

# APPLICAZIONE DELLE NUOVE UNI/TS 11300 PER GLI EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE: ANALISI DI ALCUNI CASI STUDIO

Verifica dei requisiti minimi

**Alessandra Andreoli**

Agenzia Provinciale per le Risorse Idriche e l'Energia - Arch. Chiara Benedetti

Università degli Studi di Trento - Prof. Paolo Baggio

## Verifica del raggiungimento dei requisiti minimi previsti per gli edifici di nuova costruzione

L'aggiornamento della normativa provinciale ha mantenuto gli stessi standard di classe energetica, ma:

- Quanto incide nei risultati l'aggiornamento dei metodi di calcolo della normativa tecnica UNI/TS 11300?
- Cosa comporta il soddisfacimento dei requisiti richiesti dal d.lgs 3 marzo 2011, n.28?
- L'utilizzo delle pompe di calore è una soluzione ottimale nelle condizioni climatiche locali?

1. **Consumi di ventilazione (aggiornamento UNI/TS 11300-1:2014)**
2. **Prestazioni delle pompe di calore nelle condizioni climatiche locali (UNITS 11300-4)**
1. **Verifica dei requisiti minimi previsti dalla nuova disciplina provinciale ed applicazione del d.lgs. 28/2011 nel contesto trentino**
  - Edificio a destinazione residenziale (cat. E.1.1)
  - Edificio per uffici (cat. E.2)
  - Edificio scolastico (cat. E.7)

## Calcolo della portata di ventilazione - UNI/TS 11300-1:2008

### Ventilazione naturale

- residenziale: 0,3 vol/h
- altre destinazioni d'uso: UNI 10339:1995

### Ventilazione meccanica

$$q_{ve,m} = q_{ve,n} \cdot (1 - \eta_{ve})$$

con  $\eta_{ve}$  funzione della presenza del recuperatore e della contemporaneità di apertura delle bocchette d'aria

(spesso venivano inoltre trascurati i consumi elettrici dei ventilatori)

## Calcolo della portata di ventilazione - UNI/TS 11300-1:2014

Tipo di ventilazione		Caratteristiche dell'impianto di ventilazione		Utenza		
				Standard		Reale
				Ventilazione di riferimento <sup>a)</sup>	Ventilazione effettiva <sup>b)</sup>	
Climatizzazione invernale + Ventilazione naturale		Nessun impianto			Punto 12.3.1	
Ventilazione meccanica	Ventilazione meccanica o ibrida <sup>c)</sup>	Estrazione centralizzata a singolo condotto		Punto 12.2	Punto 12.3.2 (ventilazione meccanica) Punto 12.3.3 (ventilazione ibrida)	Punto 12.5
		Immissione centralizzata a singolo condotto				
		Immissione ed estrazione bilanciata a doppio condotto				
	Aria primaria in impianto di climatizzazione misto "aria/acqua"	Sola immissione				
Immissione ed estrazione						
	Ventilazione meccanica attraverso l'impianto di climatizzazione <sup>d)</sup>	Ventilazione attraverso l'impianto di climatizzazione a "tutta aria"			Punto 12.3.4	

## Calcolo della portata di ventilazione - UNI/TS 11300-1:2014

Tipo di ventilazione		Caratteristiche dell'impianto di ventilazione		Utenza		
				Standard		Reale
				Ventilazione di riferimento <sup>a)</sup>	Ventilazione effettiva <sup>b)</sup>	
Climatizzazione invernale + Ventilazione naturale		Nessun impianto		Punto 12.2	Punto 12.3.1	Punto 12.5
Ventilazione meccanica	Ventilazione meccanica o ibrida <sup>c)</sup>	Estrazione centralizzata a singolo condotto			Punto 12.3.2 (ventilazione meccanica) Punto 12.3.3 (ventilazione ibrida)	
		Immissione centralizzata a singolo condotto				
		Immissione ed estrazione bilanciata a doppio condotto				
	Ventilazione meccanica attraverso l'impianto di climatizzazione <sup>d)</sup>	Aria primaria in impianto di climatizzazione misto "aria/acqua"	Sola immissione		Punto 12.3.4	
Immissione ed estrazione						
		Ventilazione attraverso l'impianto di climatizzazione a "tutta aria"				

**Ventilazione di riferimento:** per il calcolo delle prestazioni termiche del fabbricato (= solo involucro)  
Coincide con la ventilazione naturale

## Calcolo della portata di ventilazione - UNI/TS 11300-1:2014

Tipo di ventilazione		Caratteristiche dell'impianto di ventilazione		Utenza		
				Standard		Reale
				Ventilazione di riferimento <sup>a)</sup>	Ventilazione effettiva <sup>d)</sup>	
Climatizzazione invernale + Ventilazione naturale		Nessun impianto		Punto 12.2	Punto 12.3.1	Punto 12.5
Ventilazione meccanica	Ventilazione meccanica o ibrida <sup>c)</sup>	Estrazione centralizzata a singolo condotto			Punto 12.3.2	
		Immissione centralizzata a singolo condotto			Punto 12.3.2 (ventilazione meccanica)	
		Immissione ed estrazione bilanciata a doppio condotto			Punto 12.3.3 (ventilazione ibrida)	
	Ventilazione meccanica attraverso l'impianto di climatizzazione <sup>d)</sup>	Aria primaria in impianto di climatizzazione misto "aria/acqua"	Sola immissione		Punto 12.3.4	
			Immissione ed estrazione			
Ventilazione attraverso l'impianto di climatizzazione a "tutta aria"						

**Ventilazione effettiva** per il calcolo delle prestazioni energetiche dell'edificio (=involucro+impianti)  
Dipende dal tipo di impianto di ventilazione e dal suo utilizzo

## Calcolo della portata di ventilazione - UNI/TS 11300-1:2014

Tipo di ventilazione		Caratteristiche dell'impianto di ventilazione		Utenza			
				Standard		Reale	
				Ventilazione di riferimento <sup>a)</sup>	Ventilazione effettiva <sup>b)</sup>		
Climatizzazione invernale		Nessun impianto		Punto 12.2	Punto 12.3.1	Punto 12.5	
Ventilazione naturale					Punto 12.3.2 (ventilazione meccanica) Punto 12.3.3 (ventilazione ibrida)		
Ventilazione meccanica	Ventilazione meccanica o ibrida <sup>c)</sup>			Estrazione centralizzata a singolo condotto	Punto 12.2		Punto 12.5
				Immissione centralizzata a singolo condotto			
Ventilazione meccanica	Ventilazione meccanica	Immissione ed estrazione bilanciata a doppio condotto	Punto 12.2	Punto 12.5			
		Aria primaria in impianto di climatizzazione misto "aria/acqua"			Sola immissione		
					Immissione ed		

**Ventilazione naturale**  $q_{ve,n} = q_{ve,0} \cdot f_{ve,t}$

$q_{ve,0}$  portata di ventilazione minima di progetto (a partire dalla portata di progetto UNI 10339:1995)

I fattori di correzione  $f_{ve}$  riportati in Appendice E tengono conto dell'effettivo profilo di utilizzo

## Calcolo della portata di ventilazione - UNI/TS 11300-1:2014

Tipo di ventilazione	Caratteristiche dell'impianto di ventilazione	Utenza		
		Standard		Reale
		Ventilazione di riferimento <sup>a)</sup>	Ventilazione effettiva <sup>d)</sup>	
Climatizzazione invernale + Ventilazione naturale	Nessun impianto		Punto 12.3.1	
Ventilazione meccanica o ibrida <sup>c)</sup>	Estrazione centralizzata a singolo condotto		Punto 12.3.2 (ventilazione meccanica)	
	Immissione centralizzata a singolo condotto		Punto 12.3.3	

**Ventilazione meccanica**  $q_{ve,m} = (\overline{q'_{ve,x}}) \cdot (1 - \beta_k) + (q_{ve,f} \cdot b_{ve} \cdot FC_{ve} + \overline{q_{ve,x}}) \cdot \beta_k$

I numerosi parametri tengono conto di:

- frazione dell'intervallo temporale di calcolo con ventilazione meccanica ( $\beta_k$ )
- effetti delle infiltrazioni nel periodo di non funzionamento ( $\overline{q'_{ve,x}}$ )
- differenza di temperatura del flusso ( $b_{ve}$ )
- efficienza della regolazione dell'impianto ( $FC_{ve}$ )
- ventilazione naturale termica e trasversale ( $\overline{q_{ve,x}}$ )

## Calcolo della portata di ventilazione - UNI/TS 11300-1:2014

Tipo di ventilazione		Caratteristiche dell'impianto di ventilazione		Utenza		
				Standard		Reale
				Ventilazione di riferimento <sup>a)</sup>	Ventilazione effettiva <sup>d)</sup>	
Climatizzazione invernale + Ventilazione naturale		Nessun impianto			Punto 12.3.1	Punto 12.5
Ventilazione meccanica	Ventilazione meccanica o ibrida <sup>c)</sup>	Estrazione centralizzata a singolo condotto		Punto 12.2	Punto 12.3.2 (ventilazione meccanica)	
		Immissione centralizzata a singolo condotto			Punto 12.3.3 (ventilazione ibrida)	
		Immissione ed estrazione bilanciata a doppio condotto				
	Ventilazione meccanica attraverso l'impianto di climatizzazione <sup>d)</sup>	Aria primaria in impianto di climatizzazione misto "aria/acqua"	Sola immissione		Punto 12.3.4	
			Immissione ed estrazione			
Ventilazione attraverso l'impianto di climatizzazione a "tutta aria"						

### Ventilazione ibrida

Impiego alternato di ventilazione meccanica e naturale

## Calcolo della portata di ventilazione – ESEMPI DI CALCOLO

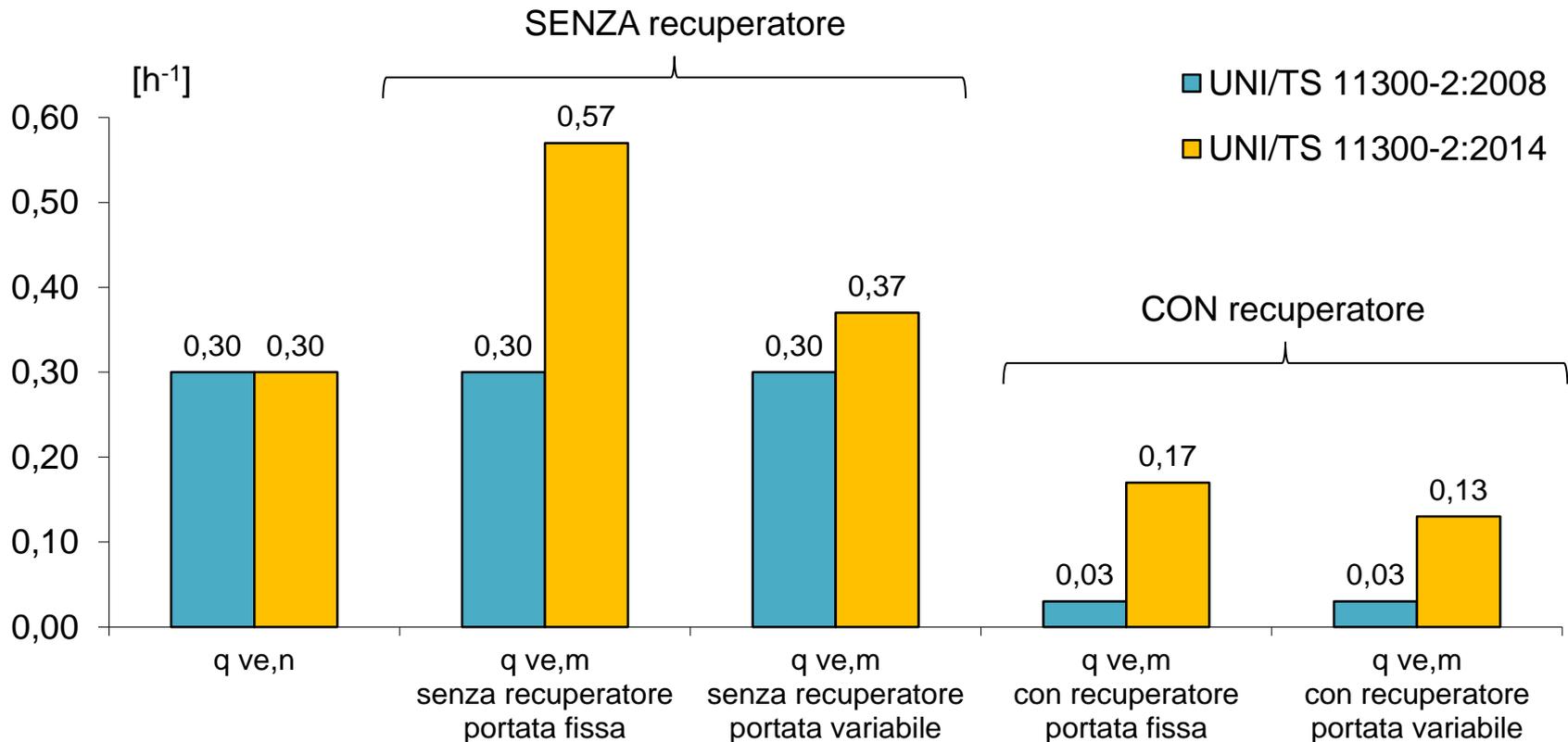
Confronto tra i risultati ottenuti utilizzando:

- UNI/TS 11300-1:2008 (portata specifica UNI 10339:1995)
- UNI/TS 11300-1:2014 (portata specifica UNI 10339:1995)

Esempi di calcolo restringendo l'analisi ai seguenti parametri:

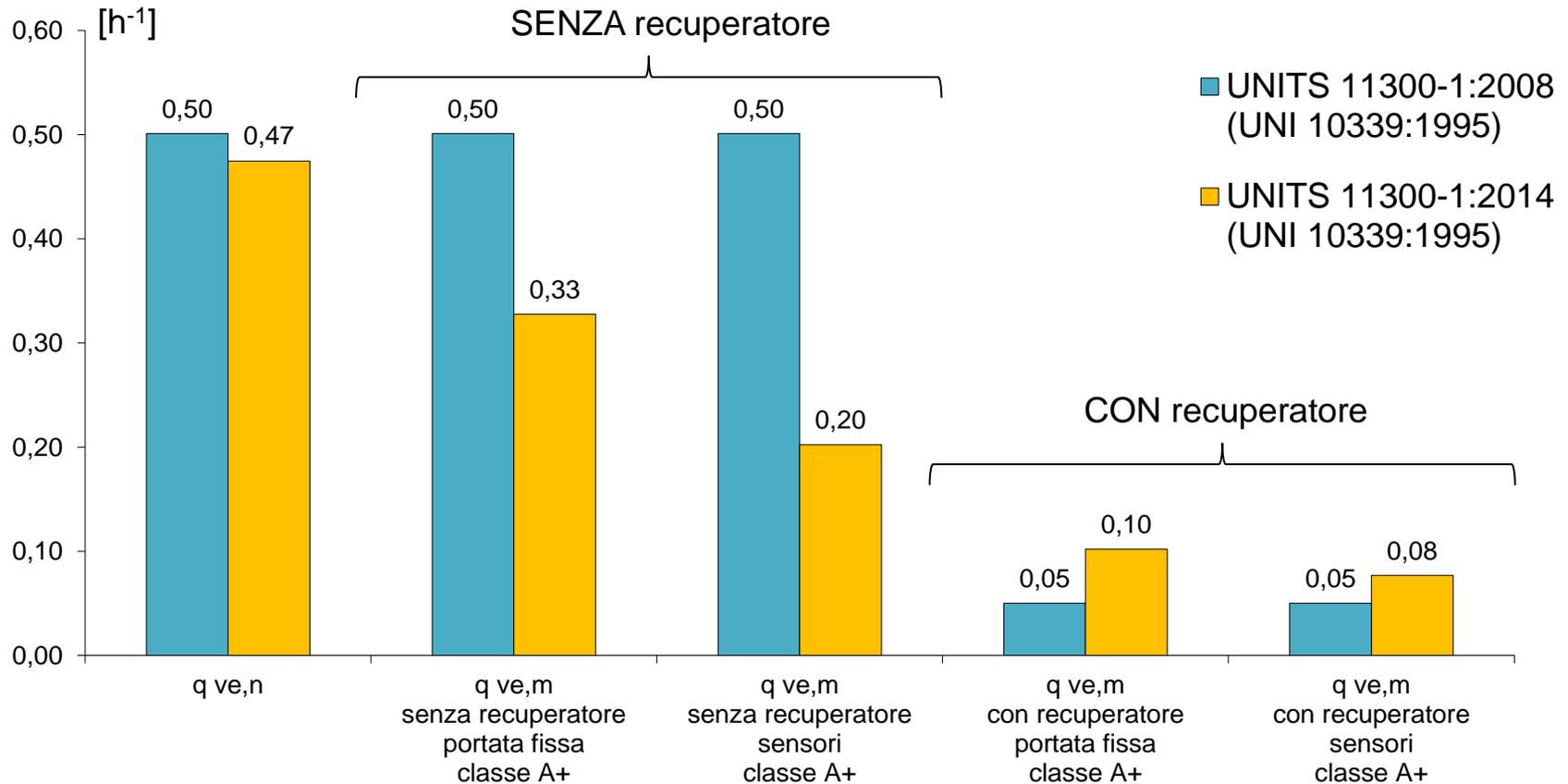
- 3 categorie di destinazione d'uso: residenziale (cat. E.1.1), edificio per uffici (cat. E.2), edificio scolastico (cat. E.7);
- edifici di nuova costruzione ricadenti in classe A+;
- la ventilazione meccanica si ipotizza a doppio flusso;
- calcolo rispetto al periodo invernale;
- si considerano entrambi i casi di presenza e assenza del recuperatore;
- si considerano entrambi i casi di portata fissa e portata variabile.

## Calcolo della portata di ventilazione – Categoria E.1 - Residenziale



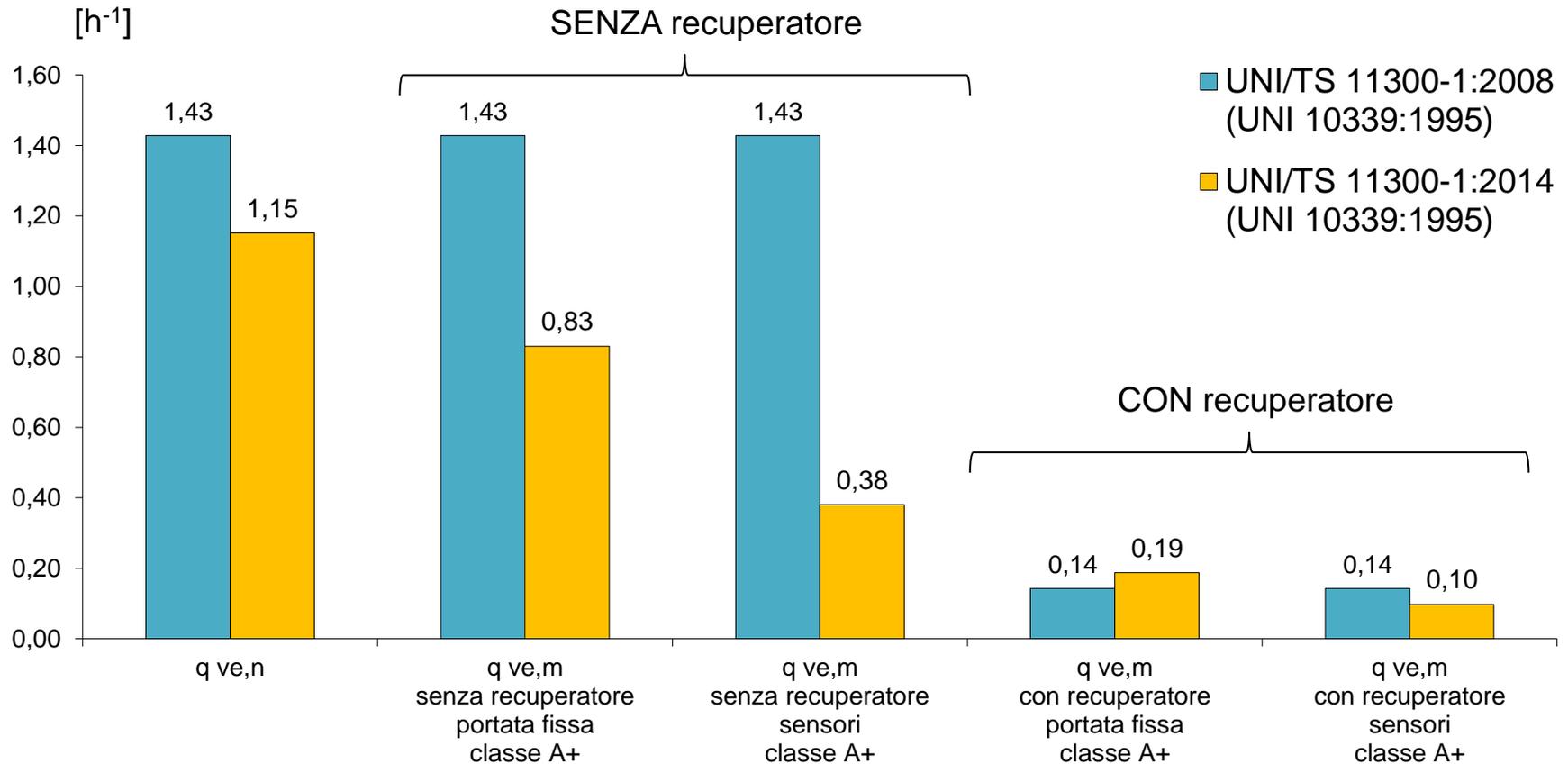
*Portata specifica di ventilazione effettiva per la categoria residenziale, edificio in posizione periferica. Confronto tra le diverse normative.*

## Calcolo della portata di ventilazione – Categoria E.2 - Uffici



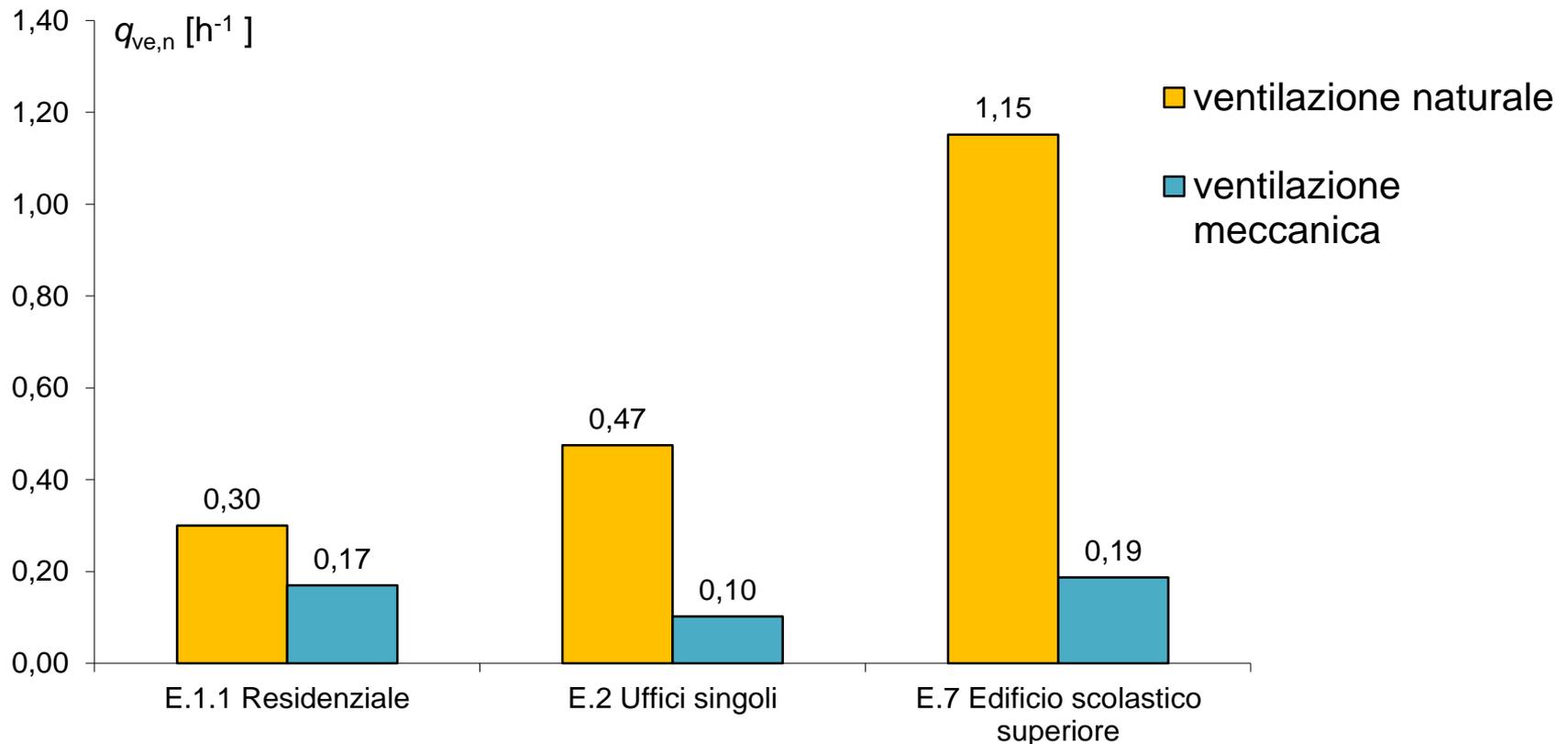
*Portata specifica di ventilazione efficace naturale e meccanica per uffici singoli in edificio classe A+. Confronto tra le diverse normative.*

## Calcolo della portata di ventilazione – Categoria E.7 – Edifici scolastici



*Portata specifica di ventilazione effettiva naturale e meccanica calcolata per una scuola superiore in centro città. Confronto tra le diverse normative.*

## Calcolo della portata di ventilazione – Normativa vigente: UNI 11300-1:2014 +UNI 10339:1995



*Portata specifica di ventilazione effettiva naturale e meccanica (a portata fissa con recuperatore di calore), calcolata per le categorie residenziale, uffici singoli e scuola superiore.*

## Calcolo prestazioni delle pompe di calore

Le pompe di calore sono allo stato attuale una delle soluzioni potenzialmente più efficienti per il riscaldamento degli edifici, in accoppiamento al fotovoltaico (d.lgs 28/2011)

Si considera una **pompa di calore a compressione di vapore azionata da motore elettrico** riservata al servizio di riscaldamento, che utilizza come sorgente fredda l'aria esterna e come pozzo caldo l'acqua di circolazione del riscaldamento (sistema aria-acqua)

Per il calcolo delle prestazioni è stato previsto dalla normativa tecnica un metodo di calcolo che risulta essere un ragionevole compromesso tra la complessità delle reali condizioni di funzionamento e la ricerca di semplificazione per renderlo facilmente applicabile

## Bin method – Appendice G UNI/TS 11300-4:20016

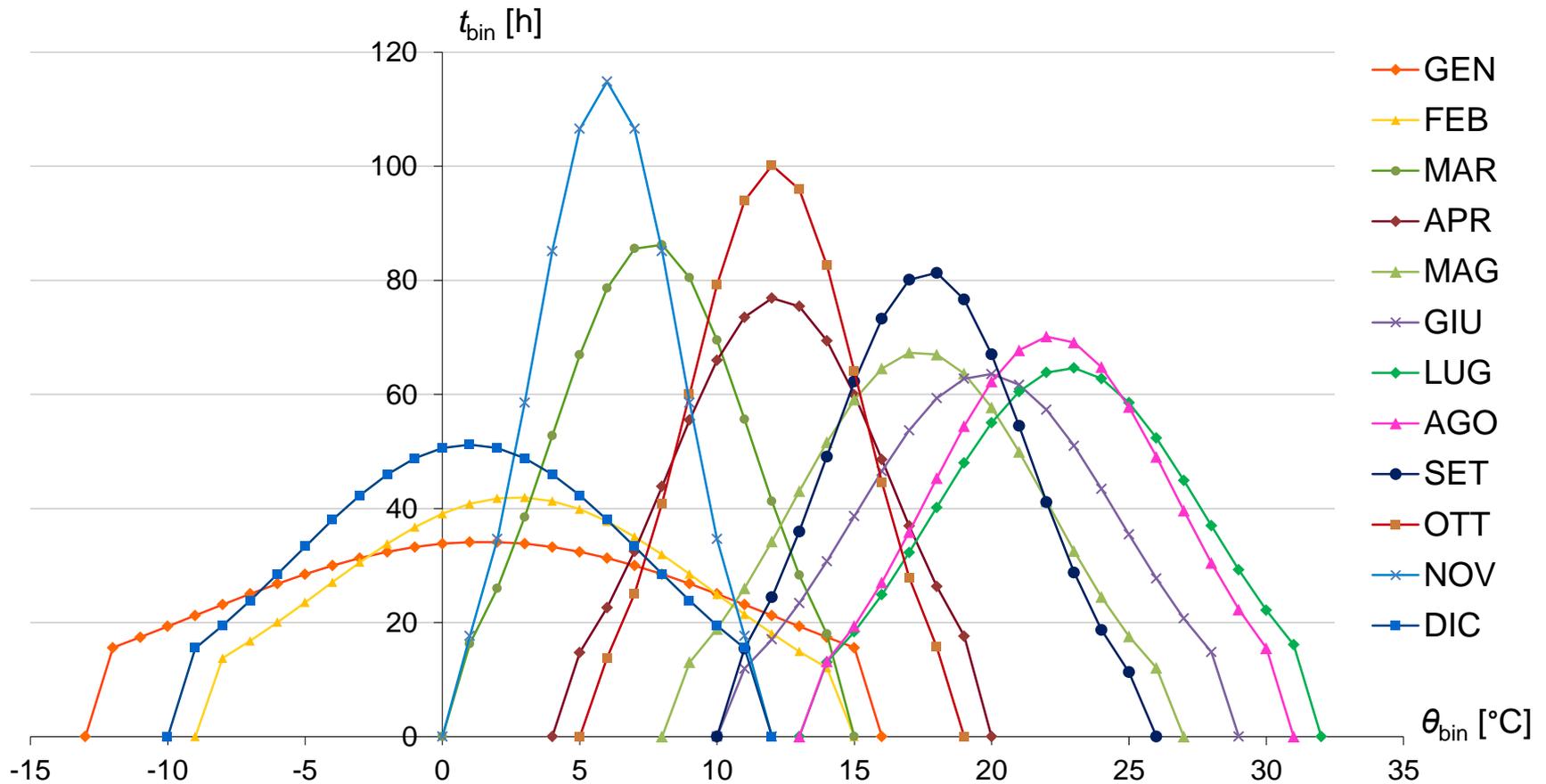
La normativa tecnica prevede per le pompe di calore a sistema aria-acqua l'utilizzo del «bin method»

**Questo tipo di calcolo è necessario in quanto l'efficienza della pompa è significativamente influenzata dalla temperatura esterna dell'aria e dalla temperatura di mandata dell'acqua di riscaldamento, non è quindi sufficiente considerare la sola temperatura media mensile.**

Il **bin** è un intervallo di calcolo a cui è associato:

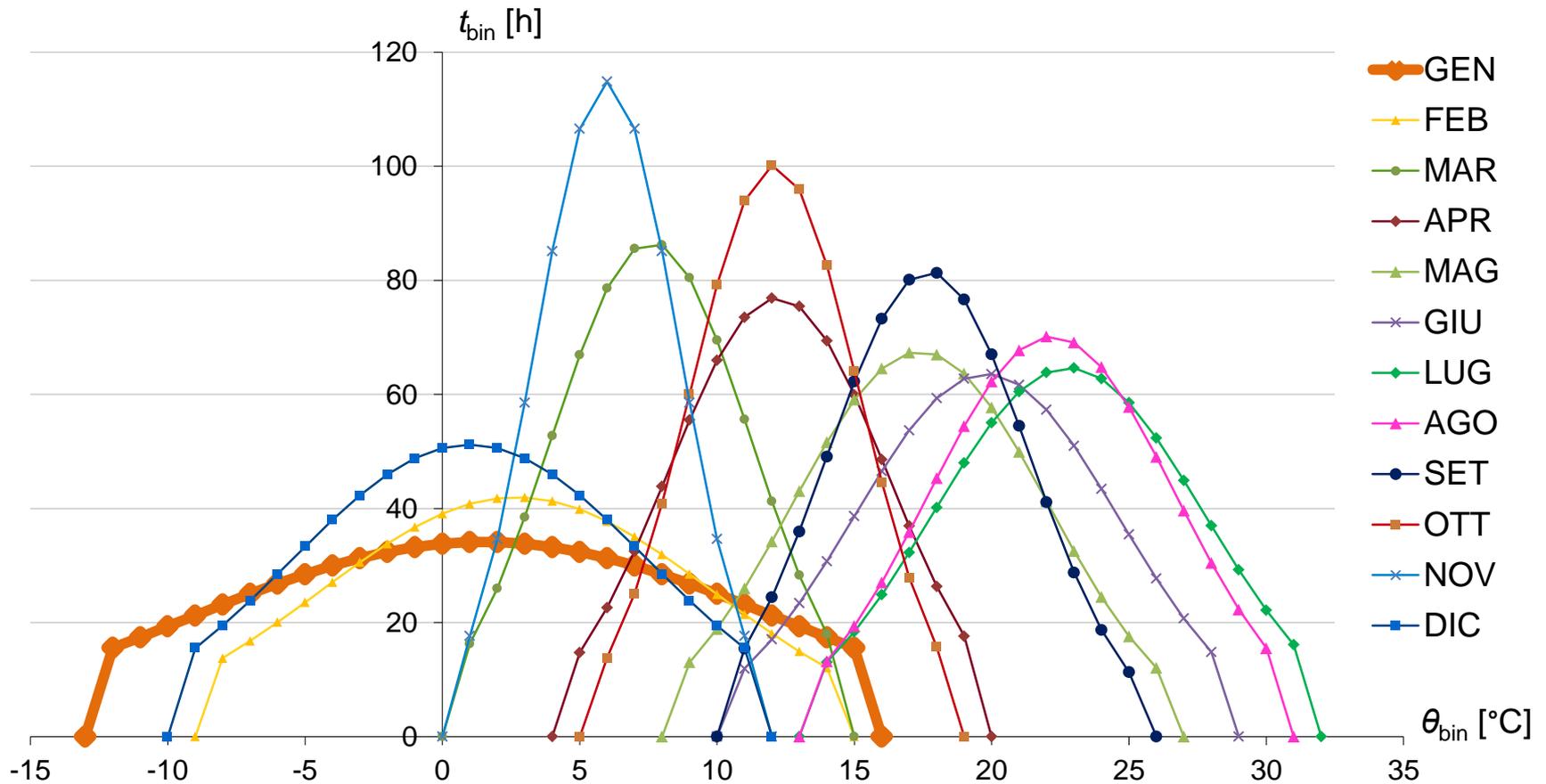
- il numero di ore mensili ( $t_{\text{bin,mese}}$ )
- la temperatura dell'aria esterna ( $\theta_{\text{bin}}$ ) e tra due bin consecutivi vige una differenza di temperatura  $\Delta\theta_{\text{bin}}$  pari a 1 °C

## Bin method – Durata intervalli di temperatura



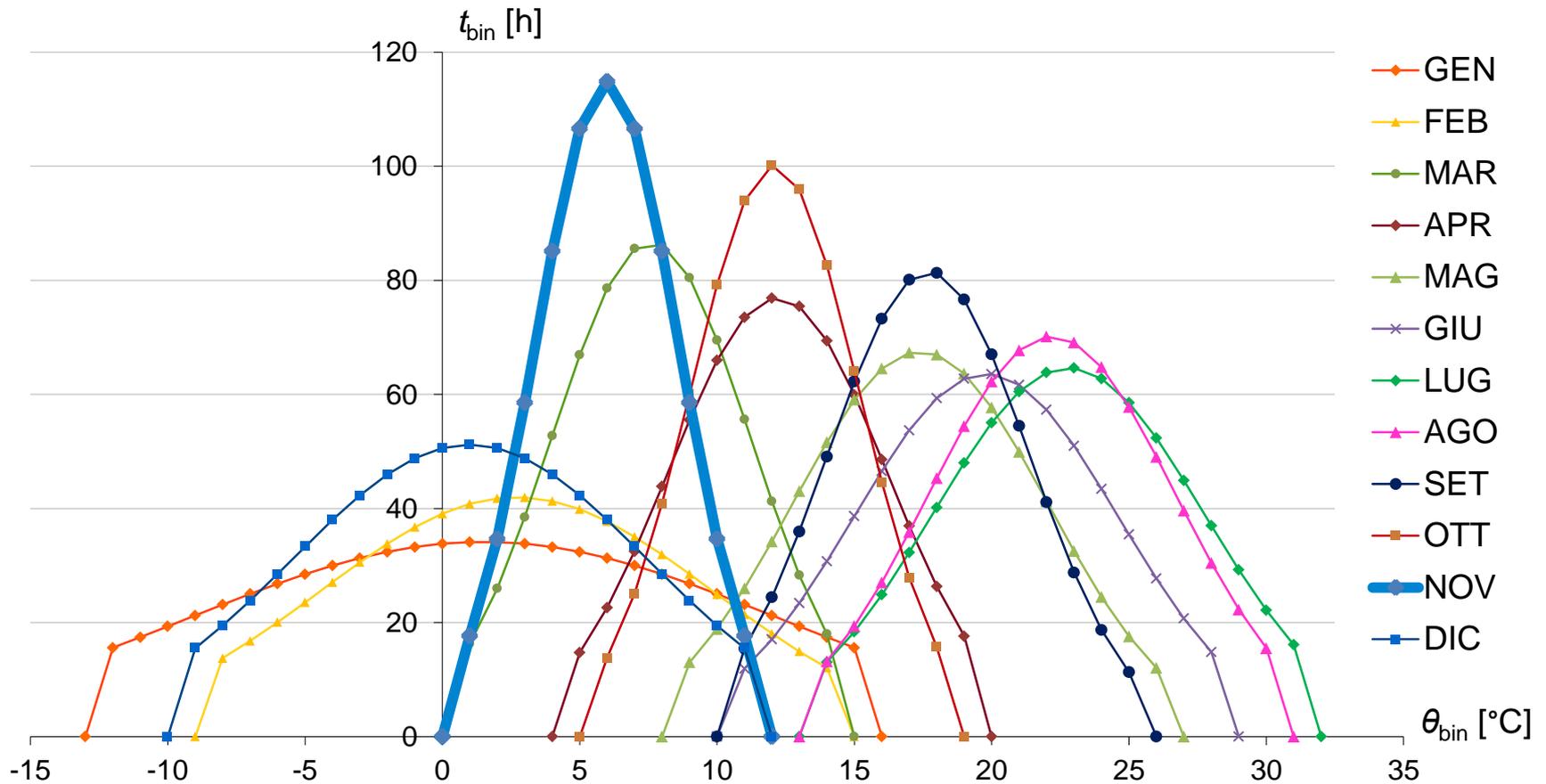
*Bin mensili di Trento.*

## Bin method – Durata intervalli di temperatura



*Bin mensili di Trento.*

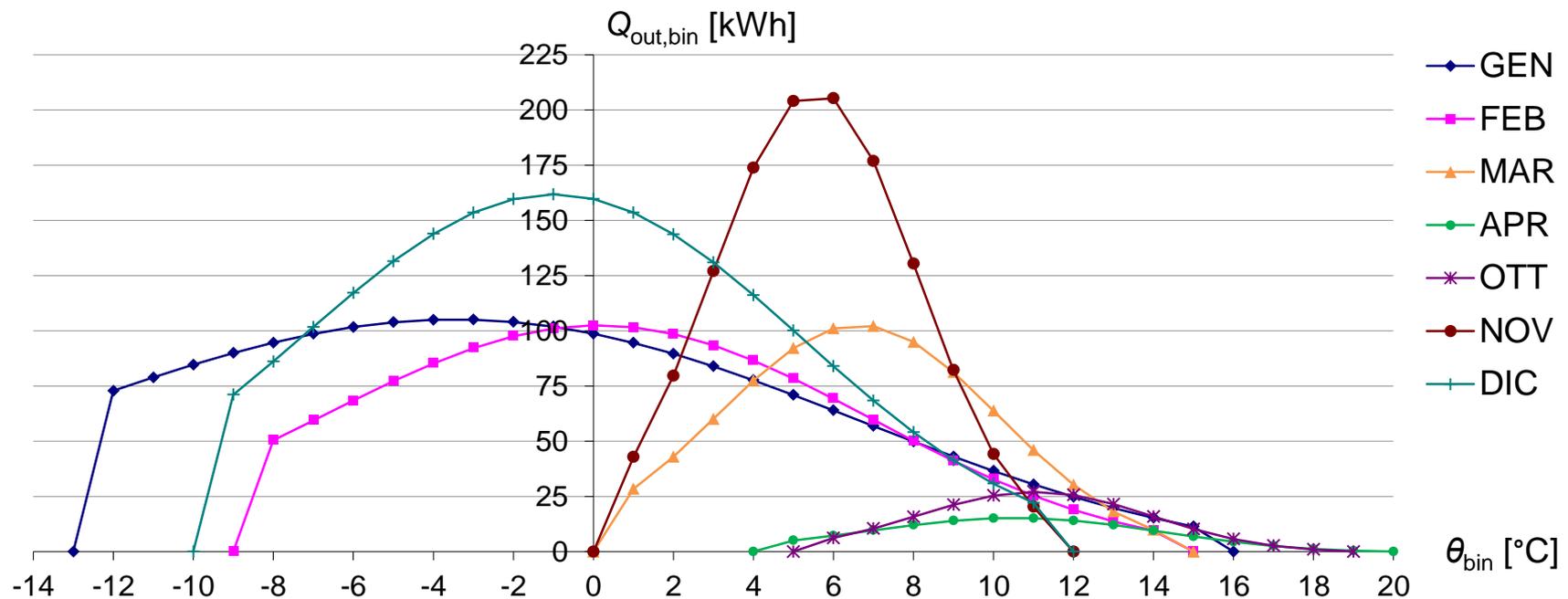
## Bin method – Durata intervalli di temperatura



*Bin mensili di Trento.*

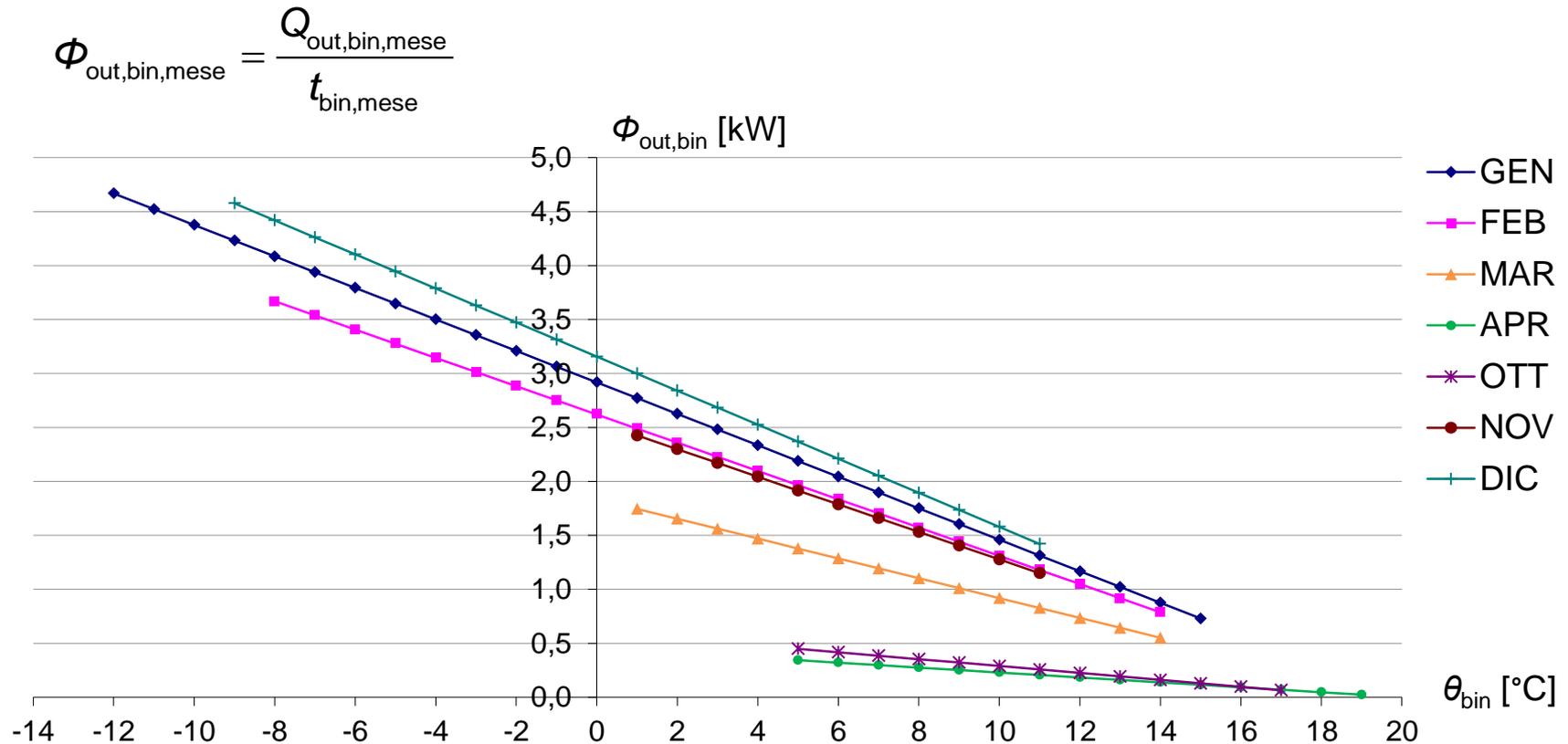
## Bin method – Fabbisogni energetici associati

$$Q_{\text{out,bin,mese}} = Q_{\text{out,mese}} \cdot \frac{GH_{\text{bin,mese}}}{\sum GH_{\text{mese}}} \rightarrow \text{Percentuale di gradi/ora del relativo bin}$$



*Fabbisogno energetico mensile per il servizio di riscaldamento in funzione della temperatura di bin per un'unità abitativa di 125 m<sup>2</sup> in villetta bifamiliare di classe A+*

## Bin method – Potenza richiesta in funzione della temperatura esterna



*Potenza mensile richiesta alla pompa di calore per il servizio di riscaldamento in funzione della temperatura di bin*

## Dati tecnici richiesti per il calcolo

Dati sulla pompa di calore forniti dal produttore, ottenuti secondo la normativa UNI EN 14825:

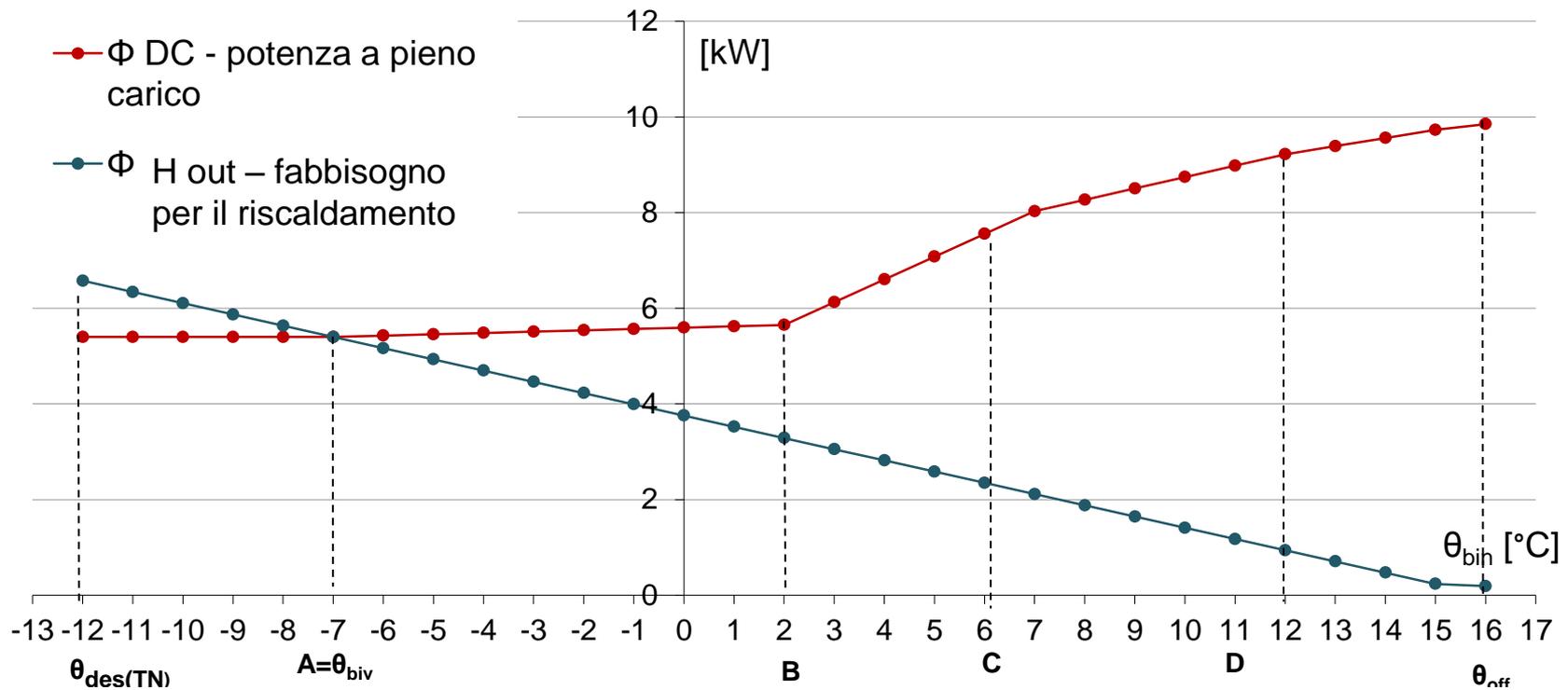
- Temperatura limite di funzionamento per la sorgente fredda **TOL** (*operation limit temperature*)
- **Prestazioni  $COP_{DC}$**  (*coefficient of performance – declared capacity*) per le temperature di riferimento A ( $\theta_A = -7^\circ\text{C}$ ), B ( $\theta_B = 2^\circ\text{C}$ ), C ( $\theta_C = 7^\circ\text{C}$ ), D ( $\theta_D = 12^\circ\text{C}$ ) stabilite dalla UNI EN 14825
- **Potenza** dichiarata della pompa di calore ( $\Phi_{DC}$ ) alle temperature A,B,C,D

Si considera una pompa di calore con le seguenti caratteristiche tecniche per un impianto con riscaldamento a pavimento (mandata  $35^\circ\text{C}$ )

$\theta_{\text{pozzo freddo}}$ [°C]	$\theta_{\text{out}}$ [°C]	$\Phi_{H, hp, DC}$ [kW]	$COP_{DC}$ [-]
(A) -7	35	5,40	2,88
(B) 2	35	5,65	3,01
(C) 7	35	8,03	4,00
(D) 12	35	9,22	4,46
15	35	9,73	4,66
20	35	10,33	4,87

## Prestazioni a fattore di carico ridotto

Si considera un pompa di calore dimensionata per coprire il carico termico del servizio di riscaldamento senza alcuna integrazione termica.



*Potenza della pompa di calore a pieno carico confrontata con il fabbisogno annuale per il riscaldamento*

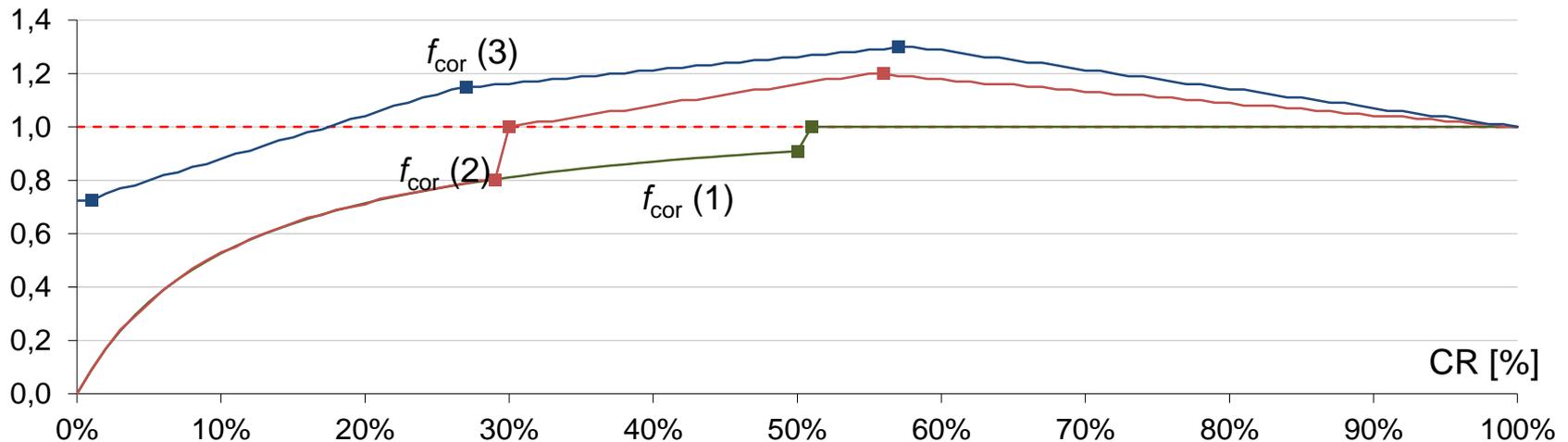
## Prestazioni a fattore di carico ridotto

**fattore correttivo (1)** calcolato secondo la normativa UNI/TS 11300-4:2016 al paragrafo 9.9.4

**fattore correttivo (2)** determinato da uno studio sui dati forniti per le prestazioni a carico parziale nel mercato attuale delle pompe di calore;

**fattore correttivo (3)** da scheda tecnica di una pompa di calore ad alta efficienza.

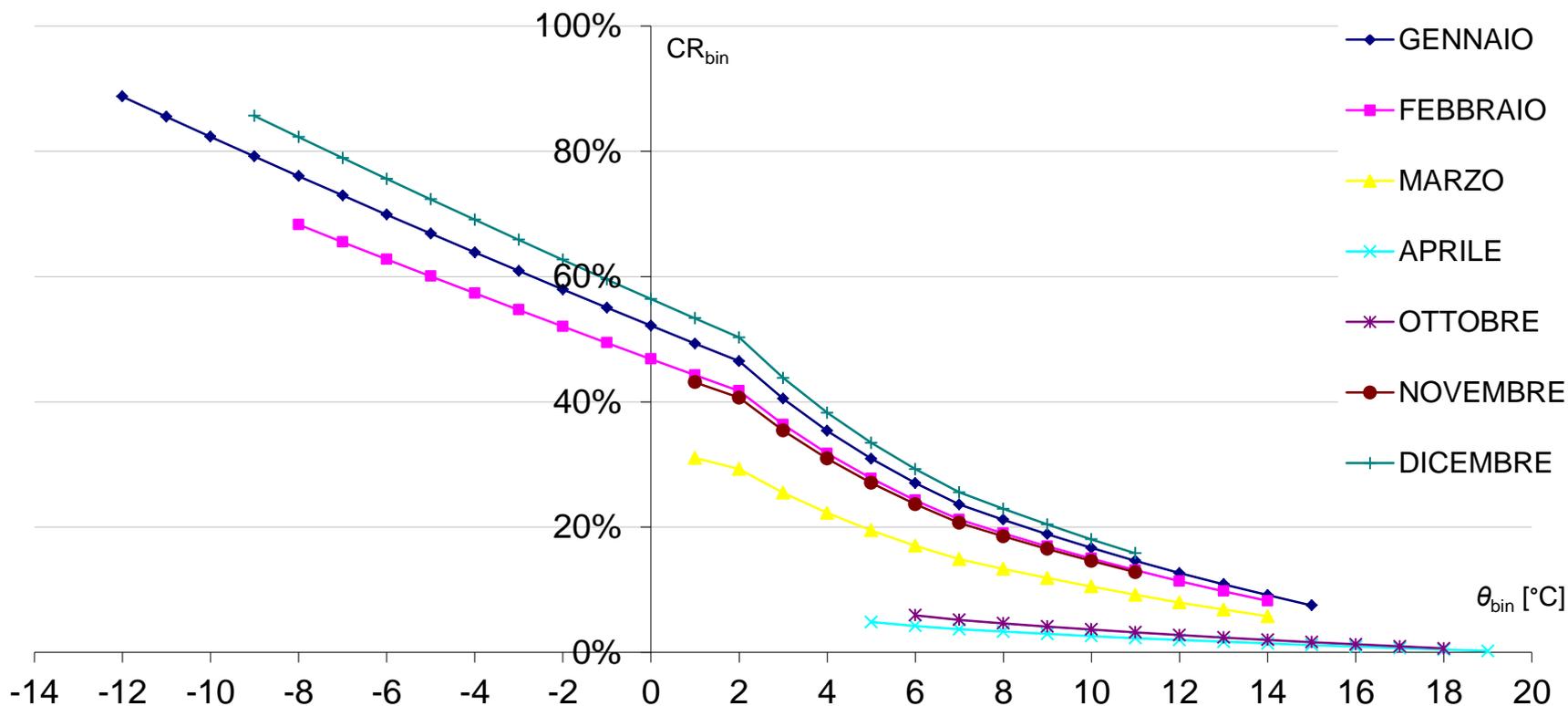
Le pompe vengono ottimizzate per funzionare a carico ridotto



*Fattore correttivo del  $COP_{DC}$  in funzione del fattore di carico CR nei tre casi considerati*

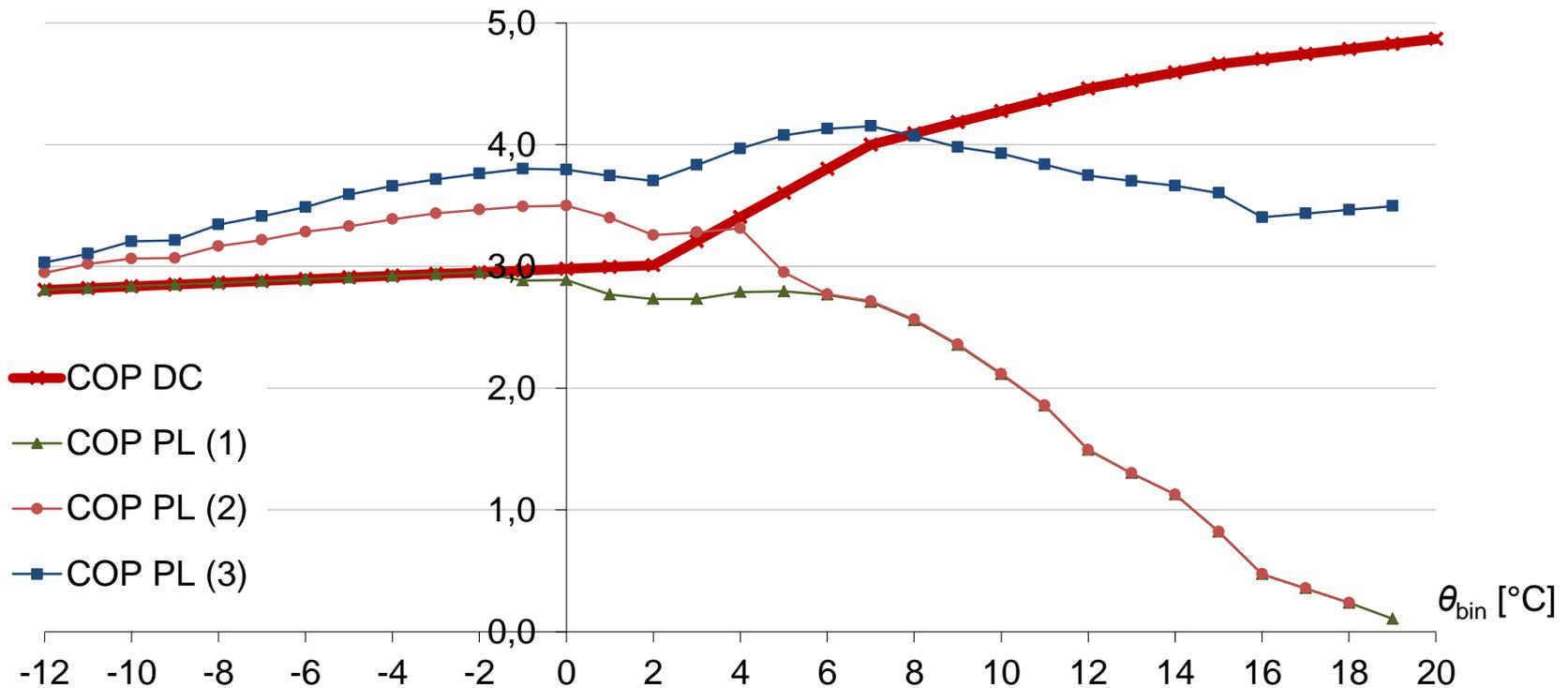
## Prestazioni a fattore di carico ridotto

$$CR_{bin} = \frac{\phi_{out,bin}}{\phi_{DC,bin}} < 1 \quad \text{Fattore di carico (Capacity Ratio)}$$



Fattore di carico mensile CR in funzione della temperatura di bin per il caso studio considerato

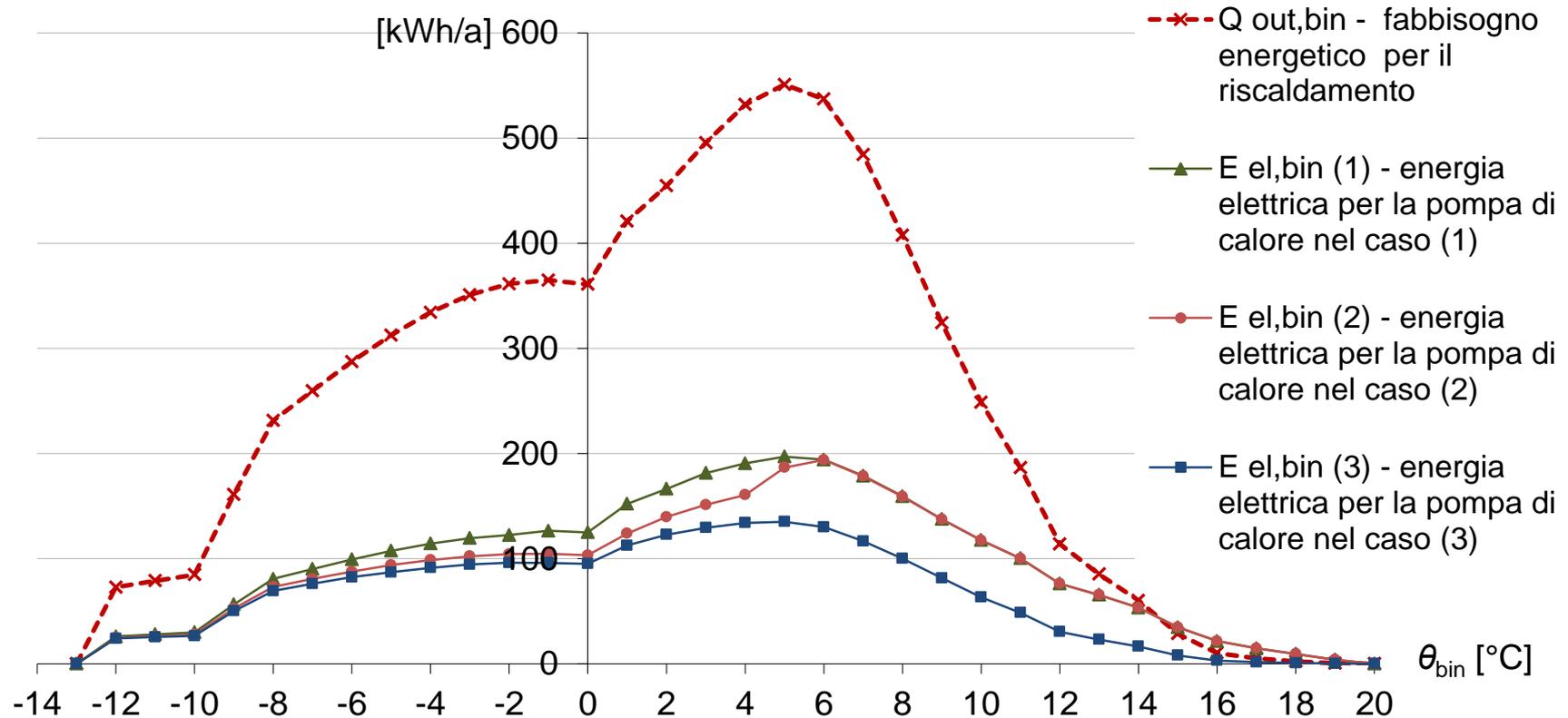
## Prestazioni a fattore di carico ridotto



Confronto tra il coefficiente di prestazione a carico nominale  $COP_{DC}$  e quelli a carico parziale  $COP_{PL}$  calcolati in base ai tre fattori di correzione

## Fabbisogno di energia elettrica

$$E_{el,in,bin} = \frac{Q_{out,bin}}{COP_{PL,bin}}$$



*Fabbisogno annuale per il servizio di riscaldamento e corrispondente fabbisogno di energia elettrica per la pompa di calore nei casi (1) (2) e (3)*

### 3 casi-studio: obiettivi dell'analisi

- verificare la fattibilità del raggiungimento della classe B provinciale, sulla base dei limiti imposti dalle nuove disposizioni e degli aggiornamenti introdotti alle metodologie di calcolo delle norme tecniche;
- valutare l'incidenza nel dimensionamento dell'impianto fotovoltaico del soddisfacimento delle percentuali minime previste a partire dal 2018, pari al 50% sia per il servizio di preparazione dell'acqua calda sanitaria che per l'insieme dei servizi di acqua calda sanitaria, riscaldamento e raffrescamento.

**Le caratteristiche termiche dell'involucro degli edifici si considerano pari a quelle dell'edificio di riferimento.**

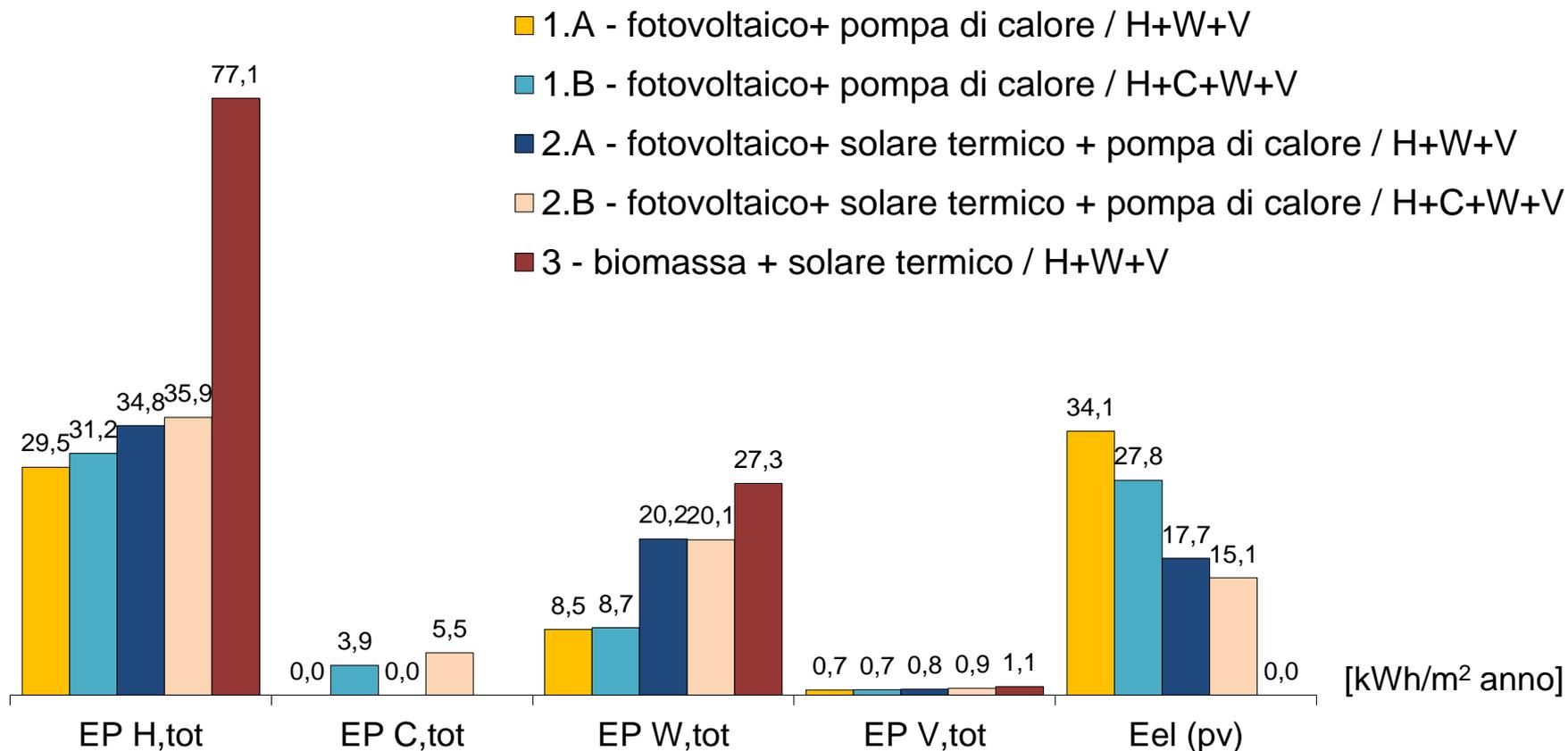
**Le pompe di calore utilizzate nel calcolo hanno caratteristiche tecniche pari a quelle considerate precedentemente con il fattore correttivo più performante ( $f_{corr} 3$ ).**

## Combinazioni di sottosistemi di generazione

Si considera un'unità residenziale di 125 m<sup>2</sup> all'interno di una villetta bifamiliare.

COMBINAZIONE SOTTOSISTEMI	SERVIZI	SUPERFICIE DI FOTOVOLTAICO necessaria per soddisfare la verifica del d.lgs. 28/2011 (per 2018)	
		EDIFICIO REALE	EDIFICIO DI RIFERIMENTO
1.A solare fotovoltaico	H+W+V	27 m <sup>2</sup> = 4260 kWh/a	64 m <sup>2</sup> = 6464 kWh/a
1.B +pompa di calore	H+C+W+V	22 m <sup>2</sup> = 3471 kWh/a	50 m <sup>2</sup> = 5050 kWh/a
2.A solare fotovoltaico + solare termico (6 m <sup>2</sup> )	H+W+V	14 m <sup>2</sup> = 2209 kWh/a	50 m <sup>2</sup> = 5050 kWh/a
2.B + pompa di calore	H+C+ W+V	13 m <sup>2</sup> = 2051 kWh/a	41 m <sup>2</sup> = 4140 kWh/a
3 generatore a biomassa + solare termico	H+W+V	0 m <sup>2</sup> = 0 kWh/a	0 m <sup>2</sup> = 0 kWh/a

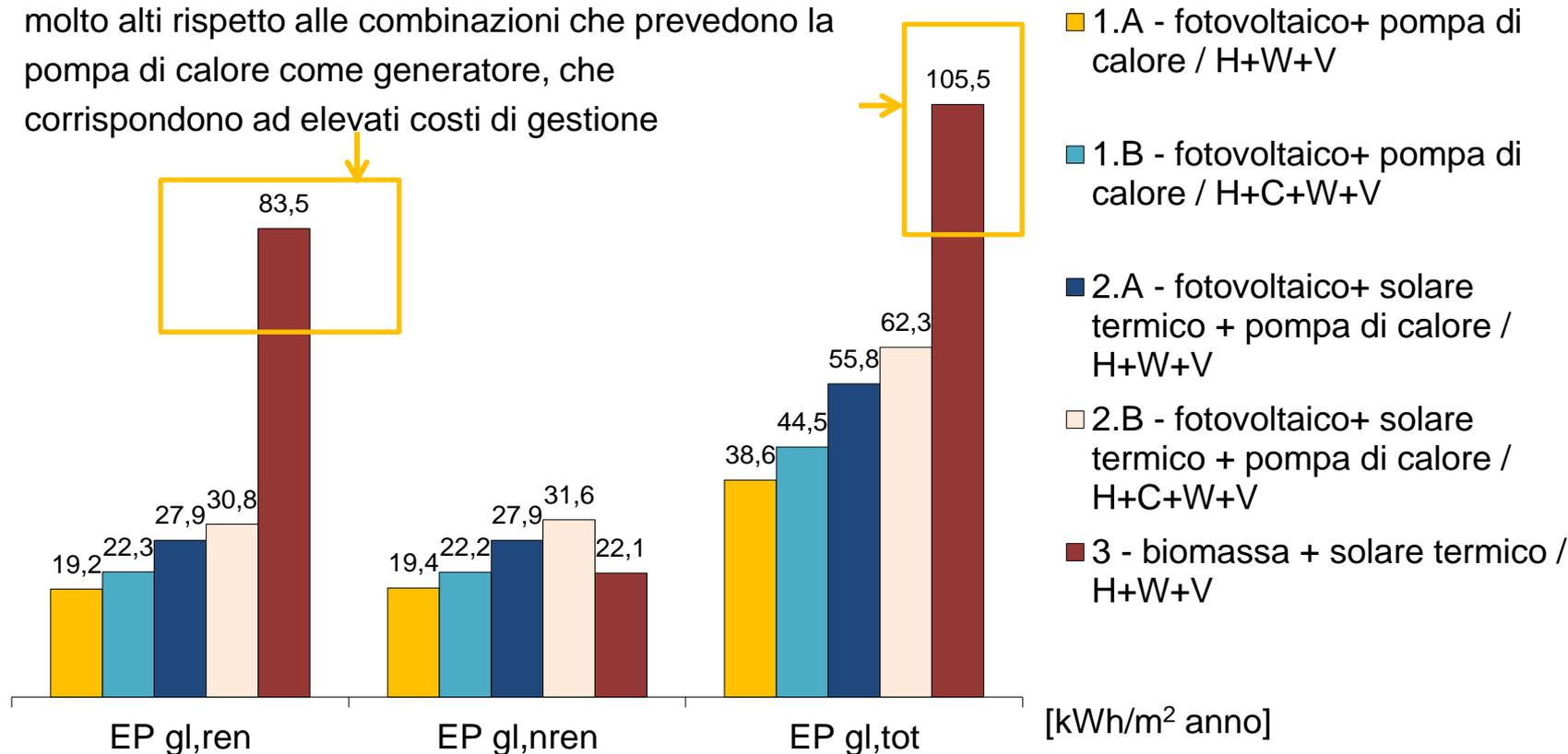
## Indici di energia primaria annuale



*Indici di energia primaria annuale totale nelle tre combinazioni, per il servizio di riscaldamento (H), raffrescamento (C), ACS (W) e ventilazione (V), relativa a un edificio residenziale a Trento*

## Indici di energia primaria annuale

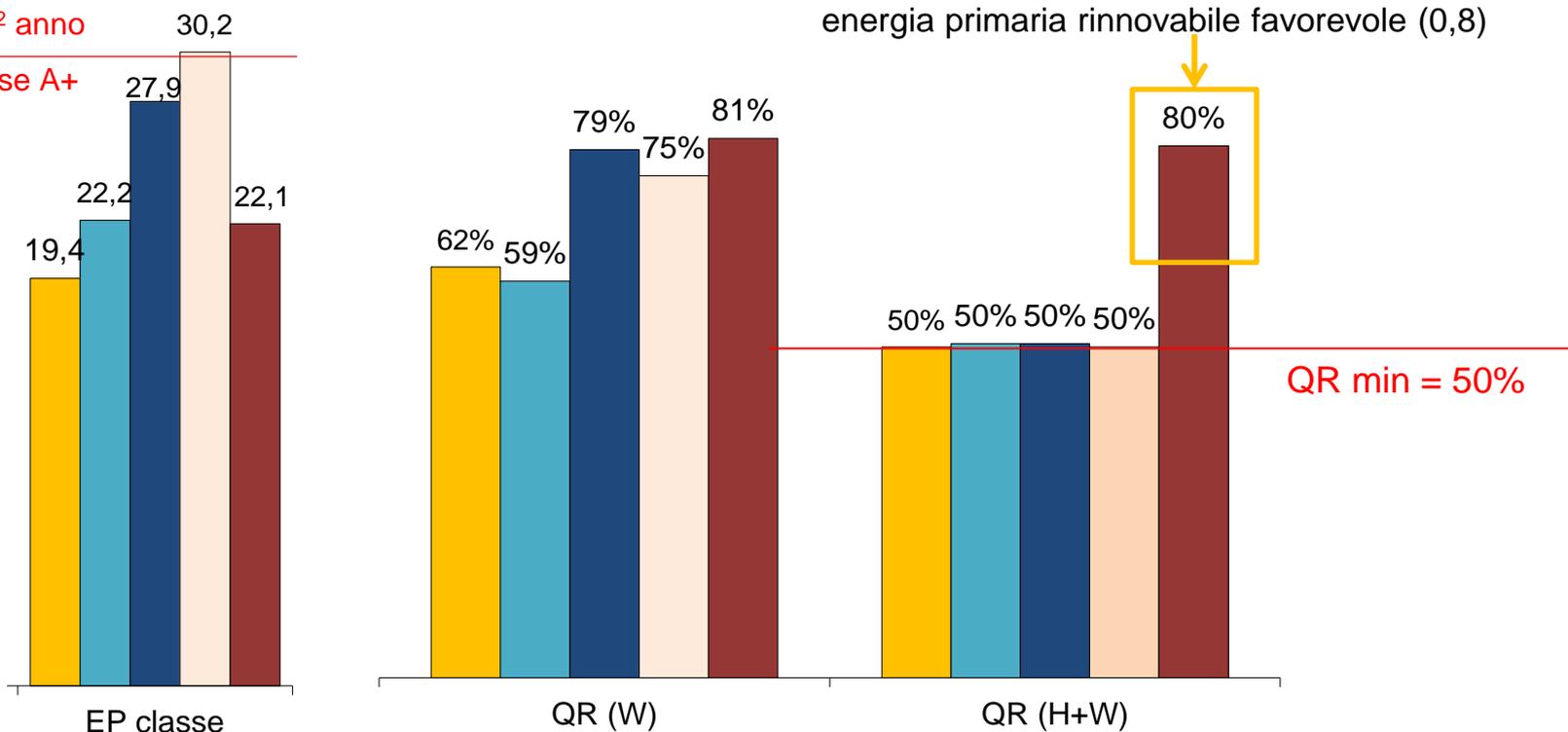
Indici di energia primaria del generatore a biomassa molto alti rispetto alle combinazioni che prevedono la pompa di calore come generatore, che corrispondono ad elevati costi di gestione



*Indici di energia primaria annuale globale rinnovabile, non rinnovabile e totale, nelle tre combinazioni, relativa a un edificio residenziale a Trento*

## Verifica classe energetica e quota minima da fonti rinnovabili

30 kWh/m<sup>2</sup> anno  
limite classe A+



*Indici di energia primaria non rinnovabile per la definizione della classe energetica e quota di energia da fonti rinnovabili annuale nelle tre combinazioni per il servizio di acqua calda sanitaria e per il servizio combinato, relativa a un edificio residenziale a Trento*

## Combinazioni di sottosistemi di generazione

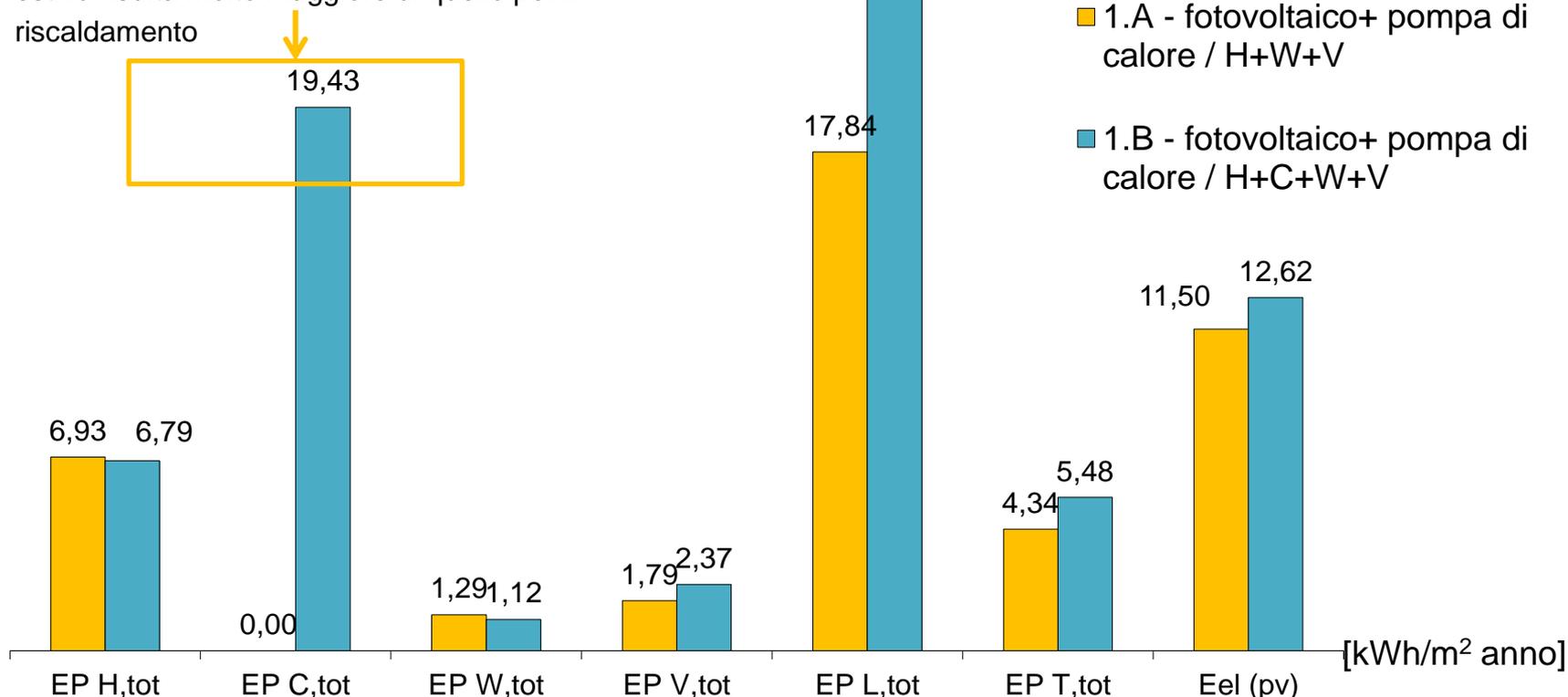
Si considera l'ultimo piano di 700 m<sup>2</sup> di un edificio in linea con orientamento nord-sud a Trento.

Rispetto al caso-studio residenziale si osserva che considerando nel calcolo il servizio di condizionamento estivo, le dimensioni minime dell'impianto fotovoltaico aumentano del 20%. In questo caso infatti il fabbisogno per il raffrescamento estivo è molto elevato a causa degli alti valori di apporti interni degli uffici

COMBINAZIONE SOTTOSISTEMI	SERVIZI	SUPERFICIE DI FOTOVOLTAICO necessaria per soddisfare la verifica del d.lgs. 28/2011 (per 2018)	
		EDIFICIO REALE	EDIFICIO DI RIFERIMENTO
1.A solare fotovoltaico	H+W+V	51 m <sup>2</sup> = 8049 kWh/a	102 m <sup>2</sup> = 10300 kWh/a
1.B +pompa di calore	H+C+W+V	56 m <sup>2</sup> = 8837 kWh/a	110 m <sup>2</sup> = 11109 kWh/a

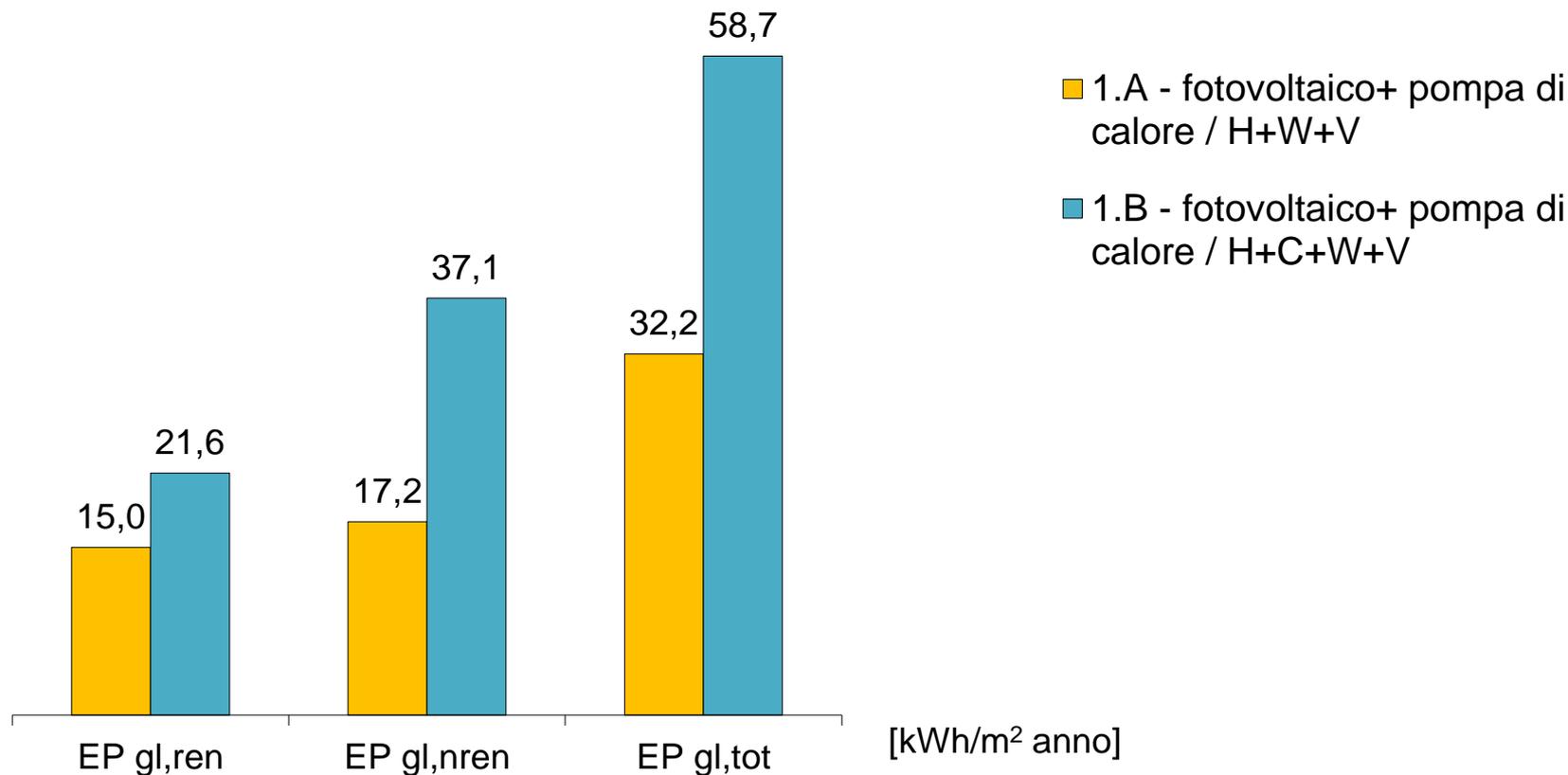
## Indici di energia primaria annuale

L'indice di energia primaria per il raffrescamento estivo risulta molto maggiore di quello per il riscaldamento



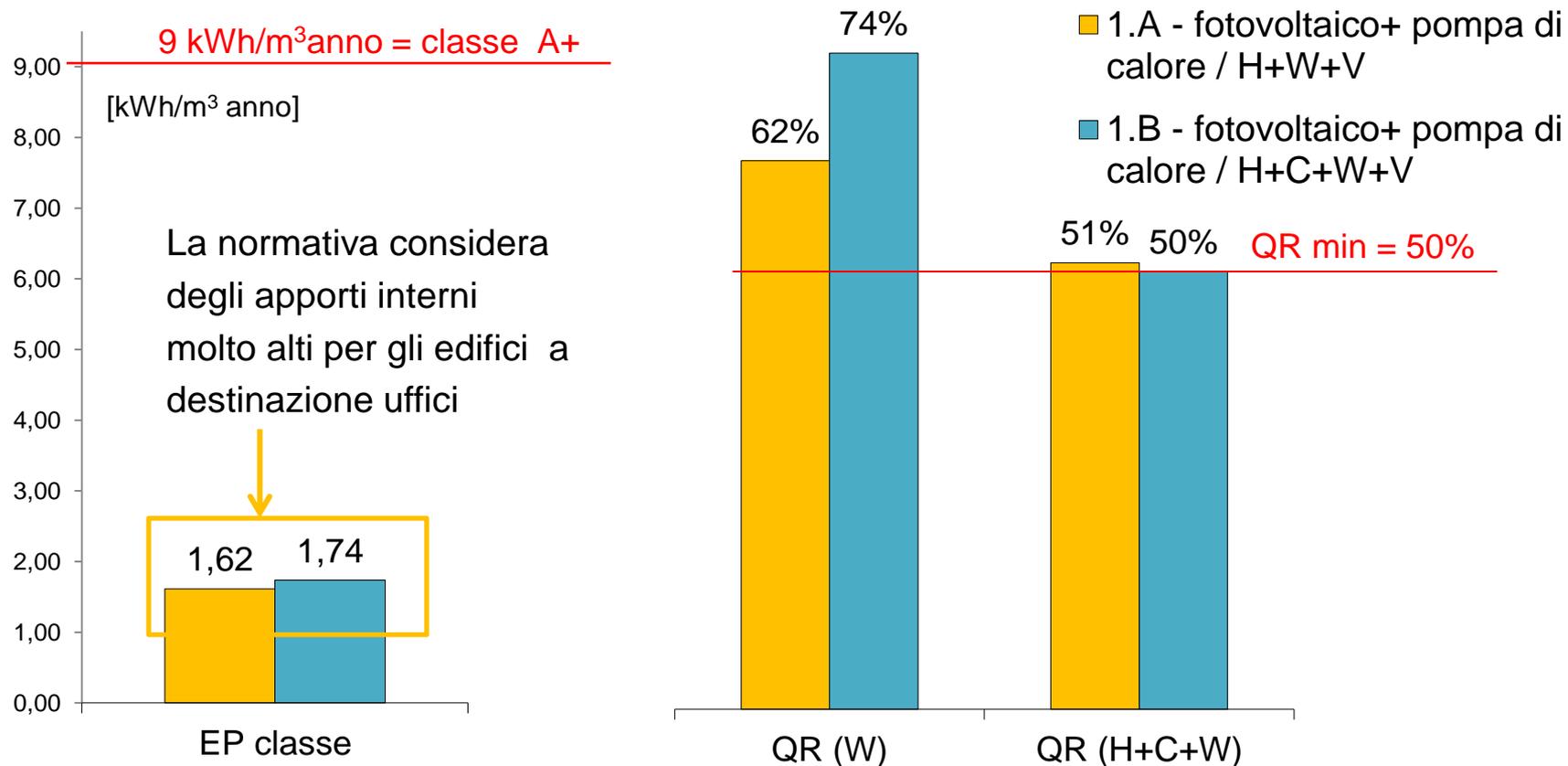
*Indici di energia primaria annuale totale nelle tre combinazioni, per il servizio di riscaldamento (H), raffrescamento (C), ACS (W), ventilazione (V) illuminazione (L) e trasporto (T)*

## Indici di energia primaria annuale



*Indici di energia primaria annuale globale rinnovabile, non rinnovabile e totale relativa a un edificio per uffici a Trento*

## Verifica classe energetica e quota minima da fonti rinnovabili



*Indici di energia primaria non rinnovabile per la definizione della classe energetica e quota di energia da fonti rinnovabili annuale per il servizio di acqua calda sanitaria e per il servizio combinato, relativa a un edificio per uffici a Trento*

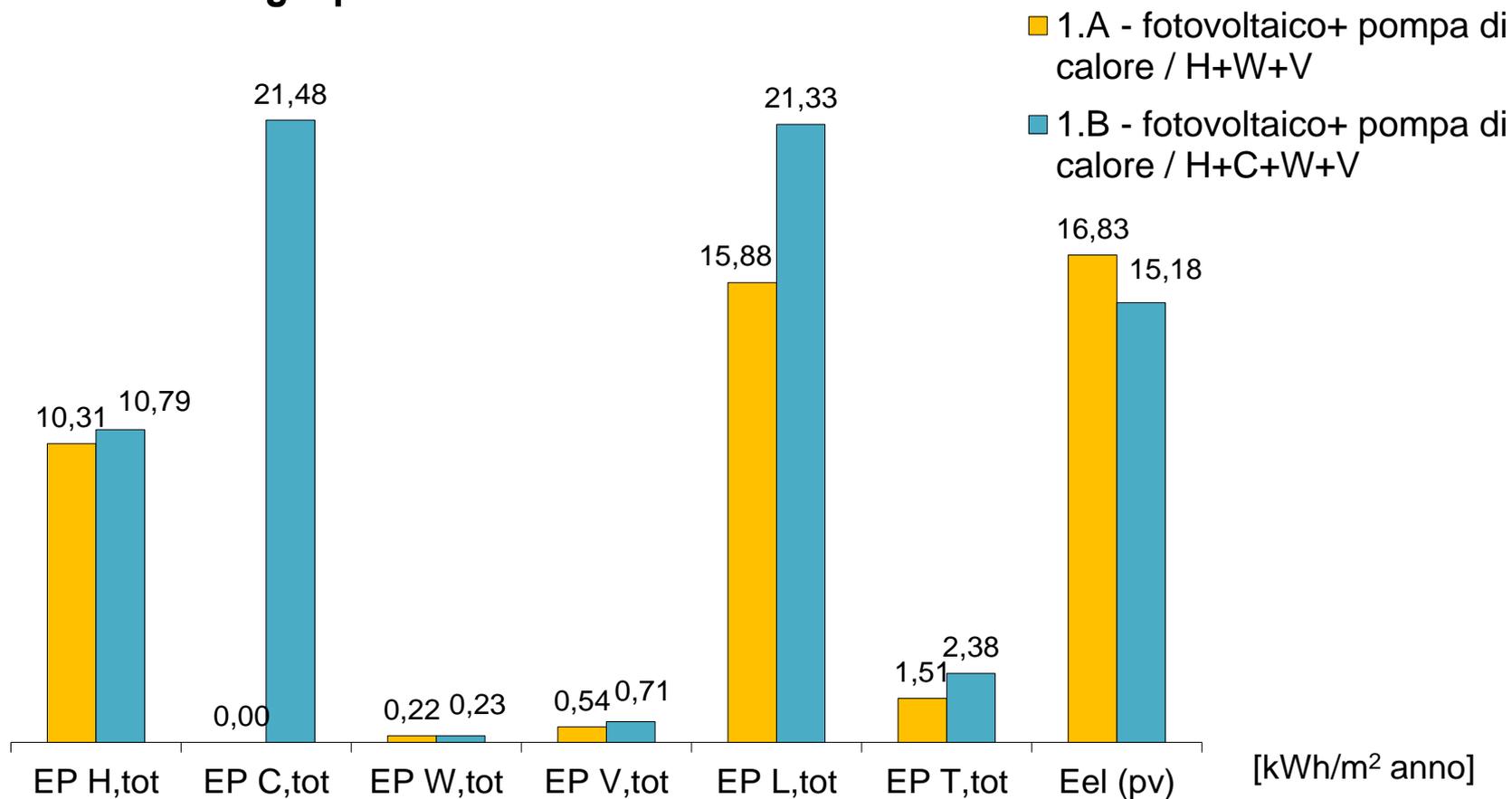
## Combinazioni di sottosistemi di generazione

Si considera un edificio scolastico sviluppato su tre piani fuori terra di superficie totale 1435 m<sup>2</sup>, con un piano interrato ad uso magazzino non climatizzato. L'edificio è localizzato a Trento, con orientamento nord-sud.

COMBINAZIONE SOTTOSISTEMI	SERVIZI	SUPERFICIE DI FOTOVOLTAICO necessaria per soddisfare la verifica del d.lgs. 28/2011 (per 2018)	
		EDIFICIO REALE	EDIFICIO DI RIFERIMENTO
1.A solare fotovoltaico	H+W+V	153 m <sup>2</sup> = 24144 kWh/a	285 m <sup>2</sup> = 28783 kWh/a
1.B + pompa di calore	H+C+W+V	138 m <sup>2</sup> = 21777 kWh/a	257 m <sup>2</sup> = 25955 kWh/a

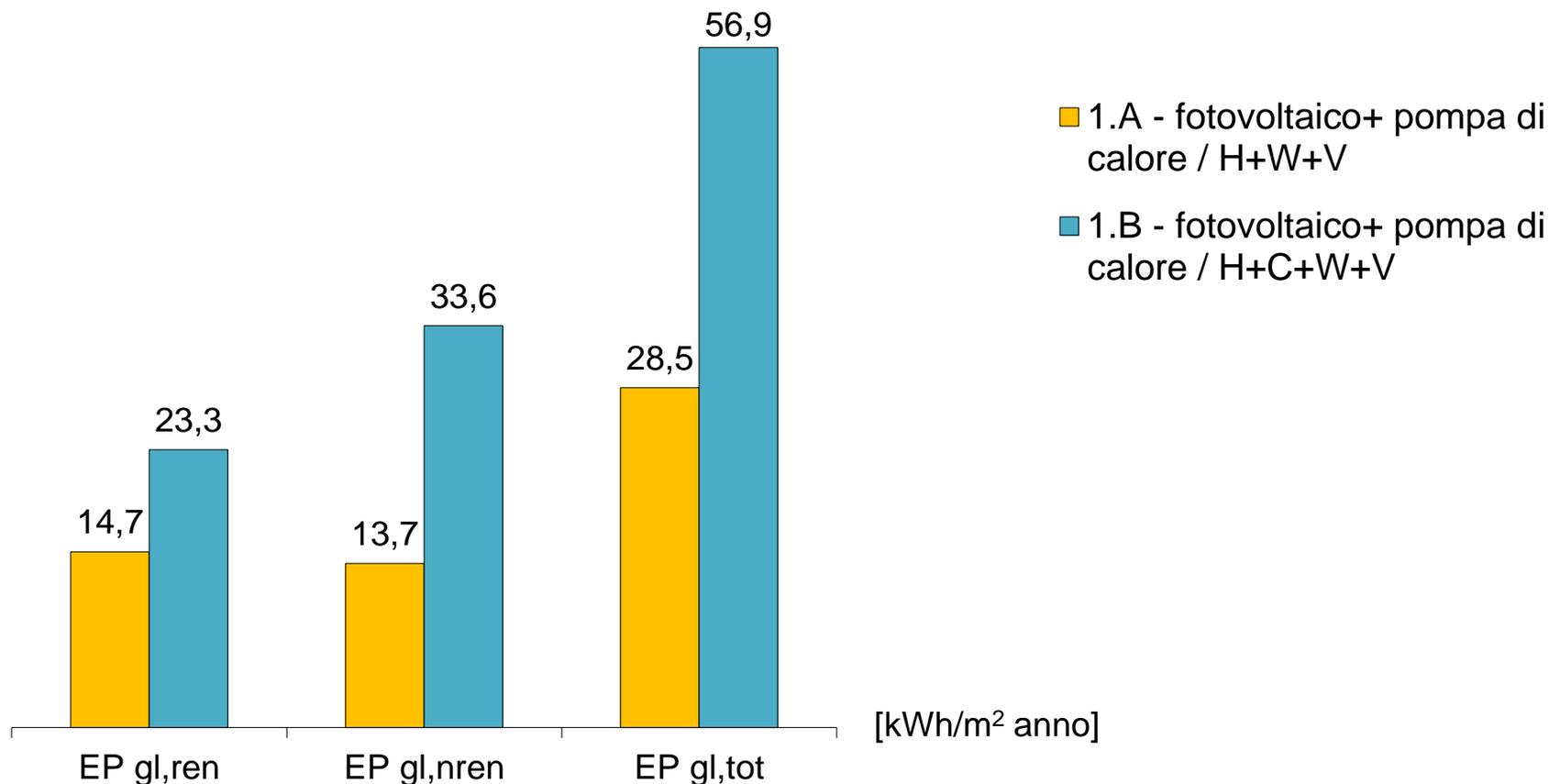
Considerando il fabbisogno energetico di raffrescamento nella combinazione 1.B, la superficie di pannelli fotovoltaici necessaria per soddisfare la quota da energia rinnovabile diminuisce del 9%. Non rappresenta quindi una diminuzione significativa come in altri casi.

## Indici di energia primaria annuale



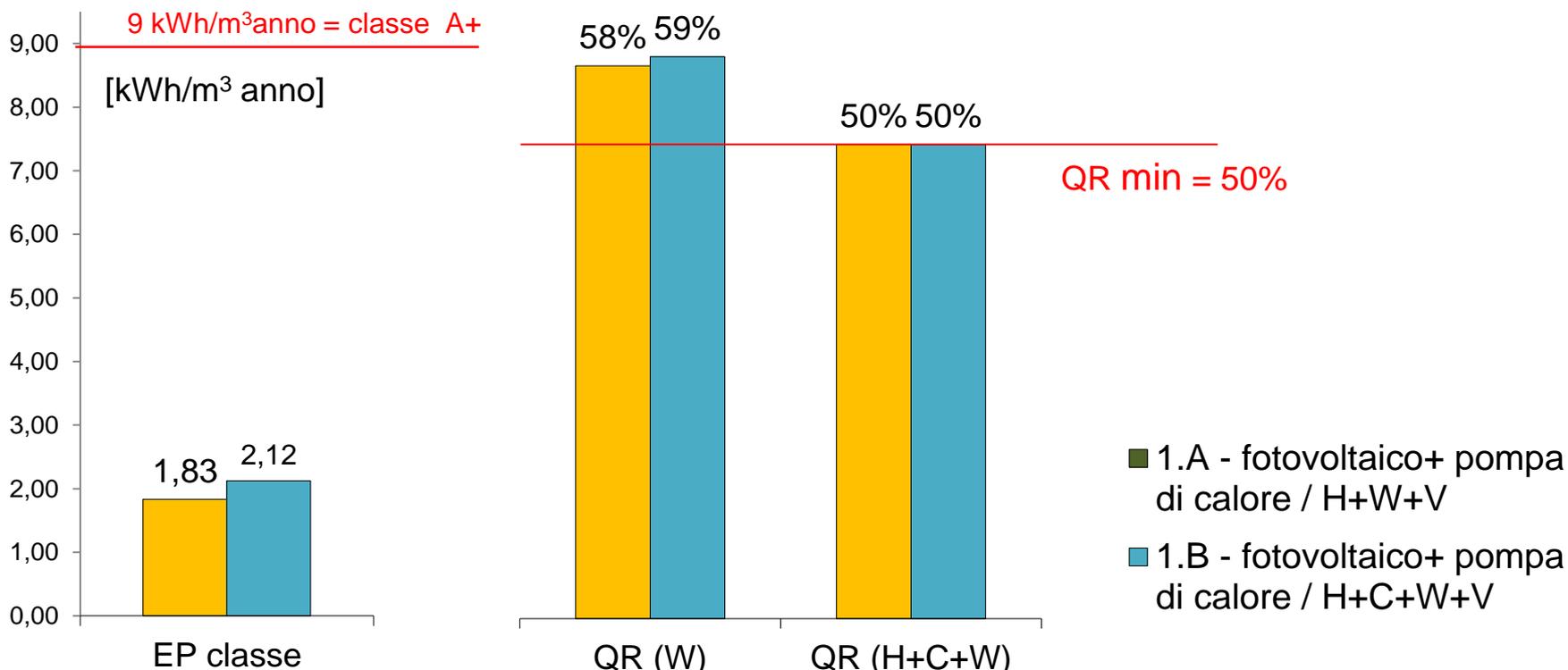
*Indici di energia primaria annuale totale per il servizio di riscaldamento (H), raffrescamento (C), ACS (W), ventilazione (V), illuminazione (L) e trasporto (T)*

## Indici di energia primaria annuale



*Indici di energia primaria annuale globale rinnovabile, non rinnovabile e totale relativa a un edificio scolastico a Trento*

## Verifica classe energetica e quota minima da fonti rinnovabili



*Indici di energia primaria non rinnovabile per la definizione della classe energetica e quota di energia da fonti rinnovabili annuale per il servizio di acqua calda sanitaria e per il servizio combinato, relativa a un edificio scolastico a Trento*

## Conclusioni

Imponendo la quota di energia da fonte rinnovabile del 50%, con le caratteristiche termiche dell'involucro edilizio coincidenti a quelle dell'edificio di riferimento, **la classe energetica minima è ampiamente superata** per tutte le categorie.

La superficie dell'impianto fotovoltaico necessaria per soddisfare i requisiti del d.lgs 28/2011 si attesta tra il 10%-15% della superficie utile degli edifici considerati.

NB: Nei centri storici la percentuale minima da fonte rinnovabile richiesta è la metà.

Le **pompe di calore** presentano delle efficienze che possono essere molto elevate a condizione che:

- la macchina sia correttamente dimensionata e di buona qualità;
- i produttori forniscano tutti i dati previsti dalla UNI EN 14825 per procedura del calcolo analitico del fattore correttivo, poiché la curva di  $f_{cor}$  prevista dalla UNI/TS 11300-4 si riferisce cautelativamente a macchine di fascia bassa e abbatta in maniera drastica le efficienze calcolate a bassi carichi parziali, mentre le più recenti pompe di calore permettono dei buoni rendimenti anche a  $CR < 50\%$ .