

IMPIANTI TECNOLOGICI AD ALTA EFFICIENZA

CAGLIARI - SALA CIS 8 GIUGNO 2007

La microgenerazione esempi progettuali e analisi costi benefici

Ordine degli **Ingegneri**
della provincia di **Cagliari**



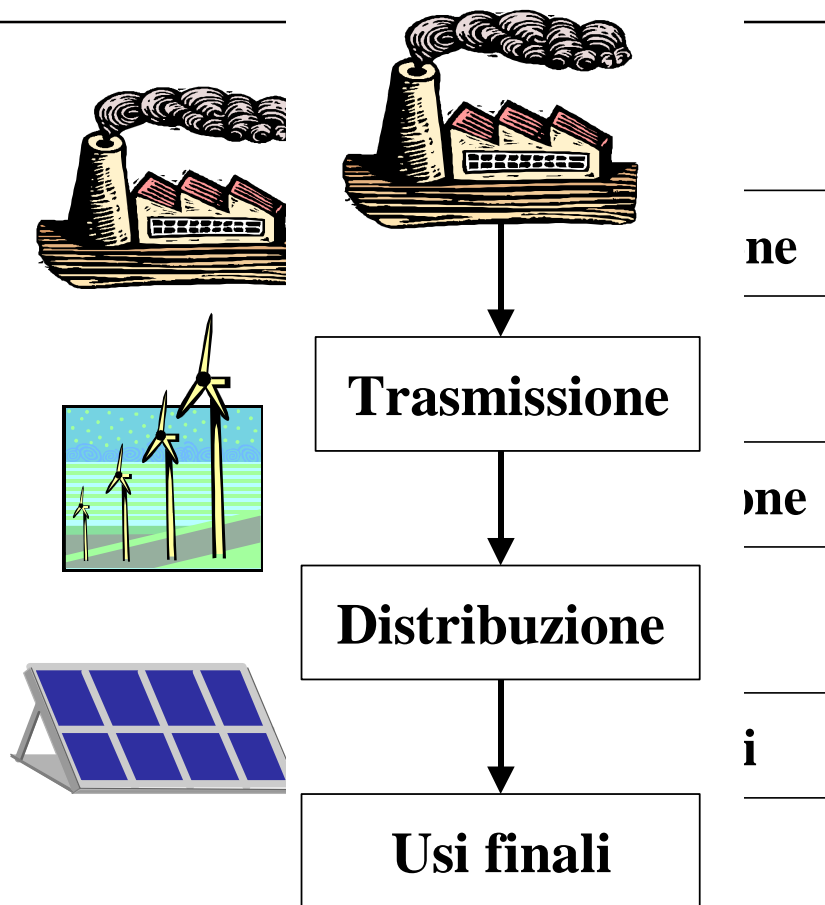
Prof. Ing. Fabrizio Pilo
Dipartimento Ingegneria Elettrica ed Elettronica
Università di Cagliari

Introduzione

- ➔ **Microcogenerazione**
- ➔ **Tecnologie per la Microcogenerazione**
- ➔ **Mercato della Microcogenerazione**
- ➔ **Evoluzione normativa**
- ➔ **Esempi di applicazione**
- ➔ **Conclusioni**

La Generazione Distribuita come paradigma della distribuzione elettrica

- Produzione connessa alla rete o in isolata mediante generatori di piccola taglia con caratteristiche di modularità
- Generalmente connessa al sistema di distribuzione o in corrispondenza del cliente
- Può essere di proprietà delle società di distribuzione, dei clienti o di altri
- Ha lo scopo di consentire l'ottenimento di specifici risultati in termini di capacità e affidabilità
- Ha effetti positivi sul sistema, sui clienti o su entrambi



Perché parlare di GD nell'edilizia residenziale?

30 LUG 2003 NAZIONE - Corvino - GIORNO da pag. 14
BLACK-OUT / Contro l'emergenza
**«Centrali fai-da-te
Consumano poco
e inquinano meno»**

20 LUG 2003 IL TEMPO da pag. 14
Accordo fra ministero Ambiente, Confindustria e banche
**Presto mini-generatori elettrici
per bollette meno pesanti**

24 AGO 2003 LA STAMPA da pag. 13
Tra i programmi del Governo allo studio incentivi per la costruzione di piccoli sistemi di generazione
Il mercato punta sull'impianto «tascabile»
*In crescita il micro-idroelettrico
e le turbine «domestiche»*

07 OTT 2003 LA STAMPA da pag. 1
Incentivi per le centrali «in condominio»
Sbloccare la costruzione di nuove centrali, dare il via a microcentrali fai-da-te e sviluppare le fonti alternative. È la ricetta del ministro dell'Ambiente, Altero Matteoli, per raggiungere l'obiettivo di un'Italia autonoma sul piano energetico.
L'annuncio del ministro Matteoli: aiuti fino al 30% della spesa - Eco-crediti dall'Est per le imprese
Incentivi alle «centrali» di condominio

07 OTT 2003 LA STAMPA da pag. 17
DECRETO DEL GOVERNO: MINI-IMPIANTI PER SUPERMERCATI, OSPEDALI E GRANDI CONDOMINI. ENEL E CONSUMATORI AI FERRI CORTI SUI RIMBORSI
Contro il blackout arrivano le centrali «fai da te»
Indagine congiunta tra Italia, Francia e Svizzera sulle cause del grande buio

- Perché la microcogenerazione permette un **uso più efficiente del combustibile primario**;
- Può rendere l'abitazione meno vulnerabile alla qualità della fornitura
- Il miglioramento dell'efficienza è un'azione che comporta la possibilità di vendere titoli di efficienza energetica

Che cos'è la microcogenerazione?

- ➔ Non esiste ancora una definizione univoca del termine microcogenerazione a livello internazionale
- ➔ Si definiscono “**impianti di microcogenerazione**” (microCHP o μ CHP), gli impianti di cogenerazione che forniscono potenze elettriche nominali inferiori al MWe;
- ➔ La **Direttiva Europea 2004/8/EC** (11 Febbraio 2004) ha definito in modo preciso gli impianti di **microcogenerazione le unità di potenza inferiore a 50kWe** con un rendimento globale superiore al 80% (Art. 3).
- ➔ Considerazioni di carattere pratico rendono comunque adatte ad applicazioni di tipo civile **solamente impianti di taglia pari a 15kWe.**

D. Lgs. 8 Febbraio 2007, n. 20

Attuazione della Direttiva 2004/8/CE sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia

➔ Obiettivo:

- ◆ Accrescere l'efficienza energetica
- ◆ Tutela dell'ambiente

➔ Misure:

- ◆ Promuovere la cogenerazione ad alto rendimento di calore ed energia elettrica
- ◆ Basata sulla domanda di calore utile e sul risparmio di energia primaria

D. Lgs. 8 Febbraio 2007, n. 20

Attuazione della Direttiva 2004/8/CE sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia

➔ Definizioni (art. 2)

- ◆ **cogenerazione**: la generazione simultanea in un unico processo di energia termica ed elettrica o di energia termica e meccanica o di energia termica, elettrica e meccanica;
- ◆ **unita' di cogenerazione**: un'unita' che può operare in cogenerazione;
- ◆ **produzione mediante cogenerazione**: la somma dell'elettricità, dell'energia meccanica e del calore utile prodotti mediante cogenerazione;
- ◆ **unita' di piccola cogenerazione**: un'unita' di cogenerazione con una capacità di generazione installata inferiore a 1 MWe;
- ◆ **unita' di microcogenerazione**: un'unita' di cogenerazione con una capacità di generazione massima inferiore a 50 kWe;

D. Lgs. 8 Febbraio 2007, n. 20

Attuazione della Direttiva 2004/8/CE sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia

➔ Definizioni (art. 2)

- ◆ calore utile: il calore prodotto per una domanda economicamente giustificabile di calore o di raffreddamento;
- ◆ domanda economicamente giustificabile: una domanda non superiore al fabbisogno di calore o di raffreddamento e che sarebbe altrimenti soddisfatta;
- ◆ elettricità da cogenerazione: l'elettricità generata e calcolata secondo la metodologia specificata;
- ◆ elettricità di riserva: l'elettricità fornita dalla rete elettrica esterna
- ◆ elettricità di integrazione: l'energia elettrica richiesta alla rete elettrica
- ◆ rendimento complessivo: la somma annua della produzione di elettricità, di energia meccanica e di calore utile divisa per l'energia contenuta nel combustibile di alimentazione usato;
- ◆ valore di rendimento di riferimento per la produzione separata;
- ◆ rapporto energia/calore: il rapporto tra elettricità da cogenerazione e calore utile durante

D. Lgs. 8 Febbraio 2007, n. 20

Attuazione della Direttiva 2004/8/CE sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia

➔ Garanzia di Origine di Elettricità da cogenerazione ad alto rendimento (art. 4)

- ◆ Rilasciata da GSE su richiesta del produttore
- ◆ Ottenibile solo se la produzione supera 50MWh (per la microcogenerazione significa 1000 ore a pieno regime)
- ◆ La garanzia specifica:
 - ✦ l'ubicazione dell'impianto;
 - ✦ la tecnologia utilizzata;
 - ✦ il combustibile da cui e' stata prodotta l'elettricità;
 - ✦ la quantità di combustibile utilizzato mensilmente;
 - ✦ la corrispondente produzione netta mensile di energia elettrica da cogenerazione ad alto rendimento che la garanzia di origine rappresenta;
 - ✦ il potere calorifico inferiore del combustibile da cui e' stata prodotta l'elettricità;
 - ✦ l'uso del calore generato insieme all'elettricità;
 - ✦ il risparmio di energia primaria.

D. Lgs. 8 Febbraio 2007, n. 20

Attuazione della Direttiva 2004/8/CE sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia

➔ Regime di sostegno alla cogenerazione ad alto rendimento (Art. 6)

- ◆ Entro 6 mesi dall'entrata in vigore saranno stabiliti i criteri per l'incentivazione.
 - ✦ I criteri considerano la taglia, il rendimento complessivo, il calore utile, innovatività, specificità, risparmio conseguito, combustibile impiegato, emissioni inquinanti.
- ◆ AEEG emana la disciplina per le condizioni tecnico economiche

D. Lgs. 8 Febbraio 2007, n. 20

Attuazione della Direttiva 2004/8/CE sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia

➔ Semplificazioni autorizzative

- ◆ L'amministrazione competente al rilascio dell'autorizzazione per la costruzione e l'esercizio degli impianti di cogenerazione di potenza termica uguale o inferiore a 300 MW prevede a tale fine un procedimento unico, svolto nel rispetto dei principi di semplificazione e con le modalità stabilite dalla legge 7 agosto 1990, n. 241.
- ◆ Col provvedimento di cui all'articolo 1, comma 88, della legge 23 agosto 2004, n. 239, ed anche con riguardo agli aspetti di sicurezza antincendio, di intesa con la Conferenza unificata, sono stabilite procedure autorizzative semplificate per l'installazione e l'esercizio di unità di piccola e di micro-cogenerazione, tenendo anche conto di quanto previsto dall'articolo 1, comma 86, della medesima legge n. 239 del 2004.

D. Lgs. 8 Febbraio 2007, n. 20

Attuazione della Direttiva 2004/8/CE sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia

➔ Cosa fare per favorire la Microcogenerazione?

◆ *Progettazione e certificazione*

- ✦ *Ruolo Importante di UNI e CEI (CEI ha appena istituito CT311, appendice alla CEI 11-20 per microcogeneratori in emanazione)*

◆ *Norme sulle prestazioni energetico-ambientali*

◆ *Autorizzazione all'installazione*

- ✦ Sportelli unici i cui operatori saranno forniti, a cura di MAP ed ANCI, di specifiche schede riassuntive, eventualmente contenute nella normativa UNICTI-CEI.

◆ *Rapporti con i distributori di elettricità e gas*

- ✦ AEEG ha un ruolo chiave per definire tariffe e costi di connessione

D. Lgs. 8 Febbraio 2007, n. 20

Attuazione della Direttiva 2004/8/CE sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia

➔ Aspetti economici e vincoli della fiscalità

1. azione del Ministero delle Finanze per la semplificazione delle procedure, la loro informatizzazione e la diffusione dei contatori elettronici;
2. procedura fiscale opzionale basata sui dati di produzione certificati per determinare le quote di accise da pagare sul gas e il totale delle imposte di consumo sull'elettricità prodotta. Questa procedura interesserebbe soprattutto gli autoconsumatori;
3. l'eliminazione dell'obbligo di apertura dell'officina di acquisto promiscuo per gli impianti di microcogenerazione (costi notevoli per gli utenti senza la possibilità di giovare dello sconto fiscale oltre la soglia dei 200.000 kWh/mese.

D. Lgs. 8 Febbraio 2007, n. 20

Attuazione della Direttiva 2004/8/CE sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia

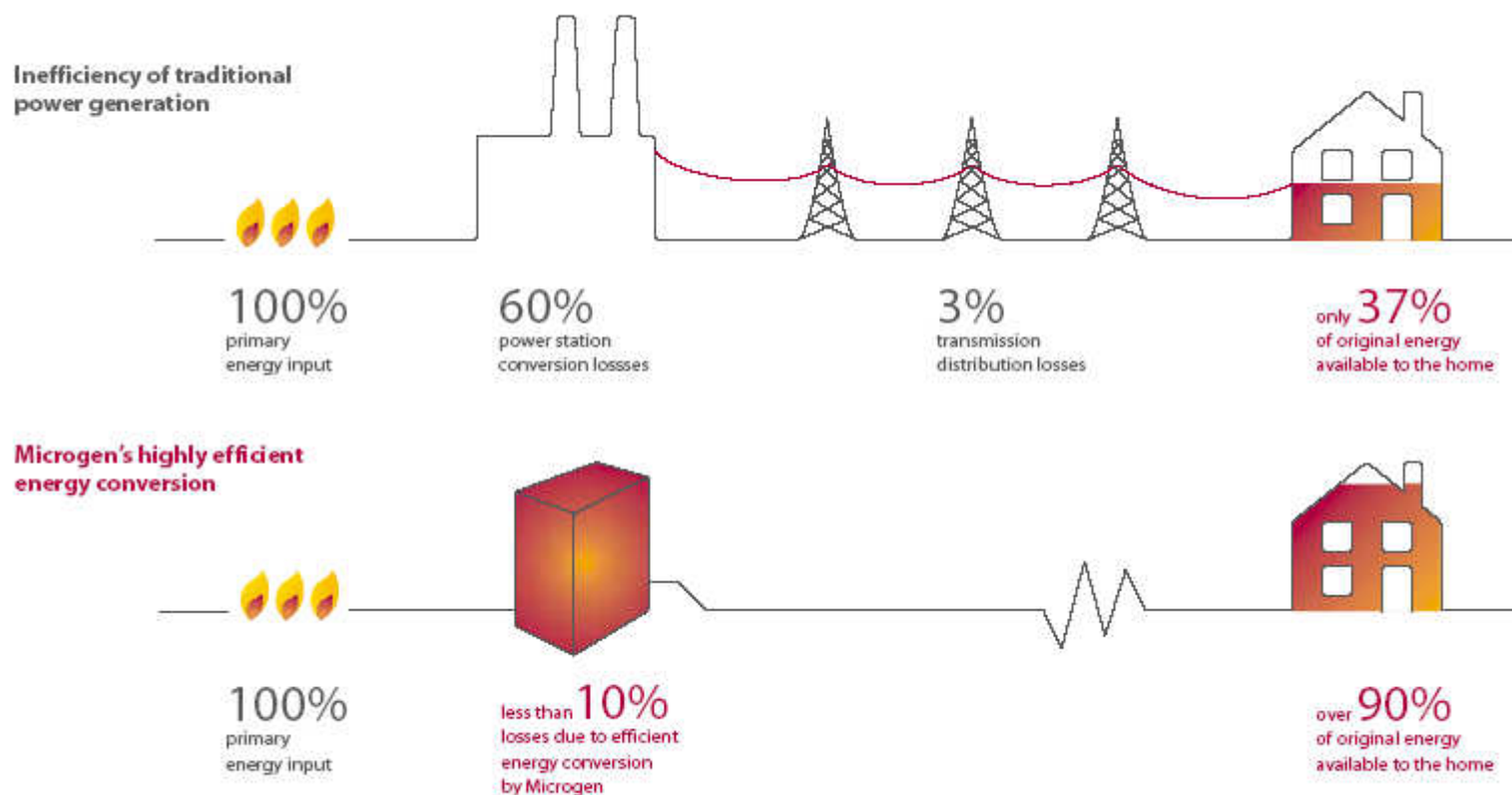
➔ *Valorizzazione dell'elettricità prodotta*

- ◆ La massima valorizzazione dell'elettricità si ha con l'autoconsumo. Con le norme attuali è richiesta una rigida strutturazione della proprietà (non va bene per condomini). La diffusione di tariffe multiorarie e stagionali porterebbe i piccoli impianti a contribuire alla copertura del picco estivo.

➔ *Collaudo*

- ◆ Per gli impianti di microcogenerazione debbono valere le stesse regole e gli stessi tempi per gli allacci alla rete e per le autorizzazioni alla costruzione e all'esercizio validi per impianti di consumo di pari taglia.

Un modo intelligente di produrre energia termica ed elettrica



Tecnologie per la microcogenerazione: Whispergen



Technical Details:

Engine: 4 cylinder double acting Stirling cycle

Outputs: Electrical: modulated up to 1200W AC at 220-240V

thermal: modulated up to 8kW via sealed liquid circulation

Fuel: Natural gas

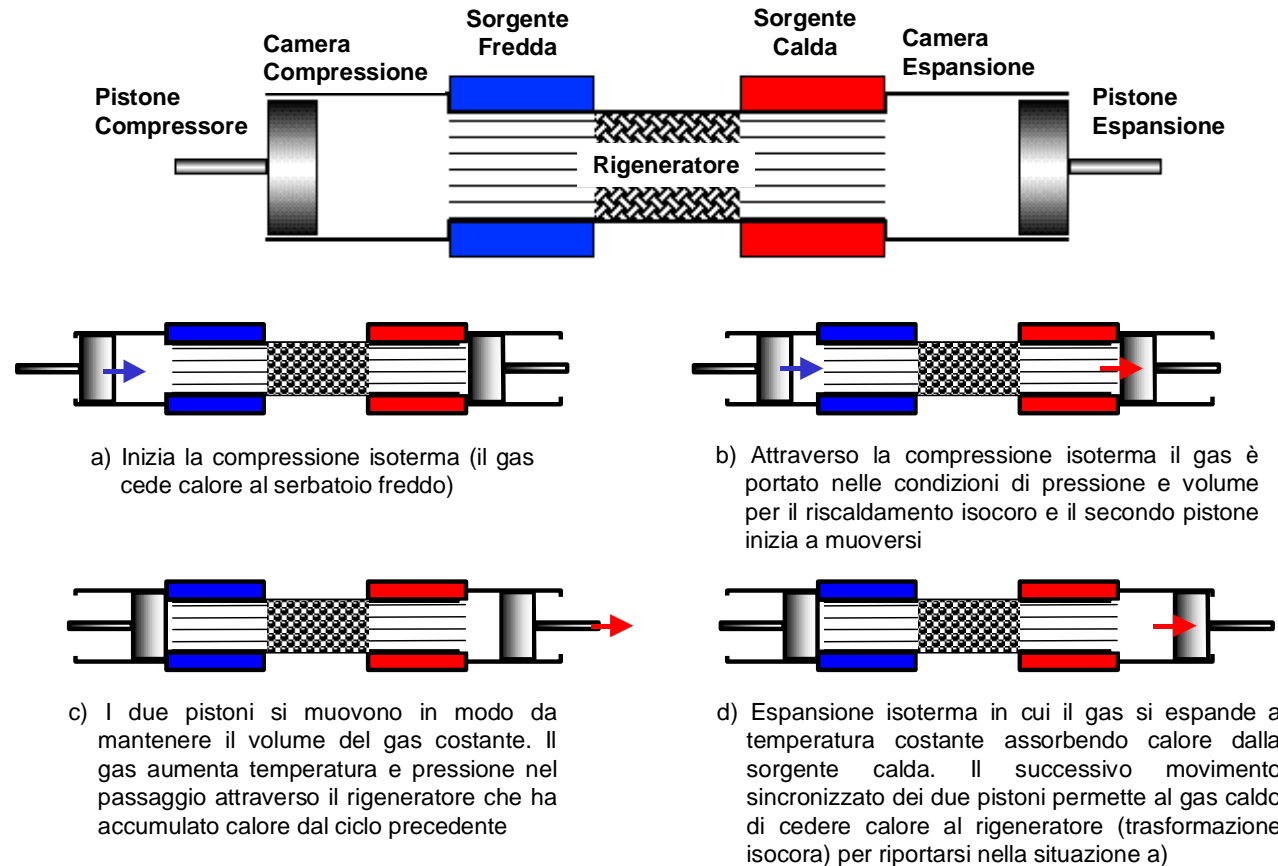
Height: 850mm

Width: 500mm

Depth: 600mm

Floor mounted

Principio di funzionamento macchina Stirling



Tecnologie per la microgenerazione: Dachs



Technical Details:

- 5.5kWe gross electrical output
- 12.5kW heat output
- 22.8kW fuel input (Gross CV/HHV)
- “Good quality” CHP with overall efficiency 79%
- Proven technology
- Low noise – approximately 56db(a) @ 1 metre
- Multi-packs available up to six CHP units
- CO2 emissions savings of 15 tonnes per unit/annum
- Dimensions – 720mm(W) x 1090mm(D) x 1000mm(H)
- 3,500 run hour maintenance intervals

Tecnologie per microgenerazione: Microgen



Technical Details:

Height 900mm

Width 450mm

Depth 420mm

Max Thermal Output: 15kW, 24kW, 36kW
(Regular);
24kW, 36kW (Combi)

Electrical Output: 1.1kW

Tecnologie per la microcogenerazione Valiant



Technical Details:

Electrical Output: 1-4.6 kWel grid parallel

Thermal Output: 1.5-7 kWth plus ~ 25-280 kWth peak heater

Electric Efficiency: > 35 %

Total Efficiency: > 80 %

Fuel: Natural gas

Heating System Temp max: 70/55 °C

Exhaust Temperature: max. 75 °C

Sistema a Cella Combustibile

Tecnologie per la microcogenerazione: European Fuel Cells



Technical Details:

Electrical power: 1,5 kWel net

Thermal power: ~ 2,9 kWth

Additional heat generator: 15 kWth

Total efficiency: > 80%

Fuel pressure: 20-45 mbar

Grid connection: 230 Volt / 50 Hz

Dimensions: ~ 0,6 x 0,7 x 1,6 m

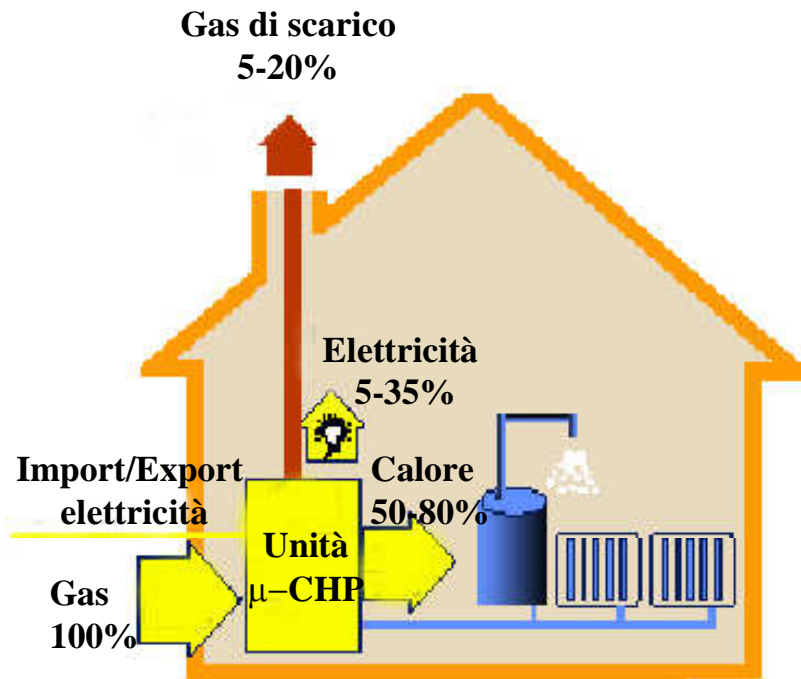
Noise: < 55 dB(A)

Sistema a Cella Combustibile

Tabella riassuntiva

Costruttore	Tipologia	Potenza	Combustibile	Dimensioni
WhisperGen	Motore Stirling 4 Clindri	1.2 kWe 220V; 8 kWt	Gas Naturale	850×500×600
Dachs CHP Unit	Motore alternativo molto affidabile (3500 ore di funzionamento)	5.5kWe; 12.5kWt; 22.8kW di combustibile	Diesel	720×1090×1000 Montaggio a Pavimento Rumore 56dB(a) 1m
Microgen	Motore Stirling	1.1 kWe; 15kWt, 24kWt, 36 kWt	Gas Naturale	900×450×420 Montaggio a Pavimento
Vaillant Fuel Cell Heating Appliance	Cella a combustibile PEM (polimerica)	1-4.6 kWe; 1.5-7 kWt efficienza 35% elettrica, 80% complessiva	Gas Naturale	Non Disponibili
European Fuel Cell	Cella a combustibile PEM (polimerica)	1.5 kWe; ~ 2,9 kWt Efficienza complessiva 80%	Gas naturale	600 x 700x1600 Rumore 55dB(a)

Il mercato della microcogenerazione



Microcogenerazione: il combustibile è impiegato fino al 80-90%, la rete elettrica permette di sopperire ai deficit ed ai surplus della produzione.

- La cogenerazione offre la possibilità di produrre energia elettrica ad alta efficienza (oltre 80%) riducendo in modo sensibile le emissioni di CO₂;
- Permette la produzione di calore ed elettricità a livello di condominio o di appartamento.
- La rete di distribuzione a bassa tensione a cui tali utenti sono connessi funge da volano per controllare eccessi o deficit di produzione

Il mercato della Microcogenerazione

- ➔ L'utente può ridurre la sua bolletta energetica grazie ai costi evitati per l'acquisto di energia elettrica (valutazioni inglesi stimano i costi evitati nell'ordine di 225€/anno) e può in molti casi avvantaggiarsi dal fatto di possedere il proprio sistema di produzione dell'energia elettrica per superare i problemi dovuti all'interruzione della fornitura.
- ➔ Questi benefici sono inoltre accompagnati dalla sensazione di fare qualcosa per salvaguardare l'ambiente senza peraltro modificare o ridurre il proprio tenore di vita.
- ➔ Mediamente un impianto di microcogenerazione alimentato a metano permette per ogni kWh prodotto, un risparmio di CO₂ pari a 450 g se confrontato con la produzione separata di energia elettrica (centrale termoelettrica) ed energia termica (caldaia convenzionale).

Il mercato della microgenerazione

- ➔ I distributori ed il gestore del sistema elettrico traggono vantaggi importanti: la diversificazione dei vettori energetici e dei sistemi utilizzati contribuiscono ad aumentare la sicurezza e l'affidabilità del sistema mentre la possibilità di far partecipare gli utenti alla copertura del proprio fabbisogno di energia elettrica permette di differire gli investimenti per l'adeguamento della rete di distribuzione.
- ➔ I distributori migliorano l'efficienza energetica e, permettendo la connessione di impianti di microgenerazione, acquisiscono titoli di efficienza energetica

Il mercato della Microcogenerazione

- ➔ A fronte di questi indubbi potenziali benefici è necessario ricordare che attente analisi di fattibilità tecnico economica devono sempre essere operate per valutare il reale vantaggio dell'investimento e soprattutto il suo tempo di ritorno.
- ➔ In modo particolare dovranno essere verificate la tipologia di prelievo e consumo dell'energia termica e dell'energia elettrica, la loro continuità temporale ed il rapporto fra carico elettrico e termico.
- ➔ Giocano un ruolo fondamentale gli aspetti economico/finanziari, normativi e di interconnessione con la rete elettrica che in molti casi possono costituire il principale elemento di valutazione.
- ➔ Il potenziale mercato riguarda oltre 50 milioni di utenti (Regno Unito, Germania, Olanda e Italia del nord valgono il 50% del mercato) per i quali i vantaggi economici sono esaltati da inverni lunghi e freddi
- ➔ Studi recenti hanno comunque evidenziato che anche in luoghi caratterizzati da inverni brevi e miti e lunghe estate calde la microcogenerazione può ancora risultare conveniente.
- ➔ Si tratta di un mercato dalle indubbe potenzialità, favorito dalle scelte di politica energetica europea che soffre però ancora di ostacoli che ne impediscono il rapido sviluppo.

Domotica e microgenerazione

- ➔ La domotica costituisce sicuramente un importante strumento per favorire l'uso razionale dell'energia e può essere particolarmente utile per un migliore sfruttamento della microgenerazione.
- ➔ Le abitazioni domotizzate permettono già oggi il controllo della contemporaneità dei carichi per evitare interventi frequenti del limitatore al contatore e per evitare picchi di consumo al di fuori delle fasce di convenienza.
- ➔ Comunicazione e controllo a distanza possono essere usate non solo per valutare il funzionamento delle apparecchiature o controllare l'andamento dei consumi e della produzione, ma anche per il controllo ed il comando a distanza della generazione.

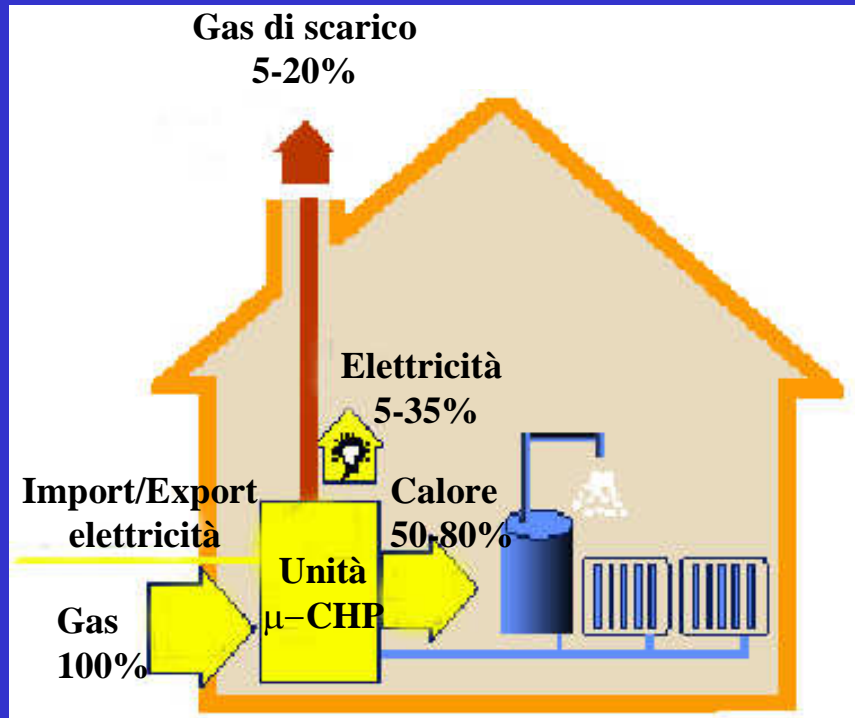
Domotica e microgenerazione

- ➔ Un uso massiccio della domotica rende la situazione più gestibile facendo sì che il carico elettrico (almeno per la quota parte del consumo elettrico che può essere differito nel tempo) possa essere spostato in quelle fasce orarie in cui maggiore è la necessità di produrre energia termica per il riscaldamento o il raffrescamento.
- ➔ Il secondo punto di forza del connubio fra domotica e microgenerazione è costituito dalla funzionalità di controllo e comunicazione. Infatti, sebbene il singolo impianto di microgenerazione abbia dimensioni estremamente ridotte, il distributore od il gestore del sistema possono trarre grandi benefici dalla possibilità di controllare un gran numero di piccoli impianti con la finalità di attenuare picchi di consumo elettrico

Conclusioni

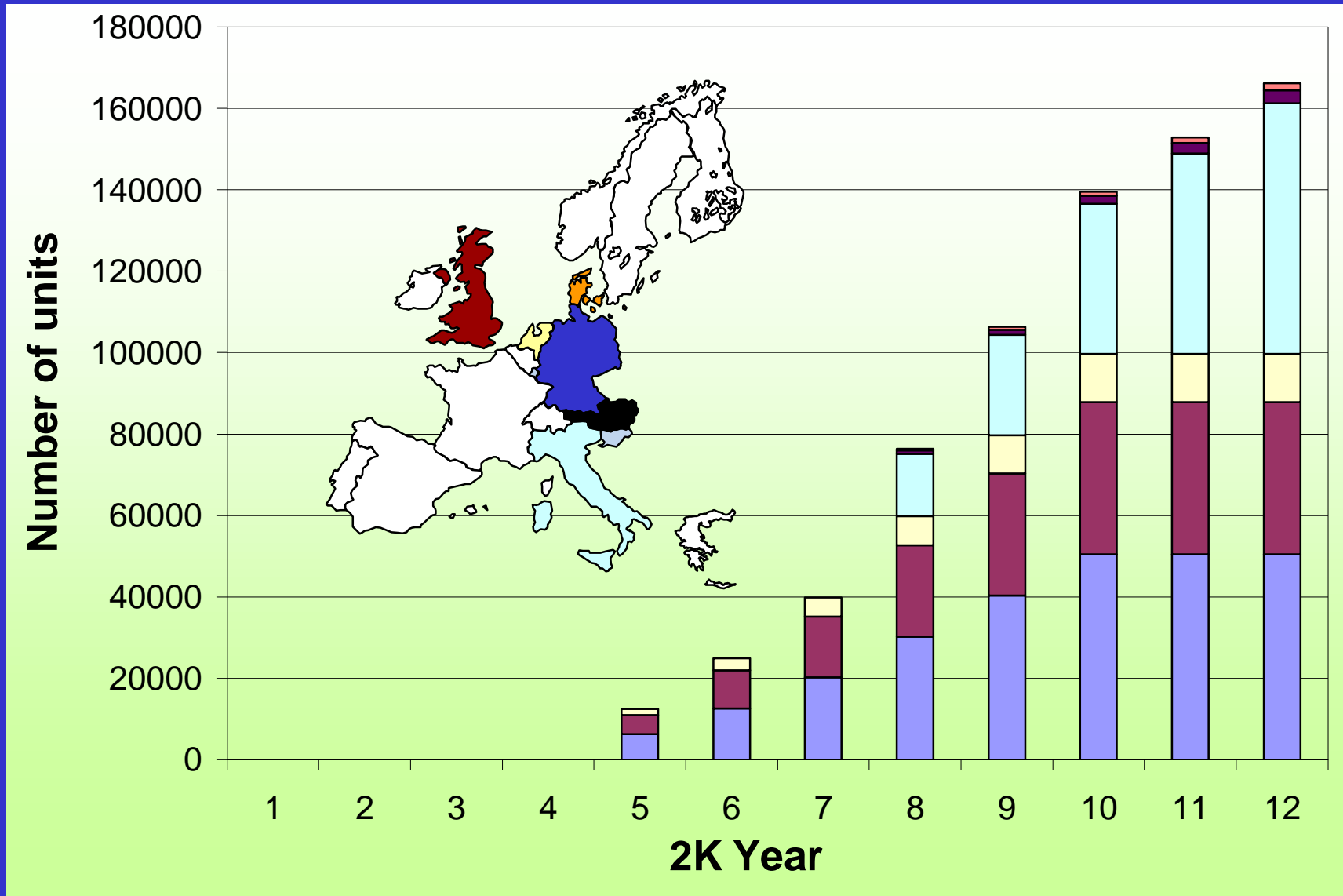
- ➔ L'attuale tecnologia degli impianti di microgenerazione rende possibile la sostituzione delle caldaie per il riscaldamento con impianti tecnologicamente molto avanzati.
- ➔ Maggior impiego degli impianti di microgenerazione potrà essere ottenuto solamente quando si porranno in essere alcune precondizioni essenziali quali:
 - ◆ accesso alla rete semplificato e rapido grazie all'applicazione di procedure autorizzative standard;
 - ◆ definizione di sistemi e tecniche di misura per la valutazione dei flussi energetici in ingresso ed in uscita;
 - ◆ livello di tassazione accettabile;
 - ◆ tariffe di acquisto dell'energia da parte dei produttori che tengano conto dei benefici che la microgenerazione è in grado di apportare al sistema (costi evitati sulla rete, minori emissioni, ecc.)

La Micro-cogenerazione



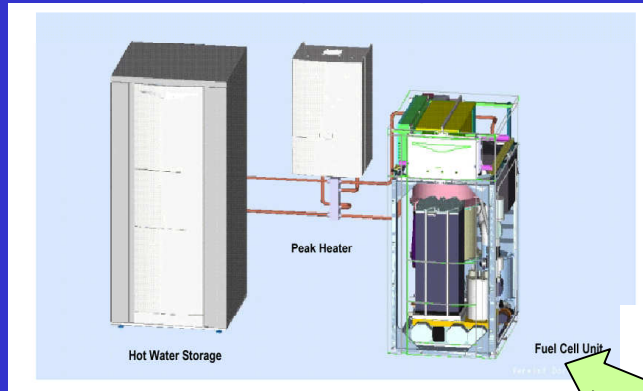
- Unità micro-cogenerativa alimentata a gas naturale ($<4 \text{ kW}_{el}$)
- Produzione di energia elettrica e sfruttamento del calore
- Connessione in parallelo alla rete elettrica
- Possibilità di accumulare il calore

Previsione Mercato Sistemi μ -CHP in Europa



Esempi di μ -CHP in fase di sviluppo

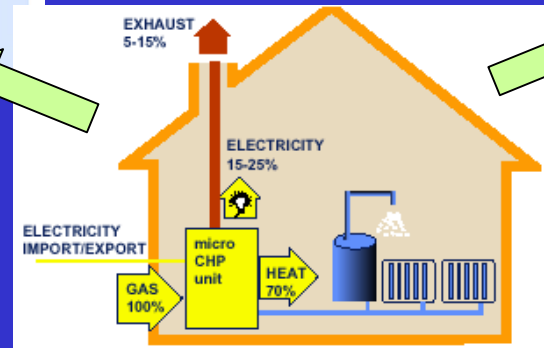
VAILLANT: PEMFC



SULZER Hexis: SOFC



Sigma PCP unit:
Stirling



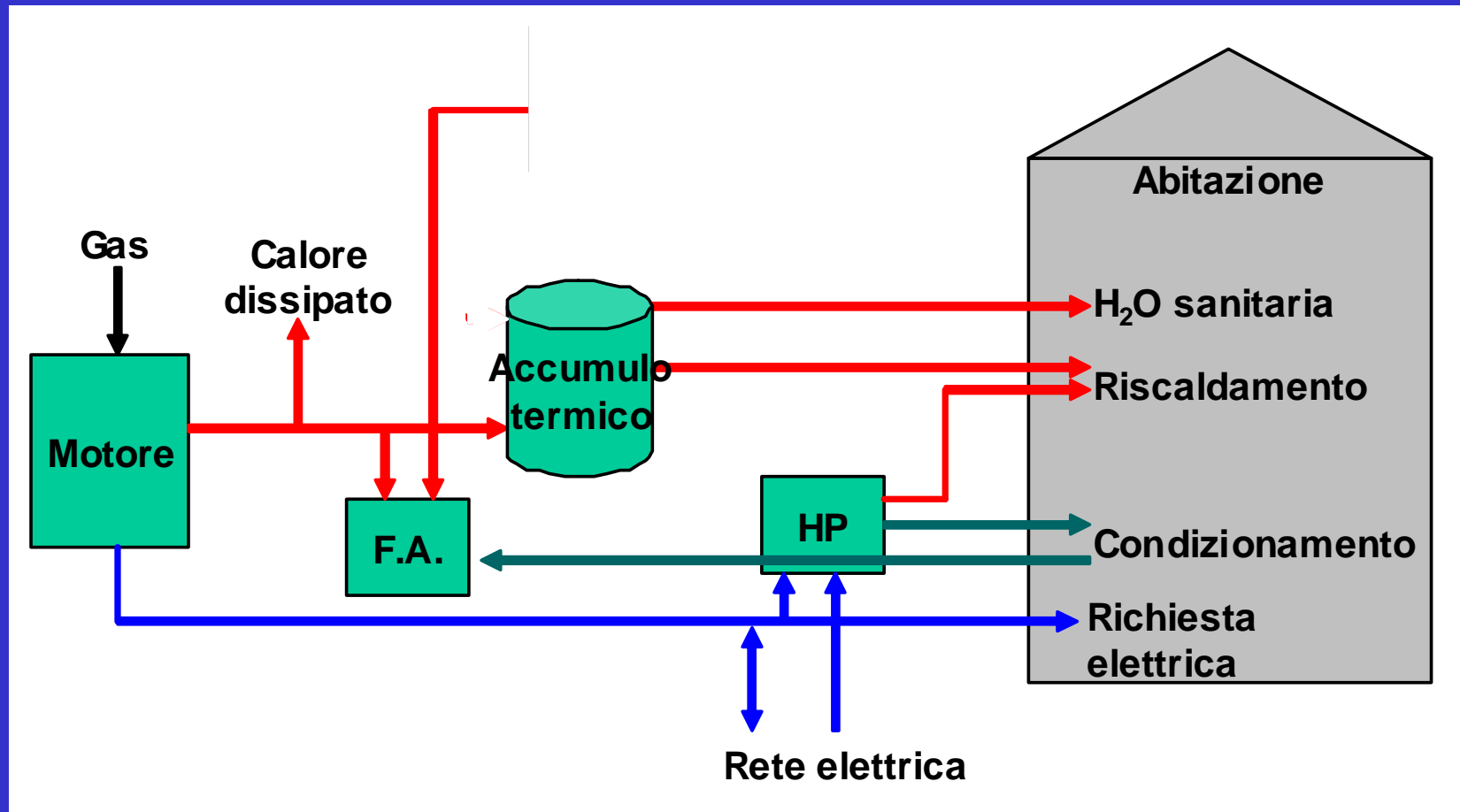
Whispertech:
Stirling



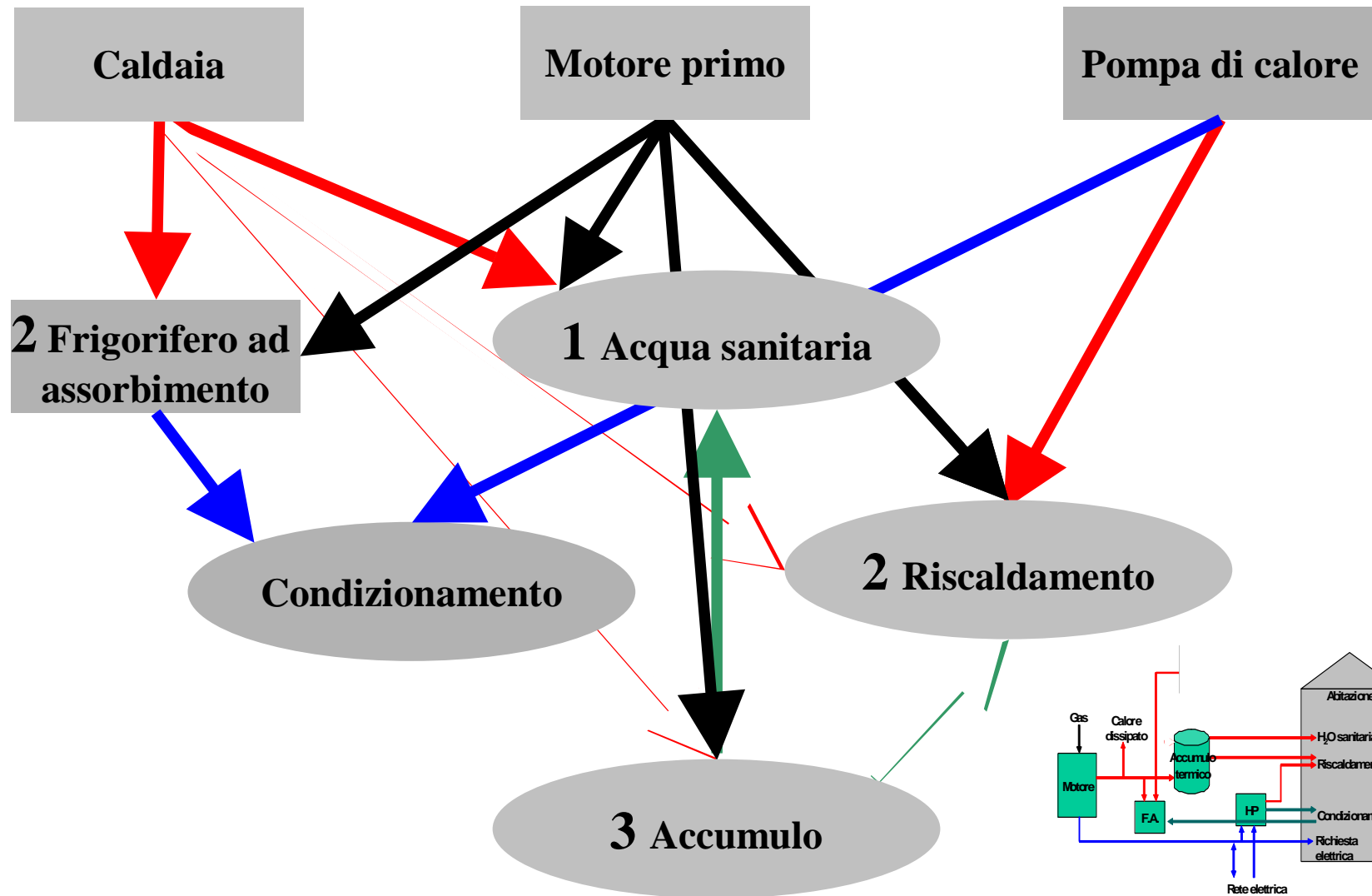
JX Crystals: TPV



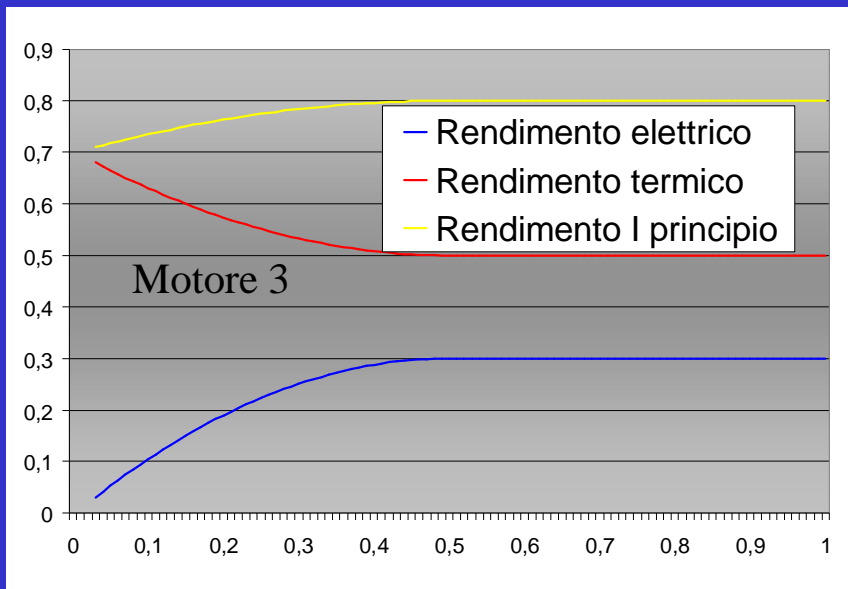
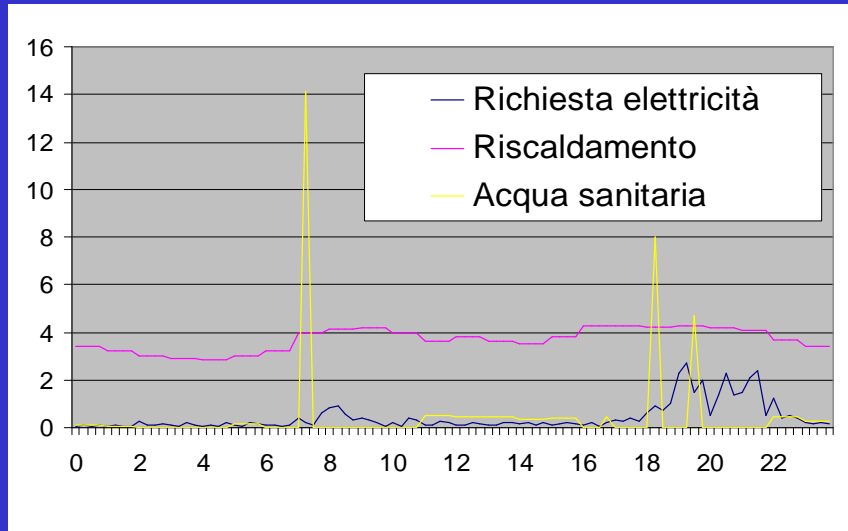
Schema d'impianto



Schema d'impianto



Dati di input programma di simulazione



- Richieste energetiche dell'utenza per i 7 giorni tipo

- ✓ Inverno freddo
- ✓ Inverno medio
- ✓ Inverno caldo
- ✓ Mezza stagione
- ✓ Vacanza
- ✓ Estate media
- ✓ Estate calda

- Definizione delle richieste energetiche (distribuzione dei giorni tipo nell'anno)

- Curve caratteristiche di motore, caldaia, ausiliari (pompa di calore o frigo ad assorbimento nel caso di trigenerazione)

- Tariffe di elettricità e gas, "reverse meter coefficient", defiscalizzazione

Simulazioni effettuate

Motori con differenti rendimenti elettrici nominali:

- Motore 1: $\eta_{el} = 10\%$ (TPV e Stirling a basso rendimento)
- Motore 2: $\eta_{el} = 20\%$ (TPV e Stirling ad alto rendimento)
- Motore 3: $\eta_{el} = 30\%$ (Cella a combustibile)

1. Differenti climi
2. Differenti taglie (0.5-4 kW_{el})
3. Funzionamento
 - con accumulo
 - senza accumulo
4. Recupero termico
 - normale
 - condensazione
5. Differenti “reverse meter coefficient” (0 – 0.39 – 1)
6. Differenti rapporti prezzo EE/GAS

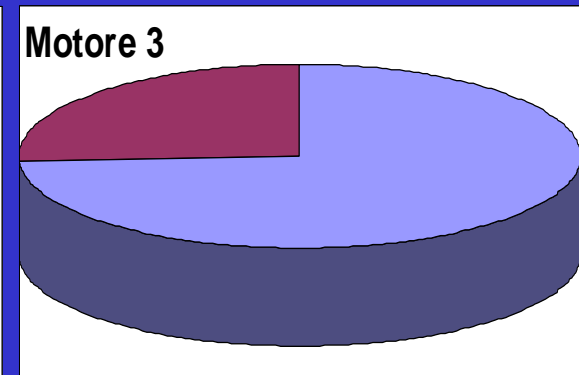
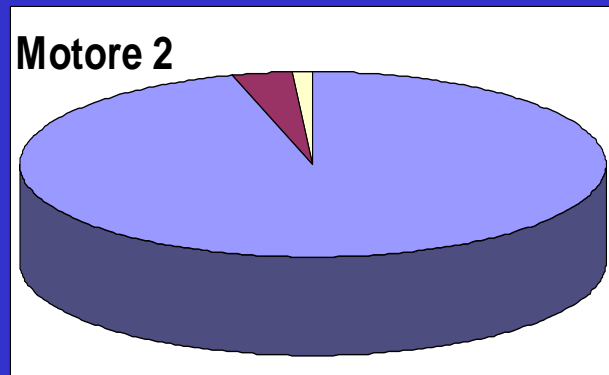
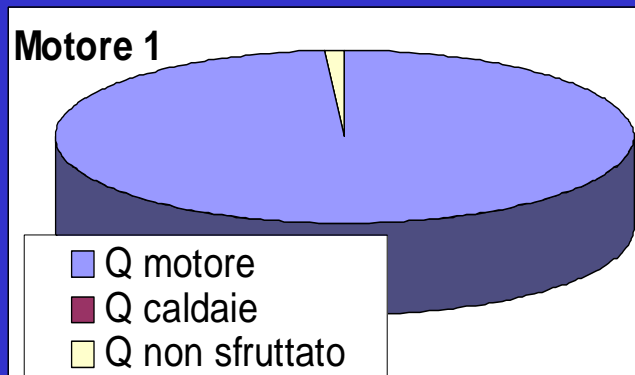
	Richiesta termica (kWh/anno)	Richiesta frigorifera (kWh/anno)
Clima mediterraneo	6385	3578 (0)
Clima nord Italia	11326	2018 (0)
Clima nord Europa	18014	1054 (0)

Esempio: cogenerazione a Milano

- Potenza nominale motori: $1.5 \text{ kW}_{\text{el}}$
 - Potenza termica Motore 1 = $12 \text{ kW}_{\text{th}}$
 - Potenza termica Motore 2 = $5.25 \text{ kW}_{\text{th}}$
 - Potenza termica Motore 3 = $2.5 \text{ kW}_{\text{th}}$
- Richieste utenza:
 - Termica: 11326 kWh/anno (di cui 3136 kWh/anno per acqua sanitaria)
 - Elettrica: 3498 kWh/anno
- Tariffe italiane
 - Elettricità: 8.58 c€/kWh
 - Gas: 5 c€/kWh
- Reverse meter coefficient: 0.39
- Defiscalizzazione: 1.99 c€/kWh
- Coefficiente di defiscalizzazione: $2.4 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{kWh}_{\text{gas}}$
- n. • Funzionamento “ottimo” (con accumulo termico)

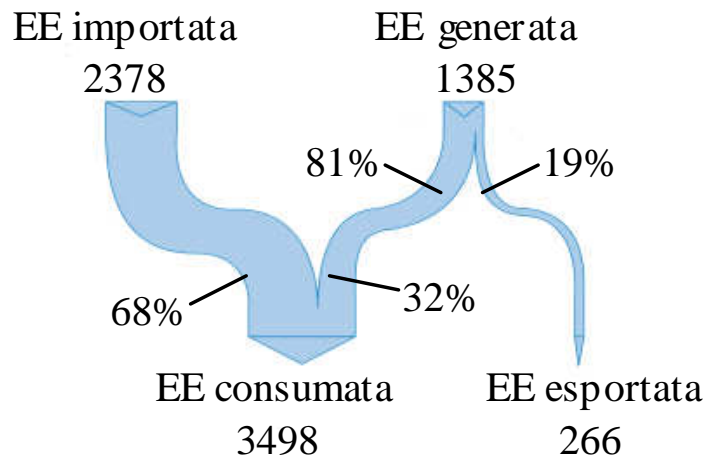
Flussi annui di energia termica

	Motore 1 ($\eta_{el}=10\%$)	Motore 2 ($\eta_{el}=20\%$)	Motore 3 ($\eta_{el}=30\%$)
Q motore (kWh/anno)	11457	11050	8427
Q caldaie (kWh/anno)	0	392	2911
Q non sfruttato (kWh/anno)	130	116	12
Ore equivalenti annue	923	1975	3378
η_{el} medio annuo motore	0.0962 (0.1)	0.187 (0.2)	0.287 (0.3)
η_{th} medio annuo motore	0.795 (0.8)	0.698 (0.7)	0.499 (0.5)

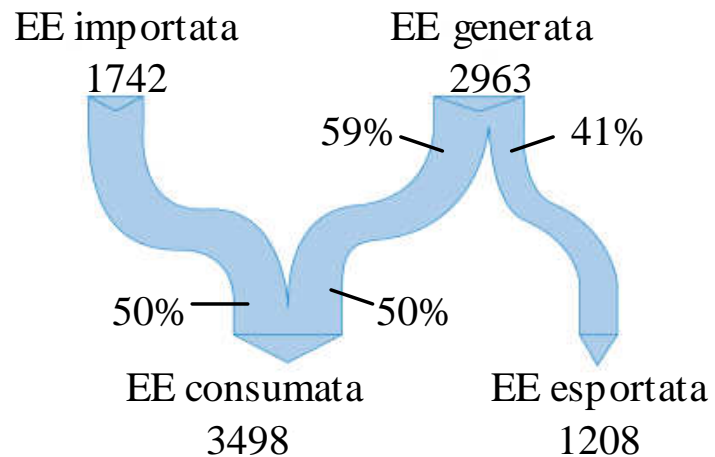


Flussi annui di energia elettrica

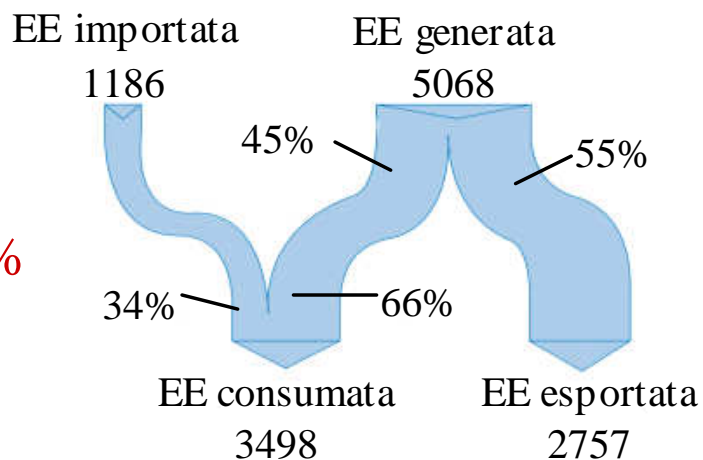
Motore $\eta_{el} = 10\%$



Motore $\eta_{el} = 20\%$



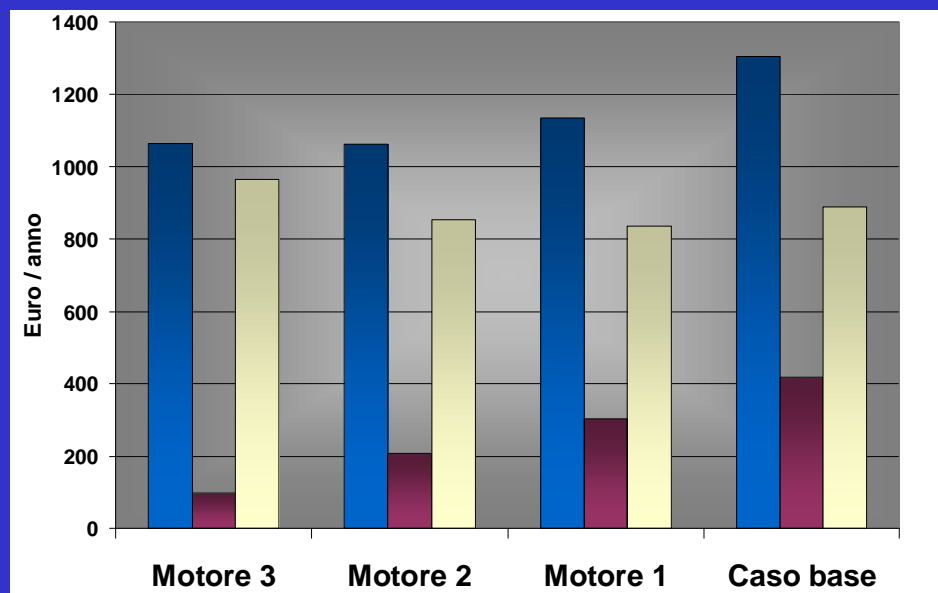
Motore $\eta_{el} = 30\%$



Valori espressi in kWh/anno

Costi di funzionamento annui (€/anno)

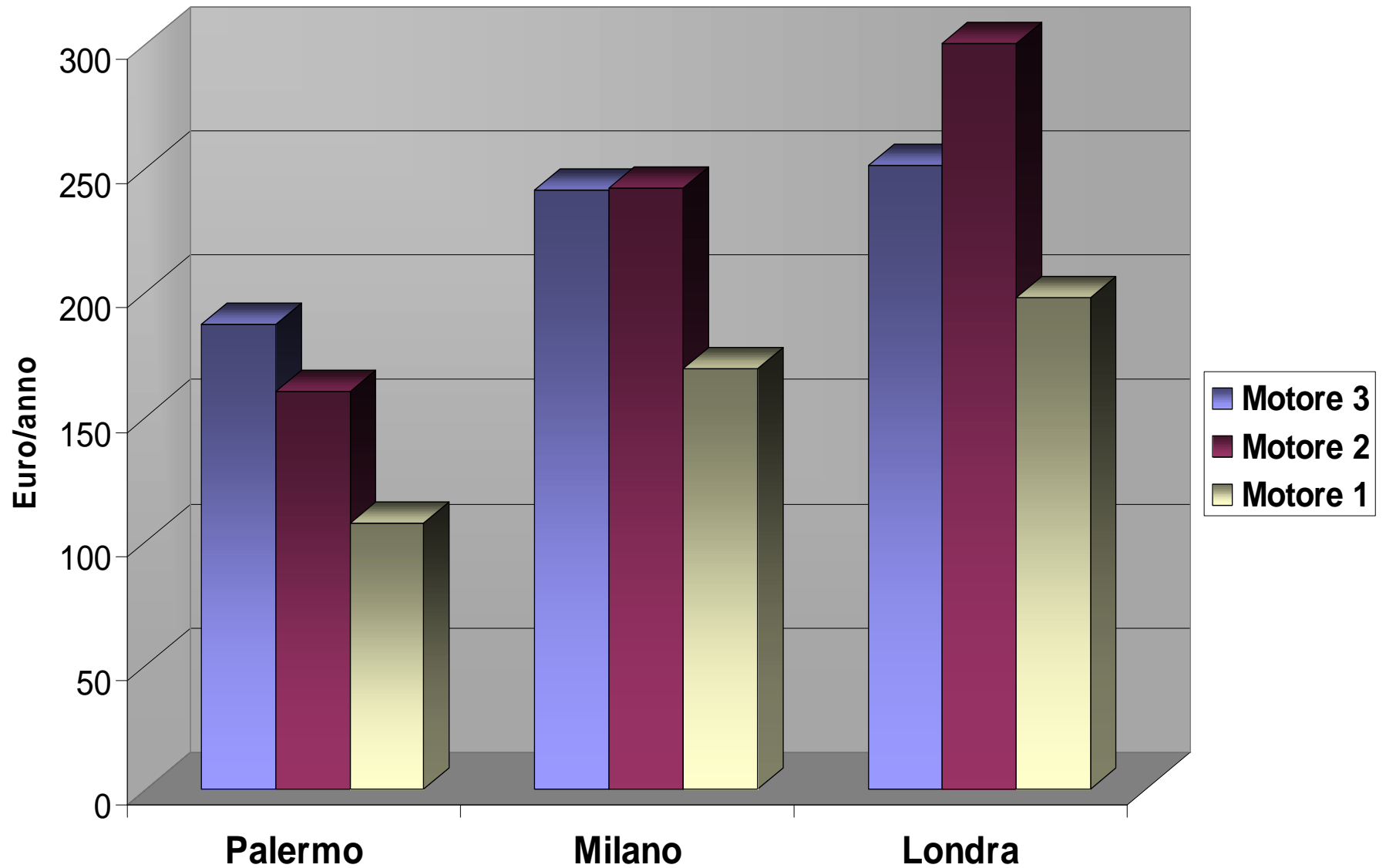
	Caso base	Motore 1	Motore 2	Motore 3
Gas	887	835	855	966
Elettricità	417	302	208	98
Totale	1305	1137	1063	1064
Δ caso base	0	-168	-242	-243



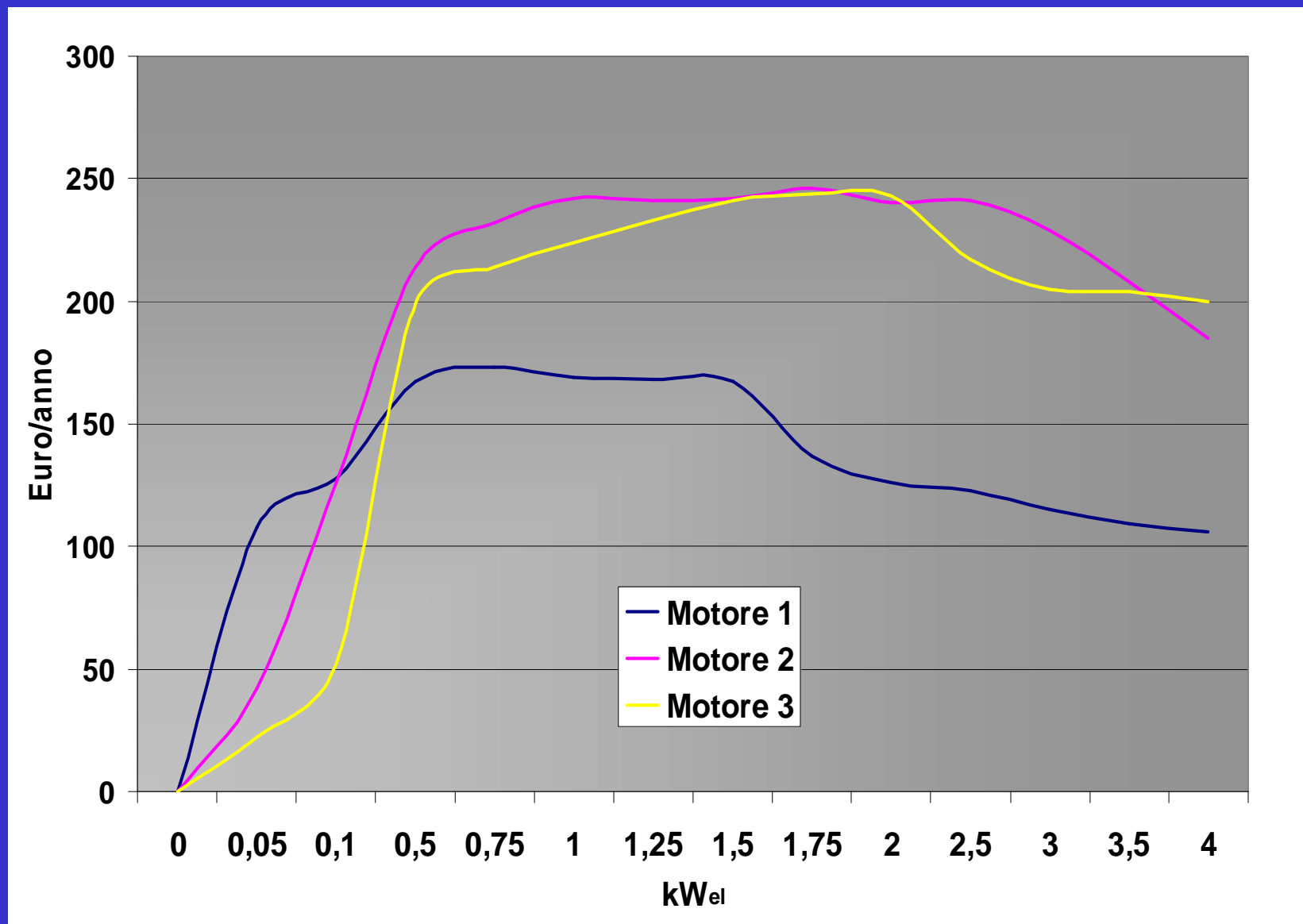
Totale
Elettricità
Gas

Il “**caso base**” prevede che il calore sia generato esclusivamente da una caldaia e l’elettricità completamente importata dalla rete

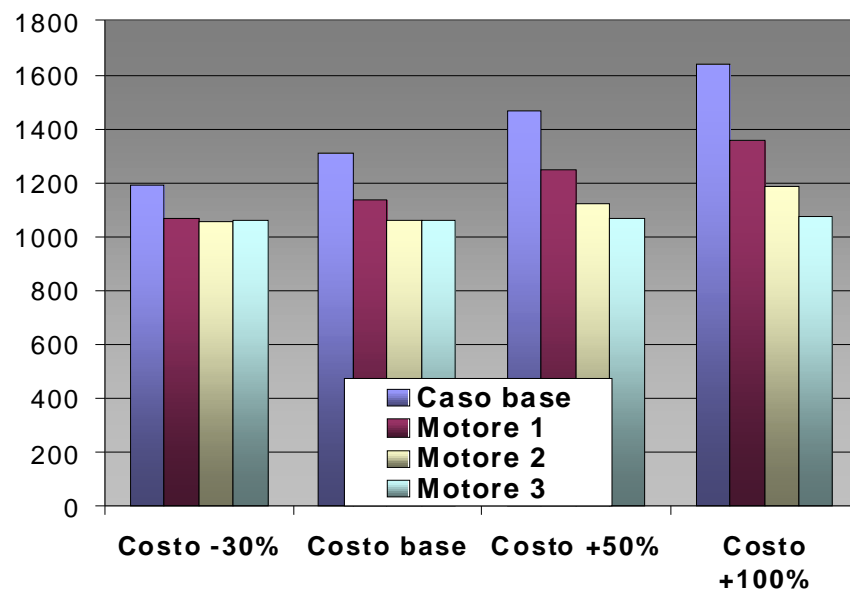
Influenza del clima



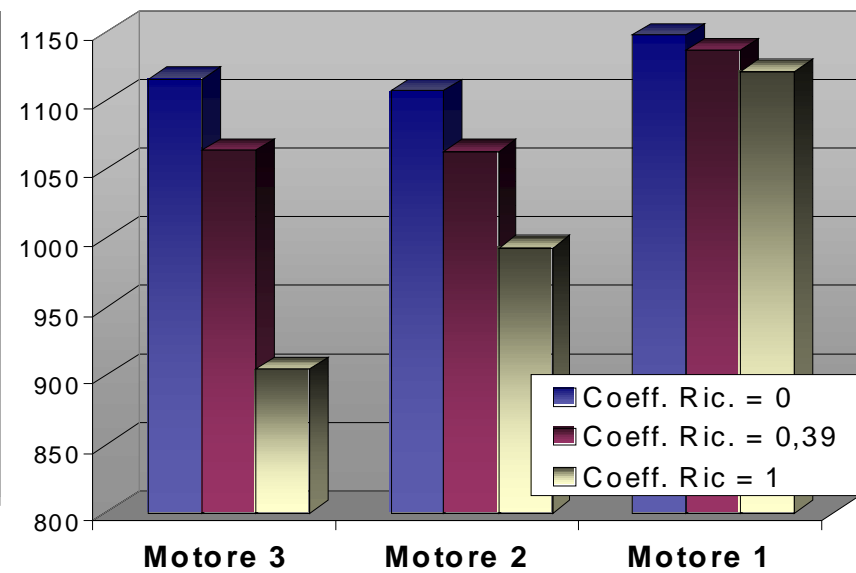
Influenza della taglia



Influenza del prezzo dell'energia elettrica e del "reverse meter coefficient"

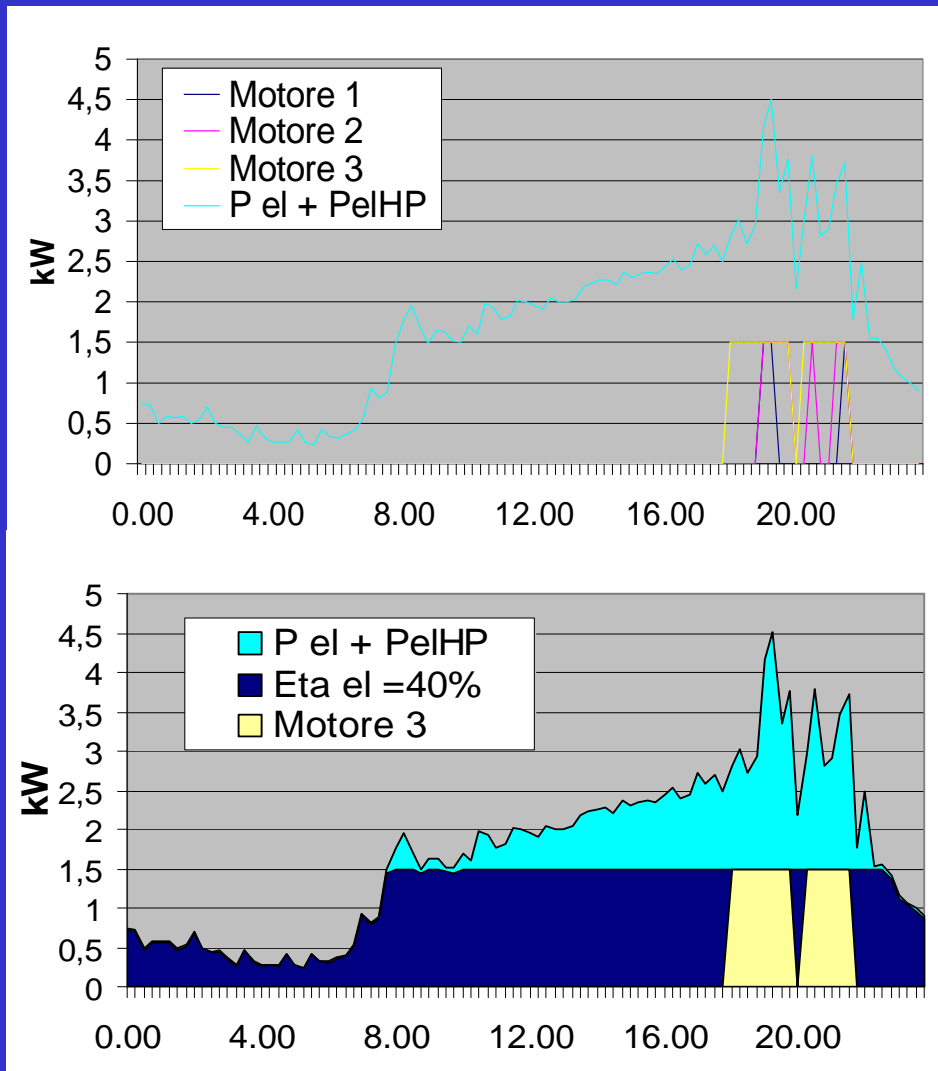


Prezzo elettricità



Reverse meter coefficient

Funzionamento estivo: impianto con pompa di calore



➤ Il miglior impianto trigenerativo è risultato essere quello che accoppia il motore con $\eta_{el}=30\%$ ad una pompa di calore.

➤ Nel periodo estivo, a causa dell'eccessivo calore cogenerato, risulta comunque non conveniente l'accensione del motore per alimentare la pompa di calore.

➤ Si è cercato il rendimento elettrico che permettesse al motore di seguire il carico elettrico anche in estate : $\eta_{el} = 40\%$

➤ Per tariffe biorarie o comunque un rapporto prezzo elettricità/prezzo gas più elevato è possibile che l'accensione del motore diventi conveniente anche con minori η_{el}

Conclusioni

- L'utilizzo di unità micro-cogenerativi può portare a significativi risparmi energetici. Tuttavia per risultare economicamente vantaggiosi i sistemi attualmente in fase di sviluppo richiedono un considerevole sforzo di ottimizzazione mirato alla riduzione costi;
- Il risparmio in euro rispetto alla soluzione convenzionale risulterà fortemente influenzato dalle condizioni tariffarie dei vettori energetici, dalle scelte legislative (net-metering, incentivi, etc.)
- Sembra opportuno incentivare i sistemi di micro-co(tri)generazioni che presentano un rapporto E/T paragonabile all'analogo rapporto dell'utenza e quindi consentono di minimizzare il flusso di energia alle reti a tensione più elevata