



UNIVERSITÀ DEL SALENTO

**COGENERAZIONE & TRIGENERAZIONE
RISPARMIO ENERGETICO = RISPARMIO ECONOMICO**

Il soddisfacimento dei fabbisogni energetici con la cogenerazione

Domenico Laforgia

Magnifico Rettore
Professore ordinario di Sistemi Energetici

Giuseppe Starace

Professore aggregato
Ricercatore di Fisica Tecnica

Università del Salento

Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione
CREA – Centro ricerche energia e ambiente

Confindustria Bari e BAT, via Amendola 172/5 - Bari
Sala Convegni, 18 aprile 2012

SOCOGES
DIVISIONE ENERGIA


CONFINDUSTRIA
Bari e Barletta-Andria-Trani

 **ENTALPIA**
engineering
Impianti termotecnici industriali

Considerazioni introduttive

Industria
Energia
Ambiente

- Realtà industriali e manifatturiere con sempre **maggiori fabbisogni energetici**;
- Impatto dei **costi energetici** sul prezzo finale di vendita dei beni e dei servizi;
- Difficoltà di gestione dei **contratti di approvvigionamento** dell'energia elettrica;
- Forti esigenze di **risparmio energetico**;
- Relazione con la sempre maggiore sensibilità al **rispetto ambientale**.

La soluzione cogenerativa

COGENERAZIONE & TRIGENERAZIONE - RISPARMIO ENERGETICO = RISPARMIO ECONOMICO

Confindustria Bari e BAT, via Amendola 172/5 – Bari - Sala Convegni, 18 aprile 2012

Il vocabolario

Cogenerazione

Produzione simultanea di energia elettrica e calore (entrambi effetti utili) a partire da una sola fonte di energia in un unico sistema integrato (**il cogeneratore**)

Trigenerazione

Produzione simultanea di energia elettrica e calore a partire da una sola fonte di energia in un unico sistema integrato (**il trigeneratore**) con il calore è anche utilizzabile per la generazione di potenza frigorifera tramite un opportuno sottosistema. L'utilizzo del calore per usi termici o frigoriferi è contestuale o alternato.

Produzione separata di energia elettrica e calore

Produzione realizzata in impianti specializzati per l'una o per l'altra forma di energia (energia elettrica e calore) in luoghi separati

Rendimento globale di un sistema di produzione di energia

Rapporto tra l'energia utilizzabile prodotta da un sistema e l'energia spesa per produrla

COGENERAZIONE & TRIGENERAZIONE - RISPARMIO ENERGETICO = RISPARMIO ECONOMICO

Confindustria Bari e BAT, via Amendola 172/5 – Bari - Sala Convegni, 18 aprile 2012

Il vocabolario

Rendimento elettrico del cogeneratore

Rapporto tra l'energia elettrica utilizzabile prodotta da un cogeneratore e l'energia spesa per produrla

Rendimento termico del cogeneratore

Rapporto tra l'energia termica utilizzabile prodotta da un cogeneratore e l'energia spesa per produrla

Rendimento elettrico di riferimento

Rapporto tra l'energia elettrica utilizzabile prodotta da un sistema tradizionale di media efficienza in un territorio di riferimento e l'energia spesa per produrla

Rendimento termico di riferimento

Rapporto tra l'energia termica utilizzabile prodotta da un sistema tradizionale di media efficienza e l'energia spesa per produrla

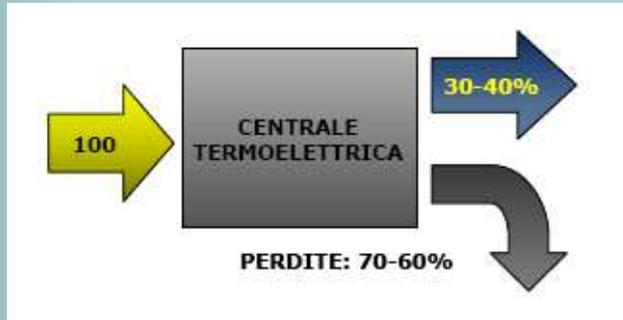
Indici

Parametri di riferimento per il confronto tra soluzioni alternative in termini di risparmio energetico, economico, di impatto ambientale, etc.

COGENERAZIONE & TRIGENERAZIONE - RISPARMIO ENERGETICO = RISPARMIO ECONOMICO

Confindustria Bari e BAT, via Amendola 172/5 – Bari - Sala Convegni, 18 aprile 2012

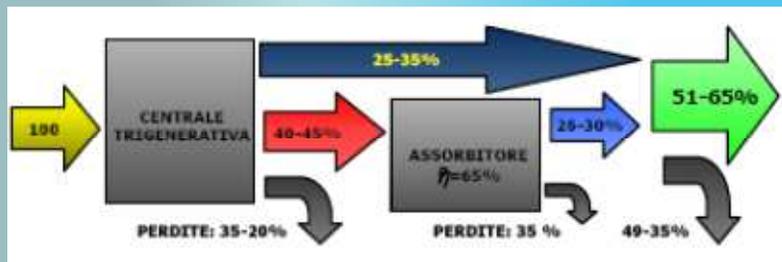
Le efficienze attese



Centrale termoelettrica



Centrale cogenerativa



Centrale trigenerativa

COGENERAZIONE & TRIGENERAZIONE - RISPARMIO ENERGETICO = RISPARMIO ECONOMICO

Confindustria Bari e BAT, via Amendola 172/5 – Bari - Sala Convegni, 18 aprile 2012

Le efficienze attese

	Turbina a gas	Turbina a vapore	Ciclo combinato	Motore a comb. interna	Motore Stirling	Celle a combustibile
Totale efficienza (%)	70-75	80	70-90	70-80	63-86	65-80
Ciclo di vita (anni)	15-20	20-35	15-25	10-20	10-20	>5

Principali caratteristiche delle tipologie di impianti di cogenerazione (Elaborazione GSE).

WARNING !!!

La valutazione non può fermarsi alle prestazioni massime o istantanee o di targa ma deve spingersi alle energie consumate nell'arco di un periodo di riferimento.

Su questa base potrà dirsi se un cogeneratore abbia funzionato effettivamente in cogenerazione (o trigenerazione) e se, quindi, possa accedere agli incentivi.

COGENERAZIONE & TRIGENERAZIONE - RISPARMIO ENERGETICO = RISPARMIO ECONOMICO

Confindustria Bari e BAT, via Amendola 172/5 – Bari - Sala Convegni, 18 aprile 2012

Gli indici di riferimento

$$\eta_{el} = \frac{P_{el}}{F} \quad \text{Rendimento elettrico del cogeneratore}$$

$$\eta_{th} = \frac{Q_{th}}{F} \quad \text{Rendimento termico del cogeneratore}$$

Rendimento globale del cogeneratore

$$\eta_u = \frac{P_{el} + Q_{th}}{F} = \eta_{el} + \eta_{th}$$

$$I_{el} = \frac{P_{el}}{Q_{th}} = \frac{\eta_{el}}{\eta_{th}} \quad \text{Indice elettrico}$$

$$LT = \frac{E_{th}}{E_{th} + E_{el}} \quad \text{Limite termico}$$

Indice di risparmio energetico

Primary Energy Saving

$$IRE = \frac{F^* - F}{F^*} \approx PES$$

Indice di risparmio di combustibile

$$IR = \frac{F}{F^*} \quad IRE = 1 - IR$$

Indice di risparmio economico

$$IREC = \frac{C^* - C}{C^*}$$

Le grandezze contrassegnate con * sono riferite al sistema di produzione separata di energia elettrica e calore preso come riferimento per i confronti

COGENERAZIONE & TRIGENERAZIONE - RISPARMIO ENERGETICO = RISPARMIO ECONOMICO

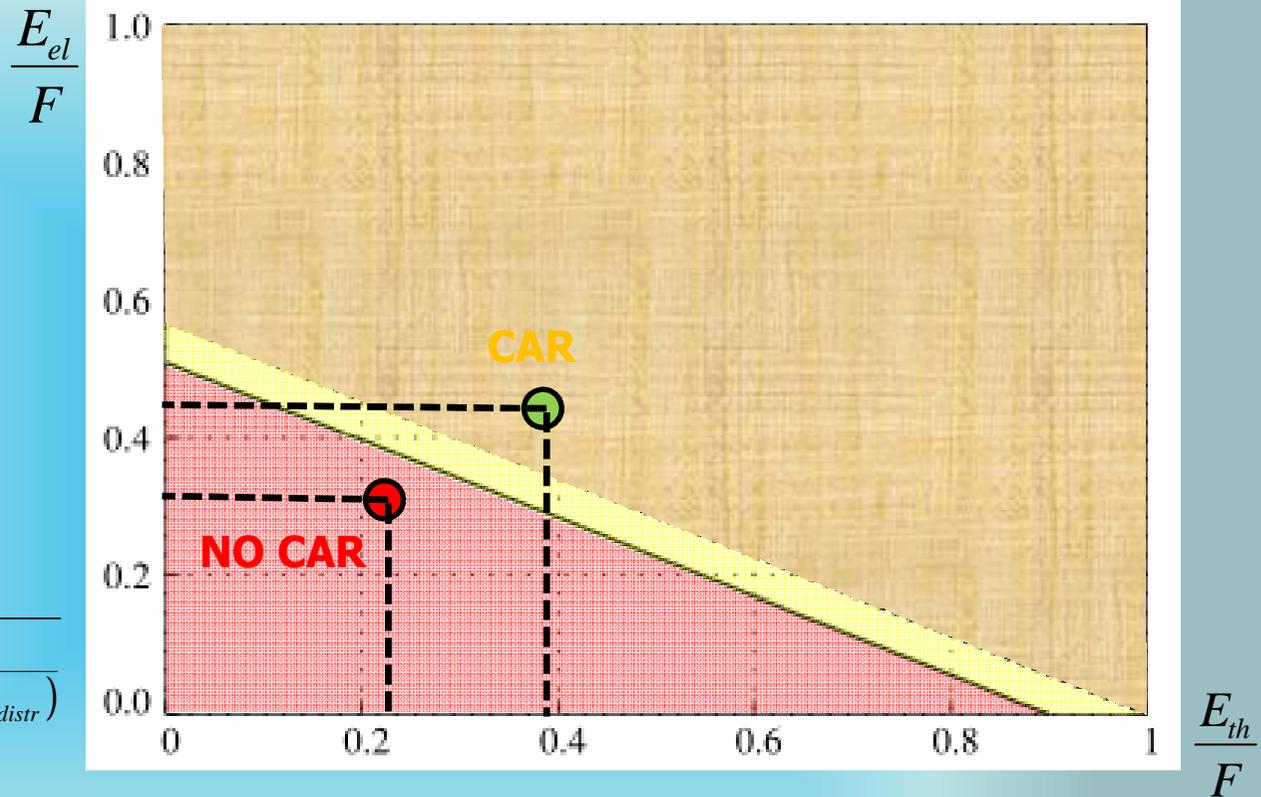
Confindustria Bari e BAT, via Amendola 172/5 – Bari - Sala Convegni, 18 aprile 2012

Gli indici di riferimento

(interpretazione grafica per la determinazione della Cogenerazione ad Alto Rendimento – CAR)

$$PES = \frac{F^* - F}{\frac{E_{th}}{\eta_{th}^*} + \frac{E_{el}}{\eta_{el,rif}^*}}$$

$$IRE = \frac{F^* - F}{\frac{E_{th,ind}}{\eta_{th,ind}^*} + \frac{E_{th,civ}}{\eta_{th,civ,rif}^*} + \frac{E_{el}}{\eta_{el,rif}^* (1 - \pi_{distr})}}$$



Si tratta di CAR se

- $PES \geq 0$ per potenze elettriche minori di 1 MW, e
- $PES \geq 0,1$ per potenze elettriche maggiori od uguali ad 1 MW.

L'assetto impiantistico

Alcune possibili tipologie di impianto di cogenerazione:

- **Impianto a turbogas**

l'energia elettrica viene prodotta dalla turbina alimentata a gas naturale (o di sintesi o da biogas) e il calore di scarto ad alta temperatura viene utilizzato per gli scopi del sito

- **Impianto con turbina a vapore**

l'energia elettrica viene prodotta dalla turbina a vapore alimentata con caldaia tradizionale o a recupero e il calore di condensazione può essere utilizzato per gli scopi a bassa temperatura del sito.

- **Impianto con motore alternativo a combustione interna**

l'energia elettrica viene prodotta dal motore alternativo; il calore di scarto del liquido di raffreddamento, del lubrificante e dei gas di scarico viene utilizzato per gli scopi del sito.

- **Impianto a fluido organico (ORC – Organic Rankine Cycle)**

E' un sistema che consente di produrre energia elettrica con un ciclo Rankine a fluido organico il contenuto energetico di fluidi di processo ad alta temperatura già utilizzati per i fabbisogni termici del sito

COGENERAZIONE & TRIGENERAZIONE - RISPARMIO ENERGETICO = RISPARMIO ECONOMICO

Confindustria Bari e BAT, via Amendola 172/5 – Bari - Sala Convegni, 18 aprile 2012

L'assetto impiantistico

Alcune possibili tipologie di impianto di cogenerazione:



- **Impianto a turbogas**

l'energia elettrica viene prodotta dalla turbina alimentata a gas naturale (o di sintesi) o da biogas) e il calore di scarto ad alta temperatura viene utilizzato per gli scopi del sito

- **Impianto con turbina a vapore**

l'energia elettrica viene prodotta dalla turbina a vapore alimentata con caldaia tradizionale o a recupero e il calore di condensazione può essere utilizzato per gli scopi a bassa temperatura del sito.

- **Impianto con motore alternativo a combustione interna**

l'energia elettrica viene prodotta dal motore alternativo; il calore di scarto del liquido di raffreddamento, del lubrificante e dei gas di scarico viene utilizzato per gli scopi del sito.



- **Impianto a combustione interna**

energia elettrica
calore di scarto

Particolare interesse per

- **la MICROCOGENERAZIONE (<50kWe);**
- **la PICCOLA COGENERAZIONE (<1MWe).**

COGENERAZIONE & TRIGENERAZIONE - RISPARMIO ENERGETICO = RISPARMIO ECONOMICO

Confindustria Bari e BAT, via Amendola 172/5 – Bari - Sala Convegni, 18 aprile 2012

L'assetto impiantistico

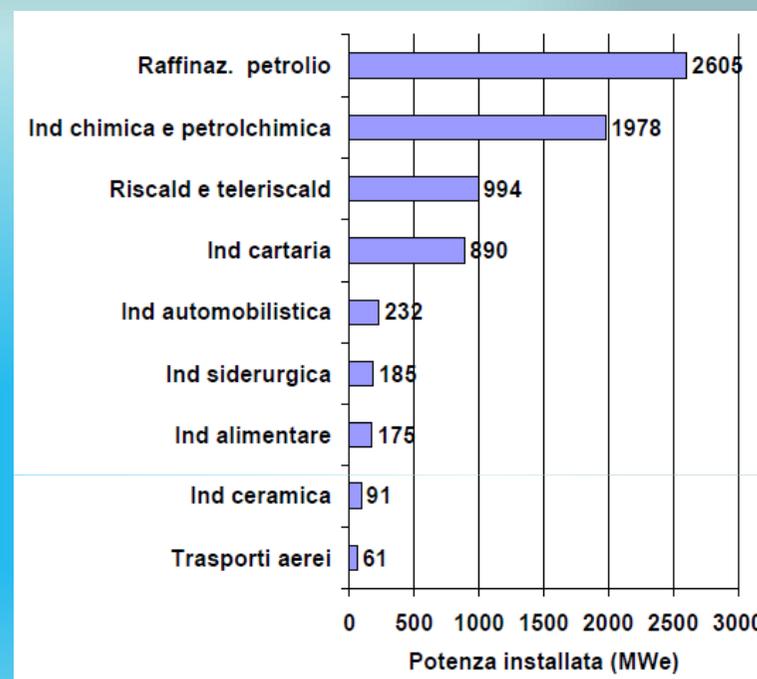
- **Le diverse soluzioni impiantistiche possono essere integrate** fra di loro per la soddisfazione delle particolari esigenze dell'utenza
(es.: impianto con ciclo combinato turbogas e turbina a vapore con la possibilità di alimentare utenze di vapore ad alta pressione e temperatura)
- **Le soluzioni impiantistiche di tipo tradizionale possono essere alimentate con energia da fonte rinnovabile**
(es.: impianto turbogas con caldaia a biomassa, impianto con motore a combustione interna in assetto cogenerativo alimentato con syngas da pirolisi, impianto a vapore alimentato con energia solare –"solare termodinamico")
- **Le tipologie impiantistiche possono essere le più diverse e devono essere valutate con riferimento alla realtà produttiva**

COGENERAZIONE & TRIGENERAZIONE - RISPARMIO ENERGETICO = RISPARMIO ECONOMICO

Confindustria Bari e BAT, via Amendola 172/5 – Bari - Sala Convegni, 18 aprile 2012

La tipologia di utente

- Potenzialmente ogni utenza termica civile od industriale, autonoma o costituita da un gruppo con esigenze condivise è in grado di sfruttare i vantaggi della cogenerazione;
- la cogenerazione, per essere considerata tale, deve soddisfare esigenze termiche ed elettriche nella proporzione il più possibile coincidente con quella del sistema di produzione scelto;
- il massimo utilizzo dei vantaggi della cogenerazione avviene in presenza di consumi di energia termica costanti nel tempo



Potenza installata di cogenerazione per le principali attività economiche (anno 2008) – Fonte GSE

COGENERAZIONE & TRIGENERAZIONE - RISPARMIO ENERGETICO = RISPARMIO ECONOMICO

Confindustria Bari e BAT, via Amendola 172/5 – Bari - Sala Convegni, 18 aprile 2012

La tipologia di utente

Attività	Potenza installata media (MW)
Case di riposo e simili	0,1
Impianti sportivi e centri benessere	0,1
Alberghi e ristoranti	0,1
Commercio	0,8
Ospedali	1,4
Ind tessile	1,4
Concerie	2,5
Ind ceramica	3,9
Articoli in gomma e mat plastiche	5,3
Ind elettronica	9,0
Attività varie	9,0
Lavoraz. legno	13,4
Riscald e teleriscald	14,2
Ind alimentare	14,6
Ind cartaria	18,2
Ind automobilistica	25,8
Trasporti aerei	30,5
Ind chimica e petrolchimica	98,9
Raffinaz. petrolio	162,8

Taglia media delle sezioni di cogenerazione per alcune categorie di attività economica (anno 2008) Fonte GSE

Attività	Rendimento medio (%)	IRE medio (%)
Case di riposo e simili	87,5	37,3
Ind alimentare	80,1	26,5
Lavoraz. legno	79,5	27,6
Ind ceramica	79,2	23,0
Ind tessile	77,4	26,2
Ospedali	76,7	27,9
Articoli in gomma e mat plastiche	75,8	17,4
Trasporti aerei	75,5	25,0
Impianti sportivi e centri benessere	73,8	24,9
Ind cartaria	71,2	13,0
Commercio	70,6	26,4
Riscald e teleriscald	70,4	17,1
Ind chimica e petrolchimica	69,8	9,8
Alberghi e ristoranti	69,3	20,4
Attività varie	68,4	17,5
Concerie	67,5	24,7
Ind automobilistica	64,9	7,7
Ind elettronica	64,2	18,5
Raffinaz. petrolio	60,8	9,1

Prestazioni degli impianti di cogenerazione: rendimento di primo principio e indice IRE per le principali categorie di attività per l'anno 2008. Fonte GSE

COGENERAZIONE & TRIGENERAZIONE - RISPARMIO ENERGETICO = RISPARMIO ECONOMICO

Confindustria Bari e BAT, via Amendola 172/5 – Bari - Sala Convegni, 18 aprile 2012

Il dimensionamento di impianto

- Il **rapporto tra energia termica ed elettrica** consumata guida nella scelta della tipologia impiantistica;
- la valutazione sull'entità e sulle **caratteristiche di continuità dei consumi termici** consente la **determinazione della potenza nominale dell'impianto** più conveniente. E' possibile che si debbano operare delle scelte sulle utenze termiche da servire con l'impianto di cogenerazione;
- è assolutamente necessario condurre **un'analisi accurata delle tipologia di utenza termica** nei termini delle temperature operative, delle potenze richieste e delle possibili regolazioni;
- è necessario condurre un **audit energetico** approfondito eseguito da professionisti del settore. Questo costituisce l'occasione per la razionalizzazione dei consumi con effetti positivi a prescindere dal ricorso alla cogenerazione.
- **LOGICHE DI CONTROLLO**
 - a **inseguimento termico** (priorità di soddisfacimento del carico termico)
 - a **inseguimento elettrico** (priorità del soddisfacimento del carico elettrico)

COGENERAZIONE & TRIGENERAZIONE - RISPARMIO ENERGETICO = RISPARMIO ECONOMICO

Confindustria Bari e BAT, via Amendola 172/5 – Bari - Sala Convegni, 18 aprile 2012

L'integrazione con la realtà produttiva

- L'impianto di cogenerazione può essere installato in **nuove realtà produttive** o, in generale, a servizio di nuove utenze. In questo caso gli impianti produttivi che consumano l'energia termica possono essere progettati già a monte con riguardo alle esigenze dell'impianto di distribuzione dell'energia termica.
- Se l'impianto di cogenerazione deve essere installato a servizio di **realtà già esistenti**, vanno verificate le possibilità di integrazione del sistema di distribuzione del calore (ove non esistente) e l'interfaccia con le utenze esistenti.
- **Modularità e ridondanza dell'impianto** di cogenerazione per la parte termica a tutela della continuità di esercizio dello stabilimento o dell'impianto produttivo, nonché della soddisfazione in regolazione delle utenze termiche in funzione di velocità e precisione di intervento

L'opportunità ambientale

- Ogni miglioramento di efficienza nella produzione e nel consumo di energia è di interesse pubblico poiché concorre a **ridurre l'impatto ambientale** dei sistemi energetici in termini di emissioni di CO₂ e di inquinanti;
- la cogenerazione, nei confronti della produzione separata di energia elettrica e calore, consegue **rendimenti più alti**, massimizzando, compatibilmente con le esigenze dell'utilizzo, lo sfruttamento dell'energia dei combustibili tradizionali;
- per la difficoltà di accumulo del calore le centrali di cogenerazione devono essere realizzate nei pressi degli utilizzatori. A ciò consegue una consistente **riduzione delle perdite per il trasporto di energia elettrica** dai luoghi di produzione a quelli di utilizzo;
- la prospettiva di una **integrazione con le fonti rinnovabili** incrementa l'attrattività ambientale della soluzione cogenerativa.

COGENERAZIONE & TRIGENERAZIONE - RISPARMIO ENERGETICO = RISPARMIO ECONOMICO

Confindustria Bari e BAT, via Amendola 172/5 – Bari - Sala Convegni, 18 aprile 2012

Conclusioni

- La cogenerazione costituisce un'opportunità per le PMI perché contribuisce a mantenere la **competitività aziendale** abbattendo i costi industriali;
- l'adozione dell'impianto di cogenerazione produce **benefici per la collettività** perché massimizza lo sfruttamento energetico delle fonti tradizionali riducendo l'impatto ambientale dei sistemi energetici;
- l'investimento nella cogenerazione rientra in un periodo più o meno lungo a seconda delle condizioni delle singole realtà aziendali o di utenza. **Il periodo di rientro dell'investimento** può addirittura rimanere, in condizioni particolarmente favorevoli, nei primi **tre anni di esercizio**;
- vi sono applicazioni che consentono l'integrazione della cogenerazione con le **fonti rinnovabili** (biomasse, solare termodinamico, etc....);
- **l'analisi dei consumi energetici** delle realtà produttive necessaria per la valutazione della taglia di impianto e della sua tipologia favorisce dapprima una riduzione dei fabbisogni e stimola l'investimento in **risparmio energetico**.

COGENERAZIONE & TRIGENERAZIONE - RISPARMIO ENERGETICO = RISPARMIO ECONOMICO

Confindustria Bari e BAT, via Amendola 172/5 – Bari - Sala Convegni, 18 aprile 2012