

18 Febbraio 2022

Flessibilizzazione e sector coupling energia elettrica/calore

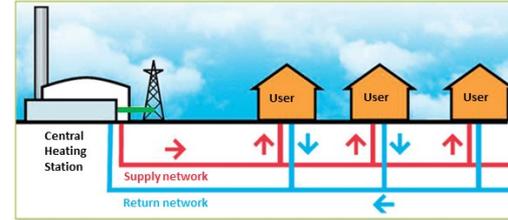
Casi di studio, benefici, l'esperienza su una rete reale

Carlo Sandroni



Le reti di teleriscaldamento permettono elevati gradi di flessibilità

- Inerzia termica e accumulo a basso costo
- Interfacciamento multiplo con rete elettrica



Obiettivo del lavoro è lo sviluppo di un sistema di ottimizzazione e controllo che permetta:

- Partecipazione ai Mercati Elettrici (MGP, MSD)
- Massimizzazione dell'efficienza (minimizzazione gas consumato, perdite di rete)

Caso di studio: rete di teleriscaldamento di dimensioni limitate

- Rete di estensione 5 km
- Centrale termica:
 - Caldaie a gas
 - Cogeneratori (20% della generazione termico)

Temperature max/min di rete
(utenze, mandata e ritorno centrale)



Prezzi energia elettrica



Caratteristiche macchine



$\dot{x} = Ax + Bu$
 $y = Cx + Du$ Modello rete termica

Previsione carico

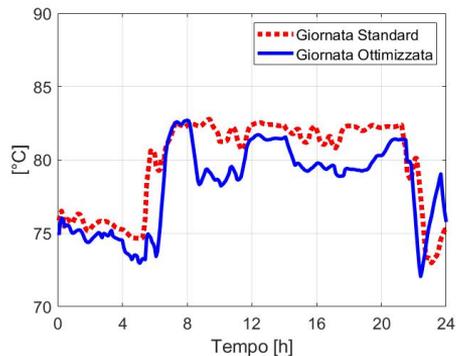
Ricavati dai dati tramite
tecniche di *machine learning*

Sistema di
ottimizzazione
e controllo

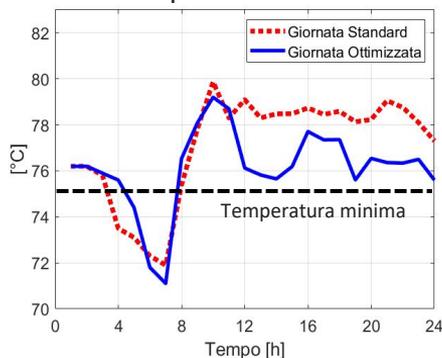
Funzionamento macchine termiche
Temperatura mandata rete
Compra/vendita energia
Elettrica (MGP)

Eseguito il giorno prima per
definire lo scambio elettrico e
rieseguito online (ogni 30 min)
per minimizzare i consumi

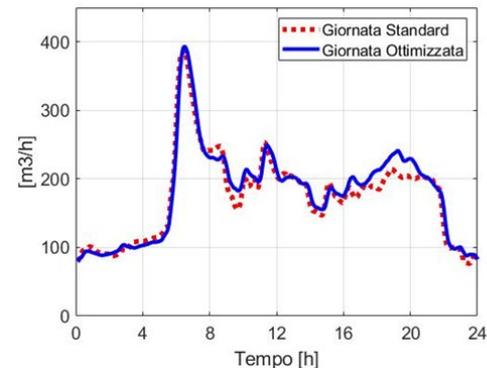
Temperatura di mandata centrale



Temperatura mandata utente più lontano

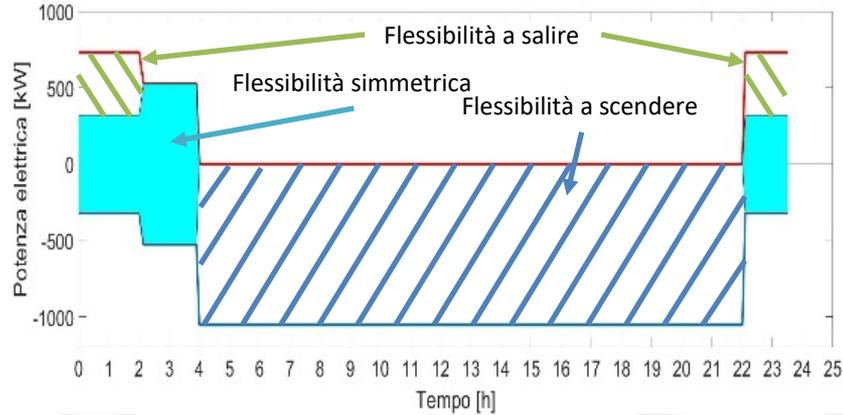


Portata di rete



Giorno test	Energia termica prodotta	Efficienza rete termica	Gas consumato	Energia elettrica venduta su MGP	Costi totali	Emissioni CO ₂	Note
Marzo 2021	- 6 %	+ 6,3 %	- 4,8 %	+ 0 %	- 3,4 %	- 4,8 %	Utilizzo di 1 cogeneratore non manipolabile
Dicembre 2021	- 6.8 %	+ 7,3 %	+ 9 % (- 7,3 %)	+ 100 %	- 40 %	- 7,3 %	Utilizzo di 2 cogeneratori manipolabili

Potenza disponibile per i servizi MSD



Contributo MSD a salire principalmente nelle ore notturne e mezzogiorno

- Limitazione data dalla capacità di accumulo termico

Contributo MSD a scendere limitato dalla convenienza economica

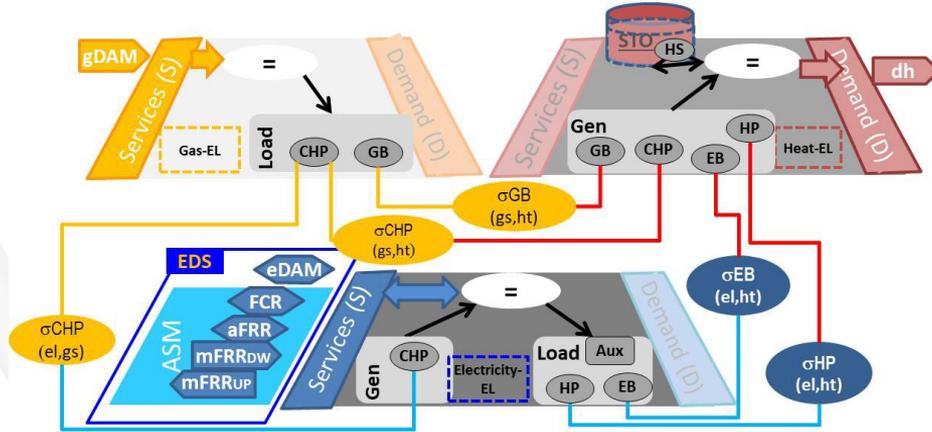
- $\text{prezzo MSD}_{\text{DW}} < 1.35 * \text{Prezzo GAS}$

STAGIONE INVERNALE [11 GWh th]		2 CHP [GWh el/anno]	3 CHP [GWh el/anno]	3 CHP + storage [GWh el/anno]
MGP		3.2	4.5	
MSD UP	Caricamento della rete (5° C)	0.481	0.523	1.45
	Caricamento della rete (10° C)	0.952	0.969	
MSD DOWN		0.181	0.234	
Potenziale remuneratività da MSD rispetto al valore del calore venduto		10%	11%	15%

- Attività svolta in parte all'interno del progetto H2020 MAGNITUDE (<https://www.magnitude-project.eu/>)
- Definizione di modelli e strumenti per misurare la flessibilità e definire le offerte su diversi mercati (dell'energia e dei servizi) per abilitare l'accoppiamento di vari settori (es. elettricità, gas e calore)
- Esempio di applicazione su un impianto di teleriscaldamento di grandi dimensioni



Schema dell'impianto e servizi considerati



Componenti disponibili:

- Cogeneratori a gas
- Pompe di calore
- Caldaie a gas
- Caldaie elettriche
- Accumulo termico

Servizio	Tempo di attivazione [s]	Durata [min]	Banda simmetrica
Primaria	30	60	sì
Secondaria	200	60	sì
Terziaria	900	60	no

PASSO 1

Pianificazione operativa per soddisfare la domanda termica prevista e per l'approvvigionamento delle risorse sui mercati dell'energia



Offerte per: MGP e MI

PASSO 2

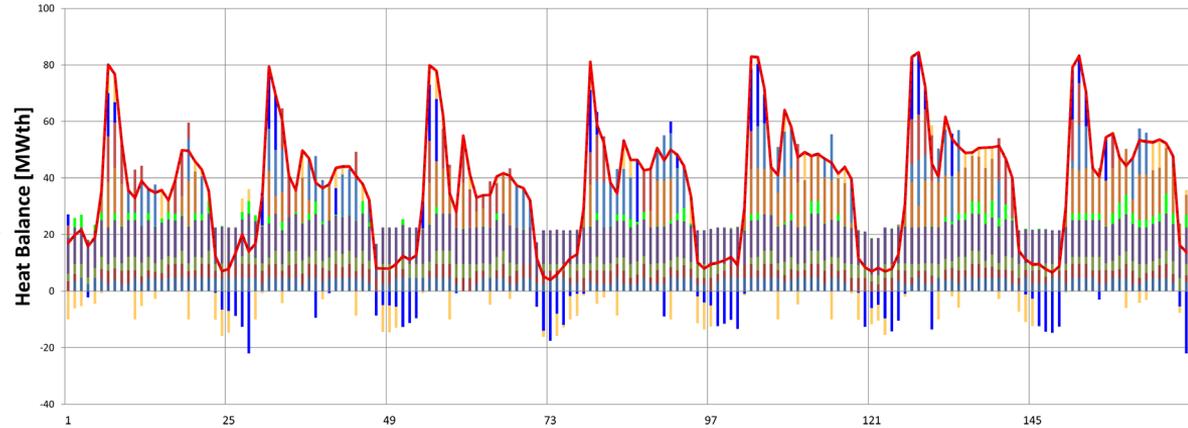
Formula offerte su MSD, garantendo la soddisfazione della domanda, e offerte su IM gas per le bilanciare l'erogazione dei servizi



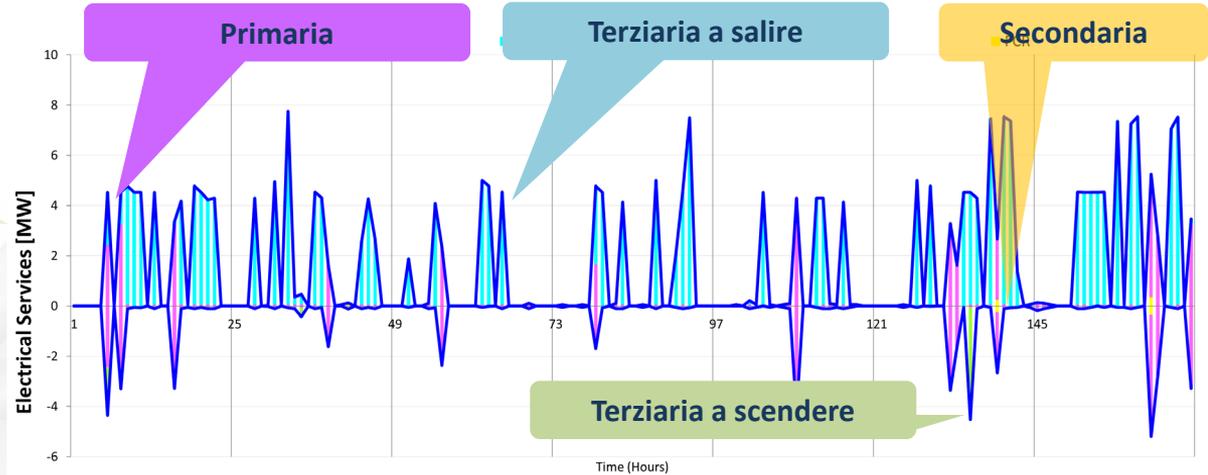
Offerte per: MSD/MB e MI

Esempio

Alimentazione della
domanda termica

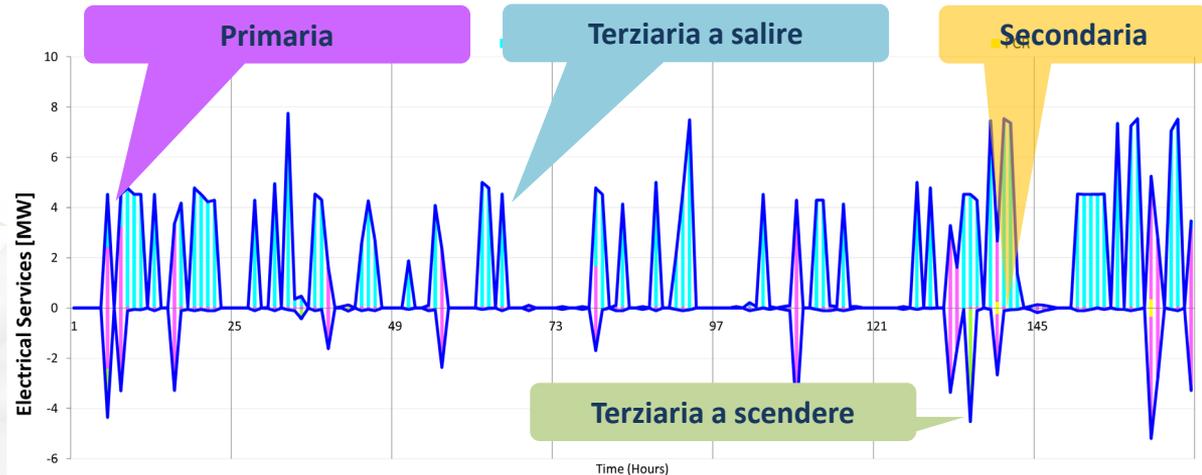


Offerte per i servizi
ancillari

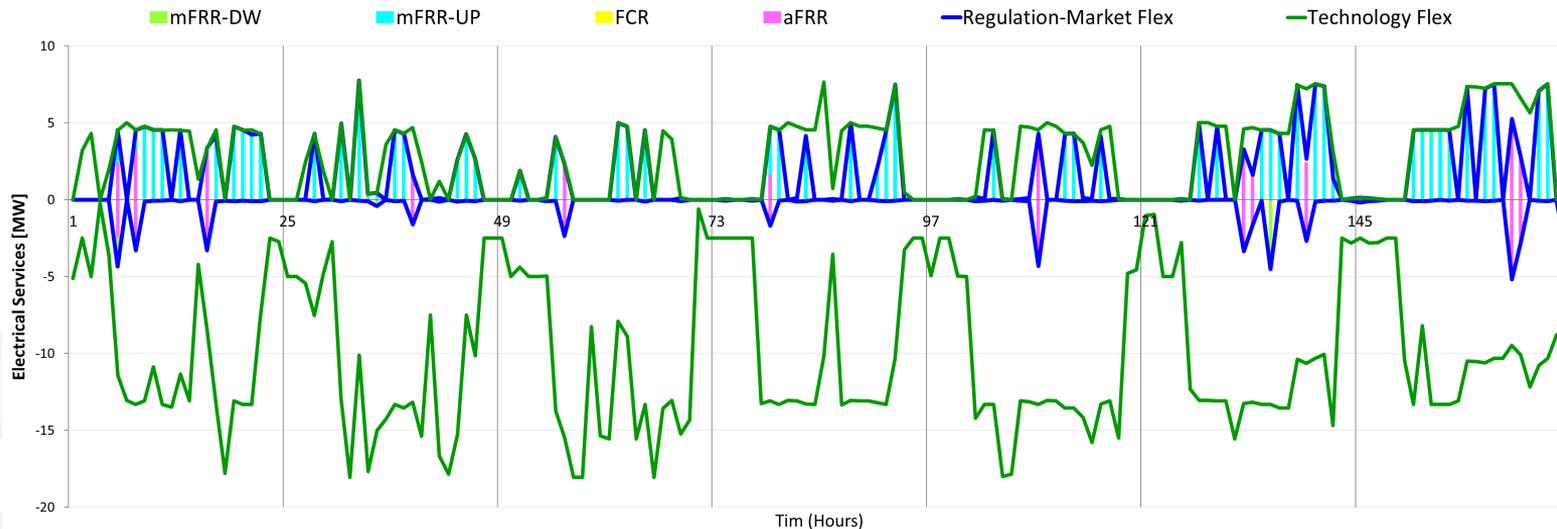


- In ogni istante possono essere definite offerte per più servizi (es. mFRRup + aFRR)
- Ogni offerta è composta dal contributo di più macchine, soddisfacendo la domanda
- La definizione delle offerte è vincolata alla fattibilità tecnica ed economica, ribilanciando su altri vettori

Offerte per i servizi
ancillari



Limitazioni sulla flessibilità dell'impianto





Grazie per l'attenzione!

Vincenzo Casamassima
Edoardo Corsetti
Ada Del Corno
Alessio La Bella
Carlo Sandroni