

REVIS DAYS

12-13 giugno 2026

La Direttiva EPBD IV e l'uso delle pompe di calore

Ing. Laurent Socal

Presidente Anta – Associazione Nazionale Termotecnici e Aerotecnici

È la Direttiva europea che si occupa della prestazione energetica degli edifici.

È la Direttiva che ci ha imposto la certificazione energetica degli edifici.

Fa parte di un pacchetto di Direttive sull'uso dell'energia nell'UE:

...Legge 10/1991...

- «Ecodesign» o «ERP» + «Ecolabeling» → **prodotti efficienti**
- «EED» Efficienza energetica in generale → **riduzione energia finale a livello di stati**
- «ERES» Fonti rinnovabili → **obblighi ed incentivi per l'uso delle fonti rinnovabili**
- «EPBD» → **Uso dell'energia negli edifici**

Obiettivo complessivo del pacchetto: ZERO emissioni CO₂ nel 2050

Ciò ha delle conseguenze e non sarà gratuito né facile

Direttiva 2023/1791/CE → Efficienza negli usi finali dell'energia → ex 2012/27/CE → Dlgs 102/14 → Non ancora recepita in Italia (scadenza ottobre 2025)

- Imposizione di obiettivi di risparmio energetico complessivo agli **stati membri** in termini di **energia finale** → **primaria non rinnovabile**
- Obblighi per le imprese
 - **Imprese oltre 85 TJ/anno** → **2,7 MW** medi in energia finale
 - Sistema di gestione energia ISO 50001 in funzione entro 11/10/2027
 - **Imprese oltre 10 TJ** → **317 MW** medi in energia finale
 - Diagnosi energetiche EN 16247 ogni 4 anni, la prima entro 11/10/2026
 - Piano di azione per mettere in pratica le raccomandazioni
 - Raccomandazioni e grado di implementazione nel report pubblico annuale
- Obbligo contabilizzazione individuale
 - lettura da remoto entro 01/01/2027

Recepimento Direttiva EPBD (energia negli edifici)

- Direttiva 2002/91/CE EPBD I → DLgs. n. 192/05 e DLgs. n. 311 → D.P.R n. 59/09 → D.M. 26/06/09
- Direttiva 2010/31/UE EPBD II → Legge 90/2013 → D.M. 26/06/15 requisiti minimi + APE
- **Direttiva 2018/844/EU EPBD III** → D.Lgs n. 48/2020 → **D.M. 28/10/25 Nuovi requisiti minimi**
- Direttiva 2024/1275/EU EPBD IV → Dlgs entro 29/06/26? → **DM attuativo?**

DM 28/10/25 Nuovi requisiti minimi fa aggiustamenti delle verifiche di legge e dell'edificio di riferimento
Entrato in vigore il 03/06/2026

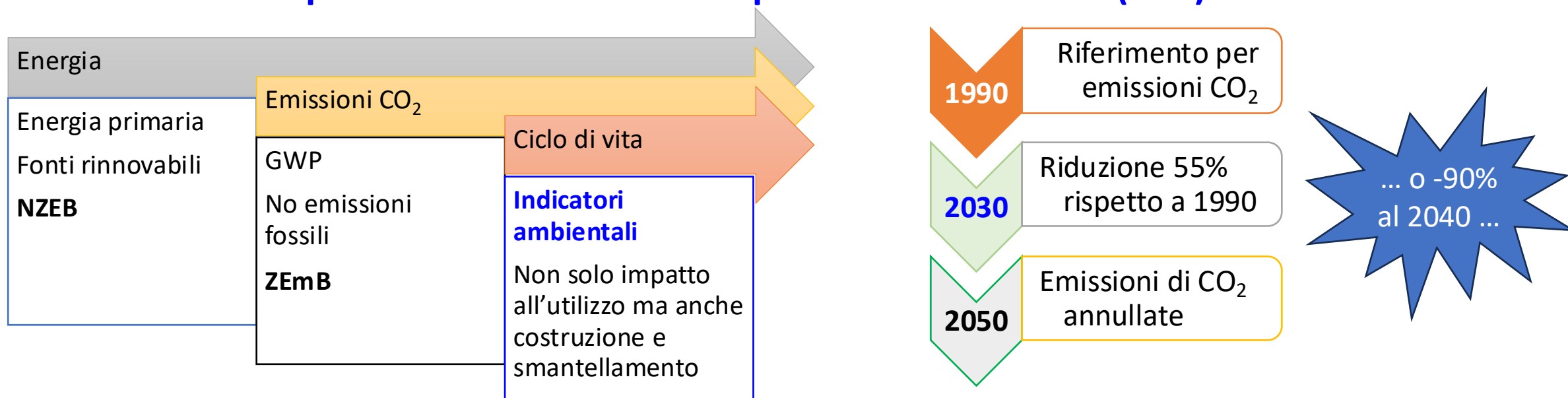
Recepimento Direttiva RES (energia da fonti rinnovabili)

- Direttiva 2009/28/CE (RED I) → D.Lgs. n. 28/2011 → QR minimo 50% W + 50% HWC + Pmin
- Direttiva 2018/2001 (RED II) → D.Lgs. n.199/2021 → QR minimo 60% W + 60% HWC + Pmin
- Direttiva 2023/2413 (RED III) → **D.Lgs. n. 05/2026**

Introduce quote rinnovabili anche per interventi su edifici esistenti...

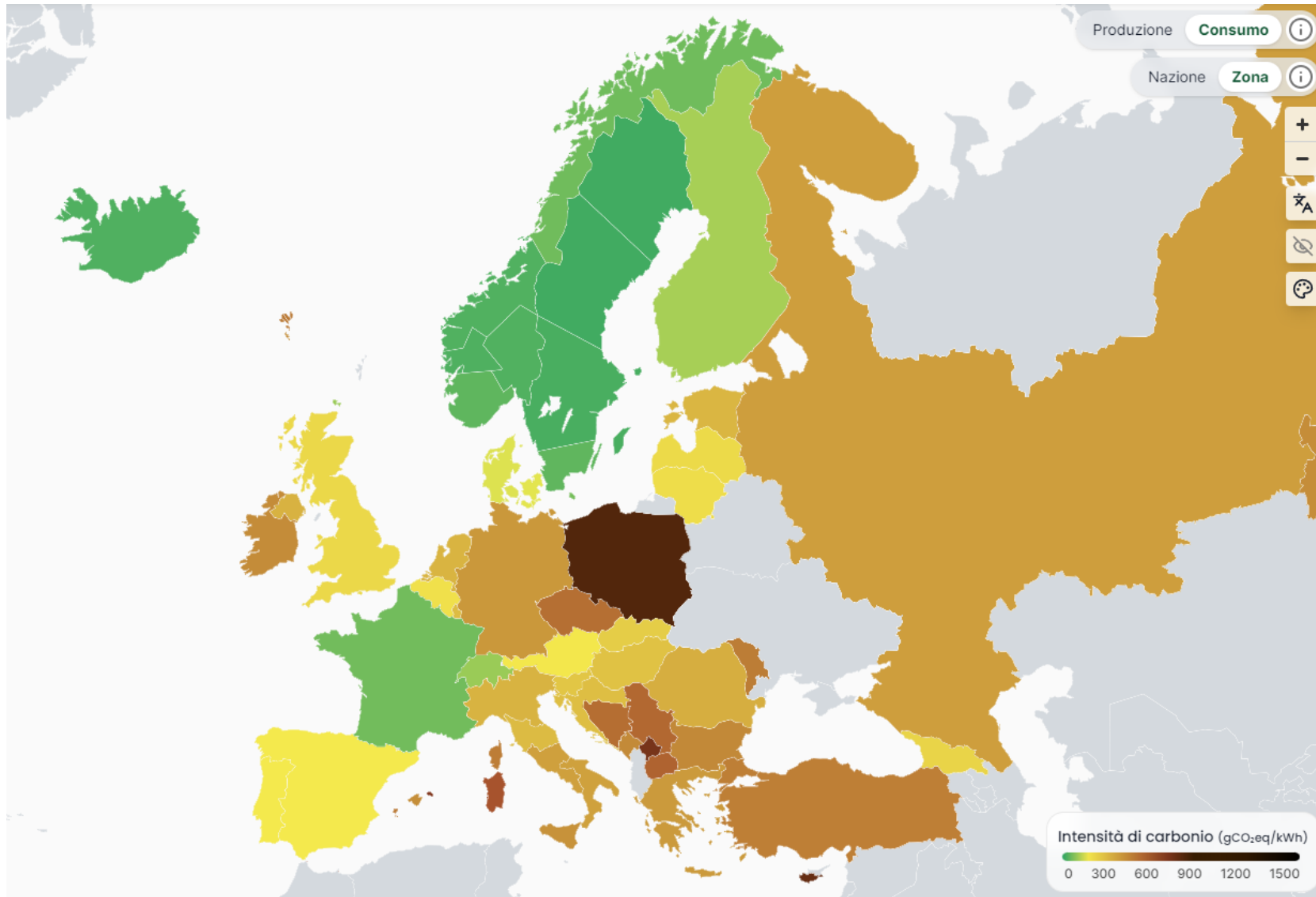
Entra in vigore a rate, nuove quote rinnovabili dal 03/08/2026

- Il nuovo obiettivo generale dell'UE è «**decarbonizzare**» entro il 2050
- Di conseguenza, gli obiettivi della nuova direttiva EPBD diventano:
 - «**Emissione zero**» dei nuovi edifici entro il 2030
 - «**Emissione zero**» degli edifici esistenti entro il 2050
 - **Focus sull'impatto del ciclo di vita complessivo dell'edificio (LCA)**



Fonte	Disponibilità	Caratteristiche	Evoluzione
Gas naturale	Elevata	Trasporto via gasdotto vincola la fornitura	
Petrolio	Elevata	Trasporto consente scelta del fornitore	
Carbone	Elevata	Emissioni controllabili solo su grandi impianti	
Biomasse	Elevata	Impianti di produzione impegnativi, quantità limitate	
Idroelettrico	Elevata	Già sfruttati i siti interessanti	
Nucleare	Elevata	Problemi di accettazione da parte del pubblico.	
Solare termico	Bassa	Produzione solo in loco. Disponibilità giorno ed estate	
Solare fotovoltaico	Bassa	Producibile in loco. Disponibilità giorno e soprattutto estate	
Eolico	Bassa	Legato alle condizioni climatiche locali, difficilmente prevedibile	
Geotermia	Elevata	Legato alla geologia locale. Quantità modesta.	

Fonte	Disponibilità	Caratteristiche	Evoluzione
Gas naturale	Elevata	Trasporto via gasdotto vincola la fornitura	Abbandono
Petrolio	Elevata	Trasporto consente scelta del fornitore	Abbandono
Carbone	Elevata	Emissioni controllabili solo su grandi impianti	Abbandono
Biomasse	Elevata	Impianti di produzione impegnativi, quantità limitate	Aumento
Idroelettrico	Elevata	Già sfruttati i siti interessanti	Stabile
Nucleare	Elevata	Problemi di accettazione da parte del pubblico.	?
Solare termico	Bassa	Produzione solo in loco. Disponibilità giorno ed estate	Stabile
Solare fotovoltaico	Bassa	Producibile in loco. Disponibilità giorno e soprattutto estate	Crescita
Eolico	Bassa	Legato alle condizioni climatiche locali, difficilmente prevedibile	Crescita
Geotermia	Elevata	Legato alla geologia locale. Quantità modesta.	Stabile



Anno 2023, emissione specifica energia elettrica

Paese	gCO ₂ /kWh
Polonia	750
Repubblica Ceca	479
Germania	372
Italia, nord	300
Slovacchia	231
Austria	160
Spagna	154
Svizzera	83
Francia	53
Norvegia	≈ 35
Svezia	≈ 20

**Bassi valori di emissione =
idroelettrico + nucleare**

[LINK](#)

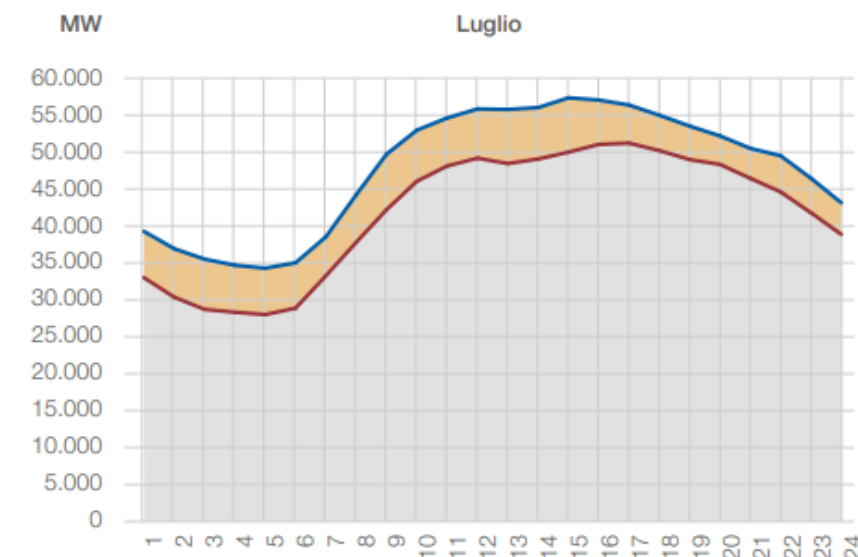
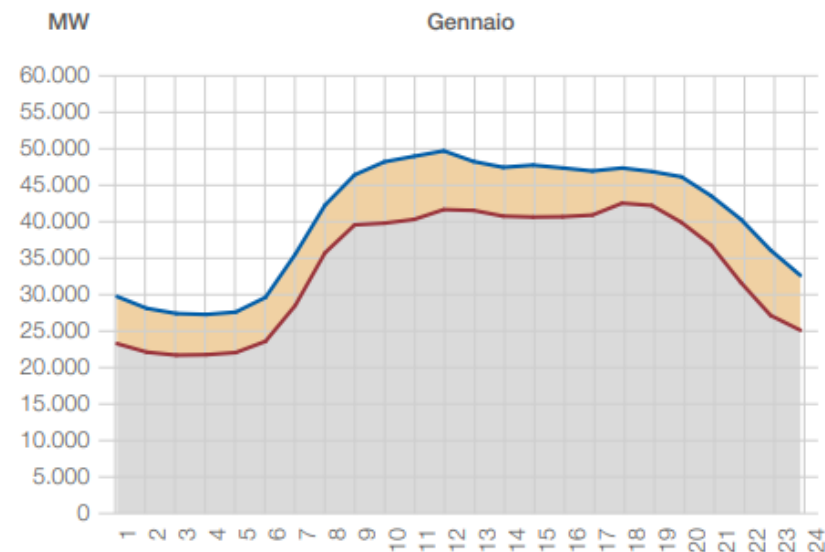
Picco di potenza da coprire:

- Potenza di picco estiva: **57 GW**
- Potenza di picco invernale: **55 GW**

Generatori disponibili (2023):

- **Termoelettrico: 63 GW** → 4 GW da biocombustibili
- **Idroelettrico: 23 GW** → pompaggio 7 GW
- **Fotovoltaico: 30 GW**
- **Eolico: 12 GW**
- **Geotermico: 1 GW**

3° mercoledì del mese 2024
Blu = consumo
Rosso = produzione
Giallo = Importazione



Vettore	Caratteristiche
Gas naturale	Attualmente solo da fonte non rinnovabile. Può essere addizionato con biogas e/o idrogeno. Non sempre disponibile localmente.
Gasolio	Attualmente da fonte non rinnovabile. Può essere addizionato con biodiesel. Necessita il trasporto in loco su strada. Accumulabile localmente.
GPL	Da fonte non rinnovabile. Necessita trasporto in loco. Accumulabile localmente.
Energia elettrica	Nessuna emissione locale all'utilizzo. Impatto ambientale ed economico <u>dipendente da come viene prodotta</u> . Estrema flessibilità all'utilizzo (illuminazione, pompe di calore, trasporti, calore ad alta temperatura...). Facilmente trasportabile. Presente in tutti gli edifici. Può essere prodotta in loco. Costosa da accumulare (accumulo indispensabile solo in assenza di rete)
Biogas	Quantità disponibile limitata. Aggressivo verso gomme e metalli. Rimane l'emissione di NOx. Può essere distribuito attraverso la rete del metano.
Biodiesel	Quantità disponibile limitata. Aggressivo verso gomme. Rimane l'emissione di NOx e di polveri. La produzione può richiedere ancora quantità significative di energia non rinnovabile
Idrogeno	Caratteristiche ambientali ed energetiche dipendenti da come viene prodotto. Può essere accumulato. Potrebbe essere utilizzato efficacemente in celle a combustibile. Utilizzabile in combustione per produrre calore ad alta temperatura.

Vettore	Caratteristiche
Gas naturale	Attualmente solo da fonte non rinnovabile. Può essere addizionato con biogas e/o idrogeno. Non sempre disponibile localmente.
Gasolio	Attualmente da fonte non rinnovabile. Può essere addizionato con biodiesel. Necessita il trasporto in loco su strada. Accumulabile localmente.
GPL	Da fonte non rinnovabile. Necessita trasporto in loco. Accumulabile localmente.
Energia elettrica	Nessuna emissione locale all'utilizzo. Impatto ambientale ed economico <u>dipendente da come viene prodotta</u> . Estrema flessibilità all'utilizzo (illuminazione, pompe di calore, trasporti, calore ad alta temperatura...). Facilmente trasportabile. Presente in tutti gli edifici. Può essere prodotta in loco. Costosa da accumulare (accumulo indispensabile solo in assenza di rete)
Biogas	Quantità disponibile limitata. Aggressivo verso gomme e metalli. Rimane l'emissione di NOx. Può essere distribuito attraverso la rete del metano.
Biodiesel	Quantità disponibile limitata. Aggressivo verso gomme. Rimane l'emissione di NOx e di polveri. La produzione può richiedere ancora quantità significative di energia non rinnovabile
Idrogeno e altri combustibili manifatturati	Caratteristiche ambientali ed energetiche dipendenti da come vengono prodotti. Possono essere accumulati. L'idrogeno potrebbe essere utilizzato efficacemente in celle a combustibile. Utilizzabili in combustione per produrre calore ad alta temperatura.

- Energia elettrica ?


- Con l'energia elettrica si può riscaldare, raffrescare, illuminare, far funzionare un motore, ...
- Già disponibile in tutti gli edifici
- Può essere prodotta anche localmente: fotovoltaico
- Può essere accumulata localmente, con durata giornaliera
- Serve non solo per gli usi di comfort ma anche per lavoro

- Biomassa e biogas?

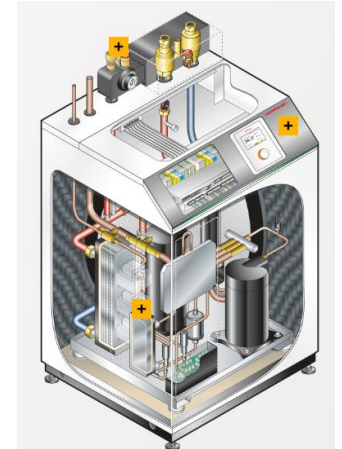
- Disponibili in quantità limitate
- Emissioni inquinanti da controllare
- Logistica biomassa impegnativa

- Idrogeno o gas manifatturati ?

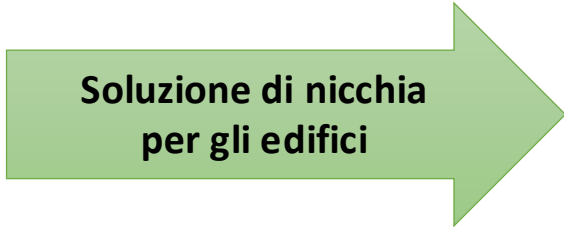
- Utili per le applicazioni industriali ad alta temperatura ed alta potenza
- Utili per stoccaggi di energia anche stagionali
- Richiedono reti ed apparecchi (tutti...) adatti



**Soluzione di base
per gli edifici**



Pompe di calore



**Soluzione di nicchia
per gli edifici**



**Industria e
trasporti**



Dati 2023						
Autotrazione	U.M.		Valore	TWh	Efficienza	Aggiungere
Gasolio	1000 t		26000	299	4	75
Benzina	1000 t		8000	80	4	20
Gas	Msm ³		68000			
Civile	Msm ³	48%	32640	313	3	104
Industria	Msm ³	22%	14960	144	2	72
Elettrico	Msm ³		20400	196		
Consumi elettrici correnti				301		271

Con due **variabili principali** possibili...
 Riduzione dei fabbisogni invernali degli edifici (cappotti)
 Riduzione dei consumi elettrici correnti

- «**Decarbonizzare**» è facile a dirsi ma un po' più complicato da farsi
- Problema principale: la «**disponibilità**» delle fonti energetiche
Le **fonti rinnovabili** di energia sono **disponibili solo in certi momenti**.
Servono quindi accumuli
 - Giornalieri** (giorno/notte): ingombrante e costoso ma fattibile, termico ed elettrico.
Necessità in parte riducibile concentrando gli utilizzi in determinate ore del giorno
 - Stagionali** (estate/inverno): **fattibile solo con la chimica** ed in parte con l'idroelettrico
Esempi: serbatoi di gasolio o GPL, catasta di legna...
- **Si va a caricare la rete elettrica** trasferendo su di essa ciò che ora passa per la rete del gas naturale e per la rete di distribuzione dei carburanti:
→ urge rinforzarla e ridurre il carico

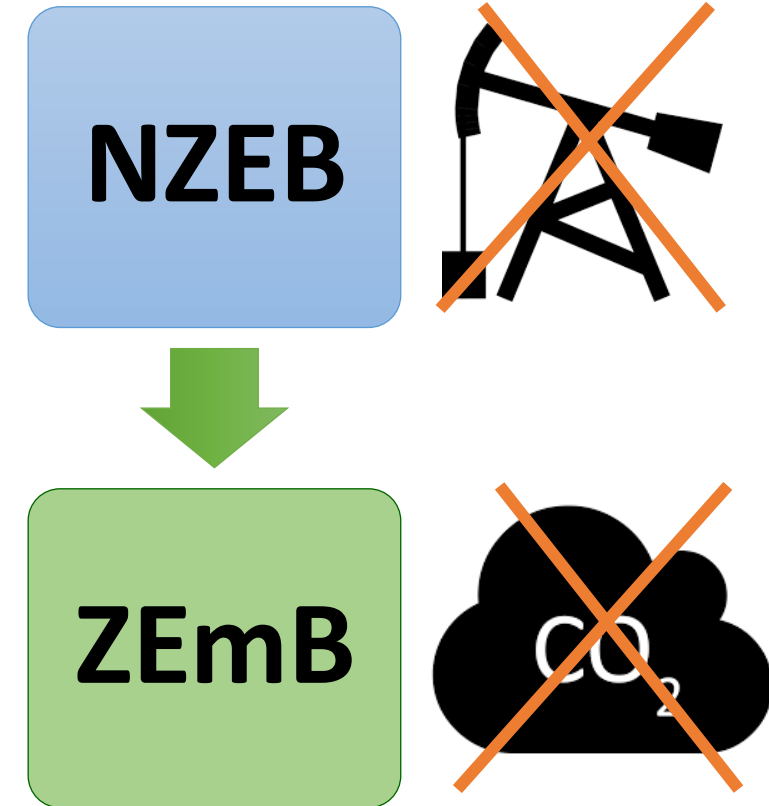
Non sarà né facile né gratuito

L'obiettivo: ZEmB

Che cos'è un «edificio a emissione zero»

- **Prima: obiettivo evitare l'esaurimento delle risorse energetiche → edificio a consumo quasi nullo «NZEB»**
 - «quasi zero»: si fa quanto possibile, economicamente efficace
 - Soglia di prestazione energetica da calcolo nazionale («cost optimality»)
 - Non ci sono obblighi di intervento su edifici esistenti
- **Nuovo obiettivo: limitare le emissioni di CO₂ → edificio a emissione zero «ZEmB»**
 - Partito come zero emissioni assolute
 - ... arrivato ad emissione (**quasi !**) zero locale
 - Contiene degli obblighi di intervento

Il ridimensionamento in corsa degli obiettivi, evidente durante la discussione della bozza, ha lasciato una situazione ancora incoerente fra obiettivi globali dichiarati al 2050 e prescrizioni della nuova EPBD → cambiamenti già in vista?



«**edificio a energia quasi zero**»: un edificio ...

- *ad **altissima prestazione energetica**, determinata conformemente all'allegato I,*
- *che non è peggiore del **livello ottimale in funzione dei costi** per il 2023 comunicato dagli Stati membri a norma dell'articolo 6, paragrafo 2,*
- *nel quale il **fabbisogno energetico** molto basso o **quasi nullo è coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili**, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o l'energia da fonti rinnovabili prodotta nelle vicinanze*

Non cambia la definizione di NZEB

Il livello «**quasi zero**» è determinato con una **analisi costi/benefici** svolta da ciascuno stato membro per gli edifici tipici del suo patrimonio edilizio (per categorie) e giustifica i requisiti minimi posti dalla propria legislazione: prescrizioni DM 26/06/2015 giustificate da analisi italiana. Nel fare questa analisi e rinnovarla, gli Stati Membri seguono un regolamento comune.

‘«edificio a emissioni zero»: un edificio ...

- **ad altissima prestazione energetica**, determinata conformemente all'allegato I,
- **con un fabbisogno di energia pari a zero o molto basso**,
- **che produce zero emissioni in loco di carbonio da combustibili fossili**
- **e un quantitativo pari a zero, o molto basso, di emissioni operative di gas a effetto serra conformemente all'articolo 11;**

Requisiti dettagliati nell'articolo 11

Emissioni «quasi» zero. Sono annullate le emissioni da CO₂ **in loco** da **combustibili fossili**
Ammesse emissioni di CO₂ da combustibili non fossili e connesse all'importazione di vettori energetici: ad esempio uso di energia da rete elettrica

Se i vettori energetici consegnati saranno esenti da CO₂ allora emissione futura realmente zero

- **Deve avere bassissimi fabbisogni di energia**, calcolati in conformità ad allegato I
→ cost-optimality
La **soglia di fabbisogno** deve essere **inferiore almeno del 10%** rispetto al valore massimo calcolato per un NZEB al 28/05/2024 → *≈ limiti di cui al DM «requisiti minimi» - 10%*
- La **soglia di fabbisogno può** essere **differenziata** per gli edifici rinnovati
= *soglia diversa per nuovi edifici ZEmB ed edifici che «diventano» ZEmB?*

Il criterio **quantitativo** per individuare un ZEmB diventa quindi: fabbisogno di energia
→ come per NZEB ma un po' più basso (10%) e forse differenziato nuovi/esistenti

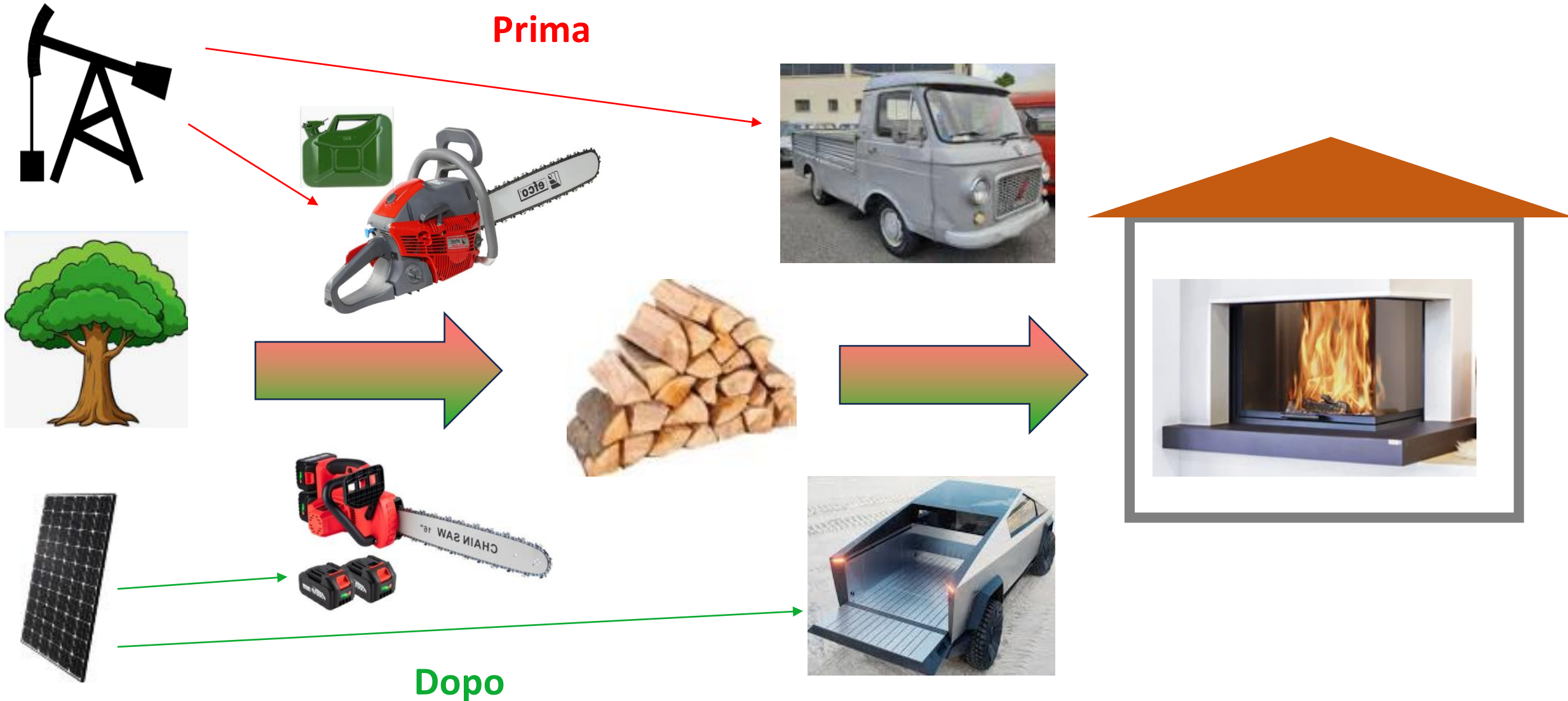
**Un edificio ad emissioni (quasi) zero
è un edificio a consumo «un po' meno che quasi nullo»...**

- **Non deve avere alcuna emissione di CO₂ da combustibili fossili in-situ**
- Deve avere una **bassissima «emissione di CO₂ in esercizio»** → da altri vettori (en. el.)
- **L'emissione massima in esercizio deve essere limitata dagli Stati Membri**
Anche questa può essere differenziata per nuovi/esistenti...
- Il fabbisogno **residuo** di energia deve essere «**completamente coperto**» da (alternativa):
 - Energia rinnovabile **generata o accumulata in-situ** conforme ad art. 7 RED
 - Energia rinnovabile da una **comunità energetica rinnovabile** conforme a art. 22 RES
 - Energia **rinnovabile o di scarto da un teleriscaldamento efficiente** conforme ad art. 24 EED
 - **Energia da sorgenti prive di carbonio**
 - Se non fattibile quanto sopra, ammesse altre forme di energia dalla rete (elettrica e/o gas?) con limiti stabiliti a livello nazionale

Quindi rimane a disposizione solo energia rinnovabile sul posto (FV e poi cos'altro?),
la rete elettrica (nei limiti nazionali) e poi il teleriscaldamento.

ESEMPIO: GENERATORE A BIOMASSA, DECARBONIZZAZIONE DELLA FILIERA

Prima



- **Deve** «contribuire alla flessibilità della domanda» (quanto?)
 - Deve disporre di accumuli di energia, carichi sacrificabili e carichi forzabili
 - Deve adattare la generazione, accumulo ed utilizzo dell'energia in funzione di un segnale esterno, ***laddove sia tecnicamente ed economicamente fattibile.***

Affiora il problema della «disponibilità delle fonti»

«SMART grid» oggi: prelevi energia dalla rete od immetti energia in rete **quando vuoi**

«SMART grid» domani: prelevi energia dalla rete od immetti energia in rete **quando te lo permette o richiede**

Automazione richiesta non solo per la funzionalità ma anche per la gestione dell'energia

- **Deve** avere un GWP sul ciclo di vita inferiore ad un valore massimo, in riduzione nel tempo per effetto della riduzione della «decarbonizzazione» dei materiali
 - ***Attenzione ai materiali in fase di costruzione / riqualificazione***



Monocristallino: $0,20 \text{ kW}_p/\text{m}^2 \times 1350 \text{ h/anno} \cong 270 \text{ kWh/m}^2$ anno elettrici relativamente alla superficie

Tetto a falda unica orientata sud, no sporgenze → tutto lo spazio utilizzabile ma vincolo architettonico pesante

Tetto a falde: 20%...40% utilizzabile → 54...108 kWh/m² anno

Tetto piano → 50...60% superficie utilizzabile per evitare ombre reciproche → 135...162 kWh/m² anno

Edificio con più piani → producibilità divisa per il numero di piani → necessarie altre superfici

... e c'è sempre il problema della «**disponibilità**» ovvero del **profilo annuale e giornaliero di insolazione**.

... e nell'edificio non ci sono solo i servizi di benessere (EPBD) ma tutte le altre attività

Anche se la produzione elettrica giornaliera (18 kWh) è uguale al consumo elettrico dell'edificio (18 kWh), solo 5,50 kWh prodotti dai pannelli sono realmente utilizzati mentre 12,50 sono forniti dalla rete QUANDO DAVVERO SERVONO

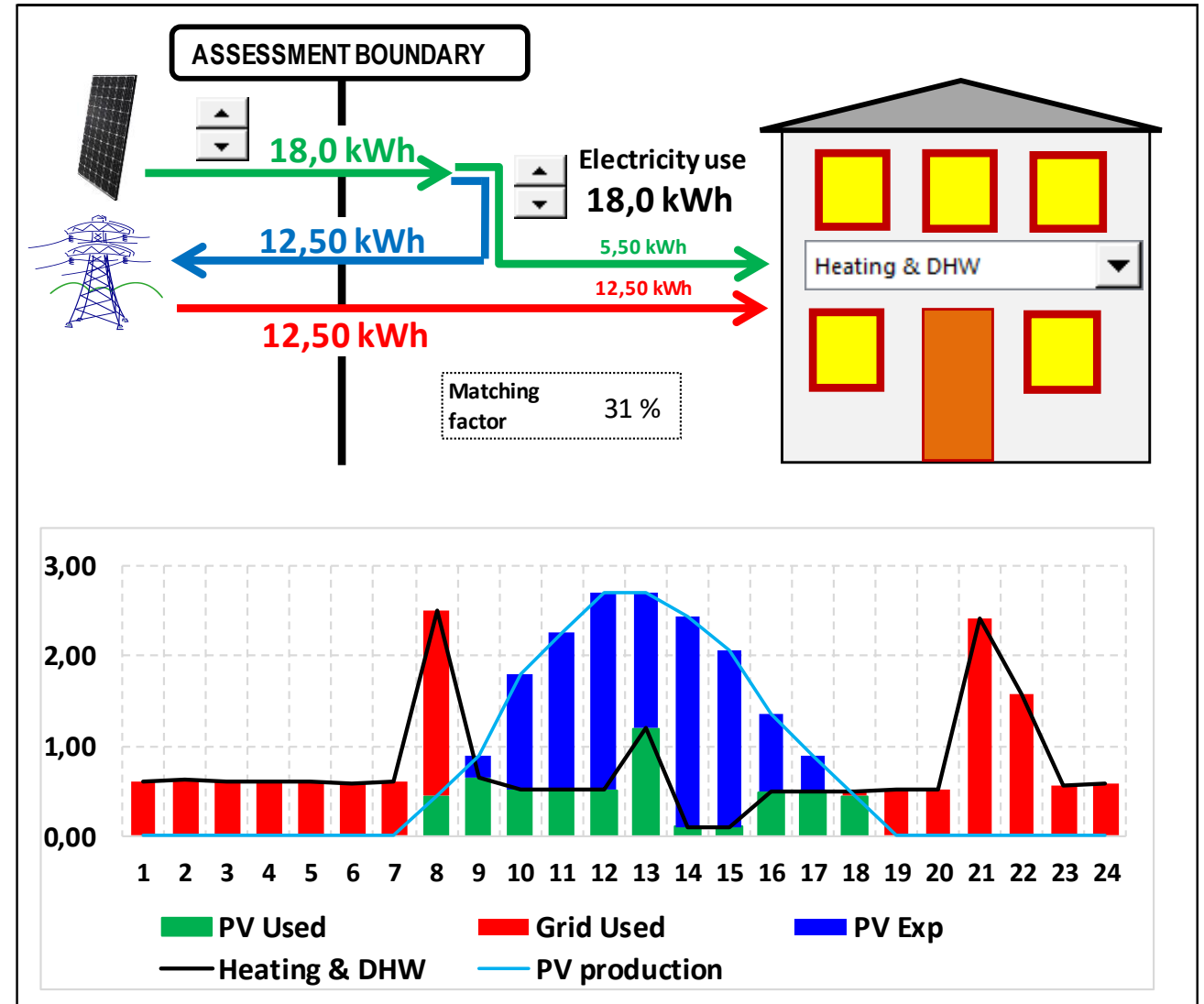
100% = «Compensazione» ($K_{exp} = 1$)

31% = «Copertura» ($K_{exp} = 0$)

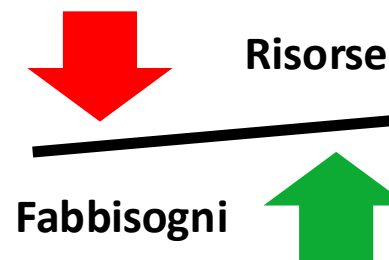
con energia da fonti rinnovabili

Per «coprire» realmente i fabbisogni occorre, in alternativa:

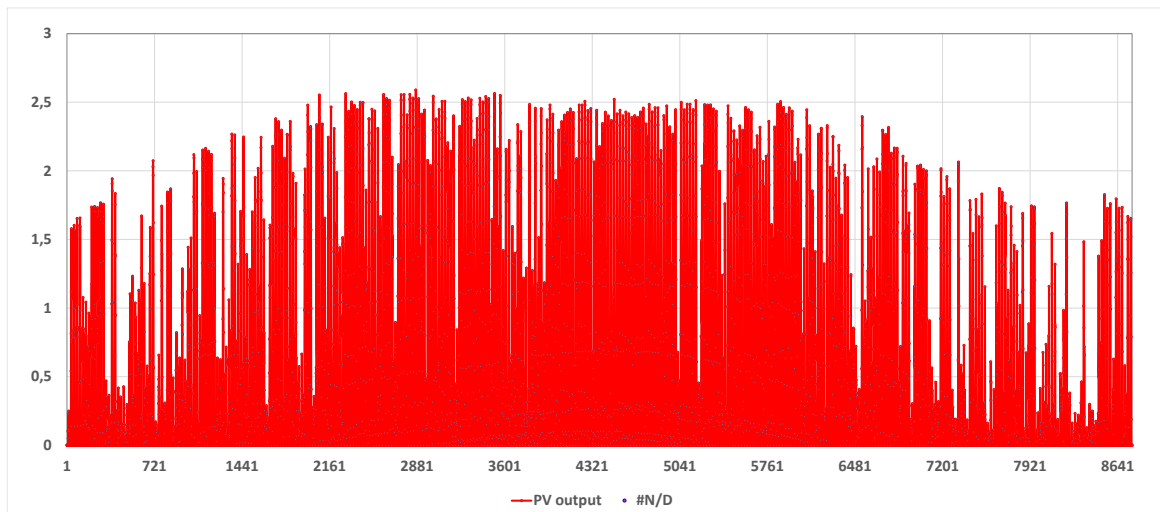
- Spostare i fabbisogni nel tempo
- Accumulare energia direttamente con un dispositivo dedicato;
- Accumulare energia indirettamente, cioè utilizzando l'edificio e/o l'impianto come accumulato



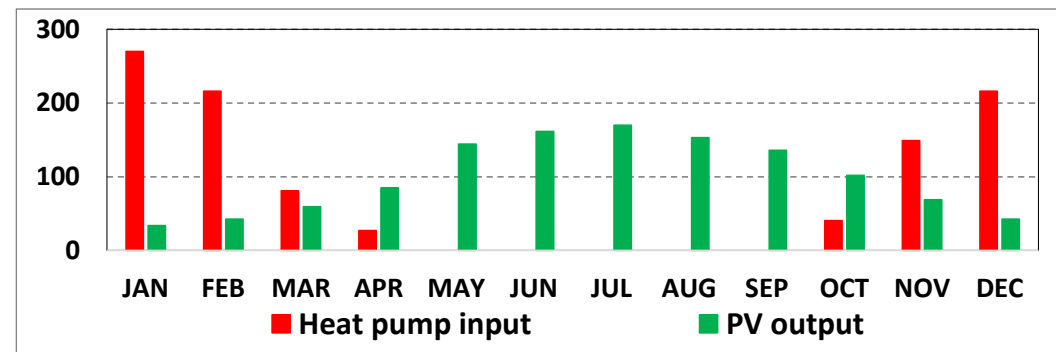
- Generazione da fonti rinnovabili...
 - Disponibilità ?
 - Profilo di generazione annuale, giornaliero e «meteorologico»



Non solo «quanto»
... ma quando!



Profilo orario di produzione annuale di un tipico impianto fotovoltaico



Il fotovoltaico serve a poco per il riscaldamento
Serebbe un accumulo STAGIONALE

• Accumulo termico sensibile (acqua calda...)

– Parametro caratteristico: calore specifico

Acqua 1,16 kWh/m³°C Olio 0,55 kWh/m³°C Muratura 0,23 kWh/t °C

– **Carica e scarica a temperatura variabile → kWh/°C + ΔT accettabile**

– Perdite termiche significative (auto scarica in pochi giorni od ore)

• Accumulo acqua da 100 litri → 0,1 m³ x 1,16 kWh/m³°C = 0,12 kWh/°C

• 1 muro di una stanza: (4 x 3 x 0,3) m³ x 0,8 t/m³ x 0,23 kWh/t°C = 0,7 kWh/°C

• 1 soletta 50 m² x 0,2 m x 1,8 t/m³ x 0,23 kWh/t°C = 4,1 kWh/°C

• Accumulo termico latente (ghiaccio...)

– Parametro caratteristico: calore latente di cambiamento di fase kWh/kg

• Solidificazione acqua: 0,092 kWh/kg = 92 kWh/t

– Carica e scarica a temperatura fissa → **vincolo fra scelta del materiale e temperatura di lavoro**

– Perdite termiche significative (autoscarica)

– Difficoltà dello scambio termico se si forma un blocco (ideale fare una «granita»)

Con una regolazione ben pianificata si può accumulare calore nell'edificio (surriscaldare le strutture) quando c'è FV e poi lasciare raffreddare di notte

- **Accumulo elettrico diretto (batterie)**

- Autoscarica → modesta, molti mesi per scaricare una batteria
- Rendimento → abbastanza elevato, circa 80...90%
- Costo per kWh → molte centinaia di Euro + cicli limitati

- **Accumulo chimico (serbatoio di combustibile)**

- Economico → meno di 1 €/kWh + cicli virtualmente illimitati
- Elevata densità energetica: gasolio 10 MWh/m³
- Ricarica fulminea: distributore benzina = 35 l/min = 21 MW

- **Accumulo meccanico potenziale (2 laghi)**

- Consente di accumulare grandi quantità di energia
1.000.000 m³ - 100 m → 272 MWh
- Pochi siti utilizzabili

- **Accumulo meccanico cinetico (non significativo)**

- Quantità di energia accumulabile minima 1000 kg – 30 m/s → 450 kJ = 0,125 kWh

Capacità	kWh	1
Cicli/anno	n/anno	365
Vita	anni	10
Cicli totali	n	3650
Energia resa	kWh	3650
Costo batteria	€	500
Costo accumulo	€/kWh	0,14



20 l = 200 kWh



Accumulo energetico chimico stagionale naturale

Batteria 60 kWh

*(18 litri di gasolio con
33% di rendimento
termico)
20 ore a casa*



3...6 kW ... 50 ... 350 kW



60 kWh

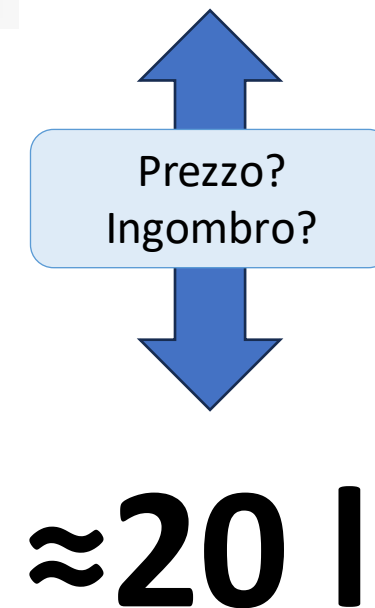
Serbatoio 167 kWh

*(con rendimento
33%)
Pieno in 2 minuti*



21.000 kW

=



Il problema dell'accumulo di energia per garantire la disponibilità ha due «livelli»

- **L'accumulo giornaliero** di energia (notte/giorno, picchi) è risolvibile in molti modi:
 - Accumulo di calore: bollitore dell'acqua calda sanitaria, accumulo di calore nelle strutture dell'edificio
 - Batterie elettriche: per alimentare i carichi notturni
- **L'accumulo stagionale** di energia (estate/inverno) è risolvibile in un solo modo, l'accumulo chimico (combustibile). Sono accumuli stagionali:
 - I stoccaggi di gas naturale (a livello di rete)
 - Il serbatoio del gasolio o del GPL
 - La catasta di legna

L'utilizzo di combustibili di sintesi (idrogeno o altri combustibili manifatturati) ha un senso solo per

- Risolvere il problema **dell'accumulo stagionale** (meglio i liquidi)
- Risolvere il problema delle **elevate potenze** nell'industria
- Uso sui **veicoli** dove serve una densità energetica molto elevata (kWh/kg e kWh/m³)

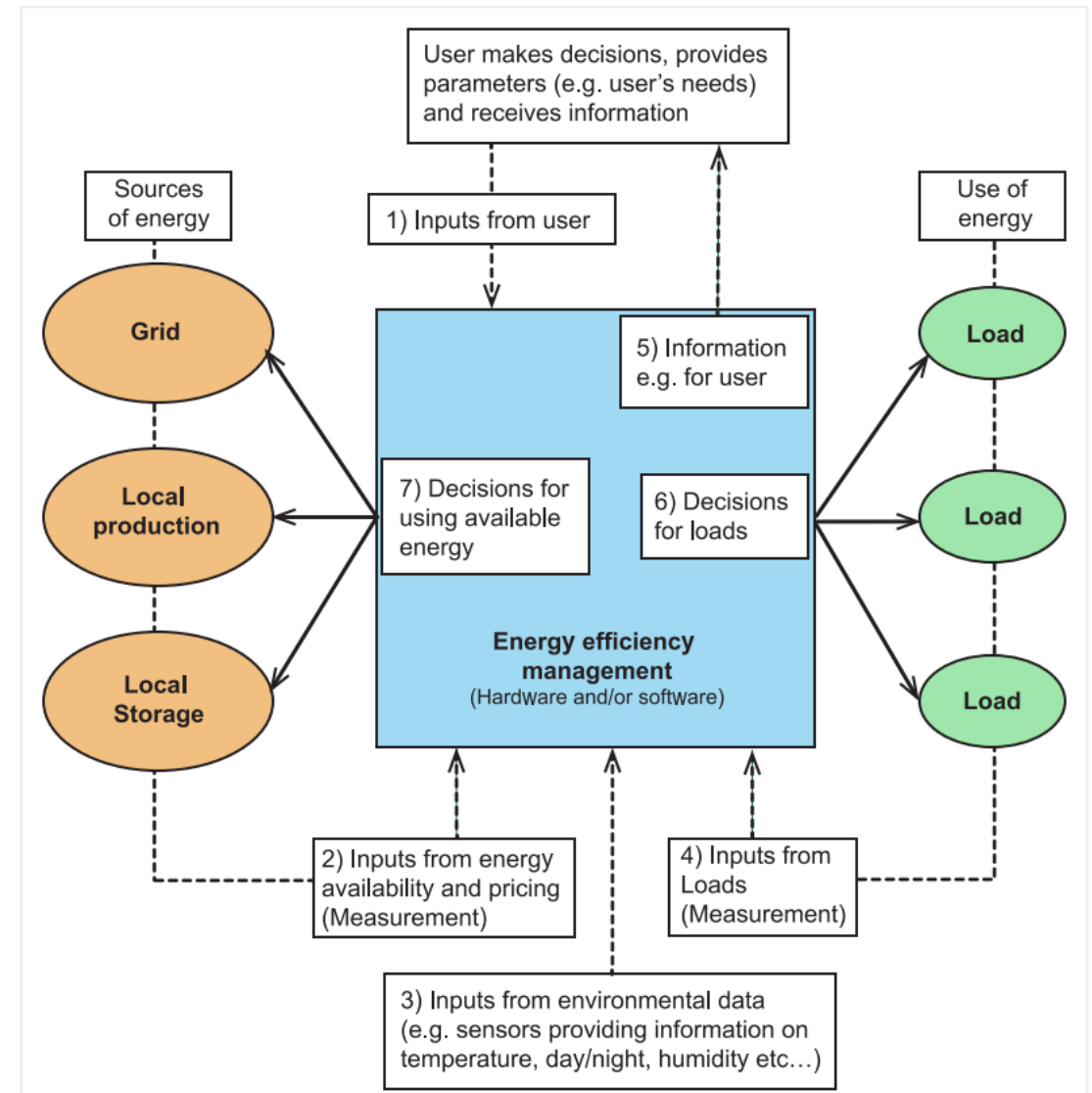
- **Energy efficiency first:** non basta usare fonti prive di carbonio (impianto), occorre prima ridurre i fabbisogni
- Solo migliorare l'edificio non basta: occorre che l'impianto possa utilizzare fonti prive di carbonio
- La riduzione dei fabbisogni riduce il costo dell'impianto e degli stoccaggi di energia richiesti
- Dopo aver coibentato e reso «stagno» l'edificio, occorre un impianto di ventilazione, per questioni di qualità dell'aria e di riduzione dei fabbisogni.
- Tutto questo va controllato → automazione per il coordinamento degli impianti e la gestione dell'energia.

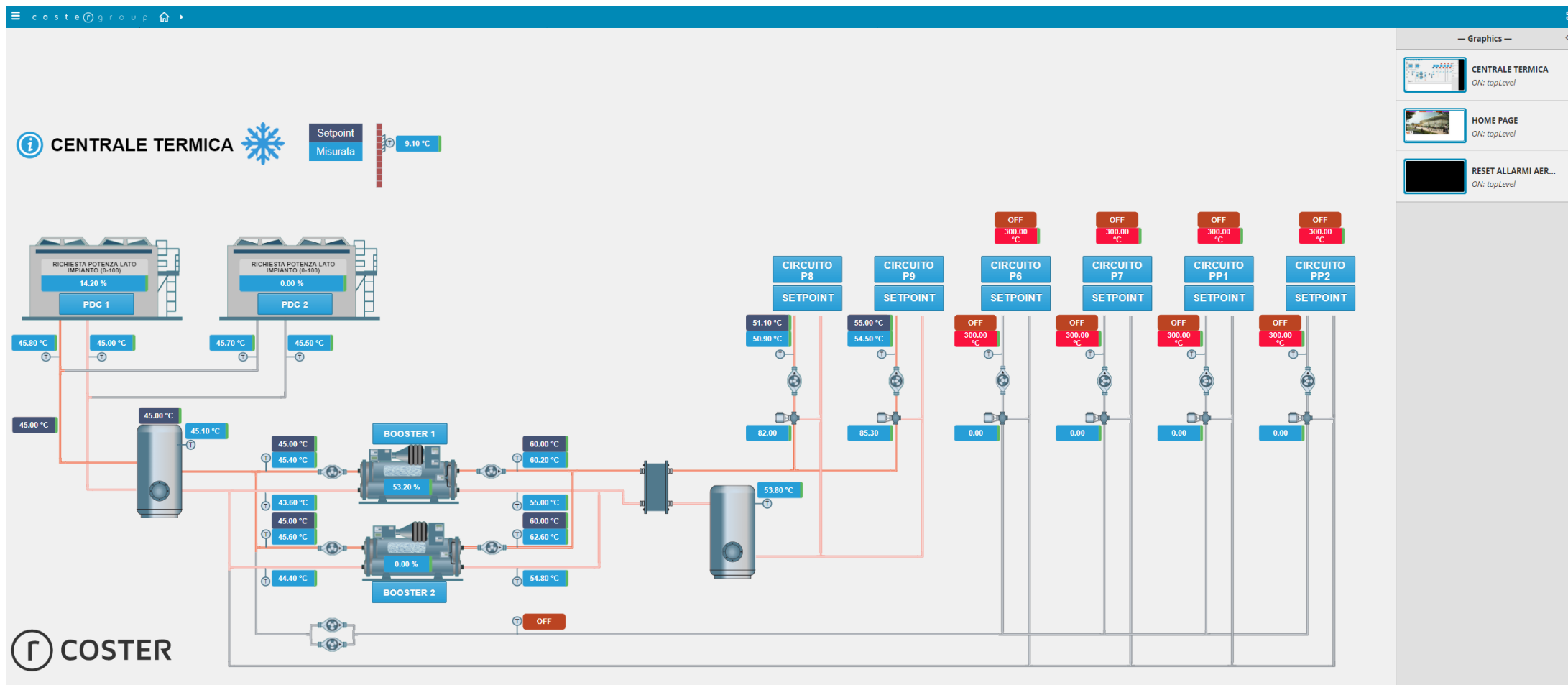
I temi dell'intervento per rendere un edificio «a zero emissioni»

- **Coibentazione e ventilazione meccanica**
- Generazione a **pompa di calore** + soluzioni complementari
- Generazione in loco di energia priva di CO₂ (= **fotovoltaico**)
- **Accumuli** di energia
- **Automazione** per la **funzionalità** dell'edificio e la **gestione dell'energia**

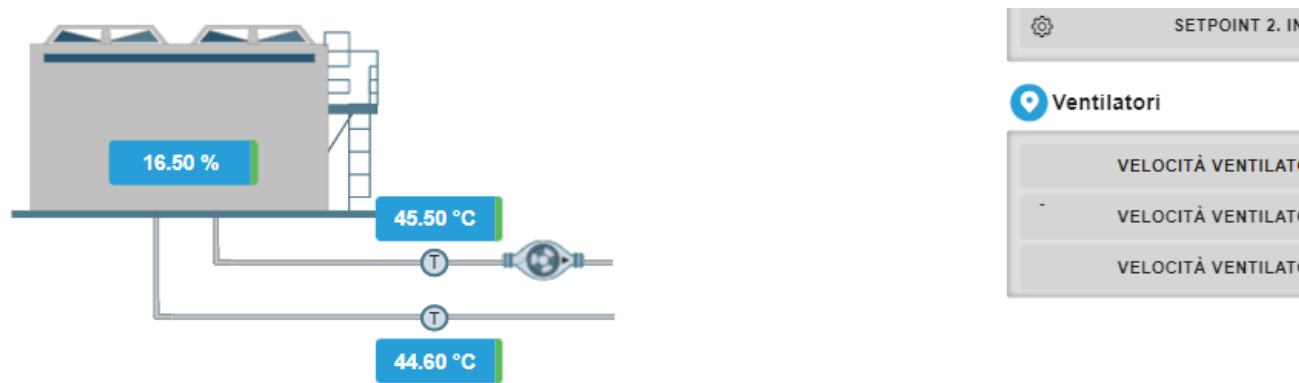
... ed anche la rete elettrica deve «decarbonizzarsi» altrimenti rimane l'«**emissione operativa**» di CO₂.

- Minimizzare le perdite di energia elettrica
 - Dimensionamento cavi ed apparecchi
 - Bilanciamento fasi
 - Rifasamento
 - Attenuazione armoniche
- **Usare l'energia elettrica al momento giusto e al minor costo**
 - **Carichi sacrificabili**
 - **Carichi programmabili** o forzabili
 - **Accumuli**
 - Informazioni sul costo e sullo stato della rete, sulla produzione in situ





Sicuramente la funzionalità e la realizzazione di logiche di ottimizzazione facili da descrivere a parole ma un po' più difficili da gestire con circuiti elettromeccanici



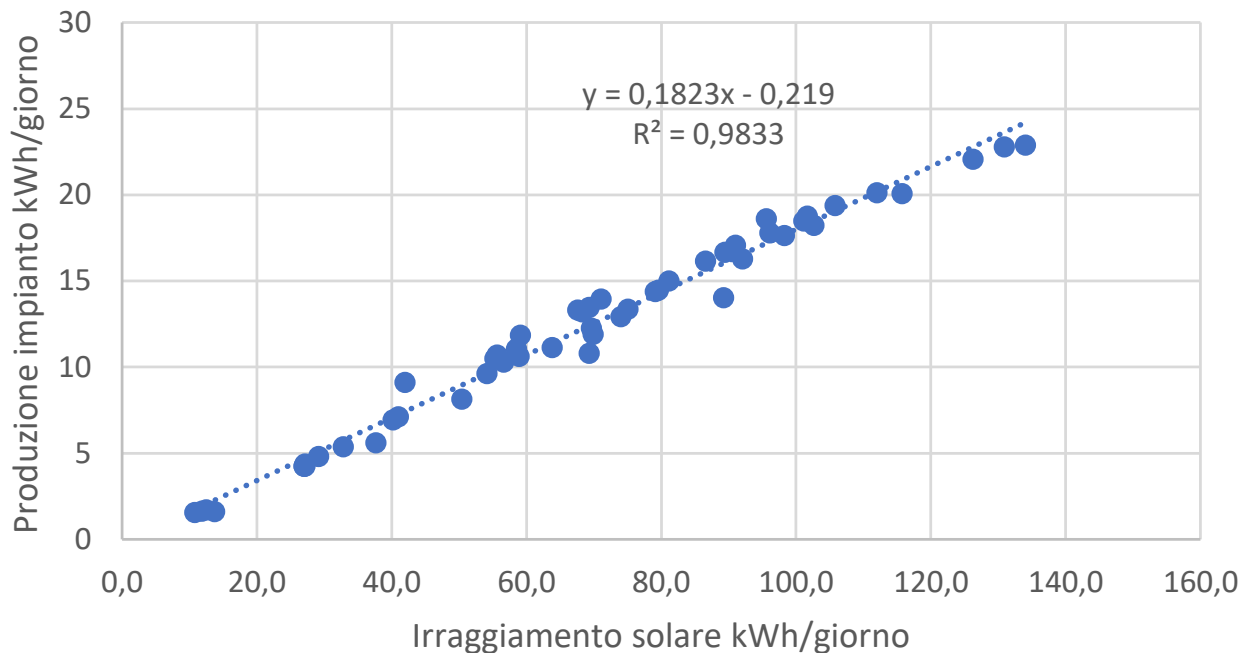
Circuito 1

CCP1A - COMPRESSORE2 CIRC.1	Off	CCP1B - COMPRESSORE3 CIRC.1	Off
CCP1 - COMPRESSORE 1CIRC.1	On	DEFROST CIRC 1. ATTUALE DELTA LP	0.00 bar
DIFFERENZIALE ATTUALE VENTILATORI CIRC 1	0.00 bar	EVENTI SBRINAMENTO CIRCUITO	BP sopra soglia minima
POTENZA CIRC. 1	250.00 %	SGA1 - TEMPERATURA A SPIRAZIONE	20.00 °C
SL1B - TEMP. LIQUIDO CIRC 1 BATTERIA 2	9.40 °C	SL1 - TEMP.LIQUIDO CIRC.1	38.80 °C
SETPOINT ATTUALE VENTILATORI CIRC 1	0.00 bar	SOTTORAFFREDDAMENTO C1	1.40 °K
STATO SBRINAMENTO CIRCUITO	Calcolo Decadimento	SURRISCALDAMENTO C1	36.50 °K
TAP1 - ALTA PRESSIONE CIRC.1	23.70 bar	TBP1 - BASSA PRESSIONE CIRC.1	3.50 bar
TGP1 - TEMP.GAS PREMENTE CIRC.1	84.50 °C	VIC - VALVOLA INVERSIONE CICLO. CIRC 1	On
VSBP - VALVOLA BY-PASS SBRINAMENTO CIRC.1	Off	VSB - VALVOLA SOLENOIDE CONDENSAZIONE CIRC.1	Off
VSL - VALVOLA SOLENOIDE LIQUIDO CIRC.1	On	VSR - VALVOLA SOLENOIDE RECUPERO CIRC.1	Off
VALVOLA RITORNO OLIO DA RECUPERO CIRC.1	Off	VRT VALVOLA INVERSIONE RECUPERO.CIRC.1	Off

Ma anche la diagnostica e la verifica che l'efficienza dell'impianto sia mantenuta nel tempo

Non esiste l'equivalente della prova di combustione per le pompe di calore

Correlazione fra radiazione solare e produzione giornaliera del fotovoltaico



Confronto fra radiazione solare e produzione giornaliera
A livello di dati giornalieri la correlazione è ottima

L'impianto è da 4 kW, ci sono molti giorni in cui non si raggiungono i 10 kWh/gg = 2,5 ore di utilizzazione della potenza massima

Un sensore di radiazione solare può verificare lo stato dei pannelli

... ma la correlazione è destinata a deteriorarsi...

Edificio **fortemente coibentato** (come uno nuovo) per ridurre i fabbisogni (energy efficiency first)

Impianto di riscaldamento, a.c.s. e raffrescamento a **pompa di calore, ventilazione meccanica**

Fonti rinnovabili: **fotovoltaico... batteria per accumulo giornaliero**

Sistemi di **regolazione** per ottimizzare l'autoconsumo dell'energia elettrica (carichi sacrificabili)

... il che significa che per tutti gli edifici esistenti occorre ...

1. **Coibentare** l'edificio (cappotto + serramenti) avendo cura di evitare ponti termici
2. **Ventilazione meccanica** per garantire IAQ e ridurre ulteriormente i fabbisogni
3. Passare al riscaldamento a **pompa di calore**
4. Aggiungere un po' di **fotovoltaico e automazione** per l'ottimizzazione funzionale ed energetica

Si deve iniziare con coibentare (e VMC quando si cambiano le finestre) perché:

- L'uso di fonti non rinnovabili si riduce subito drasticamente, anche con una caldaia
- Si riduce molto la taglia della pompa di calore (costo, allacciamento elettrico, spazio, rumore, gas refrigeranti) e la coibentazione rende gli impianti a radiatori a bassa temperatura

Obbligo di intervento su tutti gli edifici esistenti

Problema...

... non ancora definito cosa succeda agli edifici che non si adegueranno in tempo:

- divieto di vendita e locazione (come nella prima bozza, poi sparito)?
- sanzione diretta al proprietario?
- sanzione allo stato membro?

Quale sarà il valore di un edificio che non rispetta i minimi o per rispettare i quali occorre fare interventi costosi?

La problematica più evidente è la tempistica che si vuole imporre

Prossime puntate: maggioranza Commissione UE e piano nazionale italiano

Intanto cosa facciamo?

- Entro il 31/12/2025 gli stati membri dovevano presentare i loro «piani di ristrutturazione del patrimonio edilizio nazionale», previa inchiesta pubblica nazionale
- Al 04/06/2026 nel sito https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/national-building-renovation-plans_en ci sono ancora solo 15 piani nazionali, uno dei quali regionale (Wallonia per il Belgio)
- Solo 6 paesi hanno compilato il data-base informativo

La qualità e leggibilità dei piani è molto varia. Lo stato del parco dei vari paesi è molto vario

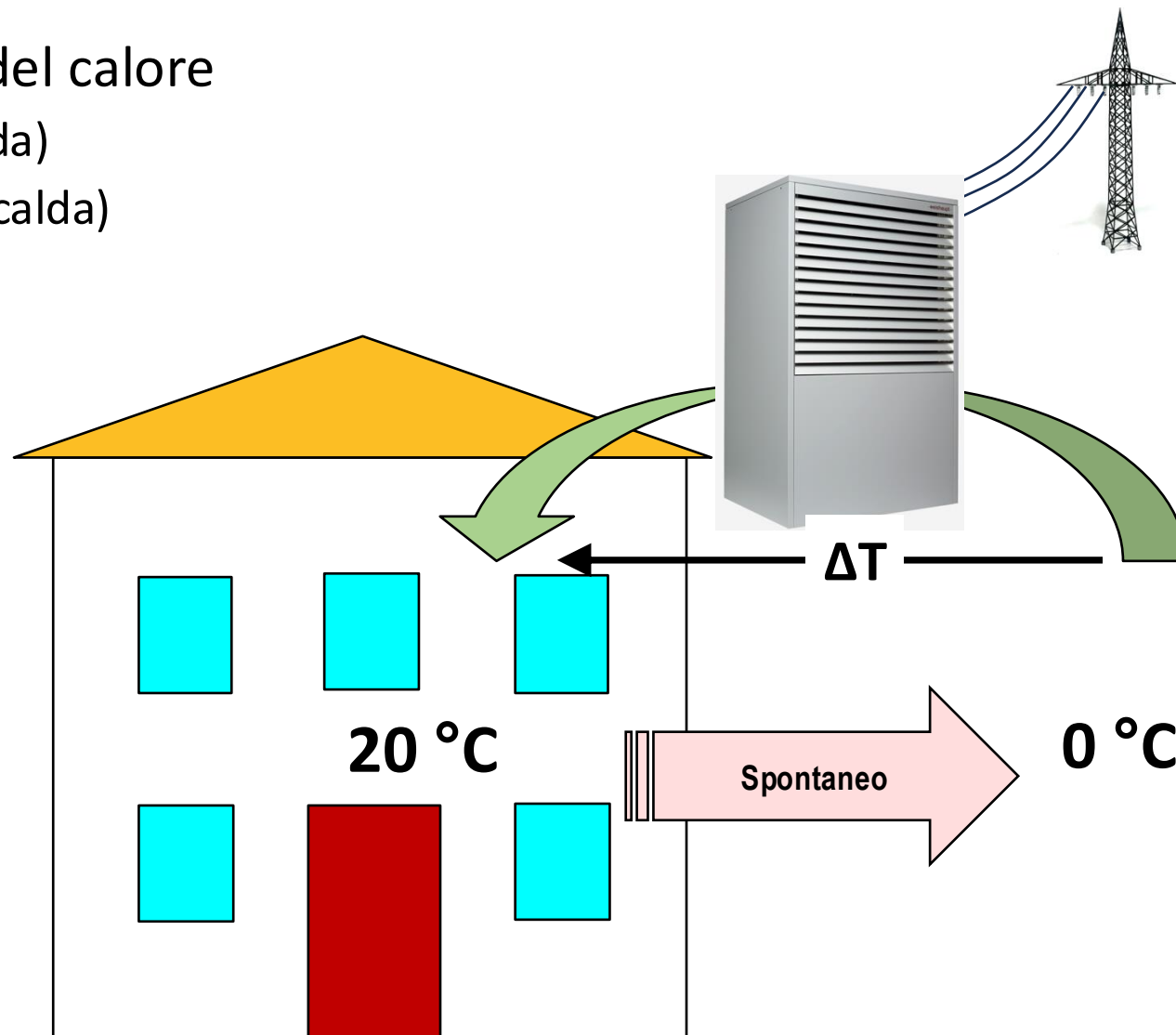
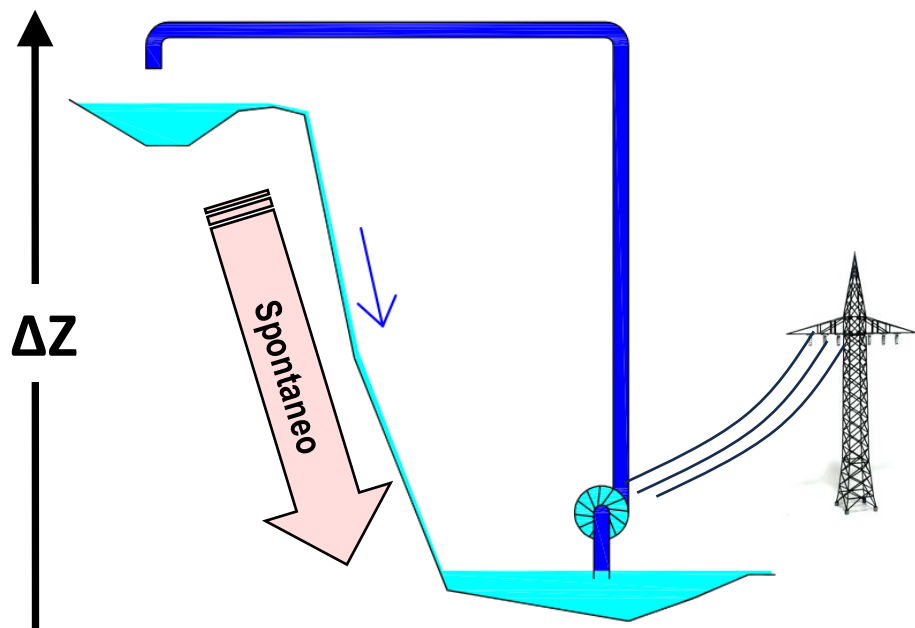
- La Vallonia (Belgio francofono, eccetto Bruxelles, 3,7 milioni abitanti) con un parco edilizio vecchio e paragonabile a quello italiano prevede una spesa di 140 miliardi (2200 miliardi se fosse l'Italia...) Prevede obblighi di intervento drastici in carico ai proprietari e neo-acquirenti.
- la Danimarca (6 milioni abitanti) prevede 12 miliardi di spesa con un parco edilizio quasi doppio mediamente in classe C perché da lungo tempo ben costruito e coibentato + biogas per caldaie residue.
- La Bulgaria ha un tasso di occupazione degli edifici prossimo al 50 %

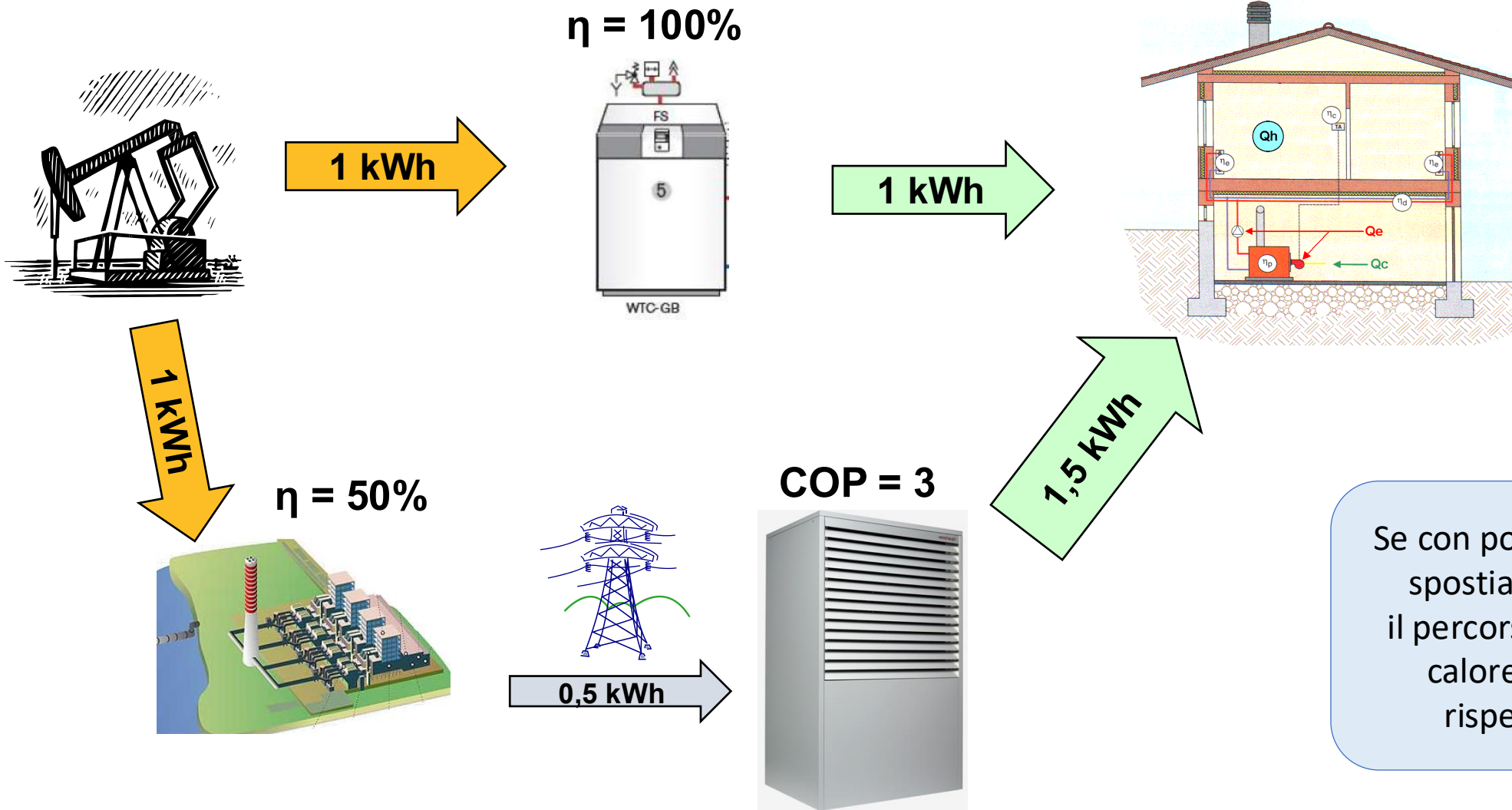
Uso delle pompe di calore

E' una macchina che consente di trasferire del calore

- Da un corpo a bassa temperatura (sorgente fredda)
- Ad un corpo a temperatura maggiore (sorgente calda)

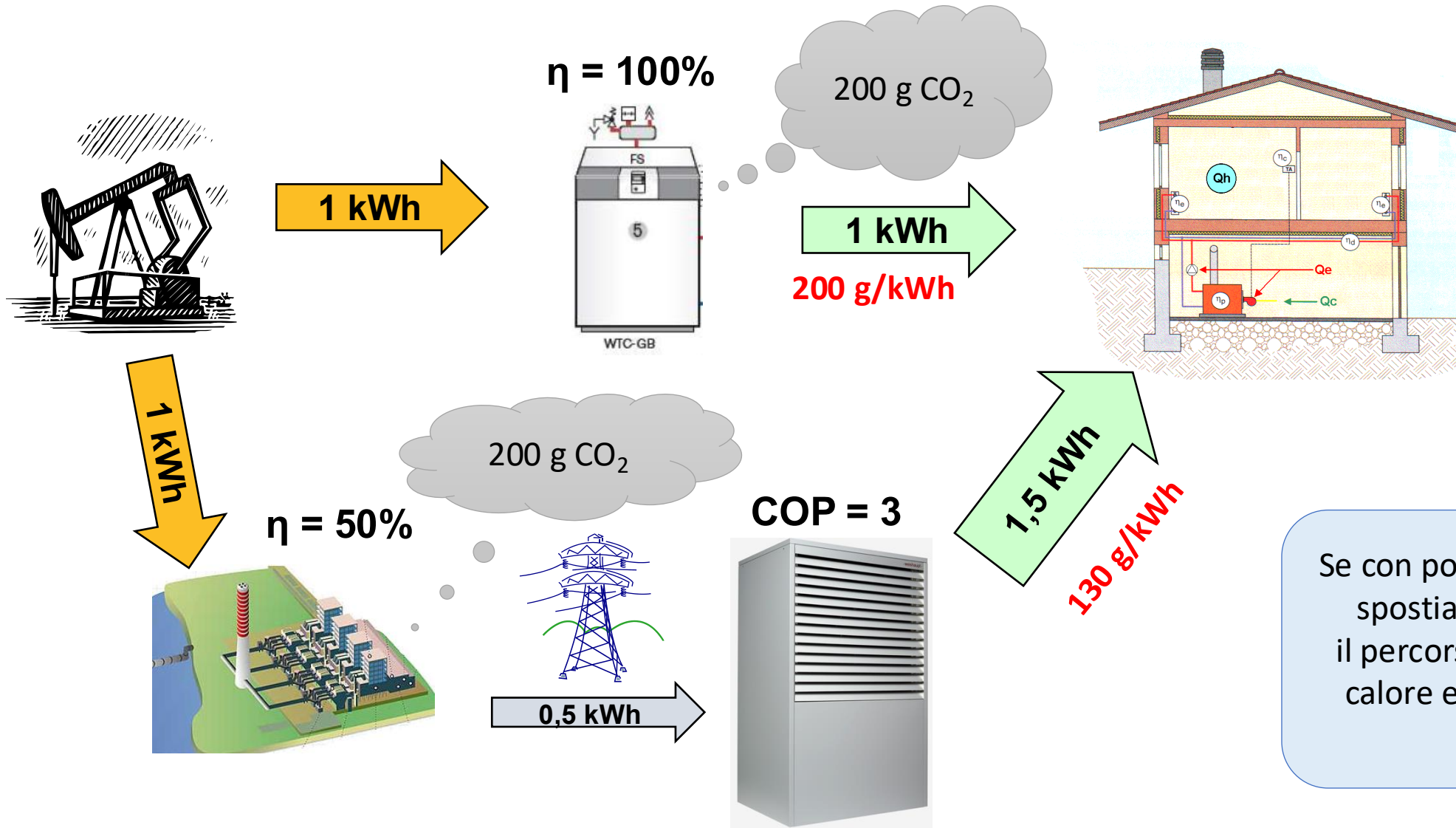
Spendendo un po' di energia elettrica ...





Se con poca energia elettrica spostiamo molto calore, il percorso con la pompa di calore è più efficiente rispetto alla caldaia

DOV'È IL VANTAGGIO?

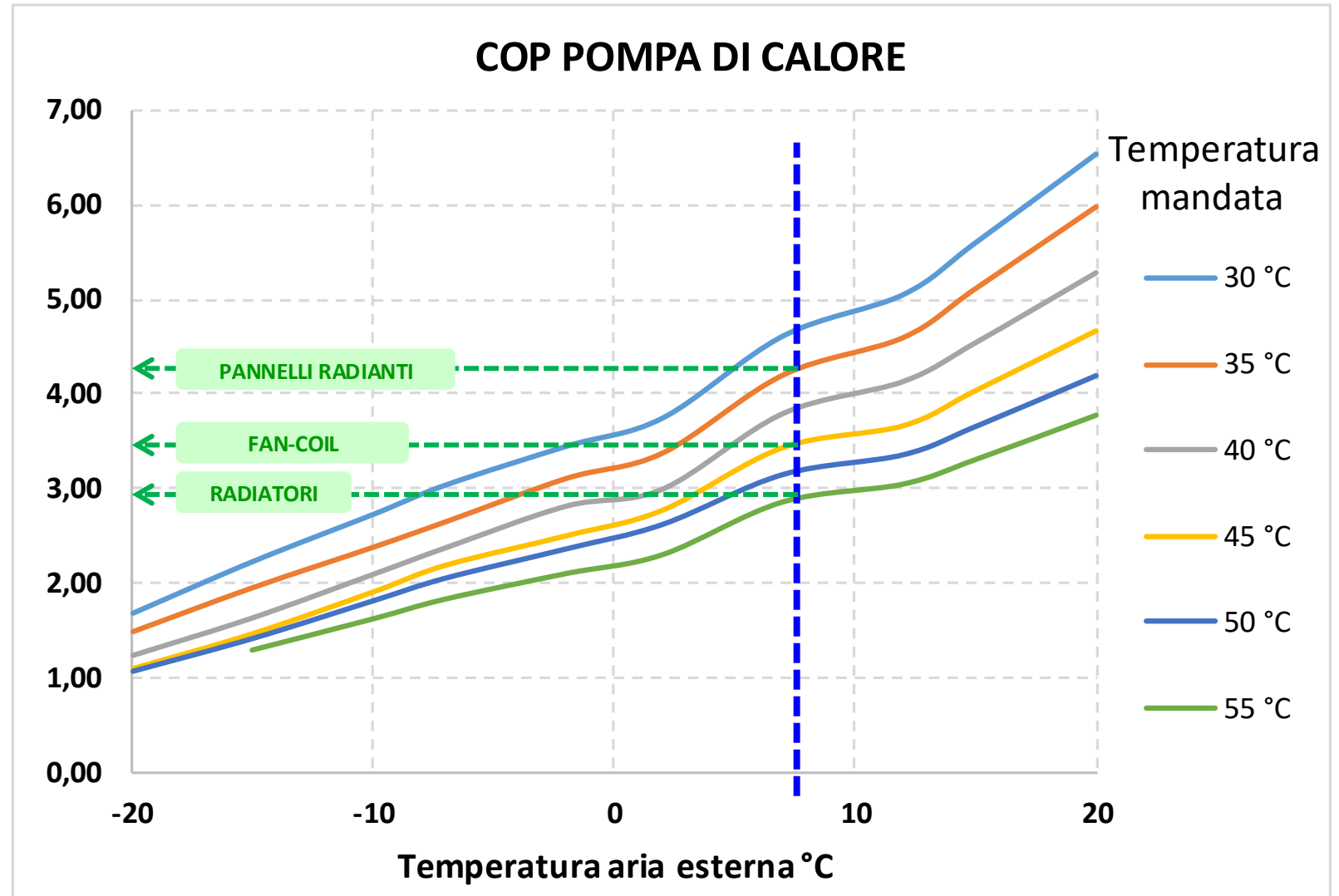


Se con poca emissione di CO₂ spostiamo molto calore, il percorso con la pompa di calore emette meno della caldaia

Energia utile	kWh	100	100	100
COP		4,3	3,5	2,9
Consumo	kWh	23,3	28,6	34,5
	%	100	123	148

Una caldaia ha rendimento 90...100% ≈ Costante

Una pompa di calore ha COP 2...6 ≈ Estremamente variabile



PERÒ C'È ANCHE LA VALUTAZIONE ECONOMICA... COP DI EQUIVALENZA ENERGETICA

		Costo del gas di rete [€/Sm ³]										
		0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
Costo energia elettrica [€/kWh]	0,10	1,84	1,54	1,32	1,15	1,02						
	0,15	2,76	2,30	1,97	1,73	1,54	1,38	1,26				
	0,20	3,69	3,07	2,63	2,30	2,05	1,84	1,68	1,54	1,42	1,32	
	0,30	5,53	4,61	3,95	3,46	3,07	2,76	2,51	2,30	2,13	1,97	1,84
	0,40		6,14	5,27	4,61	4,10	3,69	3,35	3,07	2,84	2,63	2,46
	0,50			6,58	5,76	5,12	4,61	4,19	3,84	3,54	3,29	3,07
	0,60					6,14	5,53	5,03	4,61	4,25	3,95	3,69

Rendimento caldaia

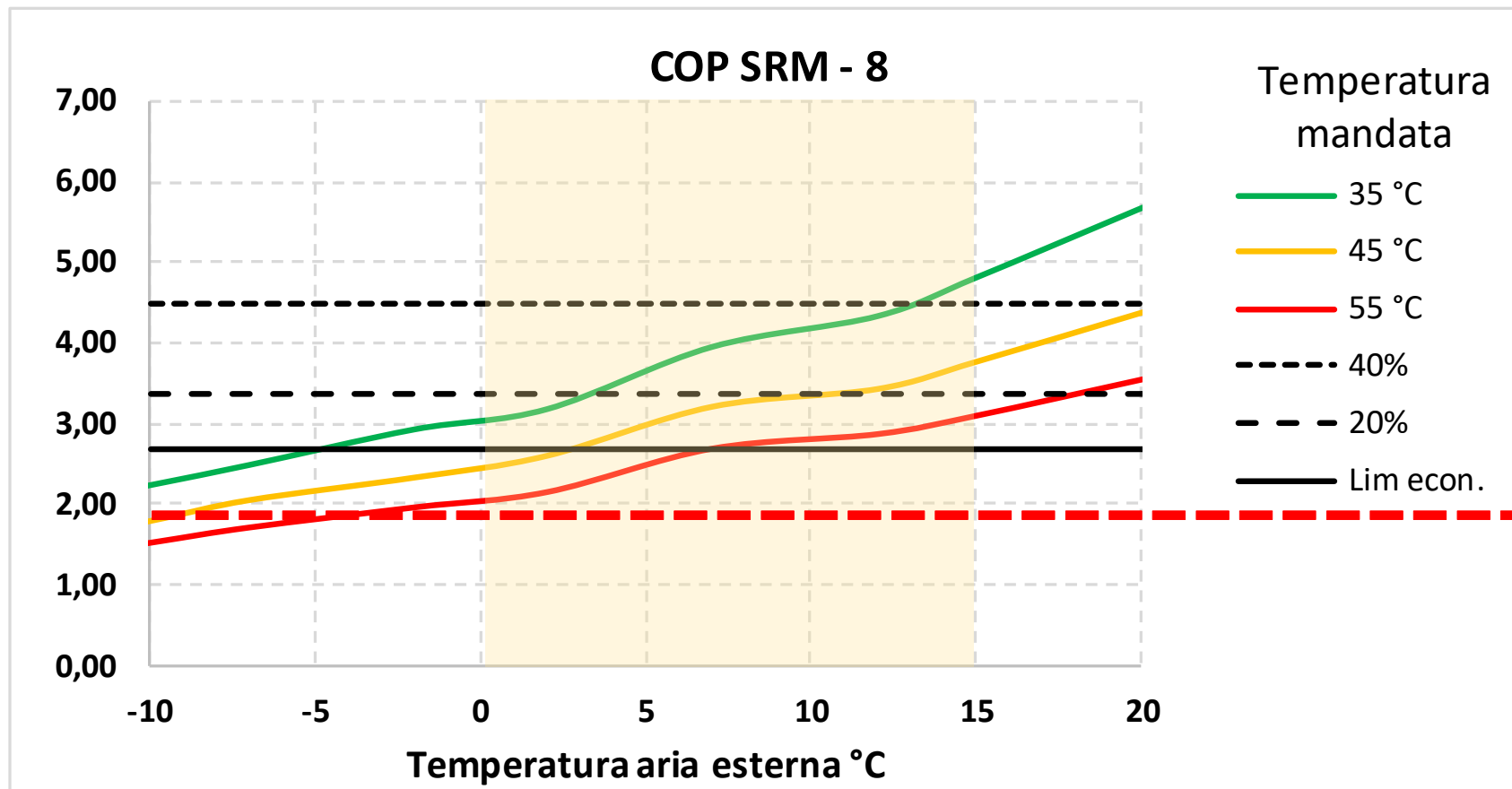
p.u.

0,96

PCI del gas di rete

kWh/Sm³

9,6



La convenienza economica dipende dalle condizioni di funzionamento

Equivalenza energetica

Ipotesi tariffarie e di efficienza della caldaia

Rendimento caldaia	96%	PCI	9,6 kWh/Sm ³
Costo gas	1,20 €/Sm ³		
Costo energia elettrica	0,35 €/kWh	COPEq	2,69

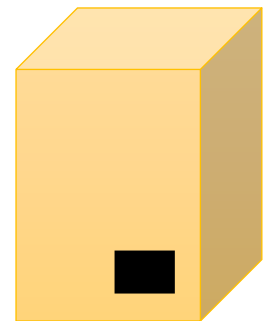
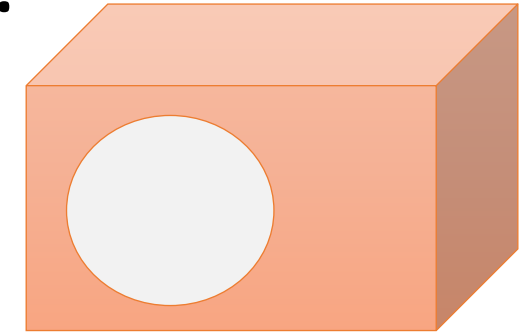
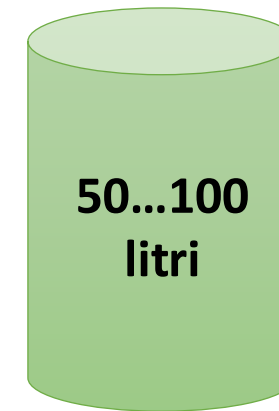
- È una macchina potenzialmente **molto efficiente** dal punto di vista energetico
- È una macchina estremamente **sensibile** alle condizioni di funzionamento
 - Il rendimento (COP o EER) dipende dalla differenza fra le temperature delle sorgenti
 - Ogni singolo grado in più di **differenza fra le temperature** costa dal 2 al 3% di **rendimento**
 - Ogni singolo grado in meno di **temperatura della sorgente** costa da 2 al 3% di **potenza**
- Non si possono avere potenze elevate in pompa di calore:
l'acqua calda sanitaria si fa esclusivamente con accumulo
- Il sovradimensionamento è molto dannoso (costo, efficienza, durata, rumore, allacciamenti, gas refrigerante,...) → da dimensionare con cura
- Non basta progettare bene: la messa a punto deve essere accurata

MANEGGIARE CON CAUTELA

- Obiettivo: prestazione energetica stagionale tenuto conto dei vincoli
- Scelta della sorgente fredda
- Scelta della sorgente calda
 - Dimensionamento o verifica della potenza nominale dei corpi scaldanti
 - Valutazione dei casi di temperatura di mandata diverse per servizio o per zona
- Dimensionamento della portata nei corpi scaldanti
- Verifica della portata nella pompa di calore
- Dimensionamento della potenza della pompa di calore
- Scelta del volume di acqua dell'impianto
- Requisiti specifici dei vari servizi e delle loro combinazioni
 - Valutazione della modalità di produzione di acqua calda sanitaria
 - Servizi a diversi livelli di temperatura
 - Servizi contemporanei (H+W e C+W)
 - ...
- Impatti ambientali: refrigerante, rumore, perforazione del terreno, uso di prodotti chimici...
- Sicurezza: scoppio, esplosione, tossicità legate al refrigerante

- Sorgente di calore: aria o acqua di falda
- **Impianto a bassa temperatura di mandata:** pannelli radianti ...
... o radiatori in casa coibentata.
Fan coil non ottimale ma accettabile.
Le «pompe di calore ad alta temperatura» possono solo arrivare ad alta temperatura ma ci arrivano con i COP prevedibili.
- Circuiti esclusivamente con valvole a 2 vie
MAI usare valvole miscelatrici:
funzionamento alternato o due macchine
- Necessario equilibrare l'impianto per limitare le portate in circolazione
- Portata abbondante nella pompa di calore per evitare la miscelazione involontaria a tutti i regimi di funzionamento
- Volume minimo di acqua tecnica nel circuito riscaldamento
- Pompa di calore dimensionata «giusta»,
- **Utente consapevole che deve funzionare a lungo a bassa potenza (24/24!)**
- Soluzioni ibrida: curare i circuiti idraulici
- **Importante avere COP alti per avere convenienza economica.**
- **Refrigeranti «naturali»** → tossicità ed esplosività o pressioni altissime (CO₂)

- Le caldaie sono progressivamente passate da...
caldaie a basamento → **caldaie murali** → **caldaie murate**...
... ed è anche comune buttarle fuori sul terrazzo.
- Una caldaia con acqua calda sanitaria istantanea si installa in un modulo da cucina
- Ora occorrerà trovare lo spazio per:
 - Accumulo di acqua calda sanitaria
 - Accumulo di acqua tecnica
 - Unità interna
 - Unità esterna



ASPETTO	CALDAIA A CONDENSAZIONE	POMPA DI CALORE
Efficienza energetica	Una taglia in più dello stretto necessario può essere anche benefico. Occorre un sovradimensionamento molto elevato per intaccare l'efficienza	Una taglia in più causa molta intermittenza, che riduce molto l'efficienza
Costo di investimento	Costo al kW moderato, poca incidenza sul prezzo complessivo dell'impianto	Costo al kW ancora molto elevato, elevata incidenza sul costo totale dell'impianto
Allacciamenti	Facile ottenere potenze elevate con gas. Non in competizione con altri usi	Impegnativo disporre di potenze elevate e in concorrenza con altri usi
Durata di vita	Nessun impatto significativo	L'intermittenza determina una durata di vita ridotta del compressore
Ingombri	Poco impatto dell'aumento di potenza	Ingombri dell'unità esterna e dell'accumulo minimo di acqua tecnica per limitare l'intermittenza
Rumore	Poco influente	Rumorosità esterna aumenta
Sicurezza, uso di gas	Alcune soglie di potenza determinano oneri aggiuntivi per sicurezza (INAIL, VVFF)	La quantità di refrigerante determina obblighi di tipo amministrativo (Fgas), manutentivo e di sicurezza (volume dei locali di installazione)

...

Può essere interessante per iniziare ad utilizzare una pompa di calore se le condizioni lo permettono e mantenere la garanzia di continuità e copertura del servizio

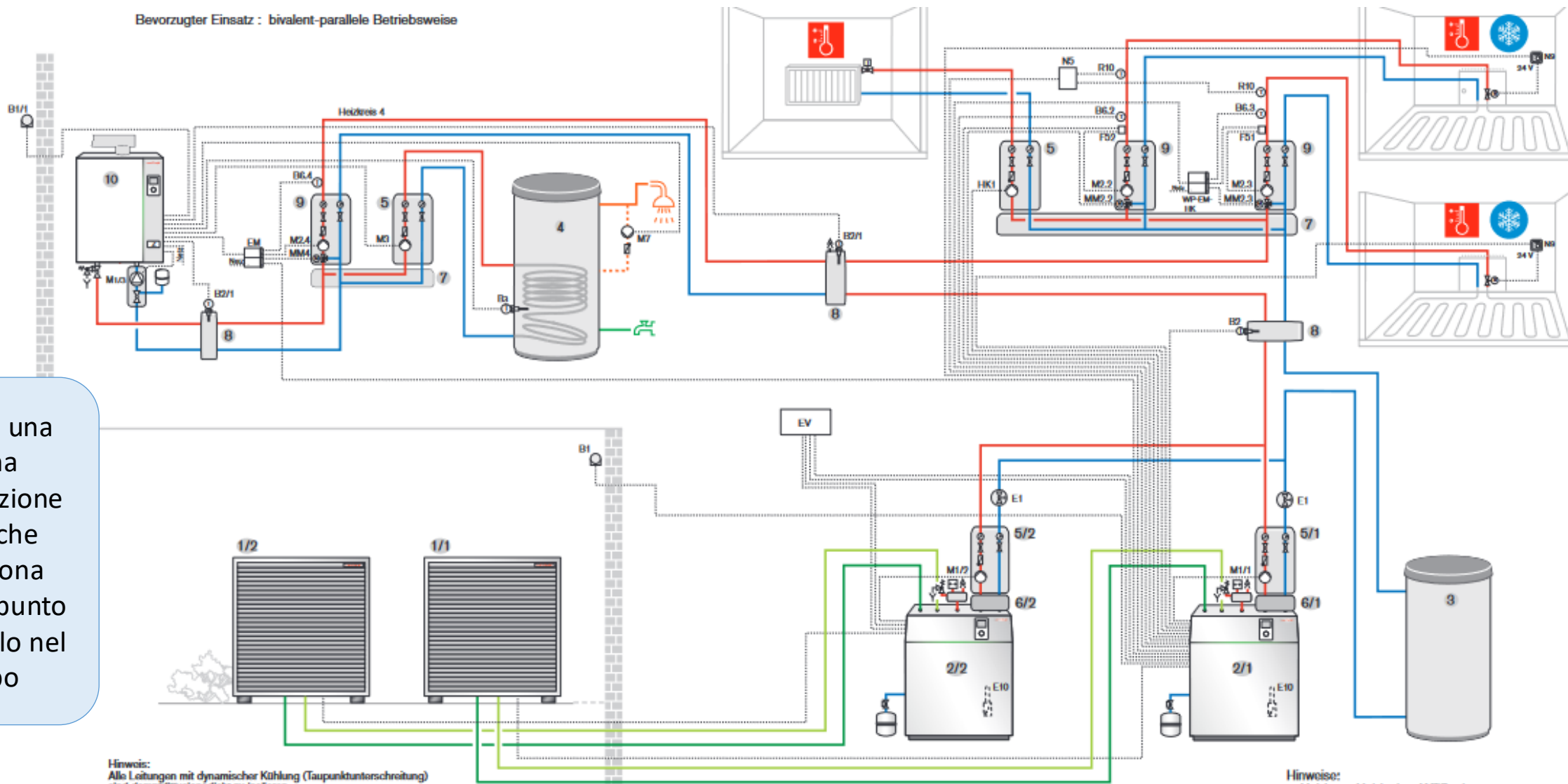
Se l'edificio non è coibentato

- La pompa di calore deve essere dimensionata molto ridotta:
 - funzionerà solo nelle mezze stagioni e per l'acqua calda sanitaria d'estate (con eventuale FV)
 - è la caldaia che fornisce la potenza di punta
 - quando verrà coibentato l'edificio la potenza si ridurrà molto (1/3...1/4)
- Dimensionamento approssimativo: 20...30% della potenza della caldaia
 - perché la caldaia è sempre sovradimensionata ... quindi ha il 150...200 % della potenza che serve
 - perché non serve avere in pompa di calore più del 50% della potenza richiesta dall'edificio
 - perché si farà funzionare la pompa di calore 24/24 e 7/7 per abbassare al massimo la temperatura di mandata (almeno finché non arriveranno fasce orarie di prezzo dell'energia diverse)

Se l'edificio è ben coibentato (nuovo o cappotto completo)

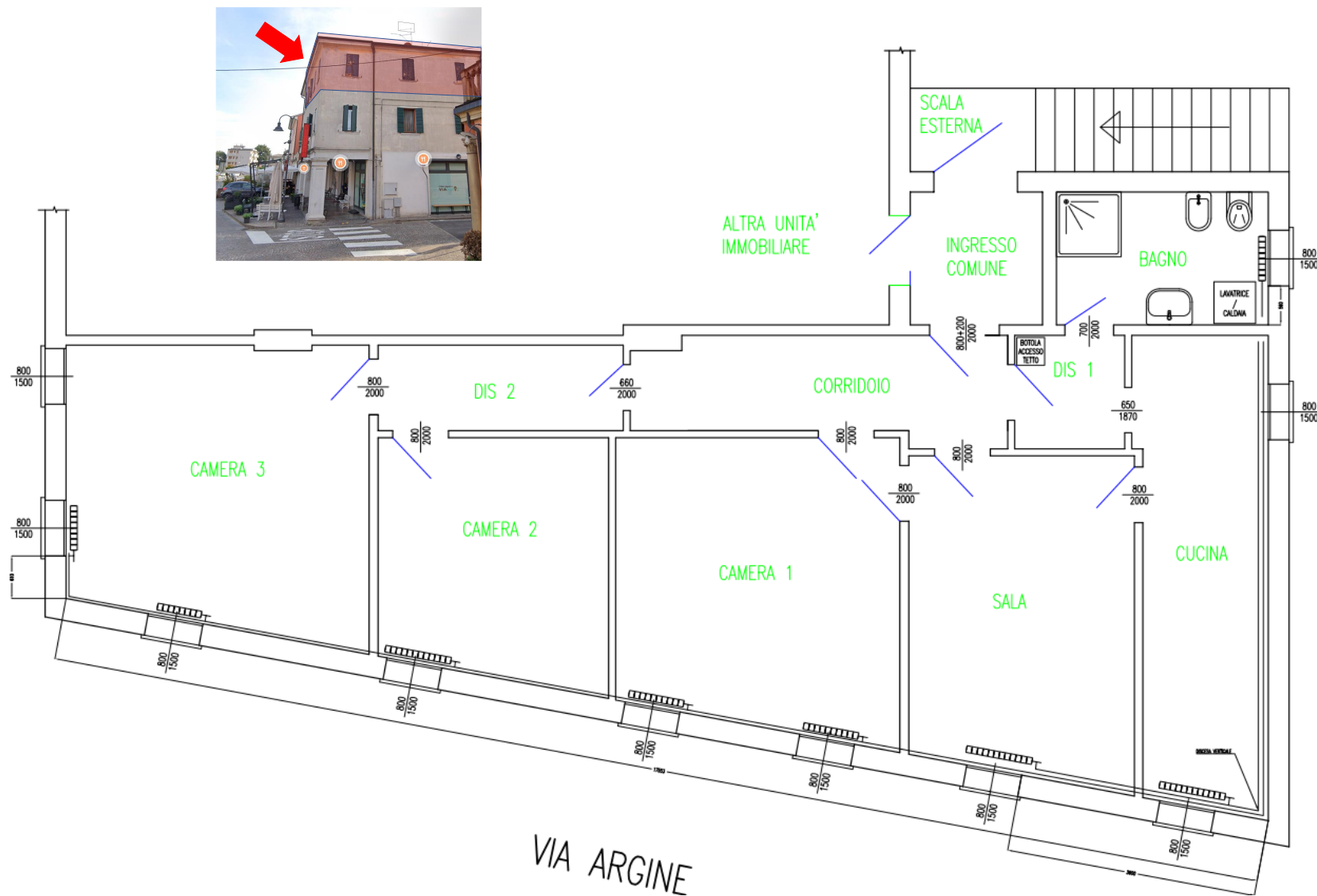
→ si può coprire tutto con la pompa di calore

Bevorzugter Einsatz : bivalent-parallele Betriebsweise

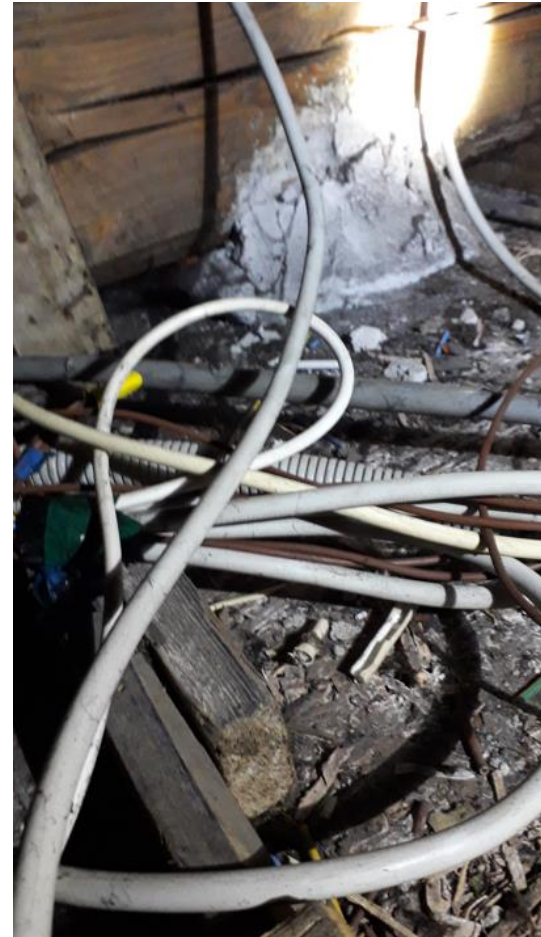


Occorre una buona progettazione ma anche una buona messa a punto e controllo nel tempo

Come la risolviamo sull'esistente?



- Secondo ed ultimo piano di edificio in mattoni pieni.
- Soffitto: 25 mm eraclit verso sottotetto
- Finestre: telaio di legno e vetri singoli
- Superficie 100 m²
- Carico termico: 15 kW
- **Radiatori installati per circa 14 kW nominali su $\Delta\theta$ 50 °C.**
- Caldaia soffiata di tipo C con acqua calda sanitaria istantanea.
- Consumo annuo previsto per calcolo: 3600 m³ di metano (forse un po' sovrastimato perché a causa dello scarso isolamento del soffitto il suo fattore b è 0,6...0,7 e non 0,9 ... → 2960 m³/anno con b=0,65)





Trasmittanza
2,9 W/m²K

Praticamente un enorme
vetro singolo...

Non semplice accedere
(botola 50x50 cm),
altezza 30...230 cm.

Occorre camminare
sulle tavole

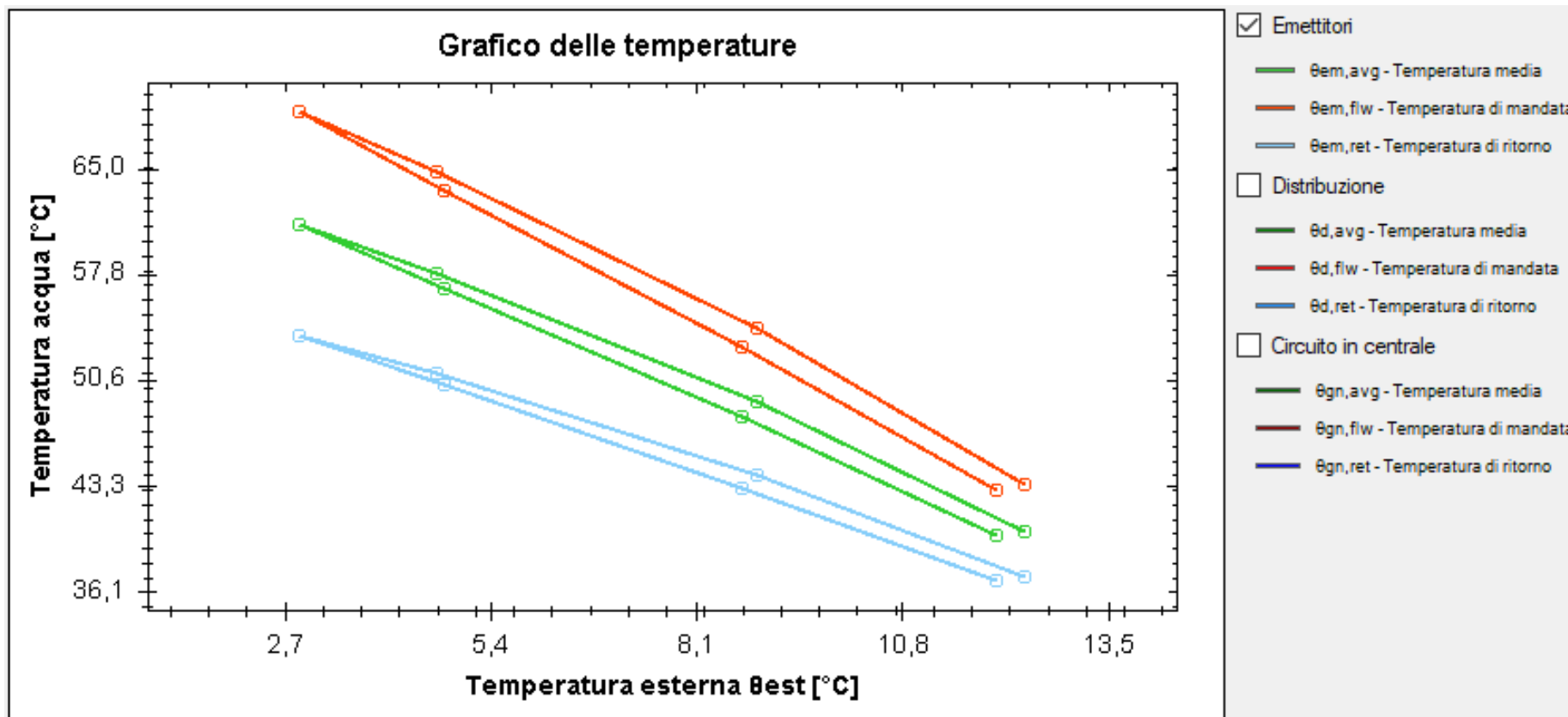
Stato impianti elettrici...
... da rifare

Reazione a catena
quando si interviene

Procedura di intervento su edificio esistente

- Verificare la potenza nominale dei corpi scaldanti installati
- Verificare le condizioni di funzionamento attuali
- Verificare se è possibile coibentare l'edificio
- Valutare la possibilità di funzionamento 24/24 (anziché 14)
- Decidere come trattare eventuali corpi scaldanti non omogenei
- Verificare le condizioni di funzionamento ottenibili (temperatura di mandata) →
Attenzione ai parametri di calcolo in UNI-TS 11300!
- Trovare il posto per la pompa di calore e per l'accumulo di acqua calda sanitaria
... procedere con tutti gli altri aspetti del dimensionamento e progettazione.





La temperatura di funzionamento degli emettitori calcolata con funzionamento 24/24 supera abbondantemente 70 °C di mandata. (63 °C con sottotetto corretto)

Anche avendo a disposizione la potenza necessaria, la pompa di calore si bloccherebbe

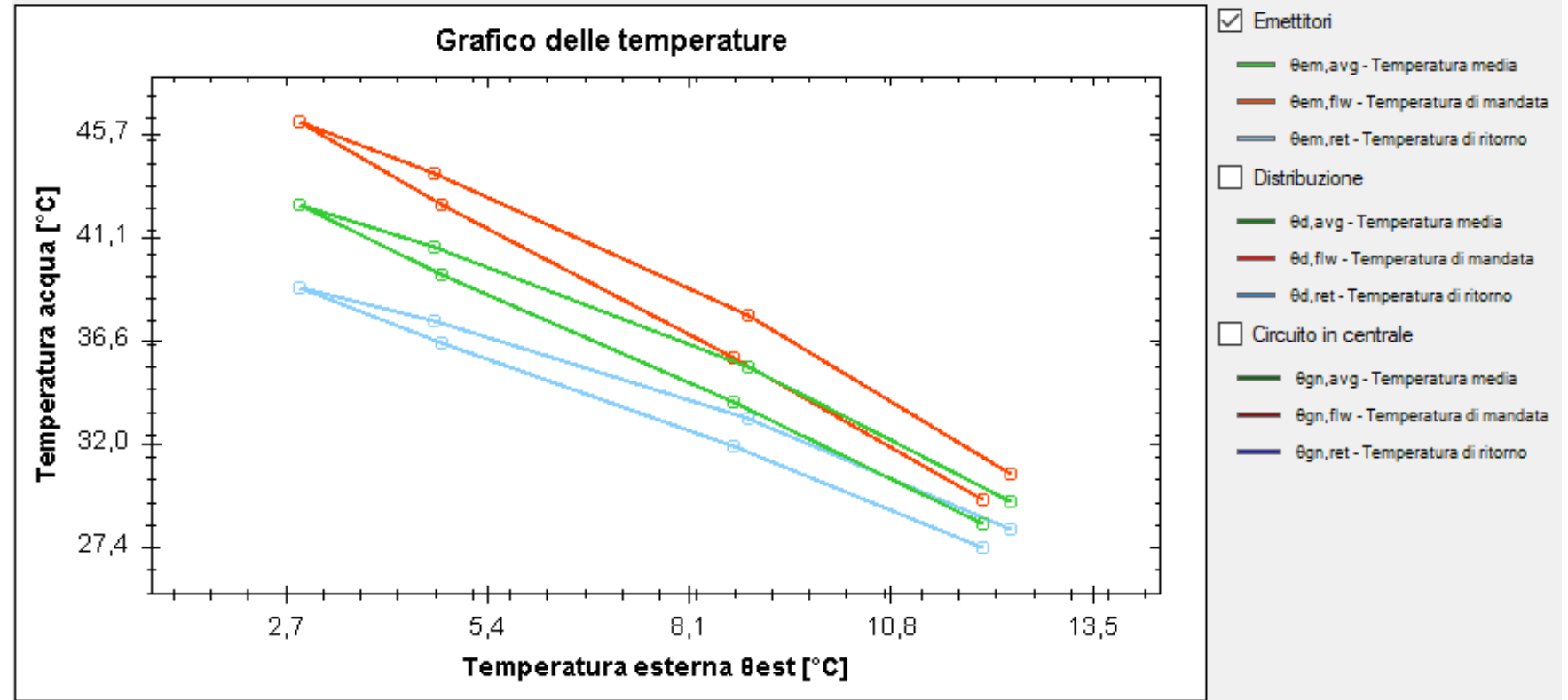
Non ragionevole proporre una pompa di calore senza opere di coibentazione

Anche volendo, non si possono proporre pannelli radianti.



Lavori in corso...

- Coibentazione con 20 cm lana di roccia
- Trasmittanza sottotetto dopo intervento $0,197 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Carico termico $8,3 \text{ kW}$
- Consumo per riscaldamento 1500 Nm^3 di metano all'anno se rimane la caldaia
- Temperatura massima di mandata $< 50 \text{ }^\circ\text{C}$
- Funzionamento **non ideale ma accettabile** anche in pompa di calore



RISULTATI CON SUCCESSIVI INTERVENTI (TUTTI SENZA FOTOVOLTAICO)

Stato	Carico termico	Fabbisogno riscaldamento $Q_{H;nd}$	Consumo riscaldamento	Temp. mandata gennaio	Potenza da firma energetica	Rendimento o COP	Classe
Inizio	15 kW	287 kWh/m ² a	3600 Sm ³ CH ₄	69,0	15 kW	0,91	G 422 kWh/m ² a
Tetto coibentato condensazione	8,3 kW	123 kWh/m ² a	1500 Sm ³ CH ₄	46,2 °C	7,2 kW	0,92	F 187 kWh/m ² a
Pompa di calore 6 kW	8,3 kW	123 kWh/m ² a	3750 kWh _{el}	44,0 °C	7,2 kW	3,7	C 88 kWh/m ² a
Cappotto e finestre	4,2 kW	45 kWh/m ² a	1033 kWh _{el}	32,0 °C	3,1 kW	4,75	A3 32 kWh/m ² a

Edifici nuovi: fattibile zero emissioni

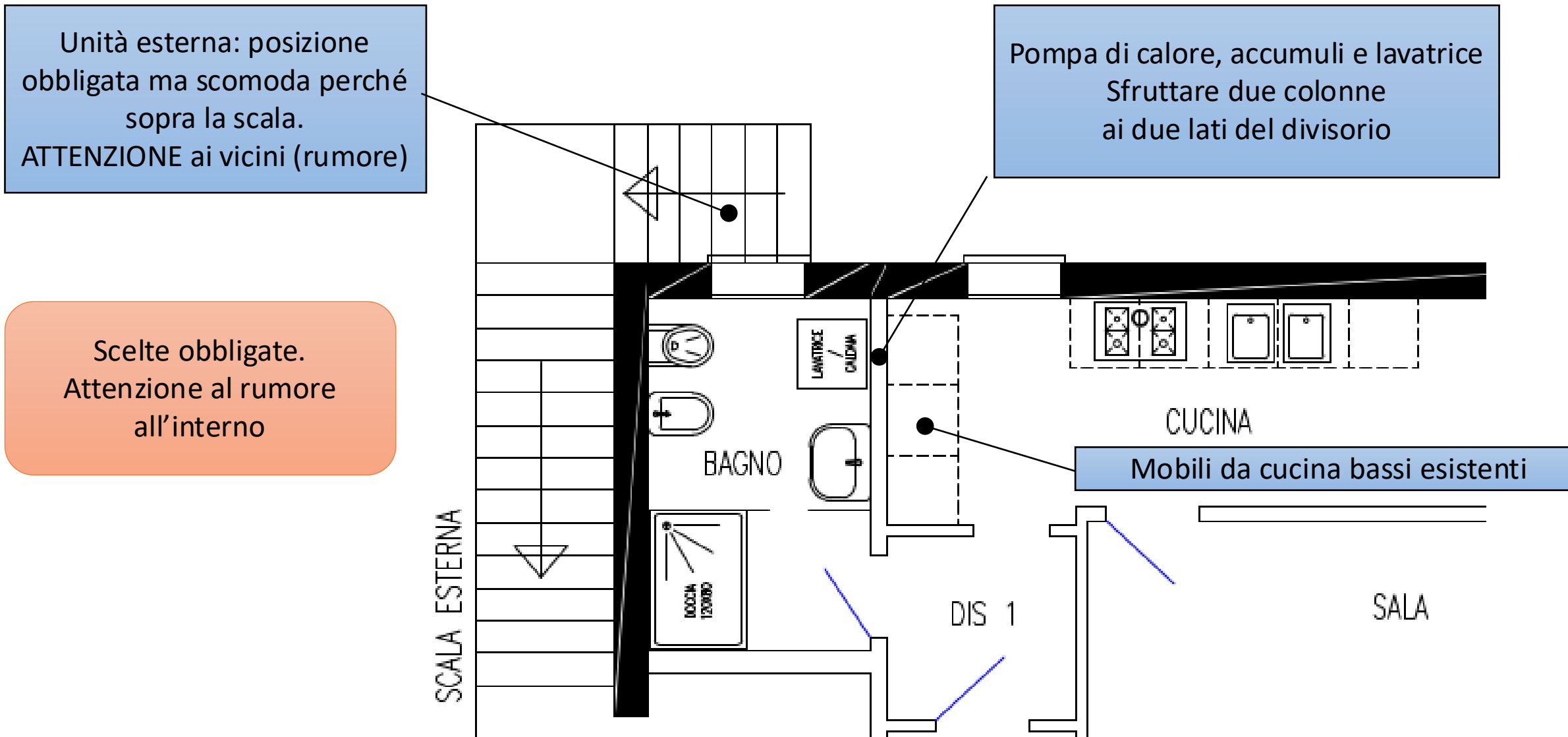
Edifici esistenti: sono il grosso problema

- ***Senza coibentazione*** (tranne casi particolari, come pannelli radianti in origine), non si può funzionare solo con la pompa di calore per problemi di temperatura dell'impianto, basso COP, potenza dell'allacciamento elettrico, ...
- ***Dopo coibentazione parziale***, almeno il tetto e pareti «facili» ...
le condizioni di funzionamento possono diventare accettabili anche con radiatori di dimensioni ragionevoli
- ***Dopo coibentazione completa***, anche un impianto a radiatori esistente diventa a bassa temperatura e la potenza richiesta diventa molto ridotta
Attenzione alla ventilazione quando si cambiano le finestre
→ insieme col cappotto, per ottimizzare la giunzione e ridurre/eliminare il ponte termico.

L'edificio esistente durerà ancora un tempo sufficiente ad ammortizzare l'intervento?

Nell'esempio svolto:

- In che stato sono le strutture portanti?
 - Due corsi di mattoni pieni (muro da 26 cm)
- Sono adeguate dal punto di vista sismico?
- In che stato è la travatura del tetto?
 - Travi in legno sani, nessuna infiltrazione d'acqua, teste delle travi in ottime condizioni.
- In che stato sono gli impianti che si vanno a coprire con la coibentazione?
 - Impianto elettrico: scatole metalliche, fili rigidi, condutture cotte, **da rifare**
 - Antenna: corre sopra il tetto, plastica del cavo crepato dal sole, **da rifare**
- **Nel posare la coibentazione, attenzione a non provocare condensa sulle travi ed ai ponti termici causati dagli «appendini» (in legno, fissati con chiodi!)**



Conclusioni...

2030

Eliminazione dei combustibili fossili dai nuovi edifici

2040

Eliminazione dei combustibili fossili dagli edifici esistenti

2050

Eliminazione dei combustibili fossili dalla produzione di vettori energetici

- Il 90++ % degli edifici sarà coinvolto, **anche molti di quelli che hanno fatto il superbonus...**
Chi ha fatto ibrido + FV + pompa di calore + batterie per 100 k€/u,i, nel 2050 avrà cambiato 1 o 2 volte la pompa di calore, buttato via la parte ibrida perché non c'è più gas naturale, cambiato le batterie e i pannelli fotovoltaici saranno al limite della vita utile...
- **Sarà d'obbligo coibentare decentemente tutti gli edifici... anche in funzione estiva + VMC**
- **Sarà d'obbligo passare a soluzioni a pompa di calore (o altre soluzioni di nicchia)**
- **Sarà necessario gestire accuratamente l'utilizzo dell'energia e degli accumuli locali → automazione**
- **Il costo è di molte decine di migliaia di Euro a famiglia.**
- **Il problema sono le tappe forzate:** causeranno turbolenza nel mercato immobiliare e lievitazione dei costi degli interventi (abbiamo già dato...)
Non una patrimoniale che erode il capitale ma in molti casi la sua distruzione
- **Rimane poi il fatto che se non si utilizzano più petrolio e gas naturale...**
 - con che cosa produrremo energia elettrica, faremo funzionare le nostre industrie e scaldaremo le nostre case in inverno e di notte?
 - se non la rafforziamo, come farà la rete elettrica a reggere riscaldamento, industria e trasporti?

- **Durata di un edificio residenziale: 50...100 anni ?**
 - Nel parco edilizio italiano ci sono molti edifici:
 - Costruiti negli anni 1920...1930 → hanno già 100 anni di vita... → 120 nel 2050
 - Costruiti negli anni 1960...1980 → hanno 40...60 anni di vita... → 70...90 nel 2050
 - **In che condizioni sono le strutture?**
 - Se le strutture non sono sane rischiamo di investire somme considerevoli in un involucro che poi non regge
 - **In che condizioni sono le reti di distribuzione interne dell'edificio?**
 - **Dove mettiamo pompa di calore, accumulo sanitario, accumulo tecnico?**
 - **Fin quando ci sarà ancora il vettore energetico (gas) che usiamo ora?**
 - **Tiriamo avanti con interventi semplici o interveniamo pesantemente?**
- Ristrutturazione pesante** = subito molte emissioni.... **Decarbonizzare prima i prodotti ?!**
- Siamo in grado di «ammortizzarle» nel tempo di vita residuo dell'edificio?

- **Cambio di tecnologia di base per la produzione del calore**

- Dalla combustione alla pompa di calore in circa 15 (?) anni
- L'ibrido è solo un palliativo durante la transizione

→ **tutti i bruciatoristi devono diventare frigoristi**

- **Esigenze aumentate in materia di comfort: ventilazione meccanica e raffrescamento**

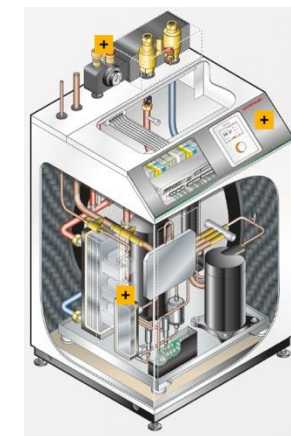
- **Importanza crescente di elettronica, automazione, messa a punto degli impianti**

- L'involucro edilizio è sempre più performante, necessaria una regolazione precisa
- Controllo e coordinamento dei servizi di comfort
- Sempre più componenti sono imbottiti di elettronica → circolatori, ventil-convettori, ...
... ormai serve un microprocessore anche per tirare lo sciacquone ...
- Interazione fra fabbisogni, produzione fotovoltaica e rete elettrica

15 anni è molto meno della durata di un vita professionale

... e ci sono pochi giovani che raccolgono il testimone ...

Gran parte della forza lavoro attuale deve essere riciclata e ri-formata



La validità di una tecnologia è inversamente proporzionale all'entità degli incentivi ed al numero di obblighi di legge che servono per imporla

- Il mercato dovrebbe liberarsi dalla «droga» degli incentivi:
 - le soluzioni tecniche devono camminare sulle loro gambe
 - l'incentivo **sembra funzionare** finchè riguarda una frazione dell'economia.
Se si generalizza, da un lato prendi l'incentivo e dall'altro paghi le tasse:
nel fare il giro qualcosa si perde sempre...

Il topolino nella buca
che voleva uscire
tirandosi per la coda...

Dal 1° gennaio 2025 vietati incentivi a generatori singoli che utilizzano combustibili fossili

- La Direttiva richiede la disponibilità di incentivi → generalmente già soddisfatti dalla legislazione italiana
- Pone l'accento sulla disponibilità di operatori professionali adeguatamente formati
- Gli incentivi devono essere concessi solo se vengono soddisfatti requisiti di prestazione energetica dei componenti (a condizione che l'installatore sia qualificato), valori standard di risparmio energetico, APE prima e dopo, diagnosi energetica, altri metodi pertinenti, trasparenti e proporzionati che dimostrano il miglioramento della prestazione energetica (misure?).

- A lungo termine si passa **dalla tecnologia della combustione alla pompa di calore** anche per i servizi di riscaldamento ed acqua calda sanitaria (*oltre al raffrescamento, dove non c'è alternativa*).
Le altre soluzioni (biomassa, teleriscaldamento) sono nicchie di mercato
- Per fare questo senza stressare troppo la rete elettrica e la richiesta di energia, si devono prima ridurre i fabbisogni → occorre **coibentare seriamente tutti gli edifici** ... e poi bisogna gestire il tutto con una buona **automazione**
- Prima occorre coibentare e dopo installare pompa di calore perché...
 - Se coibenti, riduci subito sia i fabbisogni che i consumi di fonti non-rinovabili
 - Se coibenti riduci le potenze e puoi installare macchine più piccole e non serve sostituire i corpi scaldanti e rifare le reti di distribuzione degli impianti a radiatori.
 - Se coibenti si riducono stratificazione e disuniformità delle temperature interne, aumenta il comfort ... ma occhio a non fare ponti termici ed a mantenere un ricambio d'aria adeguato
 - *Energy efficiency first...*

Per fare tutto questo occorrono tanto tempo, soldi, prodotti e manodopera qualificata...
... e di questi tempi, nessuno di loro è disponibile in abbondanza ...



Grazie per l'attenzione...