

Accumulo e autoconsumo fotovoltaico sotto altre forme: FV e pompe di calore

Saverio Bechtiger – collaboratore Associazione professionale svizzera pompe di calore



ticino * **energia**

Contenuti

Integrazione del fotovoltaico
nell'approvvigionamento termico dell'edificio



Modalità di stoccaggio dell'energia



Particolarità degli impianti a pompa di calore



Combinazione PdC-FV

PdC e PV - come combinarli al meglio?

I risultati qui presentati sono frutto di un progetto di ricerca [OPTEG 2016] condotto dal prof. David Zogg (FHNW), in cui sono stati studiati mediante simulazioni diversi metodi di controllo delle pompe di calore per l'ottimizzazione dell'autoconsumo. Negli anni dal 2016 al 2021 si sono susseguite più di 50 installazioni in cui i metodi di controllo sono stati accuratamente testati e ottimizzati (case monofamiliari, condomini e interi quartieri).

Fonti:

„**Wärmepumpen und PV – die clevere Kombination**“ Prof. Dr. David Zogg, Smart Energy Engineering GmbH (2020)

„**Wärmepumpen, Photovoltaik und Elektromobilität - Planungsgrundlagen für Wohnbauten (EFH und MFH)**“ Prof. Dr. David Zogg, co. Rita Kobler, Marc Bättschmann, Luc Tschumper, Fabio Giddey, Stefan Minder, Maïke Schubert, Peter Hubacher, Andreas Dellios (2023)

„**Eigenverbrauchsoptimierung von Wärmepumpen im Areal über moderne Schnittstellen**“ Prof. Dr. David Zogg, Smart Energy Engineering GmbH (2021)



Il fotovoltaico per riscaldare gli edifici: funziona?

I **nuovi edifici** vengono riscaldati per il **80-95%** con impianti di **riscaldamento a pompa di calore**.

Anche nei **risanamenti** le **percentuali** sono molto elevate.

La **pompa di calore** è molto efficiente ma **consuma energia elettrica**.

Il fotovoltaico per riscaldare gli edifici: funziona?

L'energia elettrica può essere fornita in loco dall'impianto fotovoltaico, ma...



...in parte la **richiesta di calore** in un edificio è **inversamente proporzionale alla resa dell'impianto fotovoltaico!**

Inoltre, in generale il fotovoltaico dà il meglio di sé nei mesi caldi e durante il giorno.

→ **Necessità di immagazzinare l'energia!**



Quali modalità per stoccare l'energia del fotovoltaico?

Batterie

Accumulatore	Capacità	Corrispondenza Batterie stazionarie	Costi supplementari dell'installazione	Quantità cicli di ricarica
Batterie auto elettriche	20..100 kWh		Da. 1'000 CHF (per stazione di ricarica)	Da. 5'000
Batterie stazionarie	10 kWh		Da 10'000 CHF	Da. 5'000

Quali modalità per stoccare l'energia del fotovoltaico?

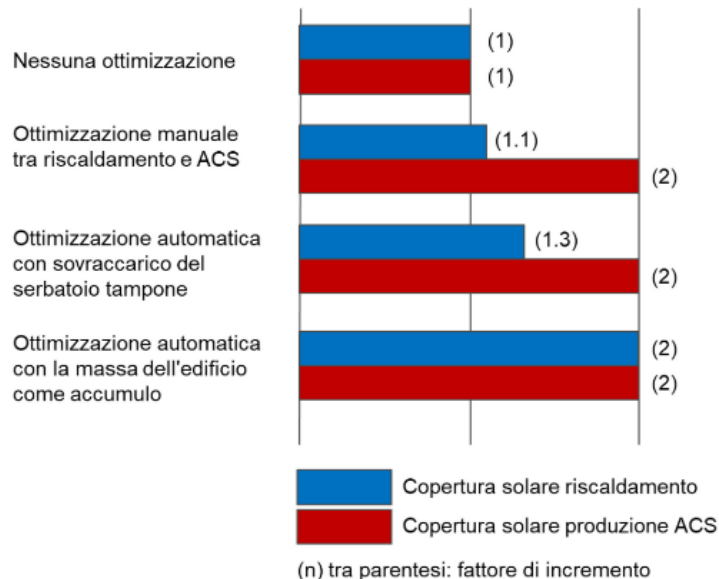
Edificio e impiantistica

Accumulatore	Capacità	Corrispondenza Batterie stazionarie	Costi supplementari dell'installazione	Quantità cicli di ricarica
Accumulatore acqua calda sanitaria o di riscaldamento	10..20 kWh		Nessuno (accumulatore già presente)	Indefiniti
Massa dell'edificio (edificio massiccio)	20..60 kWh (con un aumento di 3°C)		Nessuno	Indefiniti

Gli edifici e la loro impiantistica...

...permettono di sfruttare maggiormente la produzione fotovoltaica e aumentare l'autoconsumo tramite una **tecnica di regolazione ottimizzata**.

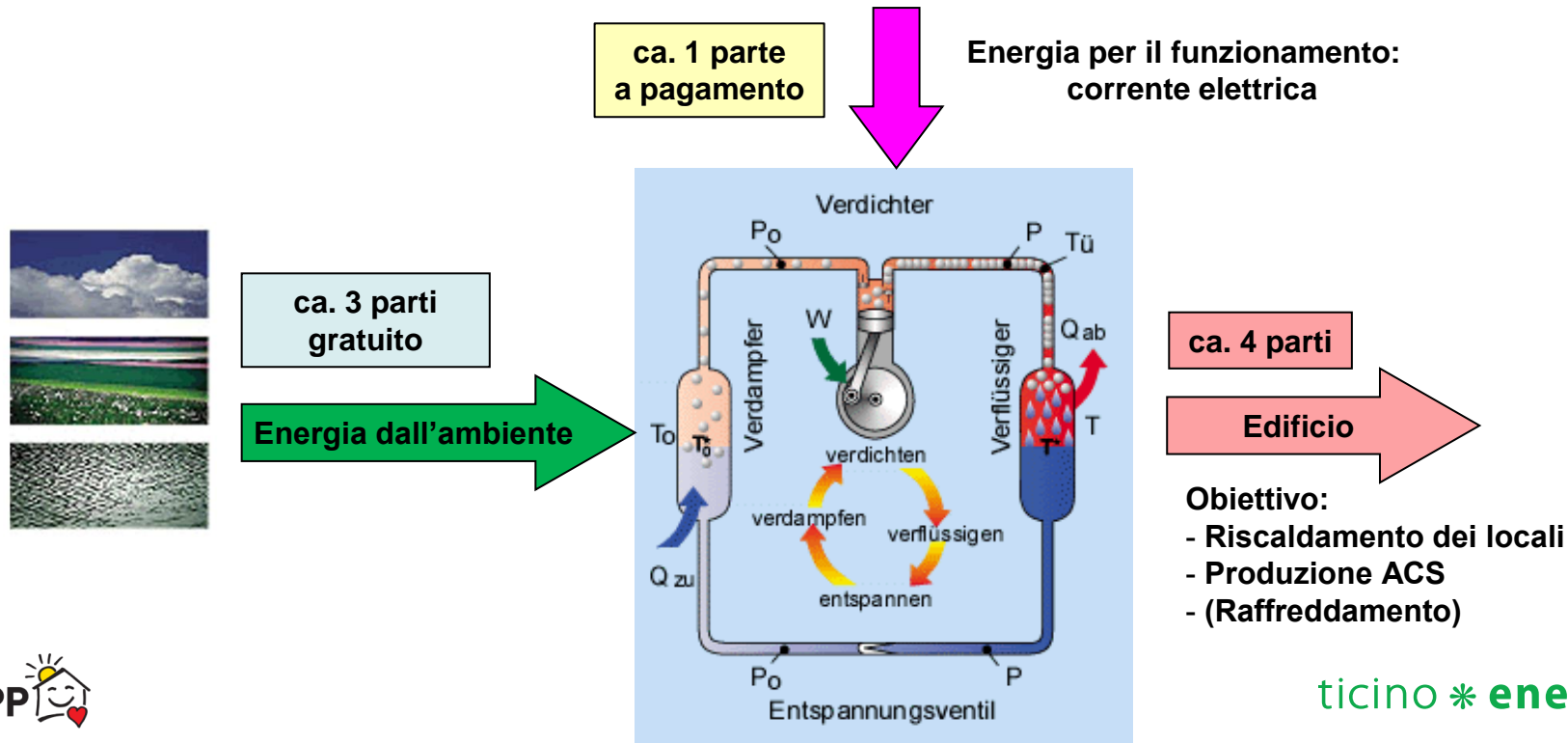
Potenziale della tecnica di regolazione



Per la **massima ottimizzazione** (copertura solare x2) anche **l'edificio viene utilizzato attivamente** anche come accumulo termico.

Questo richiede una **gestione termica** con integrazione di sensori di temperatura e utilizza **un'interfaccia moderna sul lato della pompa di calore**.

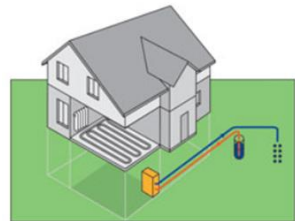
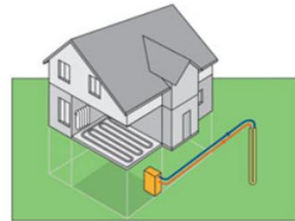
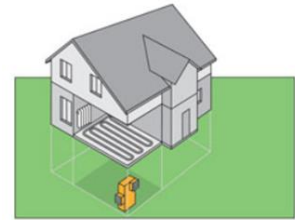
Approfondiamo gli impianti a pompa di calore



Quali tipi di pompe di calore esistono?

Sorgenti di calore:

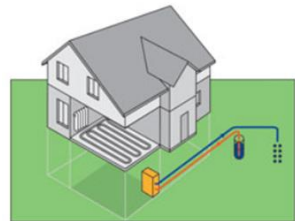
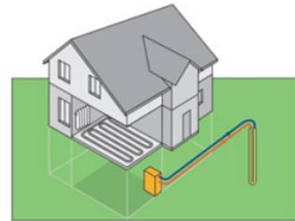
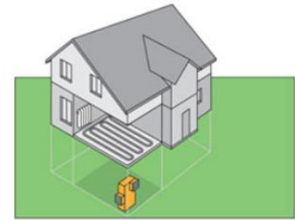
- ✓ l'aria esterna
- ✓ l'acqua (falda/sorgente/lago)
- ✓ il terreno
- ✓ il calore dissipato nei processi di fabbricazione



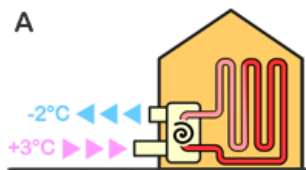
Quali tipi di pompe di calore esistono?

La scelta dipende essenzialmente dai seguenti aspetti e fattori:

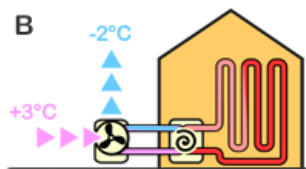
- ✓ le caratteristiche dell'ambiente esterno,
- ✓ le possibili limitazioni d'ordine normativo,
- ✓ le prestazioni richieste,
- ✓ il costo dell'impianto,
- ✓ i tempi di ritorno del maggior investimento.



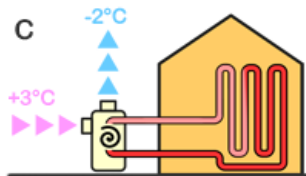
Pompa di calore aria-acqua



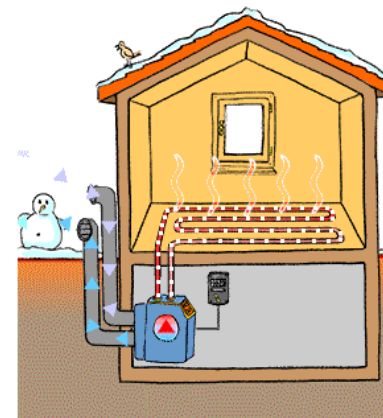
PdC per installazione interna



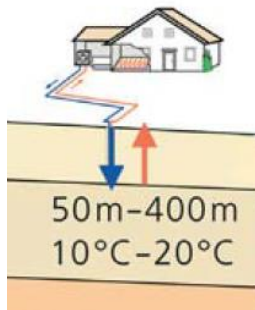
Split



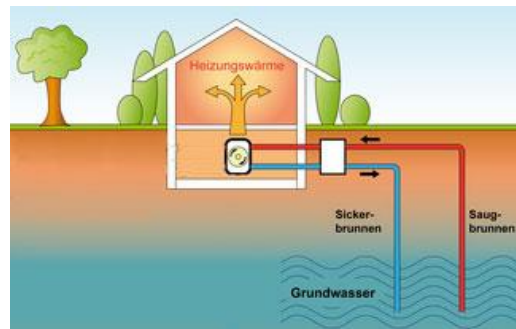
PdC per installazione esterna



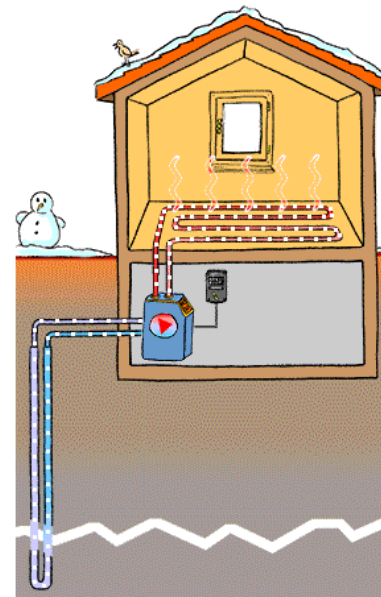
Pompa di calore acqua-acqua o geotermica



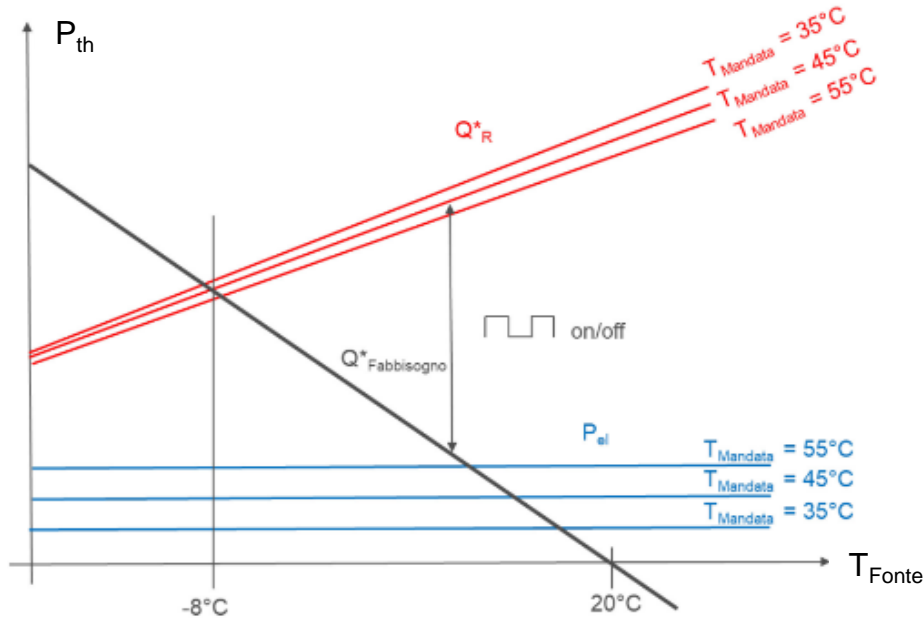
PdC acqua-acqua



PdC geotermica



Pompa di calore ON/OFF



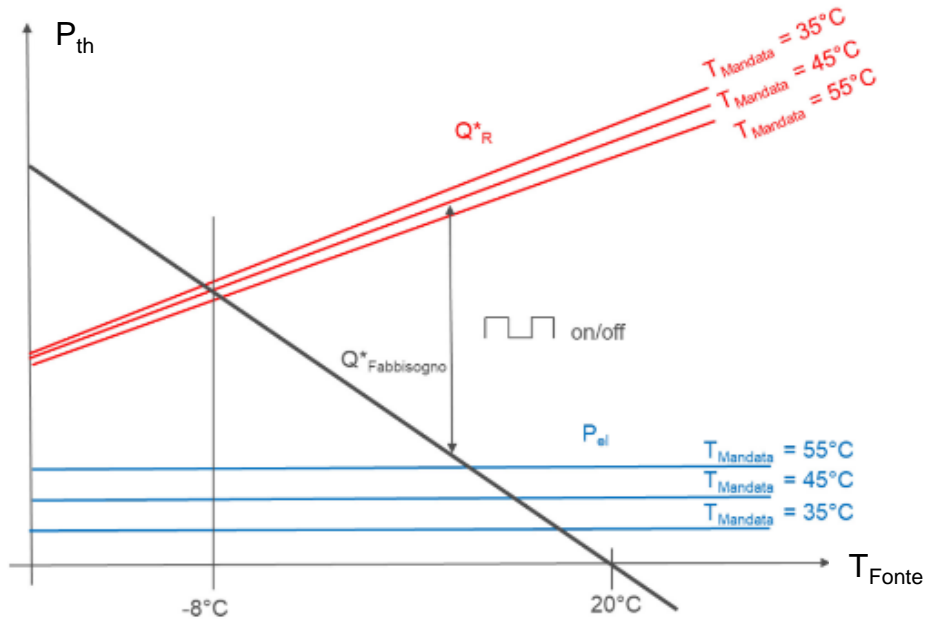
Fonte: SvizzeraEnergia, Pompe di calore e fotovoltaico

Le pompe di calore on/off possono essere **solo accese o spente**.


Il **consumo di energia elettrica** deriva dallo stato di funzionamento specifico della pompa di calore e dipende da

- ✓ Temperature della fonte
- ✓ Temperature del condensatore (temperatura di mandata)

Pompa di calore ON/OFF



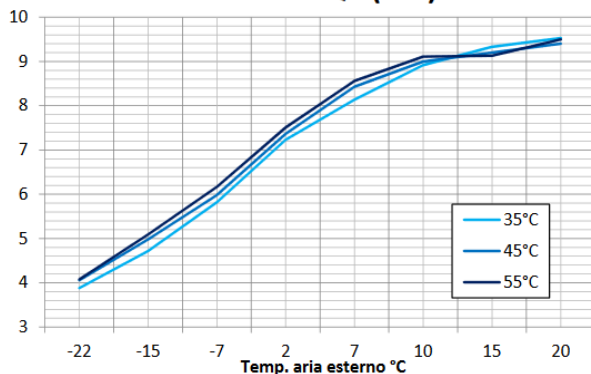
Fonte: SvizzeraEnergia, Pompe di calore e fotovoltaico


La temperatura di mandata incide
significativamente sui consumi
elettrici e sull'efficienza!

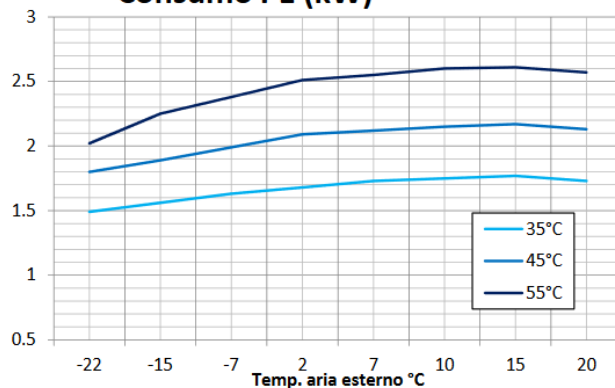


Pompa di calore ON/OFF

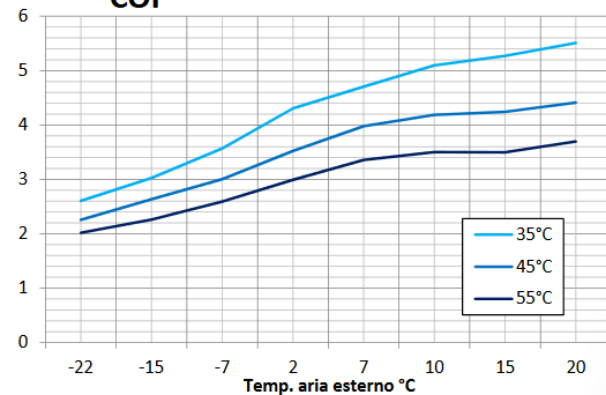
Riscaldamento Qh (kW)



Consumo PE (kW)

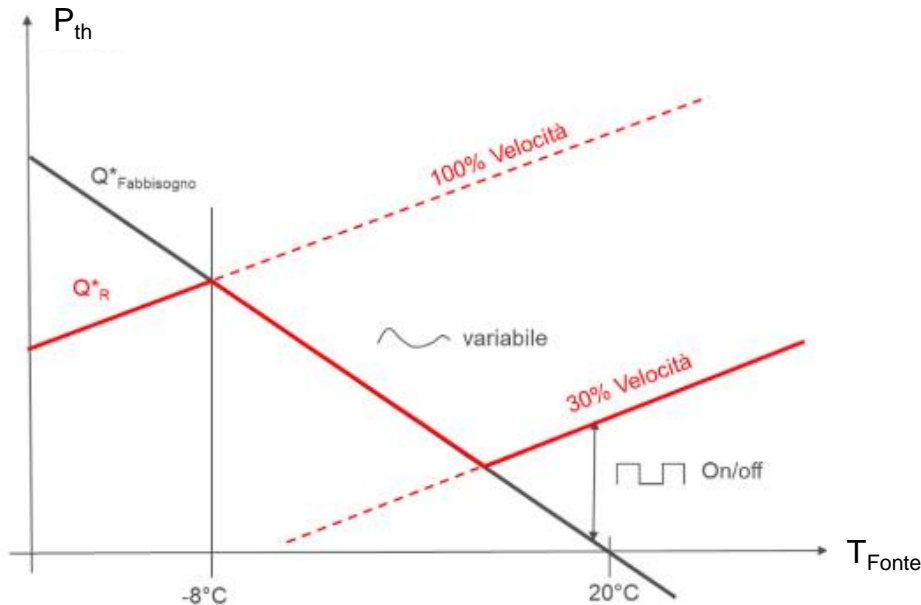


COP



Fonte: Alpha Innotec

Pompa di calore modulante (inverter)

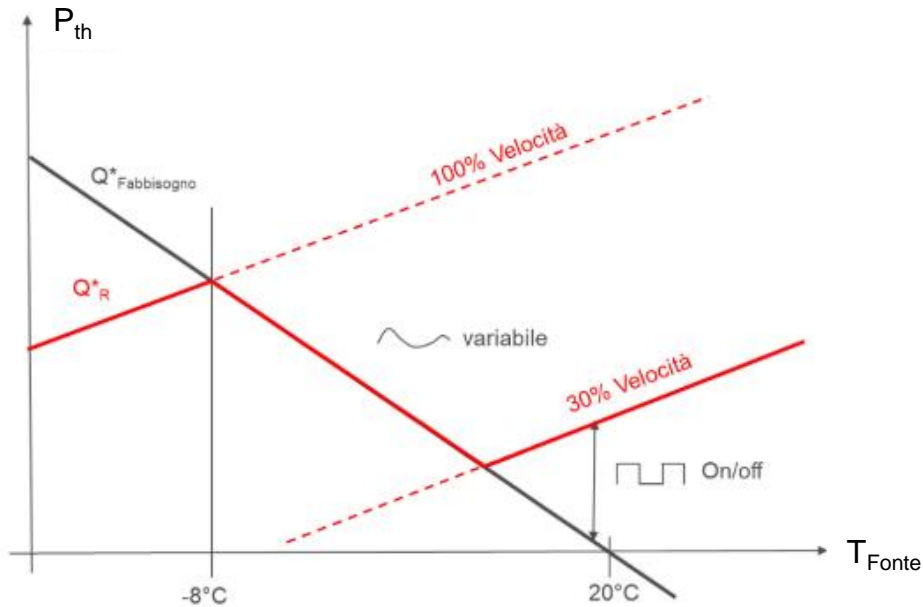


Fonte: SvizzeraEnergia, Pompe di calore e fotovoltaico

La potenza può essere controllata in **modo variabile** in base al fabbisogno di calore dell'edificio → **consumo di energia elettrica variabile** in base alla velocità del compressore.

A basse velocità, la pompa di calore passa ad avere un **funzionamento on/off** (nell'esempio con il 30% della velocità nominale)

Pompa di calore modulante (inverter)



Fonte: SvizzeraEnergia, Pompe di calore e fotovoltaico

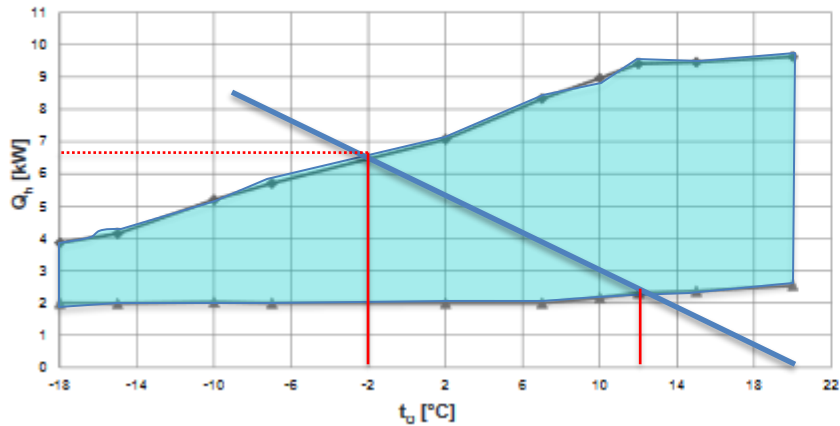


Un corretto dimensionamento rimane fondamentale per un funzionamento efficiente anche con PdC a inverter!



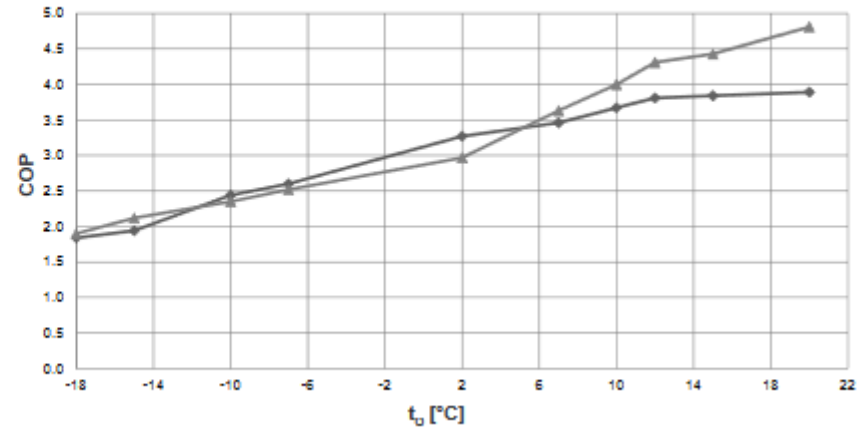
Pompa di calore modulante

Potenza termica - $t_{VL} 45\text{ °C}$



Fonte: Hoval

Coefficiente di prestazione - $t_{VL} 45\text{ °C}$



Altre particolarità degli impianti a PdC

Le pompe di calore sono macchine estremamente interessanti perché riescono a prelevare il calore da **una fonte più fredda e trasferirlo a una temperatura più elevata.**

Si tratta però di macchine (più) complesse che necessitano quindi di una maggiore attenzione rispetto agli impianti tradizionali (fossili).

Altre particolarità degli impianti a PdC

Un parametro fondamentale **per valutare lo «stato di salute»** di un impianto a pompa di calore è **la durata media di accensione.**

- Min. 30 min per pompe di calore ON/OFF
- Min. 1h per pompe di calore a inverter

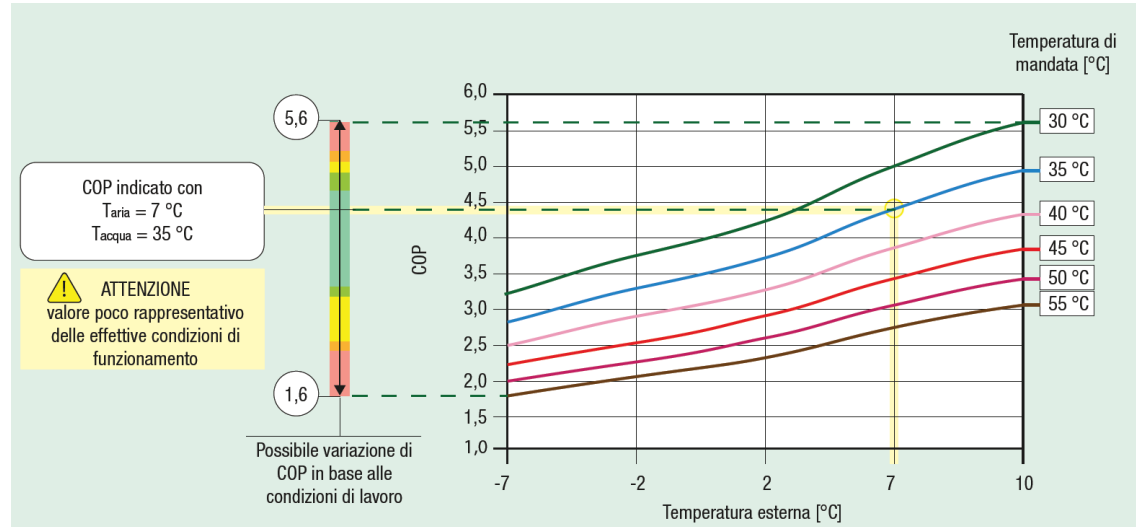


La durata di vita di un compressore ermetico si può quantificare in 80'000 ore di funzionamento meno 3 ore per ogni inserimento

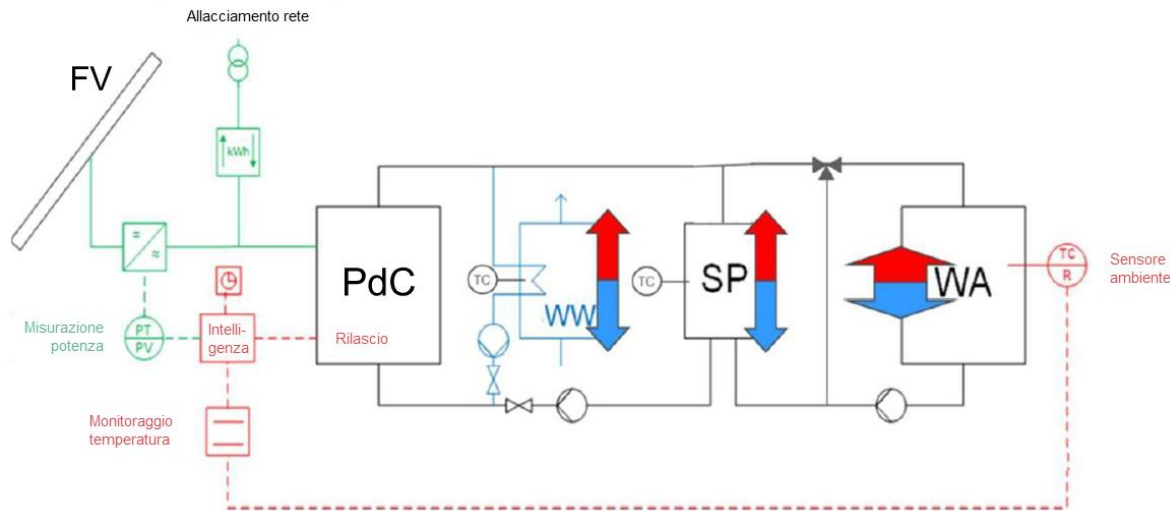


Altre particolarità degli impianti a PdC

Il grado di efficienza di una pompa di calore è il **rapporto fra il calore fornito e l'energia elettrica impiegata**.

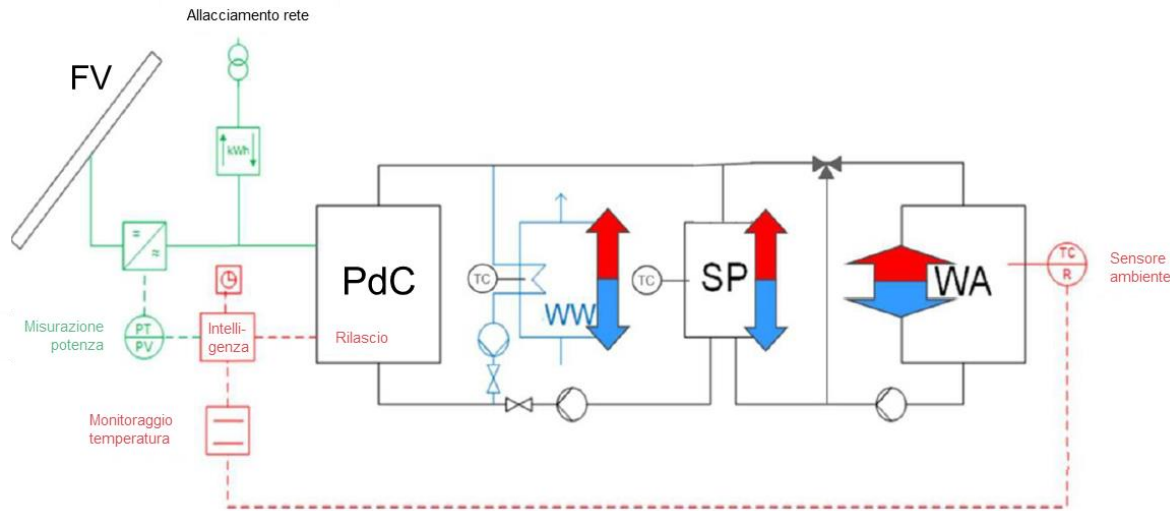


Potenziale delle modalità di stoccaggio dell'energia



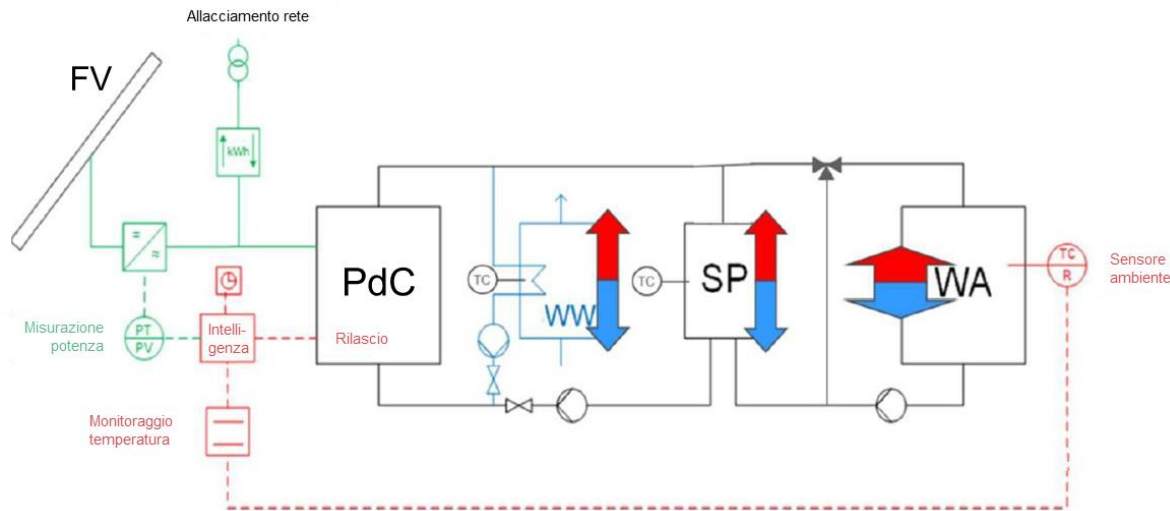
Gli **accumulatori tecnici**,
cioè l'accumulatore idraulico
per l'acqua calda sanitaria
per il riscaldamento, **nonché**
l'edificio stesso, sono
adatti come accumulatori
di calore.

Potenziale delle modalità di stoccaggio dell'energia



Per l'ottimizzazione dell'autoconsumo, **le temperature dell'accumulatore vengono aumentate** non appena si verifica un surplus solare e poter stoccare ulteriore energia.

Potenziale delle modalità di stoccaggio dell'energia

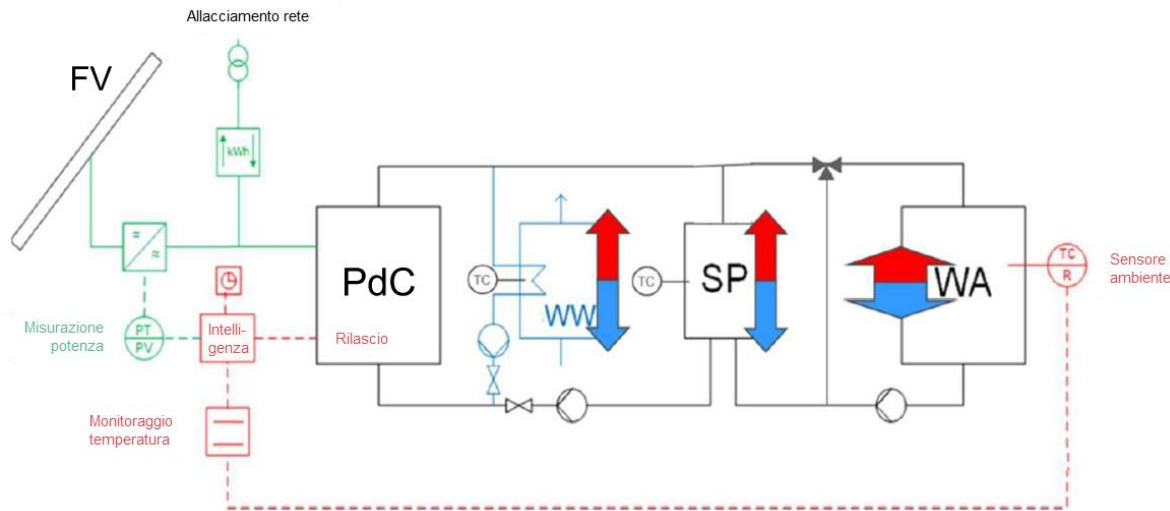


Fonte: SvizzeraEnergia, Pompe di calore e fotovoltaico

Se la **massa dell'edificio viene utilizzata come accumulatore termico**, si ha come vantaggio una maggiore capacità di accumulo con un **aumento di temperatura notevolmente ridotto**.

PdC più efficiente!

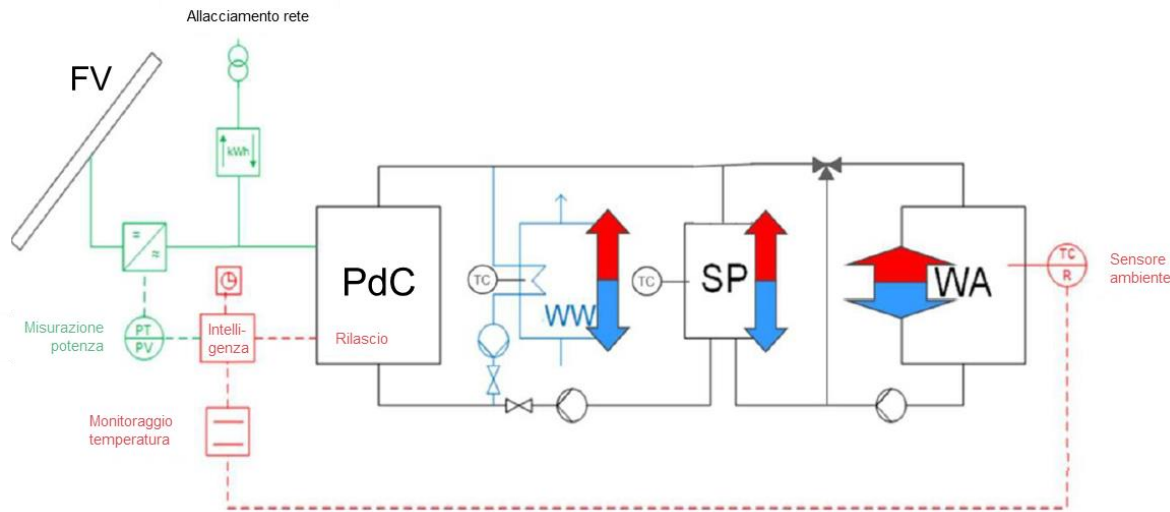
Potenziale delle modalità di stoccaggio dell'energia



L'efficienza del sistema può essere ulteriormente aumentata **abbassando le temperature al di fuori dei tempi di produzione del fotovoltaico.**

Fonte: SvizzeraEnergia, Pompe di calore e fotovoltaico

Potenziale delle modalità di stoccaggio dell'energia



La gestione mirata degli accumuli, con fasi di riscaldamento e abbassamento più lunghe, **riduce anche i cicli di funzionamento della pompa di calore**, con un effetto positivo sulla durata.

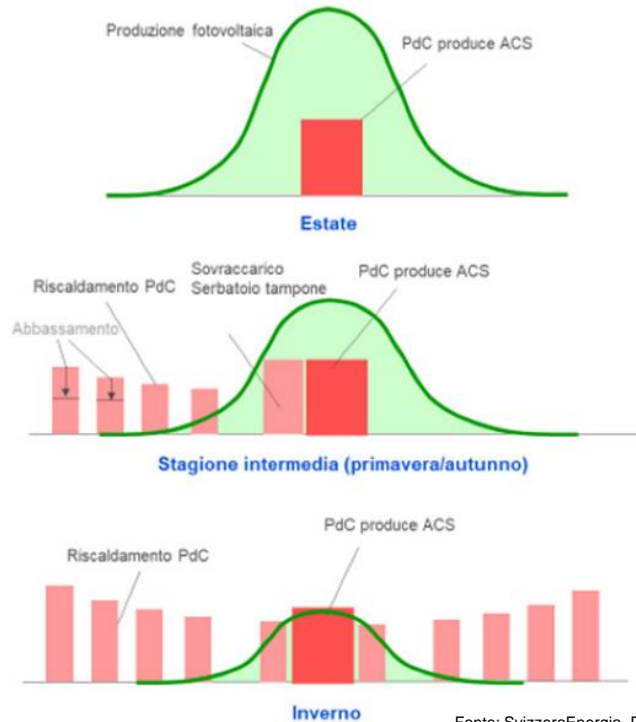
Fonte: SvizzeraEnergia, Pompe di calore e fotovoltaico

Funzionamento PdC in relazione alla produzione FV

Coordinazione con FV per PdC ON/OFF

- ✓ Il **consumo di energia elettrica deriva dallo stato di funzionamento attuale della pompa di calore** (temperature evaporatore e condensatore) → coordinamento con la produzione fotovoltaica solo in misura limitata
- ✓ Per ottimizzare l'autoconsumo, **spostare il funzionamento il più possibile nell'arco della giornata**
- ✓ **Aumentare la curva di riscaldamento** durante la produzione fotovoltaica → aumenta P_{el} della pompa di calore e l'energia aggiuntiva può essere immagazzinata nell'accumulatore o nell'edificio
- ✓ L'efficienza della pompa di calore diminuisce
- ✓ Posticipare **carica dell'ACS durante il periodo di massima produzione fotovoltaica**

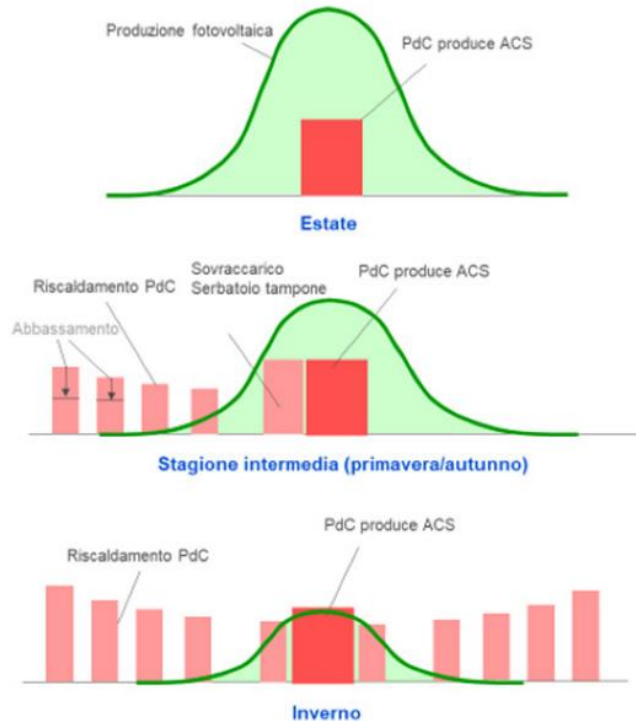
Funzionamento della PdC in relazione al fotovoltaico



Estate:

- ✓ Solo acqua calda sanitaria.
- ✓ L'acqua calda viene prodotta con un funzionamento ottimizzato dal fotovoltaico durante il giorno, nei momenti di massima produzione

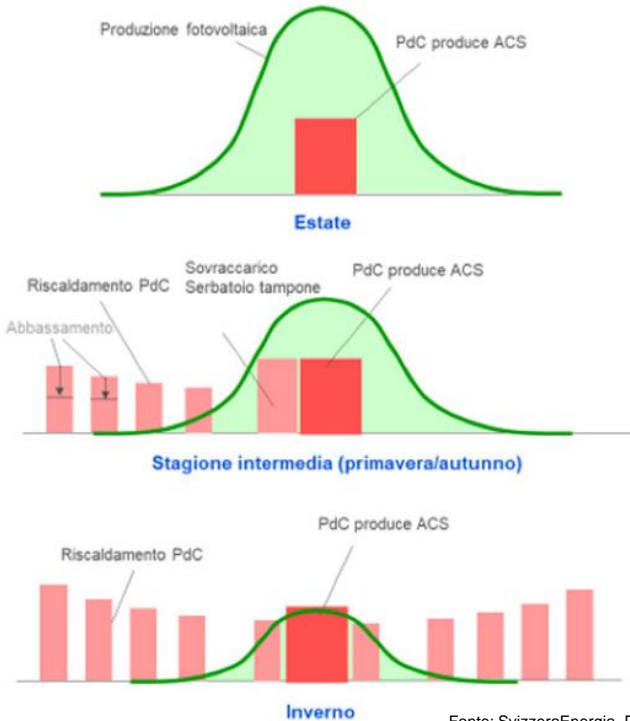
Funzionamento della PdC in relazione al fotovoltaico



Inverno:

- ✓ Acqua calda sanitaria e riscaldamento.
- ✓ Il riscaldamento richiede più elettricità a causa delle temperature esterne più basse.
- ✓ Un coordinamento con la produzione fotovoltaica è possibile solo in misura limitata
- ✓ Prelievo energia dalla rete indispensabile
- ✓ L'ottimizzazione è focalizzata sull'efficienza del sistema, ovvero sul minor consumo possibile

Funzionamento della PdC in relazione al fotovoltaico



Stagione intermedia (primavera/autunno):

- ✓ Acqua calda sanitaria e riscaldamento
- ✓ L'altezza delle barre corrisponde al consumo di energia elettrica che varia a seconda della temperatura di mandata
- ✓ Il consumo di energia elettrica è opposto alla produzione fotovoltaica!
- ✓ **Aumenta dell'accumulo termico durante il giorno**, con conseguente aumento del consumo di energia elettrica (**sfruttamento produzione FV**). Con sufficiente accumulo, **la sera non è più necessario il riscaldamento** → effetto potenziato con accumulo termico nella massa dell'edificio!

Funzionamento PdC in relazione alla produzione FV

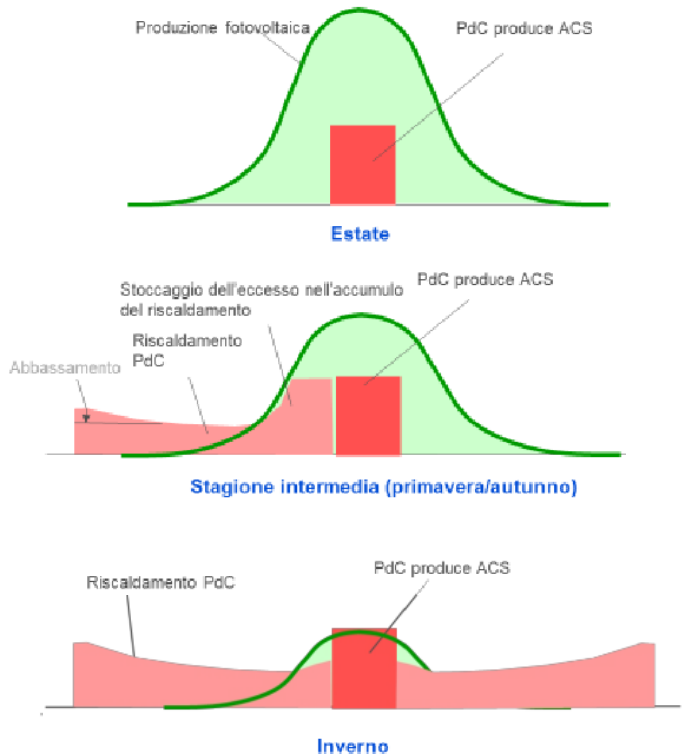
Coordinazione con FV per PdC a inverter

- ✓ **Potenza controllabile in modo variabile** → aumentando la velocità in modo variabile, la potenza può essere aumentata in modo mirato, questo significa che **la produzione fotovoltaica può essere "seguita" meglio**
- ✓ Variabili da influenzare nel funzionamento ottimizzato con il fotovoltaico:
 - Temperatura nominale
 - Velocità del compressore

Per questo tipo di regolazione è fondamentale scegliere un **sistema di gestione** collaudato e compatibile con il produttore della PdC!



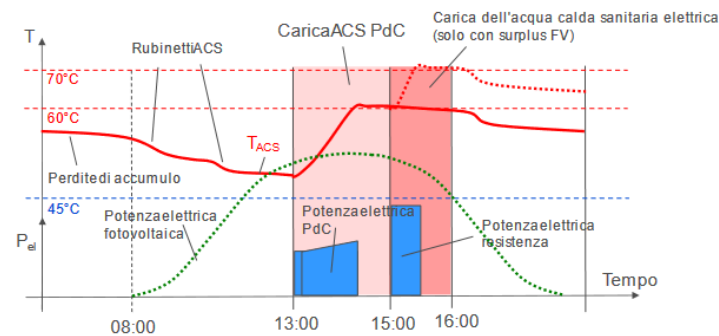
Funzionamento PdC in relazione alla produzione FV



- ✓ Nel complesso, il consumo di energia elettrica delle **pompe di calore a inverter** può essere **meglio adattato alla produzione fotovoltaica**.
- ✓ Il potenziale di ottimizzazione è maggiore nelle **stagioni intermedie** (primavera e autunno), quando produzione e consumo sono più o meno bilanciate.
- ✓ In **estate**, il potenziale di ottimizzazione è minimo, poiché la produzione di acqua calda sanitaria richiede solo una frazione dell'energia fotovoltaica prodotta.
- ✓ In **inverno**, il potenziale di ottimizzazione in termini di FV è ridotto, ma esiste un notevole potenziale di ottimizzazione in termini di efficienza.

Produzione ACS e FV

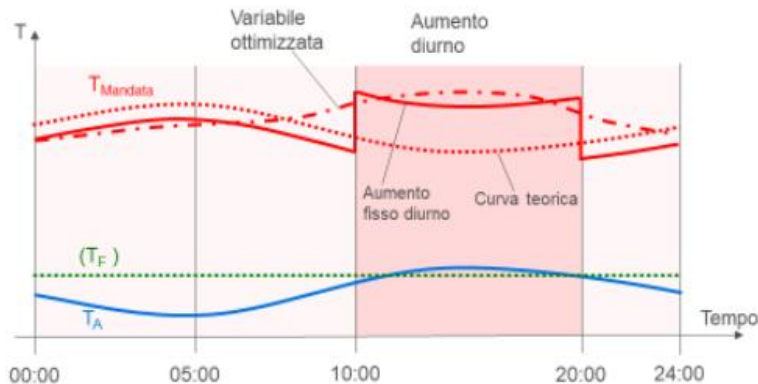
- ✓ Per aumentare copertura solare dell'ACS → impostare **finestra di carico fissa** durante il giorno (corrispondente quanto più possibile alla curva di potenza della produzione FV su una media annuale)
- ✓ Per motivi di efficienza, **produzione di ACS principalmente tramite la PdC**
- ✓ **Produzione nel pomeriggio**, dato che il riscaldamento è previsto principalmente al mattino (evitando il mezzogiorno, poiché altre utenze domestiche assorbono molta elettricità)
- ✓ **Finestra di carica sufficientemente lunga** da consentire il raggiungimento della temperatura nominale desiderata
- ✓ Programmabile tramite regolatore PdC ma meglio se **combinato con un controllo intelligente (energy manager)**



Fonte: SvizzeraEnergia, Pompe di calore e fotovoltaico

Riscaldamento e FV – aumento diurno

A differenza della "precedente riduzione notturna" (sconsigliata per le PdC e negli edifici isolati), ora si usa il termine **"aumento diurno"** per ottimizzare l'autoconsumo.



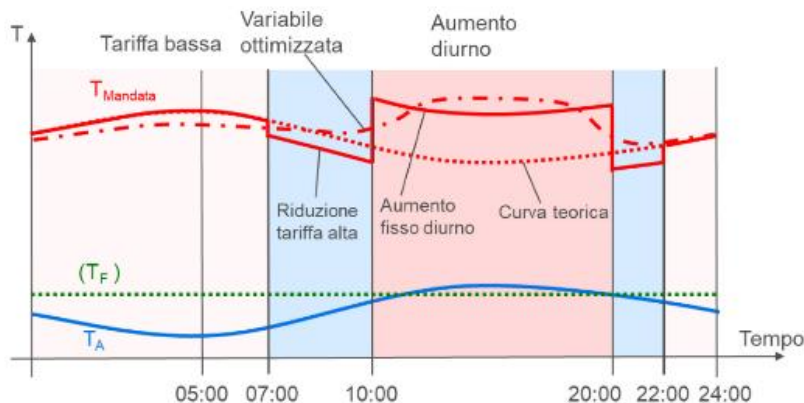
Fonte: SvizzeraEnergia, Pompe di calore e fotovoltaico

Rispetto alla curva di riscaldamento ottimale, la temperatura di mandata viene leggermente aumentata durante il giorno e (per non peggiorare l'efficienza complessiva) l'impostazione di base della curva di riscaldamento viene leggermente abbassata.

- ✓ Spostamento del funzionamento della pompa di calore nella fascia oraria diurna → migliori COP e sfruttamento produzione FV
- ✓ Programmabile tramite regolatore PdC ma meglio se combinato con un **controllo intelligente (energy manager)**

Riscaldamento e FV – aumento diurno

Come **ulteriore ottimizzazione**, è possibile prendere in **considerazione la situazione tariffaria** (semplice fintantoché i costi dell'elettricità sono (ancora) addebitati secondo orari fissi - di giorno si applica la tariffa alta, di notte la tariffa bassa)



Fonte: SvizzeraEnergia, Pompe di calore e fotovoltaico

Tariffe dinamiche con un prezzo dell'elettricità variabile devono essere gestite con energy manager intelligenti.

Conclusioni



- Le pompe di calore sono **ideali per aumentare l'autoconsumo** e alleggerire il **carico sulla rete elettrica** (gestione del carico).
- Un significativo aumento dell'autoconsumo è possibile grazie **all'ottimizzazione della regolazione**, in particolare tramite l'utilizzo di interfacce intelligenti per la gestione. Con un sistema di controllo intelligente, è possibile aumentare sensibilmente l'efficienza senza pregiudicare il comfort – **il grado di autoconsumo delle pompe di calore può essere circa raddoppiato.**
- L'ottimizzazione della combinazione PdC e FV mostra il suo **massimo potenziale nelle mezze stagioni.**

Conclusioni



- L'accumulo di energia termica nella **massa dell'edificio** è **fino a 5 volte più efficace di un accumulatore di acqua calda**.
- Fare attenzione agli eccessivi aumenti di temperatura o ai sistemi di riscaldamento elettrico diretto. **Prima di tutto considerare l'efficienza dell'intero sistema**. In estate, l'eccedenza di energia elettrica non deve essere «bruciata» nelle di resistenze elettriche dirette, ma utilizzata in modo ragionevole, ad esempio per la ricarica di veicoli elettrici o per raffrescare i locali.

In particolare per l'inverno è fondamentale un funzionamento efficiente della pompa di calore, raggiungibile tramite una corretta progettazione e messa in funzione, risp. monitoraggio.

Grazie!

ticino * energia

Associazione TicinoEnergia

Ca' bianca
Via San Giovanni 10
CH-6500 Bellinzona

T +41 (0)91 290 88 10

E info@ticinoenergia.ch

www.ticinoenergia.ch