dall'ambiente, e la riversa all'utenza maggiorata dell'equivalente termico del lavoro speso. Il calore attinto dalla sorgente fredda (ambiente esterno) è **energia rinnovabile**



# Pompe di calore ed energia rinnovabile

In **funzionamento estivo**, la pompa di calore non contribuisce alla copertura dei fabbisogni tramite fonti di energia rinnovabile.

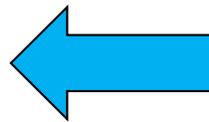
EER = 3

Unità esterna



Ambiente esterno a 35°C

Calore **SOTTRATTO**  
all'utenza



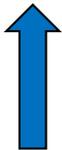
100

Unità interna



Ambiente interno da raffrescare a 26°C

Energia  
elettrica



33

Calore **CEDUTO**  
all'ambiente esterno



133

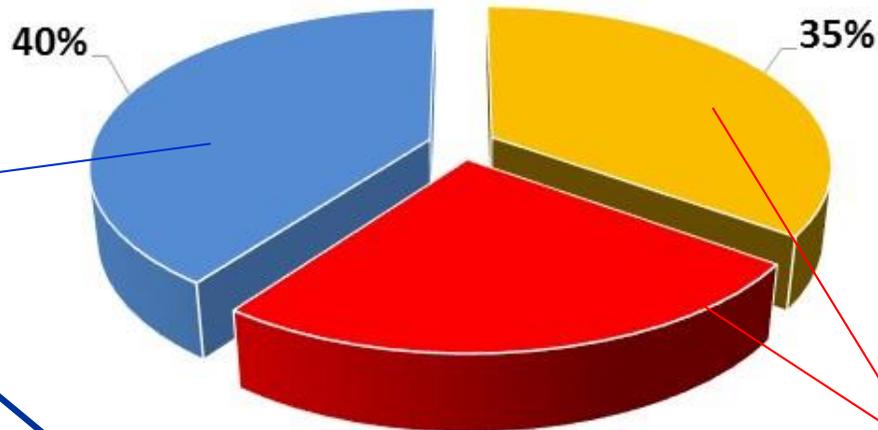
Percentuale di copertura da  
fonti rinnovabili: **0%**

# Pompe di calore ed energia rinnovabile

## Fabbisogni tipici di un edificio con buone prestazioni (Catania)

■ Acqua calda sanitaria ■ Riscaldamento ■ Raffrescamento

Frazione rinnovabile



Frazione rinnovabile

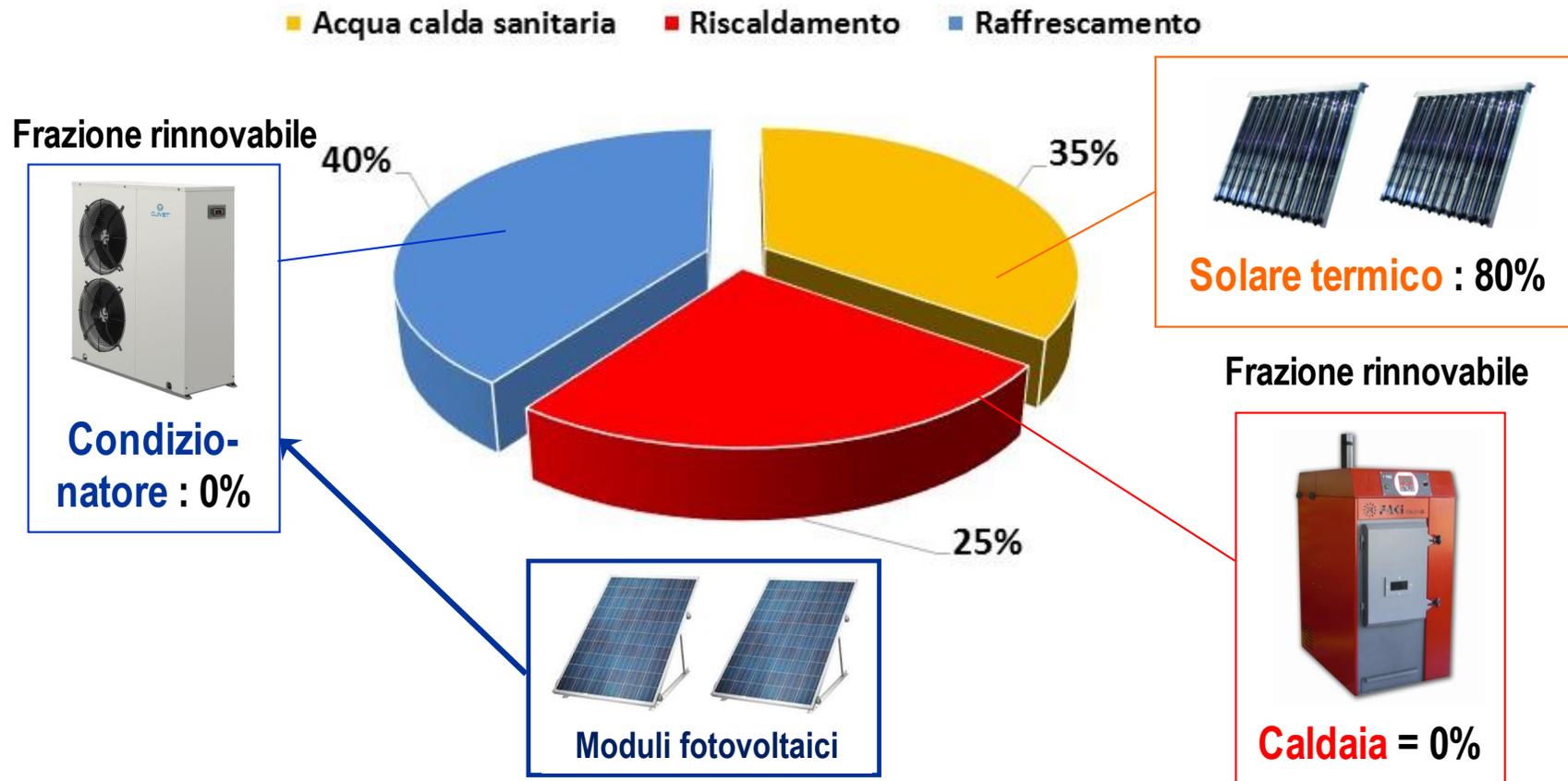


**Copertura rinnovabili (senza fotovoltaico):**  $(0,75 \times 0,35) + (0,75 \times 0,25) \approx 45\%$

**Copertura rinnovabili (CON fotovoltaico):**  $> 80\%$

# Pompe di calore ed energia rinnovabile

## Fabbisogni tipici di un edificio con buone prestazioni (Catania)



**Copertura rinnovabili (senza fotovoltaico):**  $(0,8 \times 0,35) \approx 28\%$

**Copertura rinnovabili (CON fotovoltaico):**  $> 50\%$

# Pompe di calore: temperature

Una pompa di calore non può produrre acqua calda a **temperatura superiore ai 50°C**, a meno di non farla lavorare con COP estremamente bassi !!



# Determinazione della classe energetica

Per valutare la **classe energetica** bisogna innanzitutto determinare il **consumo di Energia Primaria NON RINNOVABILE complessivo**, necessario cioè ad alimentare tutti i servizi energetici presenti, secondo un uso standard

$$EP_{gl,nren} = EP_H + EP_C + EP_W + EP_V + EP_L + EP_T$$

I singoli termini rappresentano:

- H** = climatizzazione invernale
- C** = climatizzazione estiva
- W** = produzione di Acqua Calda Sanitaria
- V** = ventilazione meccanica
- L** = illuminazione artificiale
- T** = trasporto di persone e cose  
(ascensori, montacarichi, scale mobili)

**Non vengono conteggiati  
in caso di **edifici residenziali****

**Unità di misura di EP:** [kWh/(m<sup>2</sup>·anno)]

(si fa riferimento alla **superficie utile di riferimento**, cioè alla superficie netta calpestabile)

# Determinazione della classe energetica

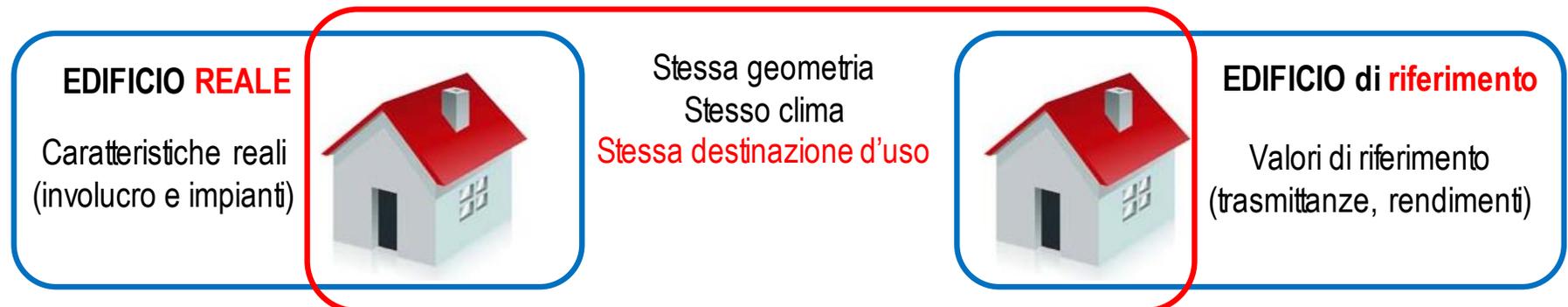
La **classe energetica** dell'edificio è quindi determinata sulla base del confronto tra l'**indice di prestazione** ( $EP_{gl,nren}$ ) ed il suo valore per l'edificio di riferimento

## **EDIFICIO DI RIFERIMENTO**

E' un edificio identico a quello reale in termini di geometria (sagoma, volumi, superficie calpestabile, superfici degli elementi costruttivi e dei componenti), orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno

**MA**

avente **caratteristiche termiche** e **parametri energetici predeterminati**



# Determinazione della classe energetica

	<b>Classe A4</b>	$\leq 0,40 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$
$0,40 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)} <$	<b>Classe A3</b>	$\leq 0,60 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$
$0,60 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)} <$	<b>Classe A2</b>	$\leq 0,80 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$
$0,80 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)} <$	<b>Classe A1</b>	$\leq 1,00 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$
$1,00 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)} <$	<b>Classe B</b>	$\leq 1,20 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$
$1,20 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)} <$	<b>Classe C</b>	$\leq 1,50 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$
$1,50 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)} <$	<b>Classe D</b>	$\leq 2,00 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$
$2,00 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)} <$	<b>Classe E</b>	$\leq 2,60 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$
$2,60 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)} <$	<b>Classe F</b>	$\leq 3,50 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$
	<b>Classe G</b>	$> 3,50 EP_{gl,nr,Lst(2019/21)}$

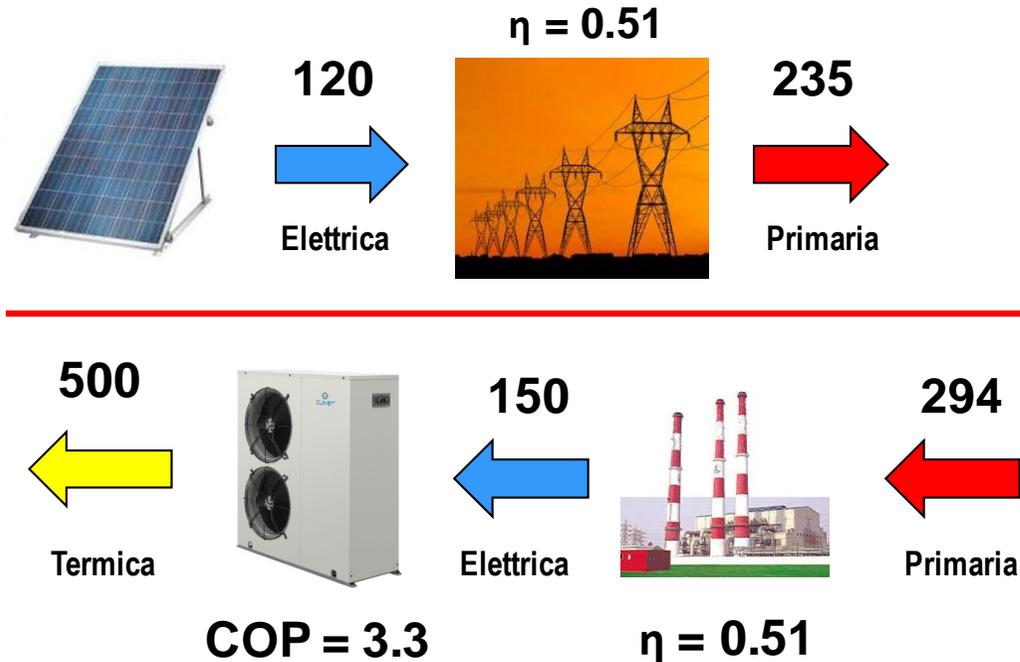
$EP_{gl,nr} < EP_{gl,nr,rif}$

**EDIFICIO di riferimento**

$EP_{gl,nr} > EP_{gl,nr,rif}$

E' fondamentale minimizzare il fabbisogno di energia primaria da fonte NON rinnovabile

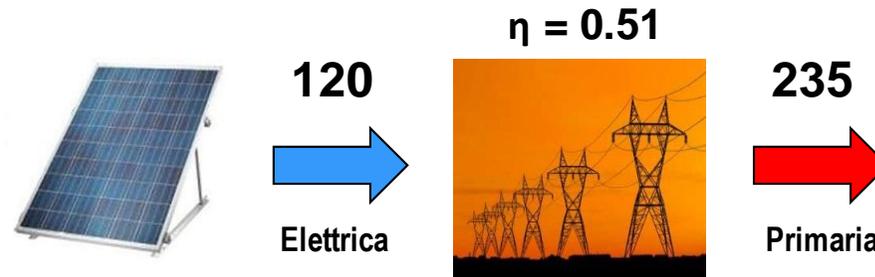
# Energia rinnovabile (e non) - Esempio 1



Il fabbisogno di **Energia Primaria NON rinnovabile** vale:  $EP_{H,nren} = 294 - 235 = 59 \text{ kWh}$

## Energia rinnovabile (e non) - Esempio 2

La compensazione è ammessa solo in relazione al **medesimo vettore energetico** e solo **su base mensile**.



In questo caso non si può compensare, perché si tratta di due **vettori energetici diversi**. Il fabbisogno di **Energia Primaria non rinnovabile** vale:  $EP_{H,ren} = 588 \text{ kWh}$

# Tecnologie e miglioramento atteso



## Caldaia a condensazione

$\Delta E.P. < 15\%$

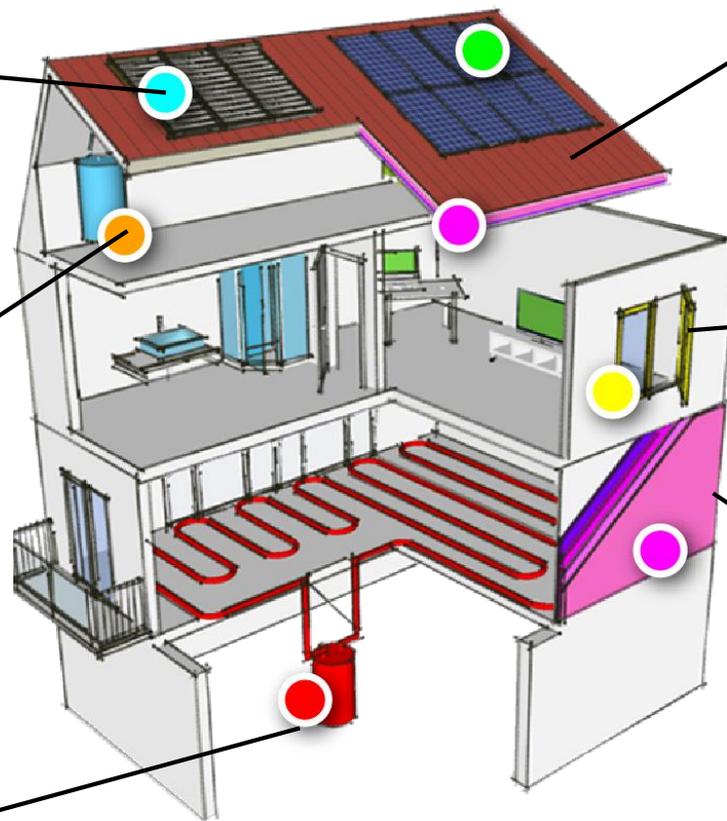
$\Delta_{classi} = 1$



## Pompa di calore

$\Delta E.P. < 60\%$

$\Delta_{classi} \geq 2$

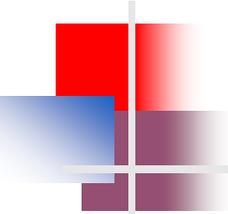


## Isolamento dell'involucro



Risparmio **Energia Primaria** < 25%

**Classi** guadagnate: 1 o 2



# Fotovoltaico: limiti di spesa e autoconsumo

## **Art. 119, comma 5**

Il limite di spesa per gli impianti solari fotovoltaici è 2400 € per ogni kW di potenza nominale. In caso di installazione contestuale ad una ristrutturazione edilizia, nuova costruzione e ristrutturazione urbanistica, il limite di spesa è ridotto a 1.600 euro per ogni kW di potenza nominale.

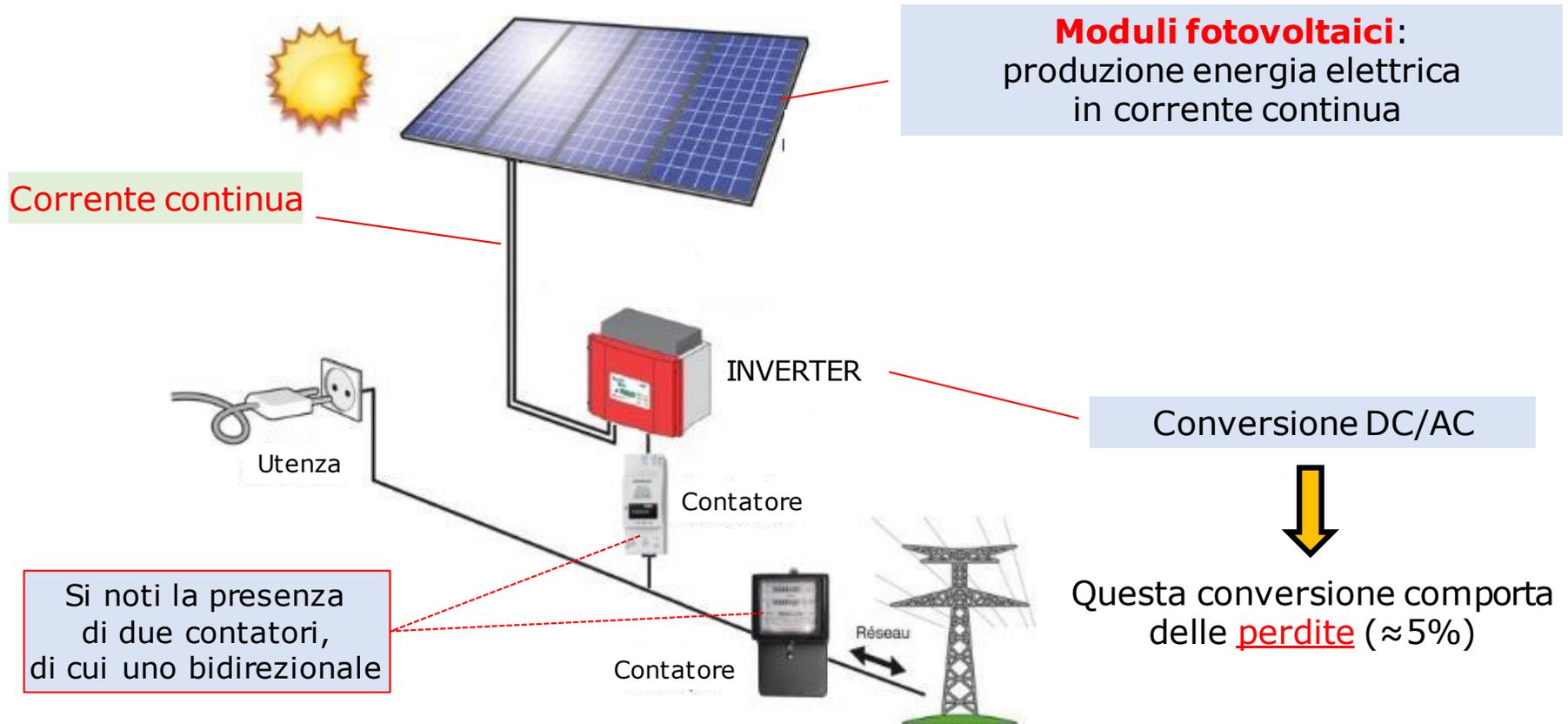
## **Art. 119, comma 6**

La detrazione di cui al comma 5 è riconosciuta anche per l'installazione contestuale o successiva di sistemi di accumulo integrati negli impianti solari fotovoltaici agevolati con le detrazioni di cui al comma 5 (limite di spesa: 1000 € per kWh di capacità di accumulo)

## **Art. 119, comma 7**

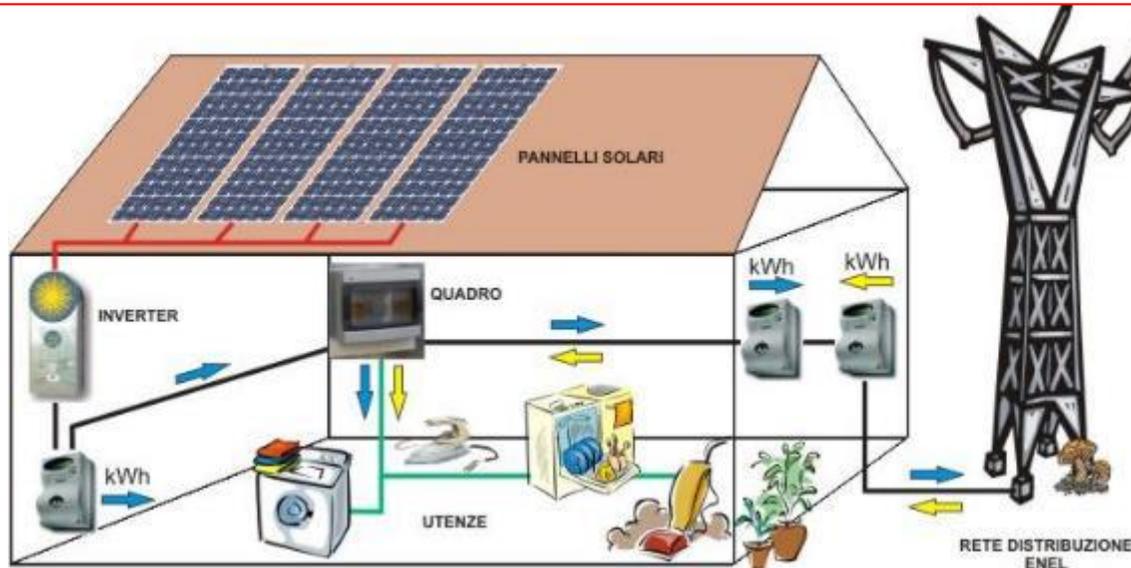
La detrazione di cui al comma 5 e comma 6 è subordinata alla cessione in favore del GSE dell'energia non auto-consumata in sito, e non è cumulabile con altri incentivi pubblici o altre forme di agevolazione di qualsiasi natura [...] compresi gli incentivi per lo scambio sul posto

# Fotovoltaico: schema di massima



# Il meccanismo dello scambio sul posto

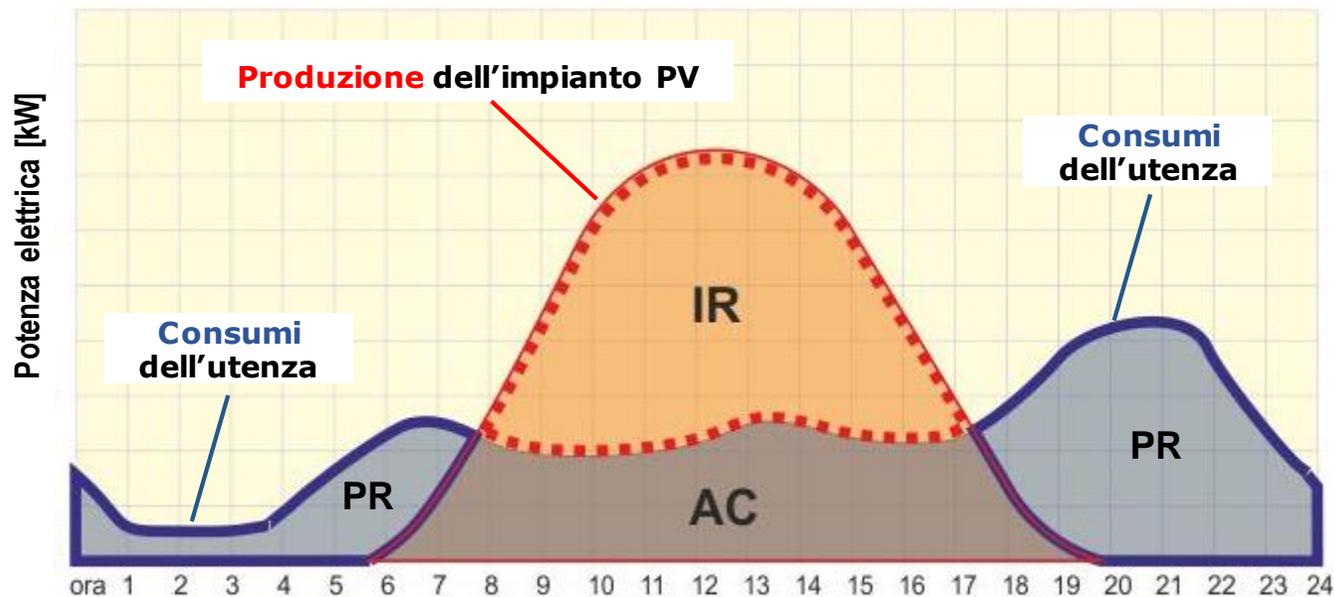
Lo scambio sul posto è una particolare modalità di **valorizzazione dell'energia elettrica**, che consente al produttore di immettere in rete l'energia elettrica prodotta ma non direttamente auto-consumata, per poi prelevarla in un momento differente da quello in cui avviene la produzione.



Fonte:  
[www.elettrosolis.it](http://www.elettrosolis.it)

1. Si deve misurare tutta l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico
2. Quando si ha **eccedenza di produzione** rispetto alla contemporanea richiesta dell'utenza, l'energia eccedente viene immessa in rete
3. Quando si ha una **produzione inferiore** rispetto alla contemporanea richiesta dell'utenza, l'energia mancante viene prelevata dalla rete

# Il meccanismo dello scambio sul posto



PR

Energia elettrica PRELEVATA dalla rete [kWh]

AC

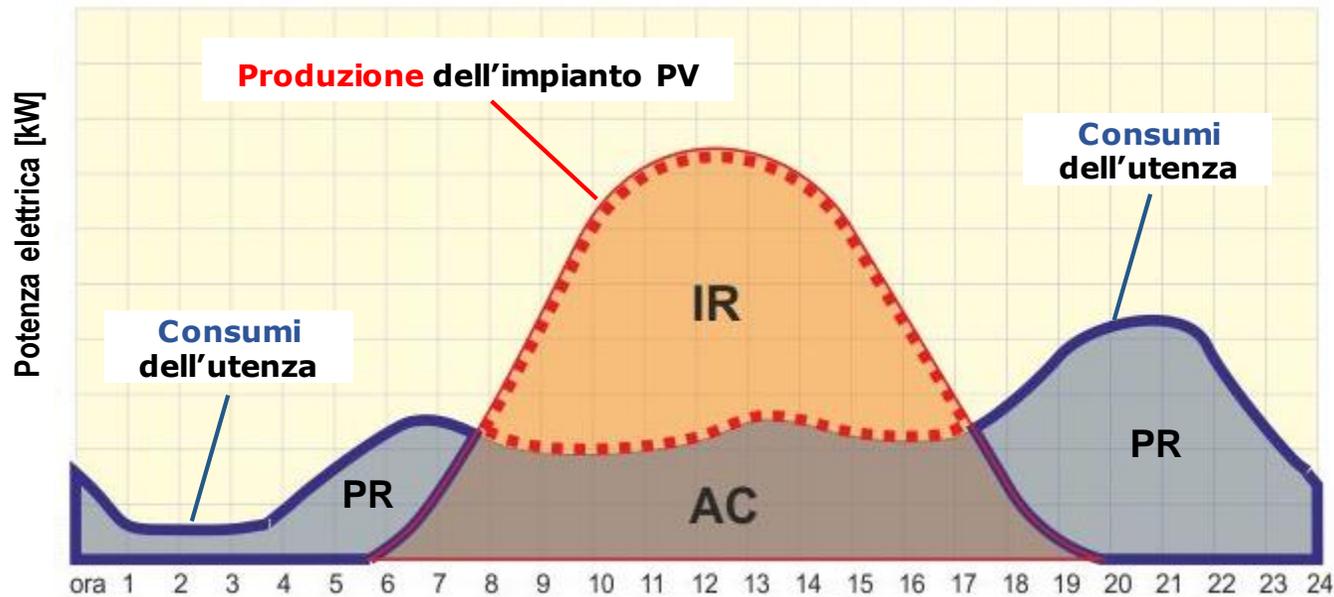
Energia elettrica AUTOCONSUMATA [kWh]

IR

Energia elettrica IMMESSA in RETE [kWh]

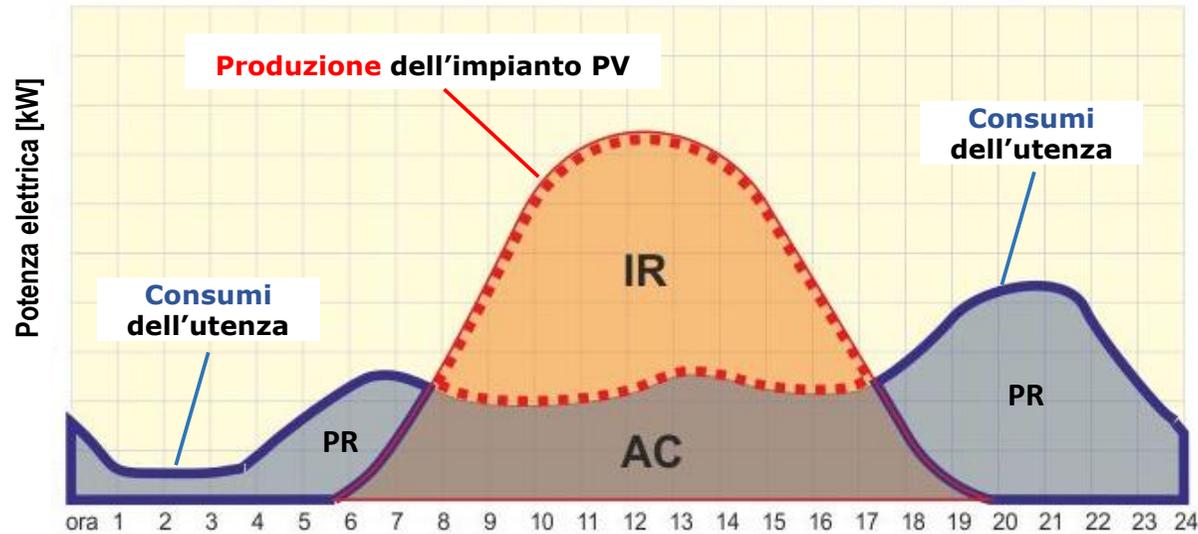
L'energia elettrica **PRELEVATA (PR)** viene pagata in bolletta (circa 0.25 €/kWh)!!!

# Scambio sul posto: aspetti economici



L'energia elettrica **AUTOCONSUMATA (AC)** costituisce già di per sé un ricavo, in quanto si evita di pagarla in bolletta

# Scambio sul posto: aspetti economici



Lo **scambio sul posto** introduce invece una sorta di «**rimborso parziale**» sull'energia elettrica prelevata e pagata in bolletta (prelievi PR), **in misura comunque non superiore all'energia immessa in rete** (IR).

Il contributo associato allo scambio sul posto dipende da vari parametri, e si aggiorna in base all'andamento del mercato dell'energia. Per effettuare calcoli di massima, si può considerare un rimborso nell'ordine di **0.15 €/kWh**:

$$CS = 0.15 \cdot \min(E_{IR}, E_{PR})$$

# Scambio sul posto: esempio 1

Consumi elettrici annuali ( $E_C$ ) = 3000 [kWh/anno]

Energia prodotta da PV ( $E_{PV}$ ) = 3500 [kWh/anno]

Energia auto-consumata ( $E_{AC}$ ) = 1000 [kWh/anno] **(28% di  $E_{PV}$ )**

Energia immessa in rete ( $E_{IR}$ ) =  $E_{PV} - E_{AC}$  = 2500 [kWh/anno]

Energia prelevata dalla rete ( $E_{PR}$ ) =  $E_C - E_{AC}$  = 2000 [kWh/anno]

Eccedenza =  $E_{IR} - E_{PR}$  = 500 [kWh/anno]

**Si rinuncia  
a questa quota!!**



(1) **Risparmio in bolletta** =  $0.25 \text{ [€/kWh]} \times E_{AC} = 250 \text{ [€/anno]}$

(2) **Contributo scambio sul posto**

$$CS = 0.15 \cdot \min(2500, 2000) = 300 \text{ [€/anno]}$$

(3) **Valore monetario delle eccedenze** (soggetto a tassazione):

$$CE = 0.08 \cdot (E_{IR} - E_{PR}) = 0.08 \cdot 500 = 40 \text{ [€/anno]}$$

**TOTALE = (1) + (2) + (3) = 250 + 300 + 40 = 590 [€/anno]**

# Conclusioni

## **Obiettivo Unione Europea:**

- ridurre del 30% i consumi di E.P. entro il 2030, rispetto ai livelli del 1990

## **Parco edilizio:**

- Tasso annuo di nuove costruzioni: circa 1.2%
- Circa l'85% degli edifici esistenti è antecedente al 1990.



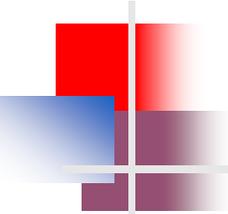
**Project acronym:** e-SAFE

**Project name:** Energy and Seismic Affordable Renovation Solution

**Project Coordinator:** **UNICT**

**EU Contribution:** € 3,996,778.50

**Duration:** 48 years (from 01/10/2020)



---

**GRAZIE DELL'ATTENZIONE !!**

