



**THERMALLY
DRIVEN
HEAT PUMP**
L'evento digitale

**Studio sulla riqualificazione
energetica di edifici
residenziali con la tecnologia
Thermally Driven Heat Pump**

Paolo CONTI
Ph.D. - Ricercatore Senior
Università di Pisa - DESTEC



16 giugno 2023

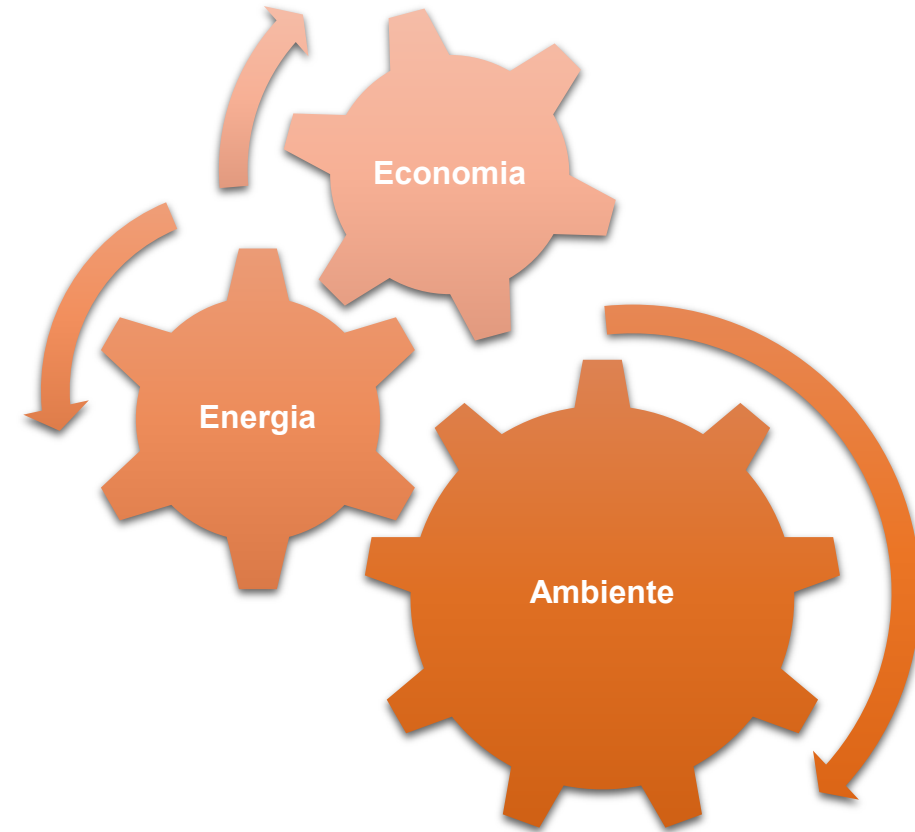
Assotermica
tecnologie per il comfort

Obiettivi dello studio

Valutazione delle **prestazioni energetiche, ambientali ed economiche dinamiche e stagionali** di possibili soluzioni per il **riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria** per un set di **edifici-tipo** rappresentativi del comportamento energetico del **parco residenziale italiano**.

Indici di prestazione

- Consumi **energia primaria non rinnovabile**
- Emissioni **equivalenti CO₂**
- Bolletta **energetica (€)**

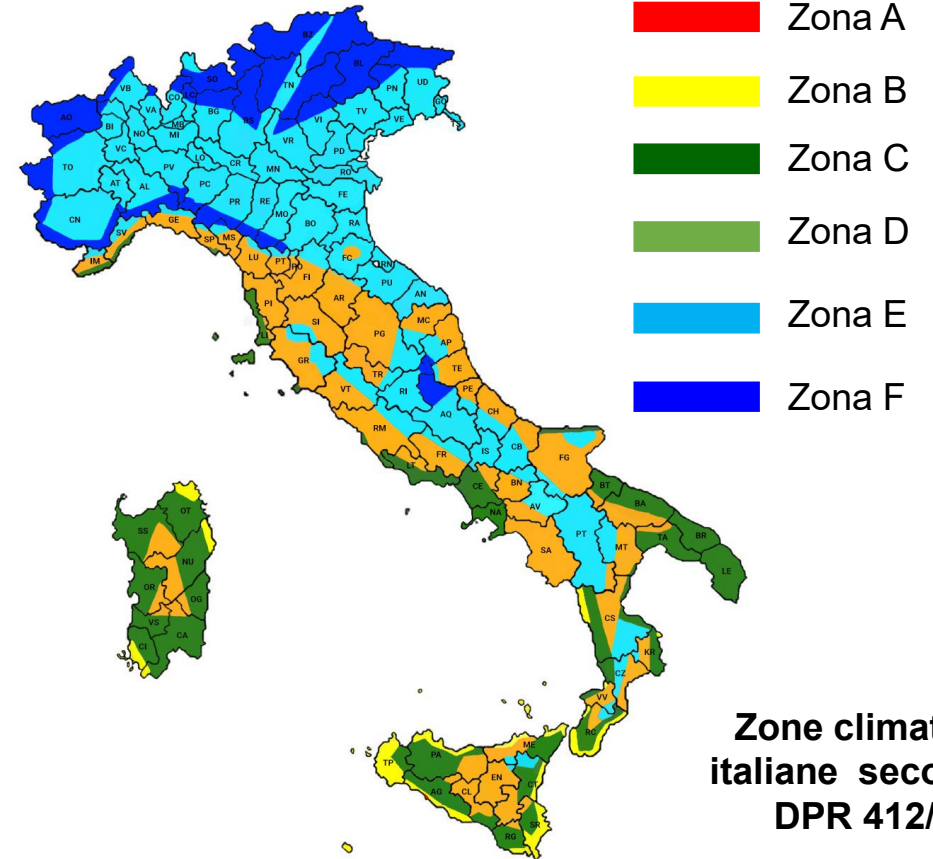
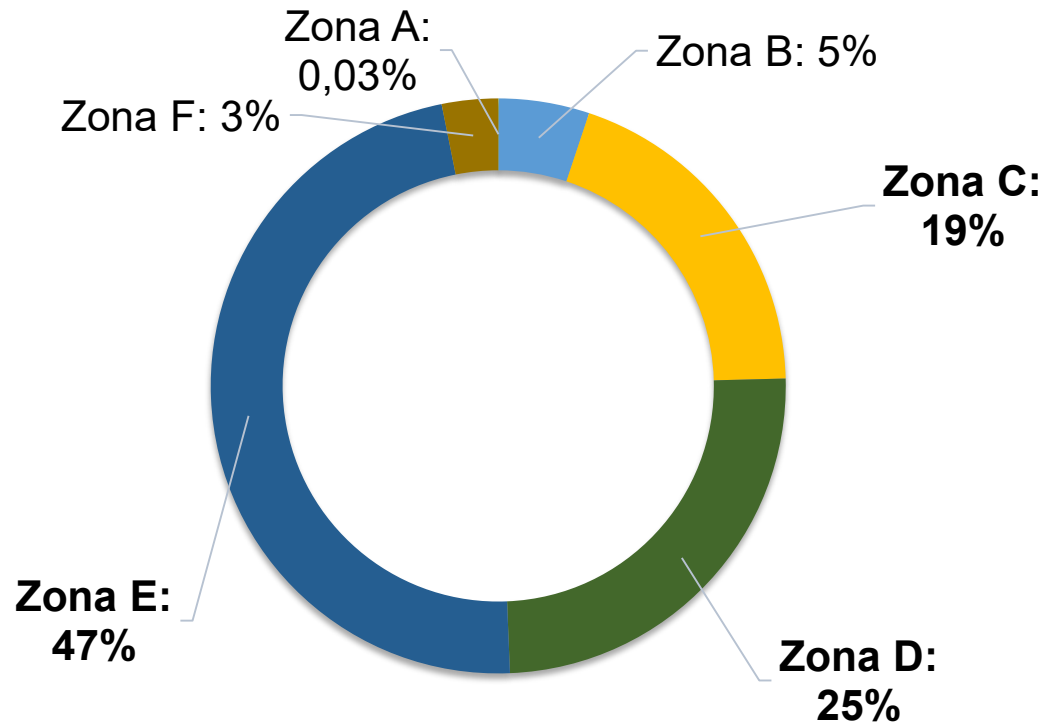


METODOLOGIA

1. **Definizione di un set di edifici-tipo** «statistici», rappresentativi del comportamento energetico del parco edilizio residenziale italiano
2. Valutazione del **fabbisogno dinamico di riscaldamento e ACS** degli edifici di riferimento nei diversi contesti climatici (timestep valutazione/agggregazione ~5 minuti)
3. **Simulazione dinamica delle diverse tecnologie impiantistiche** con calcolo delle **temperature operative** dei componenti in funzione della tipologia di terminali, temperatura di erogazione ACS desiderata, limiti prestazionali dei componenti.
4. Calcolo del **consumo orario di combustibile** in ingresso al generatore (timestep valutazione/agggregazione oraria)
5. Calcolo **dell'energia primaria non rinnovabile, emissioni di CO2 equivalenti, spesa economica**

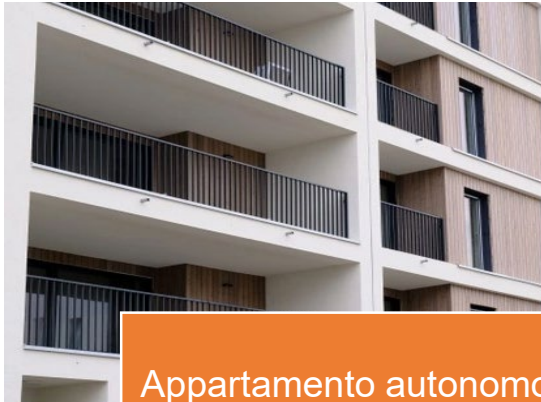
Parco edilizio residenziale italiano

Ripartizione del parco edilizio residenziale per fascia climatica [%]



Fonte ISTAT

Parco edilizio residenziale italiano



Appartamento autonomo



Condominio con impianto centralizzato (12 interni, 4 piani)



Villetta monofamiliare



Villetta monofamiliare ad elevate prestazioni energetiche («isolata»)

Ripartizione per tipologia di abitazione

| Appartamento | Casa monofamiliare | Altro (bifamiliare...) |
|--------------|--------------------|------------------------|
| 57% | 30% | 13% |

Ripartizione per tipologia di edifici

| Case | | Condomini | |
|---------------|------------------------|------------------|------------------|
| Monofamiliari | Altro (bifamiliare...) | Da 3 a 8 interni | Più di 8 interni |
| 52% | 23% | 20% | 5% |

Principali fonti:

ISTAT

IEE Project TABULA (2009 - 2012)

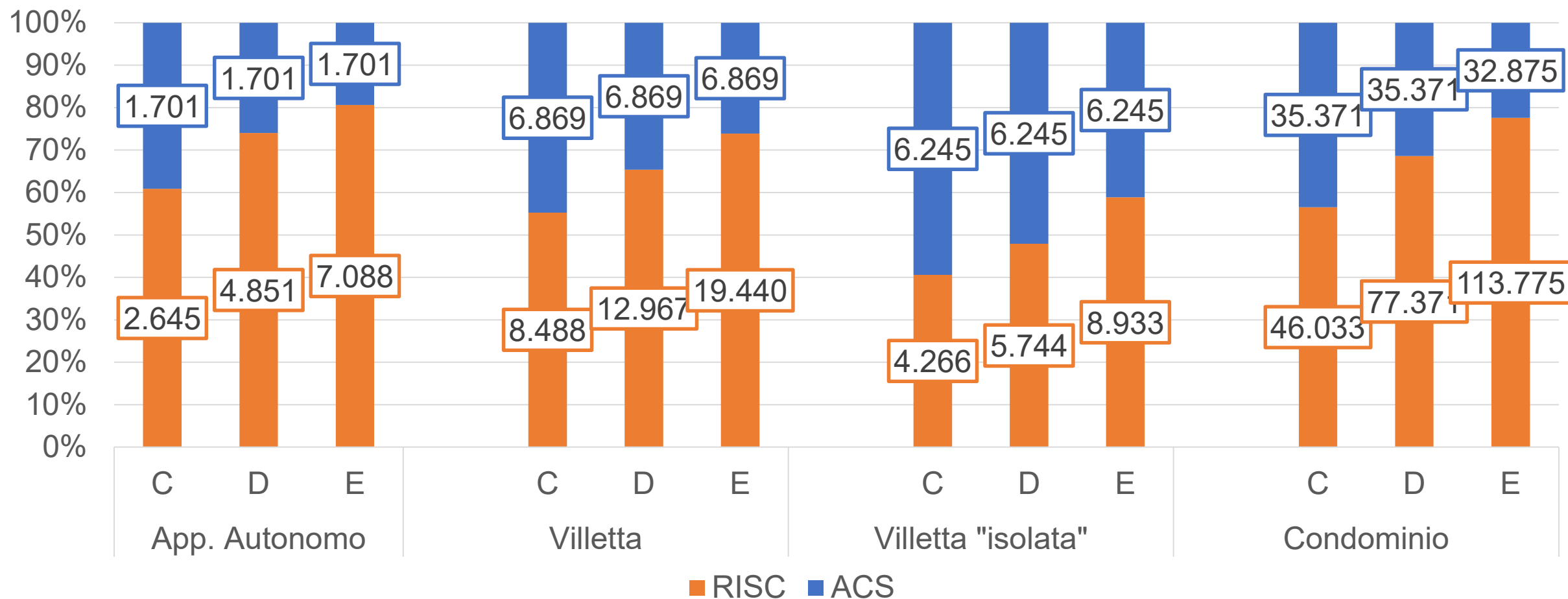
Abaco delle strutture (UNI/TR 11552:2014)

Studi di settore (es. ENEA)

Caratteristiche edifici tipo

| Tipologia di abitazione | Clima | Temp. di progetto [°C] | Superficie calpestabile [m ²] | Terminali | Potenza installata terminali [kW] | Temp. M/R [°C] | ACS (Reg. 813/2013) |
|-------------------------------|-------|------------------------|---|-------------------|-----------------------------------|----------------|------------------------|
| Appartamento autonomo | C | 2 | 102.9 | Radiatori | 11.2 | 75 / 60 | M |
| | D | 0 | 101.6 | Radiatori | 12.6 | 75 / 60 | M |
| | E | -5 | 106.4 | Radiatori | 14.8 | 75 / 60 | M |
| Condominio (12 interni) | C | 2 | 4x308.7 | Radiatori | 134.0 | 75 / 60 | 6M+6L |
| | D | 0 | 4x304.9 | Radiatori | 151.2 | 75 / 60 | 6M+6L |
| | E | -5 | 4x319.2 | Radiatori | 178.1 | 75 / 60 | 7M+5L |
| Villetta unifamiliare | C | 2 | 205.8 | Radiatori | 22.3 | 75 / 60 | XL |
| | D | 0 | 203.2 | Radiatori | 25.1 | 75 / 60 | XL |
| | E | -5 | 211.8 | Radiatori | 29.6 | 75 / 60 | XL |
| Villetta unifamiliare isolata | C | 2 | 205.8 | Pannelli radianti | 14.4 | 40 / 33 | XL |
| | D | 0 | 203.2 | Pannelli radianti | 14.2 | 40 / 33 | XL |
| | E | -5 | 211.8 | Pannelli radianti | 14.9 | 40 / 33 | XL |

Caratteristiche edifici tipo - fabbisogni energetici



Casi studio analizzati

- Tre zone climatiche (C, D, E)
- Quattro tipologie edilizie di riferimento
 - Appartamento autonomo
 - Condominio
 - Villetta monofamiliare
 - Villetta monofamiliare riqualificata
- Servizio di **RISC e ACS**



Edificio

- Caldaia standard
- Caldaia a condensazione
- Pompa di calore elettrica*
- **Pompa di calore assorbimento***
- **Pompa di calore endotermica***
- Apparecchio ibrido (PdC elettrica + condensazione)*
- * Includono accumulo e/o solare termico



Impianto

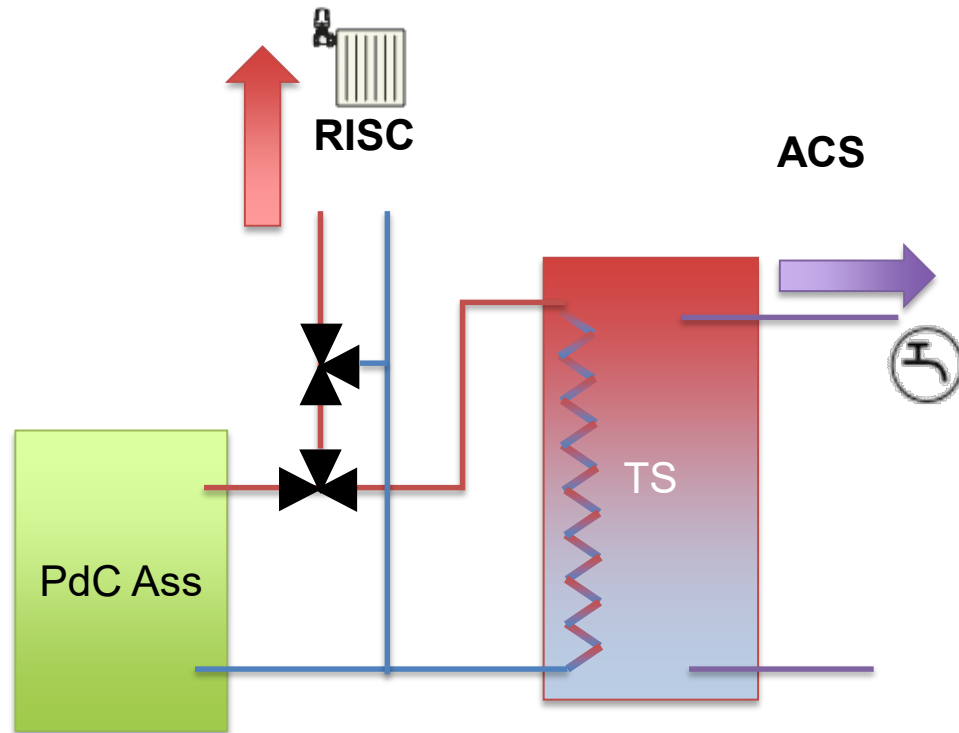
- Gas naturale
- Energia elettrica
- Miscela gas naturale arricchita ad idrogeno «verde» (20 % in volume)
- Idrogeno «verde»
- Miscela gas naturale arricchita con biometano (20% in volume)



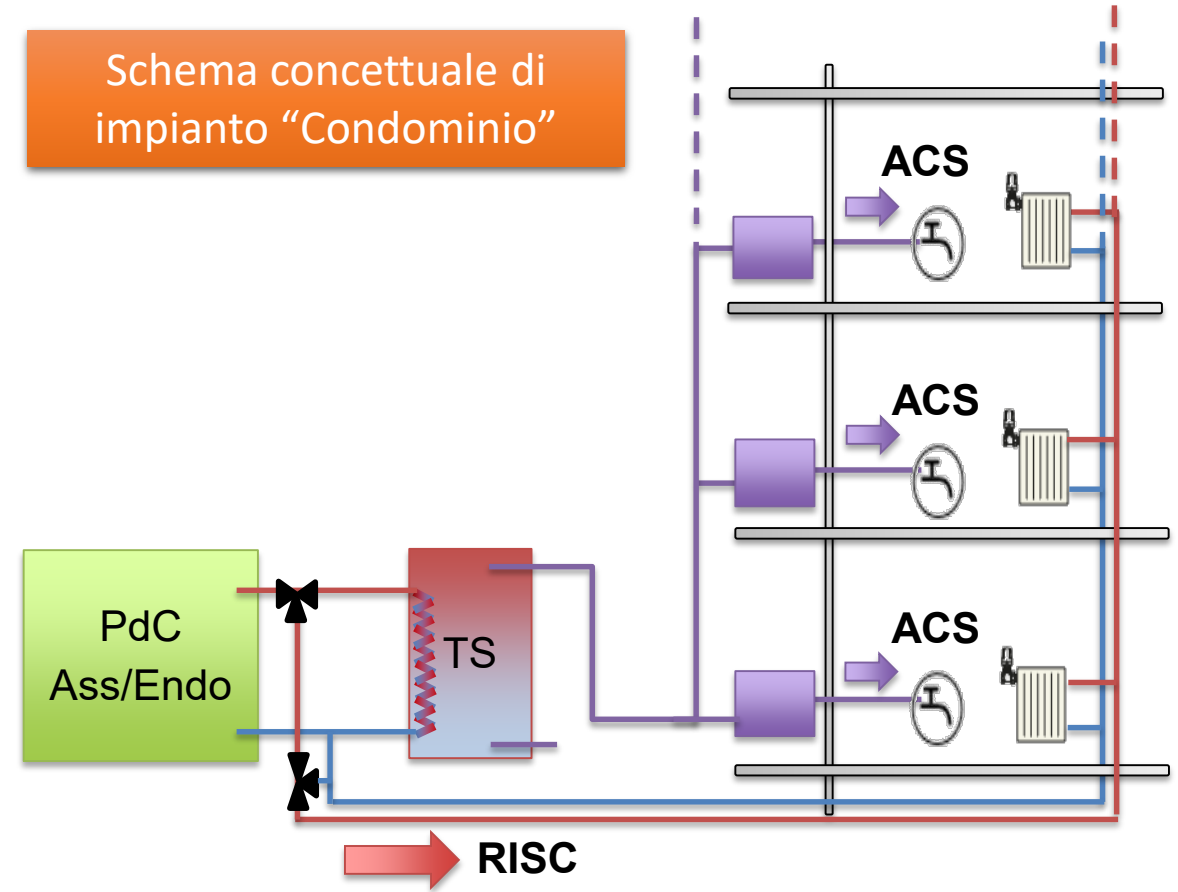
Vettore energetico

Schemi concettuali di impianto

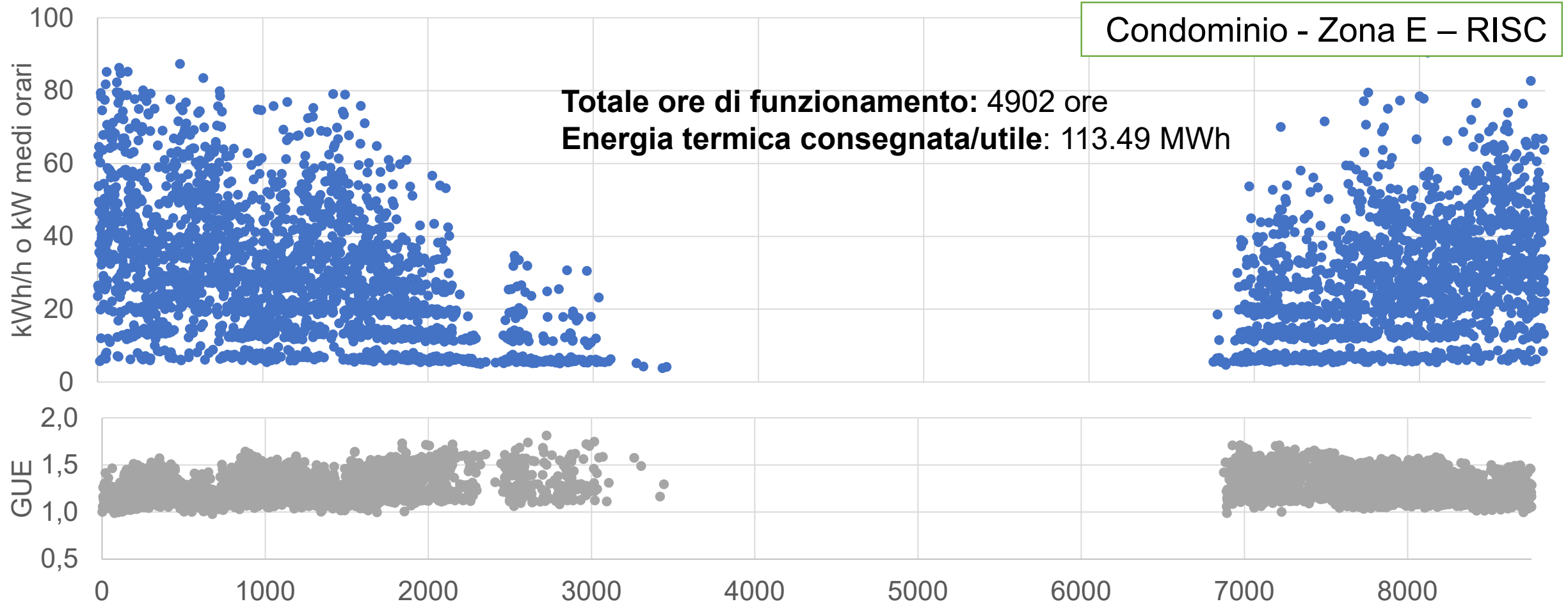
Schema concettuale di impianto "Villetta"



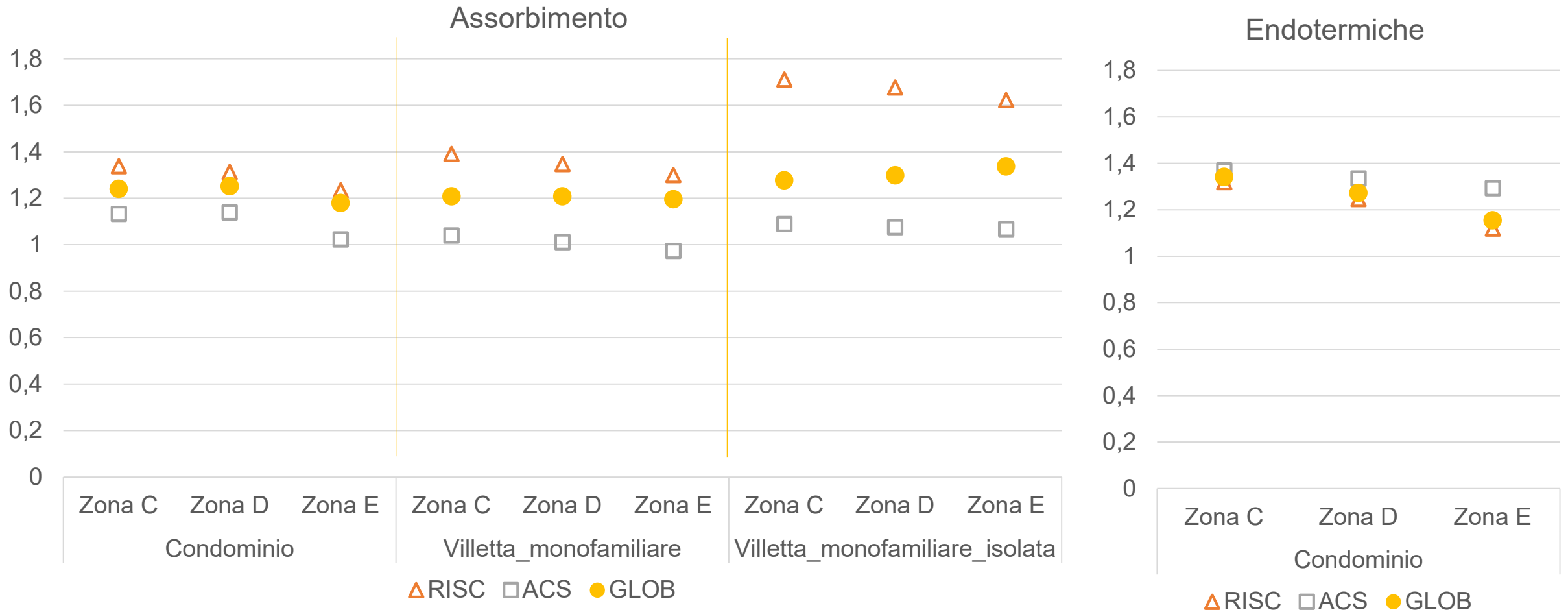
Schema concettuale di impianto "Condominio"



Esempio risultati simulazione dinamica

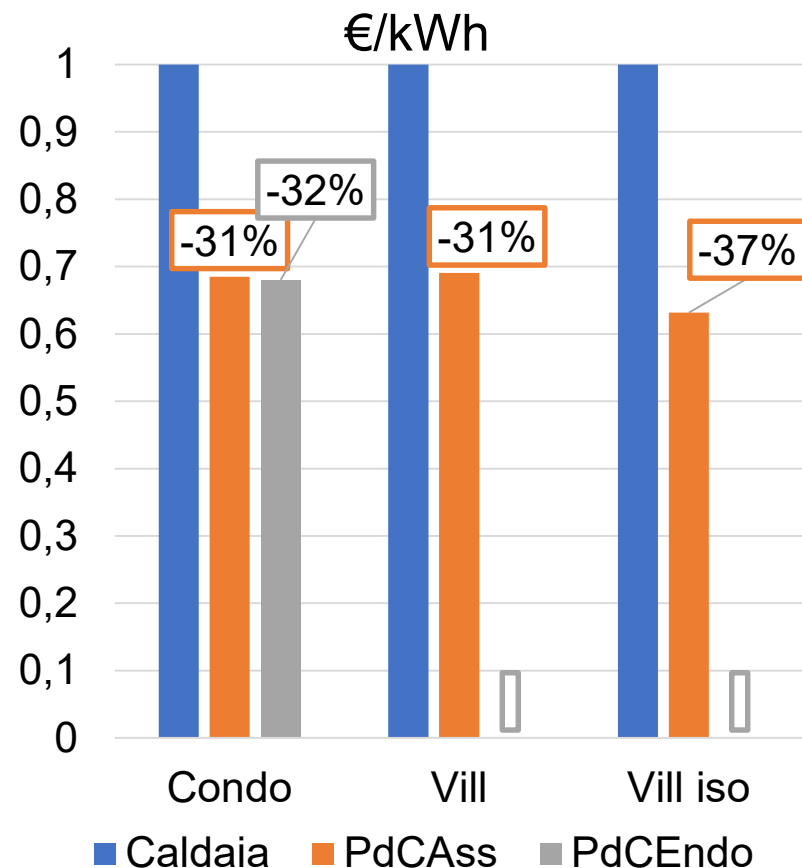
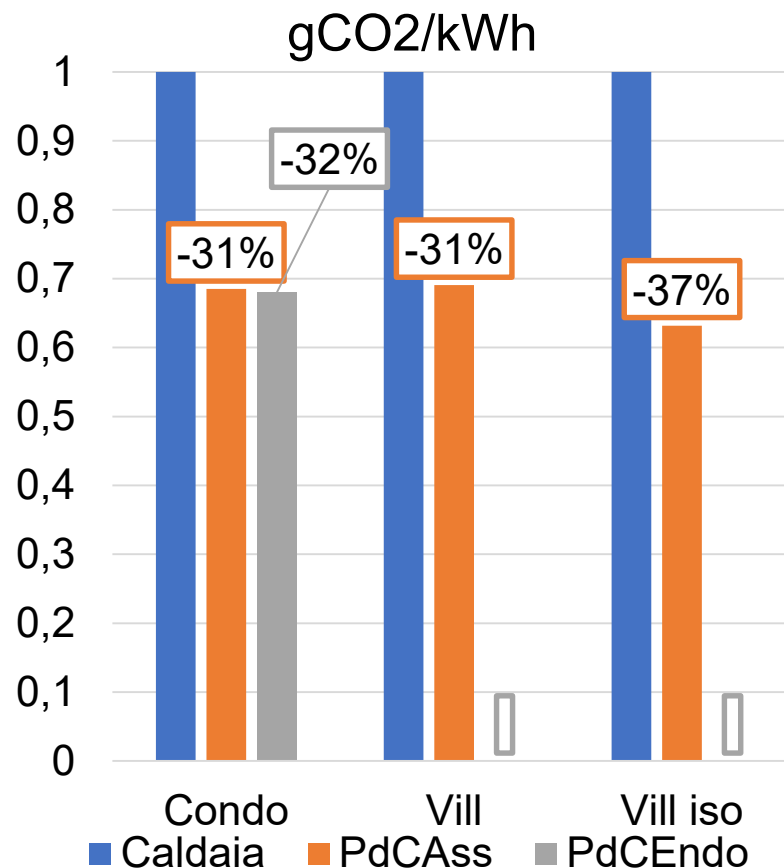
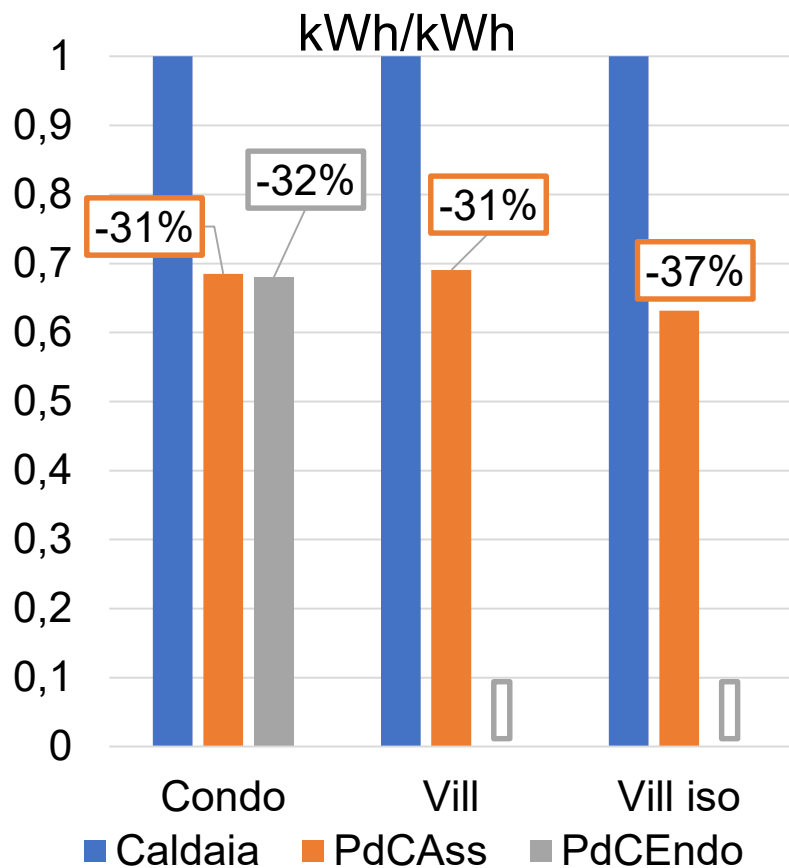


Risultati simulazioni dinamiche stagionali



Risparmi normalizzati rispetto a caldaia standard

*Valori mediati secondo distribuzione edifici per fascia climatica



Prestazioni energetiche stagionali

Villetta monofamiliare

| | Zona C | | | | | | | | | Zona D | | | | | | | | | Zona E | | | | | | | | | |
|------------------|--------|--------|------|-------|--------|------|-------------|-------------|-------------|--------|--------|------|-------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|--------|------|-------|------|-----|-----------|-------------|-------------|--|
| | RISC | | | ACS | | | GLOB | | | RISC | | | ACS | | | GLOB | | | RISC | | | ACS | | | GLOB | | | |
| | % Pdc | η | COP | % Pdc | η | COP | % Pdc | η | COP | % Pdc | η | COP | % Pdc | η | COP | % Pdc | η | COP | % Pdc | η | COP | % Pdc | H | COP | % Pdc | η | COP | |
| Cald | | 0.83 | | | 0.83 | | 0.83 | | | 0.83 | | | 0.83 | | 0.83 | | | 0.83 | | | 0.83 | | 0.83 | | | 0.83 | | |
| CaldCond | | 1.01 | | | 1.06 | | 1.03 | | | 1.01 | | | 1.05 | | 1.03 | | | 1.01 | | | 1.05 | | 1.01 | | 1.05 | | 1.02 | |
| PdC EI | | | 3.00 | | | 1.98 | | 2.44 | | | 2.78 | | | 1.79 | | 2.33 | | | 2.59 | | | 1.86 | | | | 2.24 | | |
| PdC Ass | | | 1.39 | | | 1.04 | | 1.21 | | | 1.35 | | | 1.01 | | 1.21 | | | 1.30 | | | 1.09 | | | | 1.20 | | |
| Hyb – EUR | 16% | 1.01 | 3.88 | | 1.06 | | 9% | 1.03 | 3.88 | 7% | 1.01 | 3.85 | | | | 4% | 1.03 | 3.85 | 4 | 1.01 | 3.93 | | 1.05 | | 3% | 1.02 | 3.93 | |

Fattori di conversione energetici/ambientali/economici

| | CH ₄ | En Elettrica | CH ₄ + H ₂ (80 / 20) | H ₂ | Biometano (80 / 20) |
|--|-----------------|--------------|---|----------------|------------------------|
| Energia primaria non rinnovabile, f_{nren} | 1.05 | 1.95 | 0.97 | 0 | 0.92 |
| Emissioni equivalenti CO ₂ fossile, f_{CO_2} [gCO ₂ /kWh] | 202.4 | 289.9 | 187.4 | 0 | 178.1 |
| Costo unitario vettore energetico, f_{ϵ} [€/kWh] | 0.12 | 0.43 | - | - | 0.12* |

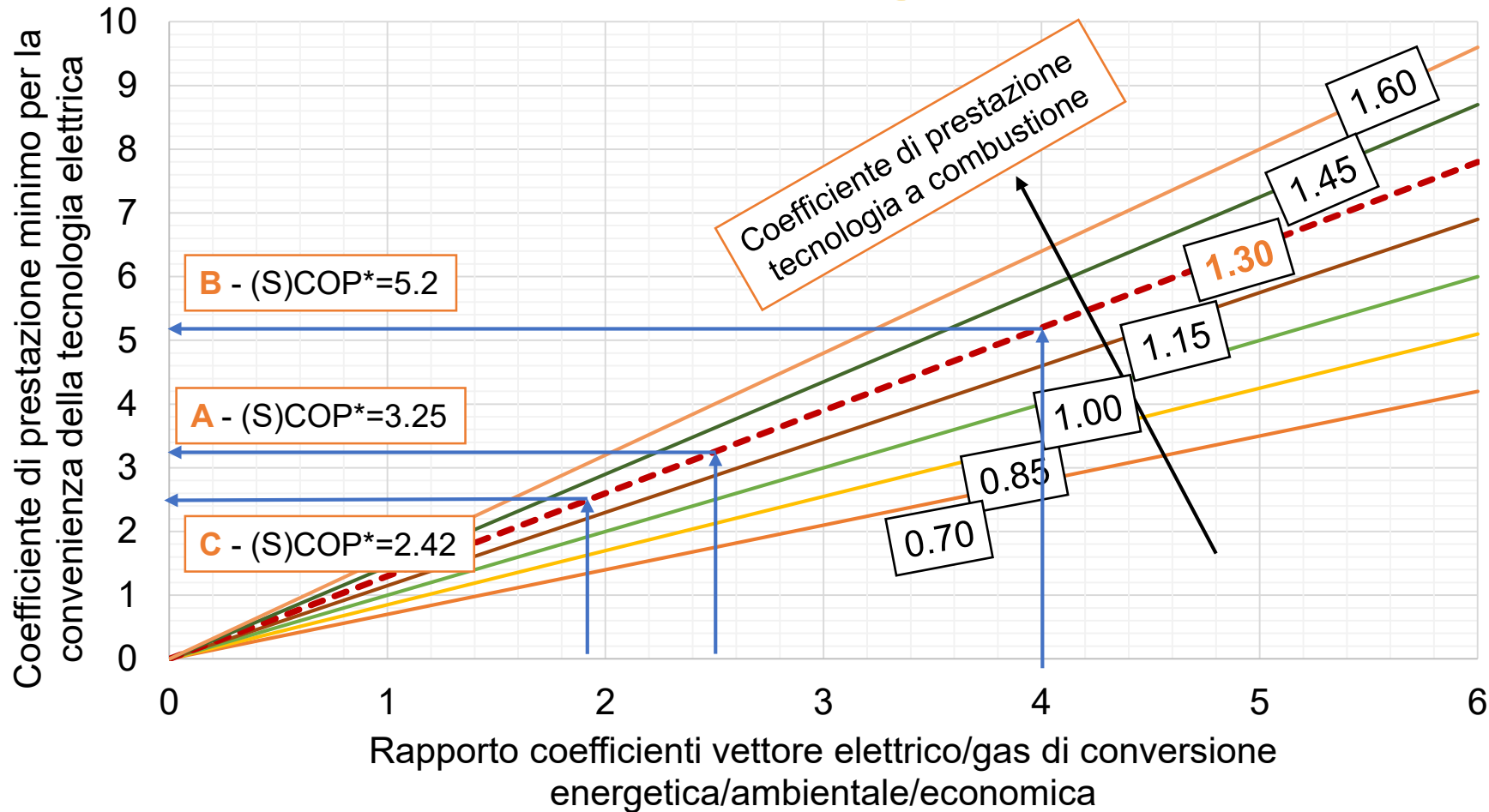
*Ipotesi Assotermica - Unipi

Fonti:

- Decreto Interministeriale 26 giugno 2015, «Adeguamento linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici»
- ISPRA, Rapporto 317/2020, «Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei»
- ARERA «Prezzo complessivo per un utente domestico tipo del mercato tutelato»
(*Prezzi medi I, II, III trimestre al 21/07/2022)

| | H2 (20%) | BioCH4 (20%) |
|-----|----------|--------------|
| EN | -7.6% | -12.4% |
| CO2 | -7.4% | -12.0% |

Confronto con tecnologie alternative



Alcuni esempi:

- A. Rapporto "storico" Prezzo energia elettrica e Prezzo gas
- B. Rapporto medio periodo (2021-2023)
- C. Rapporto energia primaria non rinnovabile elettricità / gas naturale (DI "Requisiti minimi")

Conclusioni

I **generatori a pompa di calore a gas** (assorbimento ed endotermiche) si sono dimostrati performanti, garantendo **benefici su tutti e tre gli indicatori energetico, ambientale ed economico**, specialmente in un contesto con un elevato squilibrio tra il prezzo dell'energia elettrica e del gas

Rispetto ad una caldaia standard per il parco residenziale italiano, **i risparmi stagionali medi ottenibili** su tutti e tre gli indicatori sono compresi **tra il 31% e il 37%**

La ridotta diminuzione del GUE alle alte temperature di mandata, ha permesso di **non compromettere le prestazioni** nel caso di **terminali ad alta temperatura (radiatori)** e nella **produzione di ACS** (es. antilegionella)

L'utilizzo di **combustibili gassosi alternativi**, come miscele arricchite ad idrogeno verde o biogas (20% in volume), comporta vantaggi energetici e ambientali **(-7 e 12 % rispettivamente di energia primaria e CO2)**, proporzionalmente al loro contenuto in componente «verde» e al livello di utilizzo del generatore a combustione.

Conclusioni

Tutte le tecnologie analizzate (combustione, elettriche o ibride) hanno presentato **potenzialità diverse a seconda dei contesti di applicazione**: la scelta della migliore soluzione non può quindi prescindere **dall'analisi dell'utenza, del clima e da un'ottimizzazione del dimensionamento e dalla gestione integrata dei componenti** al fine di non compromettere le potenzialità teoriche delle tecnologie impegnate

È possibile creare una **sinergia tra risparmi economici** per gli utenti e gli obiettivi della **transizione energetica**

La scelta ottimale tra **tecnologie e vettori energetici** diversi dipende da:

- **Contesto energetico**: mix di combustibili e tecnologie utilizzate per la produzione di energia elettrica e dal «valore» rinnovabile dei vettori energetici
- **Contesto Economico**: prezzi vettori energetici
- **Contesto Tecnologico**: efficienze delle tecnologie

L'integrazione ottimale tra **tecnologie e vettori energetici** rappresenta un importante elemento di resilienza del sistema energetico da tutti i punti di vista in risposta alle variazioni dei contesti sopracitati (es. sistemi ibridi)

Grazie.

Paolo CONTI

*Ph.D. - Ricercatore Senior
Università di Pisa - DESTEC*



Evento organizzato da:

Assotermica
tecnologie per il comfort

An aerial photograph of a dense green forest. Overlaid on the right side is a white graphic of a heat pump cycle, showing a vertical pipe with a flame at the bottom, a horizontal pipe to the right, and a vertical pipe at the top. To the right of this graphic, the text 'THERMALLY DRIVEN HEAT PUMP' is written in large, bold, yellow capital letters. Below this, the text 'L'evento digitale' is written in white capital letters.

**THERMALLY
DRIVEN
HEAT PUMP**
L'evento digitale

