



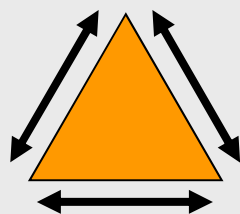
**Meccanica**



**Termica**



**Elettrica**



# La cogenerazione

Prof. Gianfranco Rizzo  
Dipartimento di Ingegneria  
Industriale  
Università di Salerno

Contatti:

[grizzo@unisa.it](mailto:grizzo@unisa.it),  
<http://publicationslist.org/grizzo>

Tel. +39 089 964245



# Sommario

- Cogenerazione: definizioni e generalità.
- Cogenerazione e biomasse.
- Tipologie di impianti.
- Il pilotaggio degli impianti



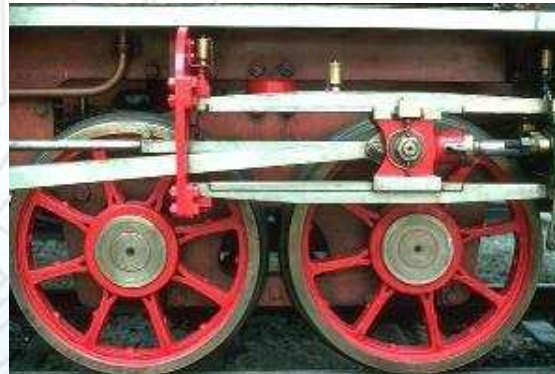
# Cosa è la cogenerazione

- **Cogenerazione: generazione combinata di**

*Energia termica*



*ed Energia Meccanica*



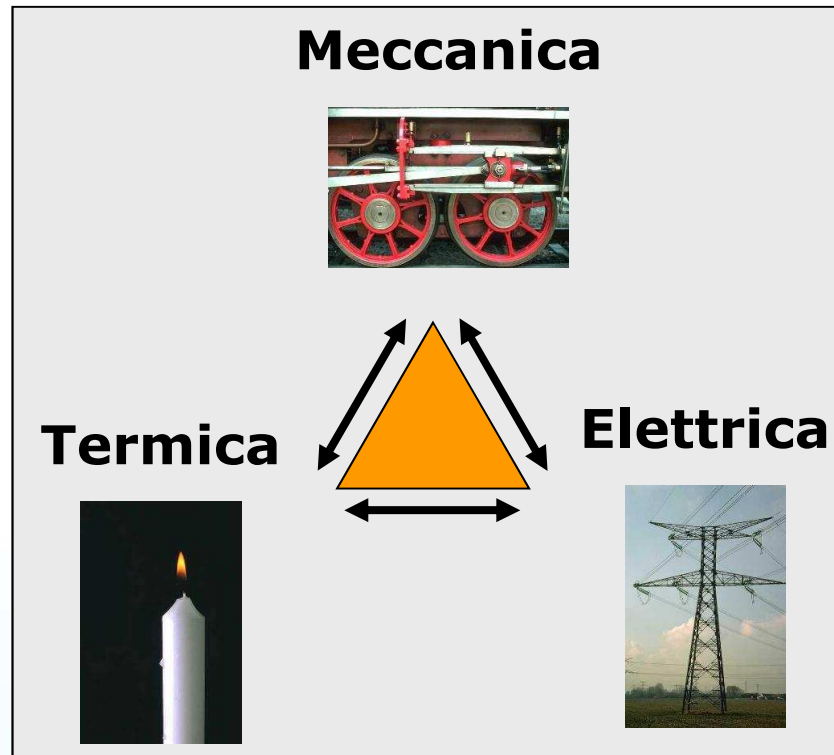
*e/o Energia Elettrica*





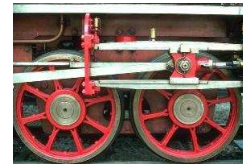
# Conversioni tra diverse forme di energia

- In quanto forme di energia, l'energia termica, meccanica ed elettrica possono essere **convertite** da una forma all'altra.
- Le modalità di conversione sono regolate dal **Principio di conservazione dell'Energia** (generalizzazione del primo principio della Termodinamica) e dal **Secondo Principio della Termodinamica**.





# Forme di energia: proprietà



	Energia termica	Energia meccanica	Energia elettrica
Capacità di trasporto	↓	↓	↑
Capacità di immagazzinamento	↑	↑	↓

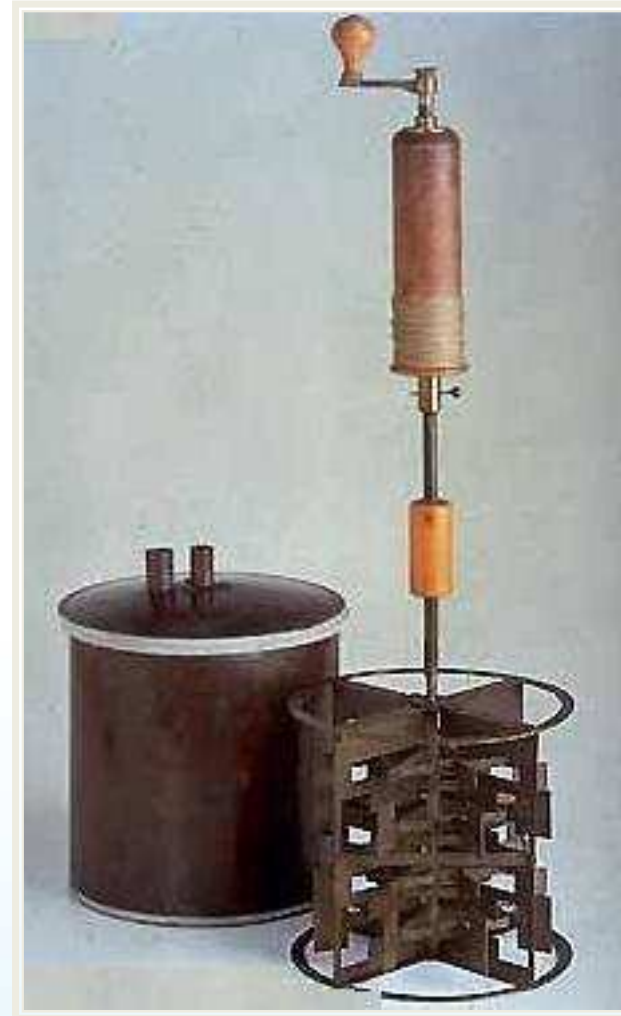
- L'energia elettrica, la più versatile, può essere facilmente trasportata, ma non immagazzinata.
- Il contrario avviene per l'energia termica e per l'energia meccanica.
- Queste forme di energia sono pertanto complementari.





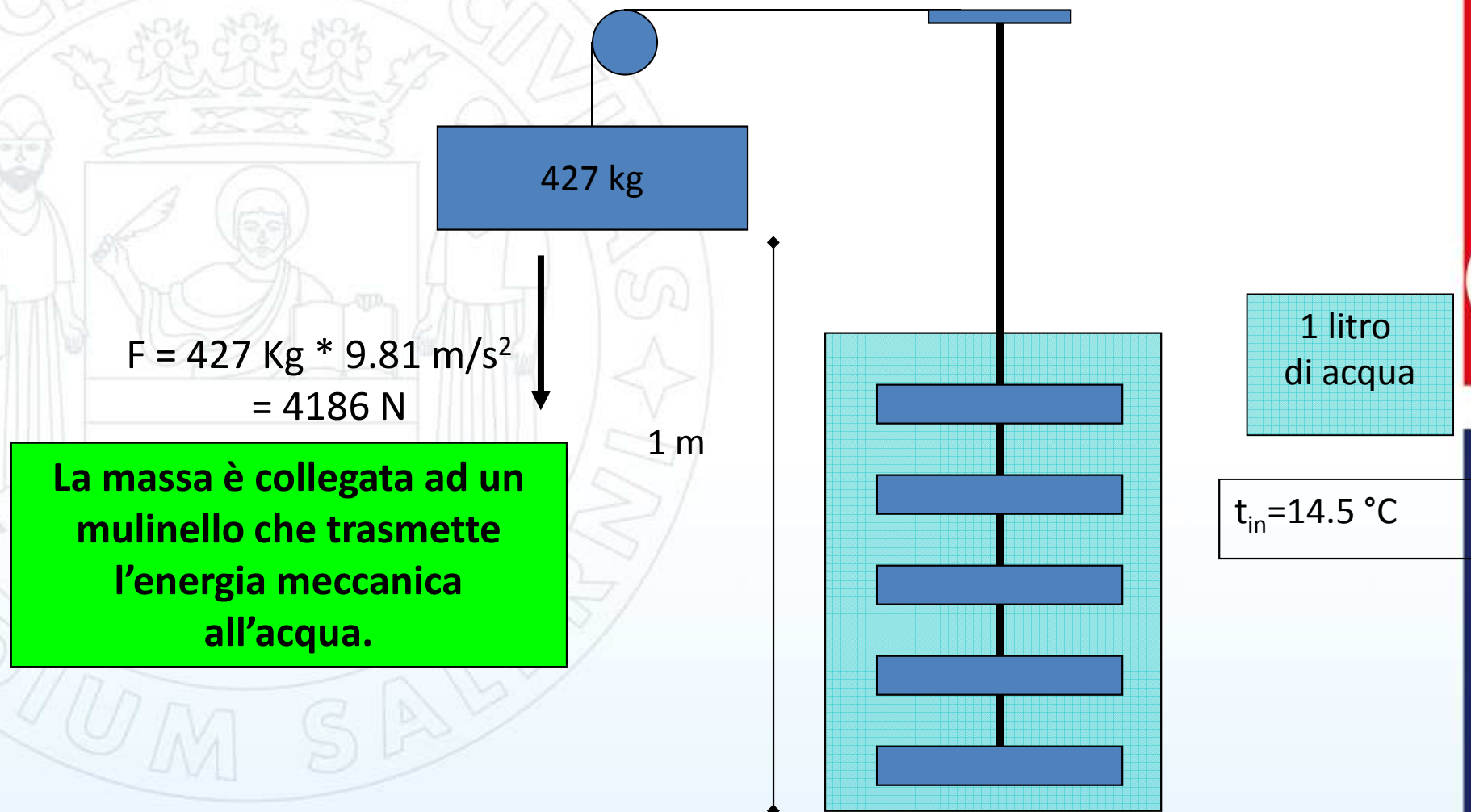
# Equivalenza tra calore e lavoro

- Questa è la macchina con cui James Joule dimostrò la equivalenza tra calore e lavoro meccanico, nel 1854 (Primo principio della Termodinamica).
- Il Primo Principio sancisce la equivalenza tra calore e lavoro in quanto forme di energia, ma non stabilisce i criteri in base ai quali possono avvenire le trasformazioni spontanee.
- $1 \text{ Kcal} = 4186 \text{ J} = 427 \text{ Kg}_f \text{ m}$





# L'equivalente meccanico del calore/1





# L'equivalente meccanico del calore/2

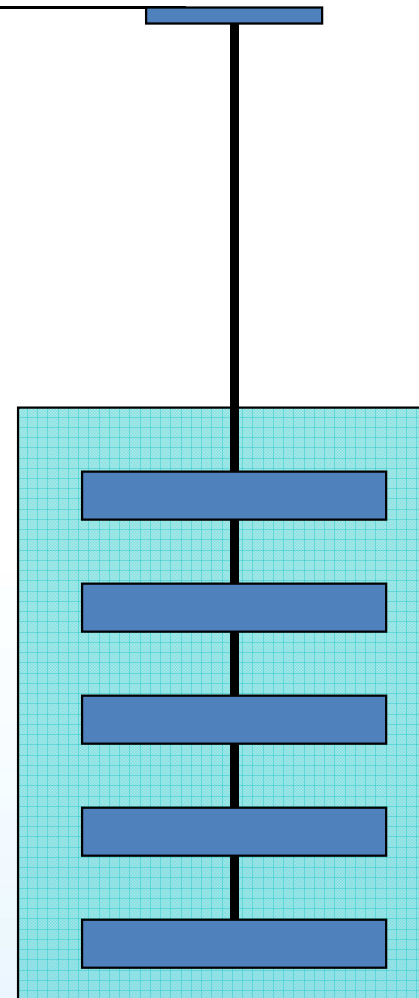
$$F = 427 \text{ Kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \\ = 4186 \text{ N}$$

**Quando la massa scende di un metro, la temperatura dell'acqua aumenta di un grado.**

$$4186 \text{ N} \times 1 \text{ m} \\ = 4186 \text{ J}$$

427 kg

1 m



1 litro  
di acqua

$t_{in} = 14.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

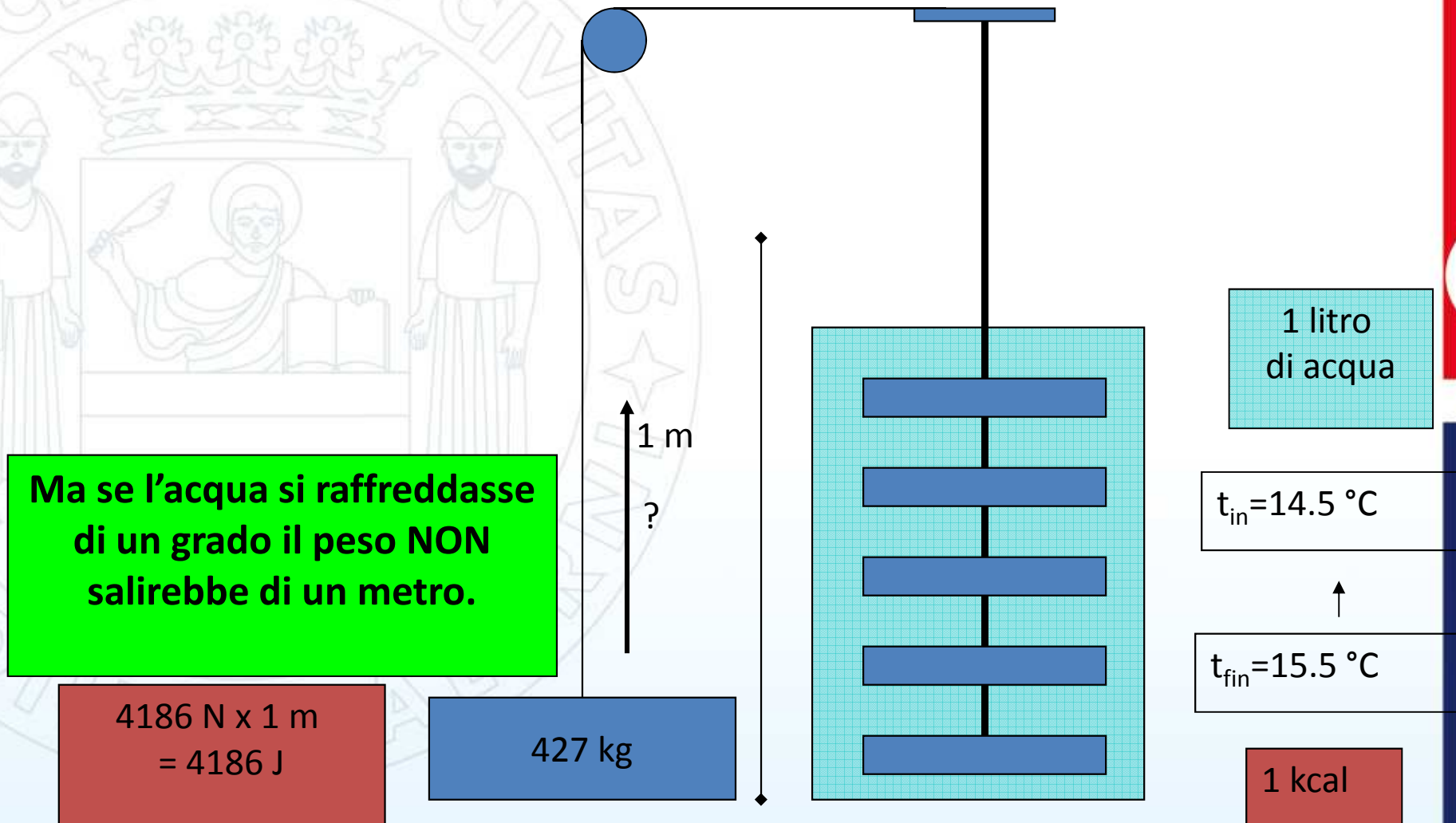
$t_{fin} = 15.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

1 kcal



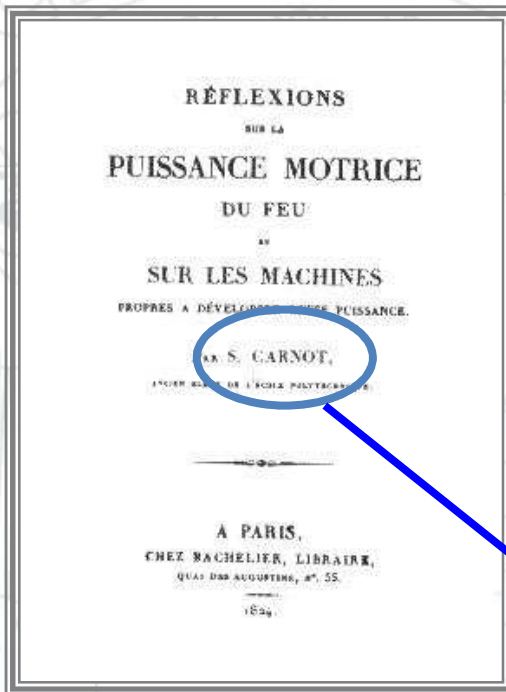


# L'equivalente meccanico del calore/3

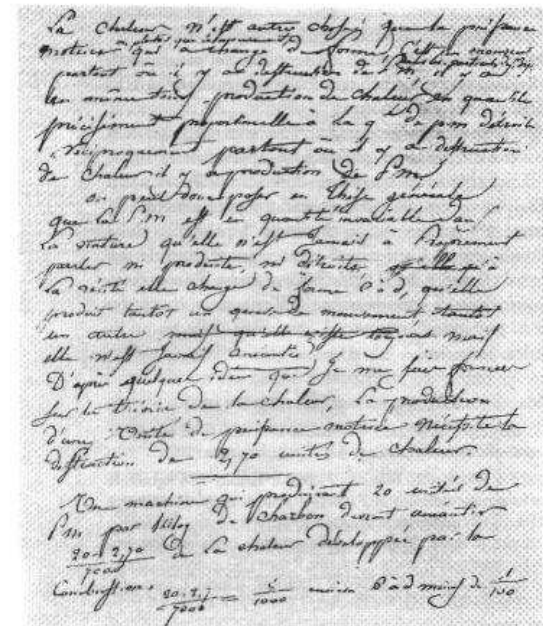
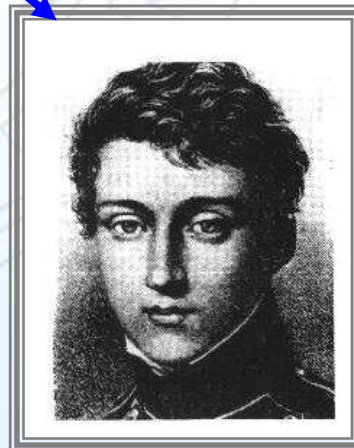




# Il secondo principio della Termodinamica



- Nel 1824 Sadi Carnot scrisse le “Reflexions sur la Puissance Motrice du feu”, in cui delineò le modalità di conversione del calore in lavoro nelle macchine termiche.

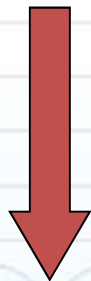




# Il secondo principio della Termodinamica

E' possibile convertire  
interamente l'energia  
meccanica in energia termica

Energia  
meccanica

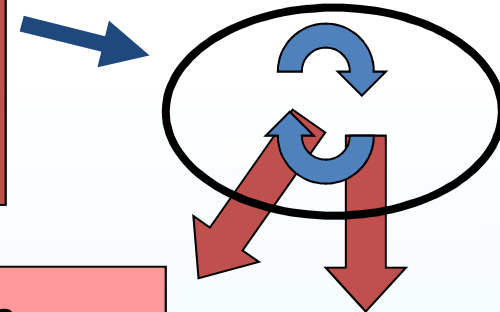


Energia  
termica

Non è possibile convertire  
interamente l'energia termica  
in energia meccanica

Energia  
termica

Serve una  
**macchina termica**  
che operi secondo una  
trasformazione ciclica  
(**ciclo termodinamico**)



Energia termica  
(a temperatura inferiore)

Energia  
meccanica



# Rendimento termodinamico

Il Rendimento è dato  
dal rapporto tra il  
lavoro e l'energia  
termica fornita

$$\eta = \frac{L}{Q_1}$$

Rendimento massimo  
(Ciclo di Carnot)

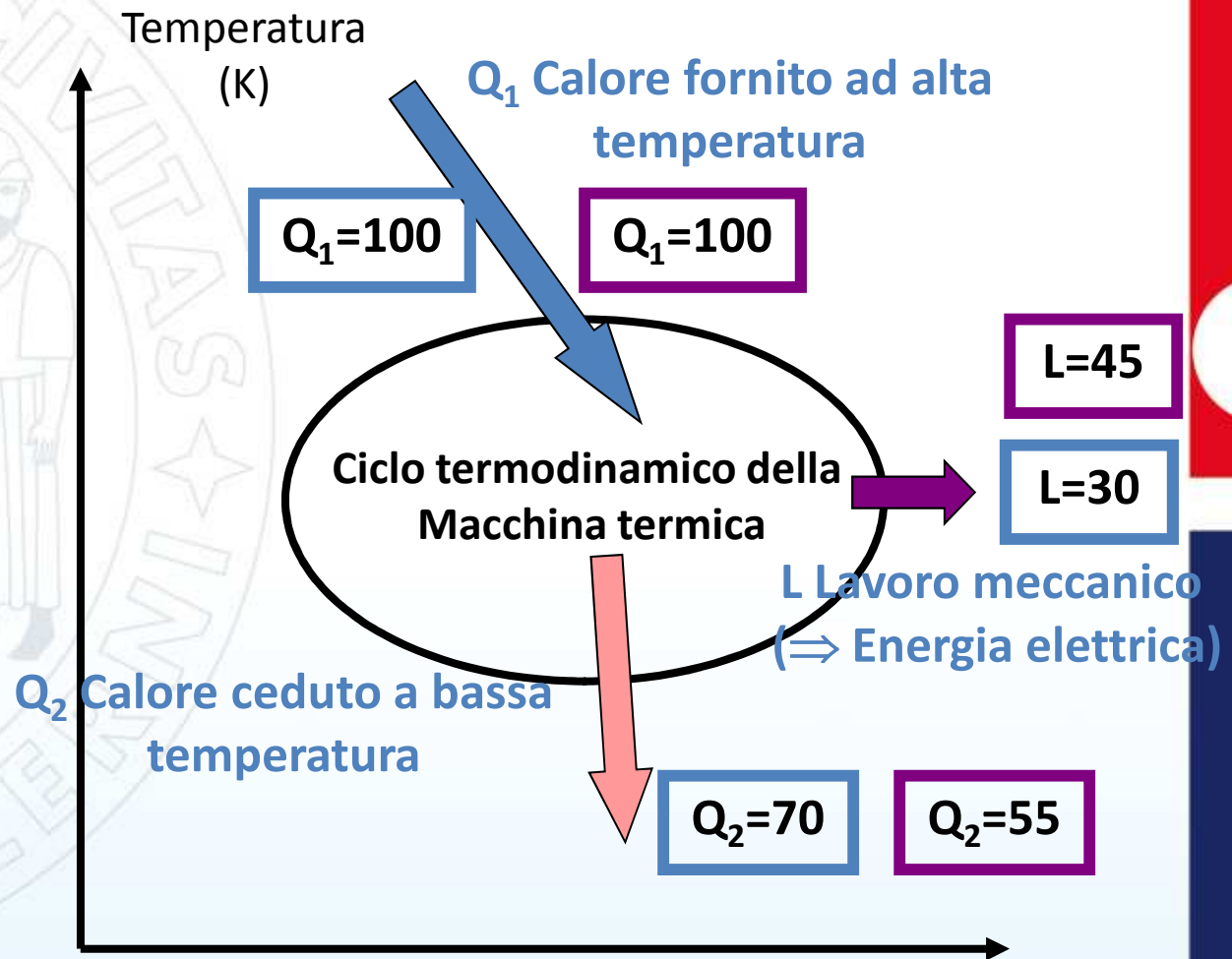
$$\eta = 1 - \frac{T_{\min}}{T_{\max}}$$

Per un motore  
automobilistico:

**Rendimento = 30 %**

Per una Centrale  
termoelettrica:

**Rendimento = 45 %**





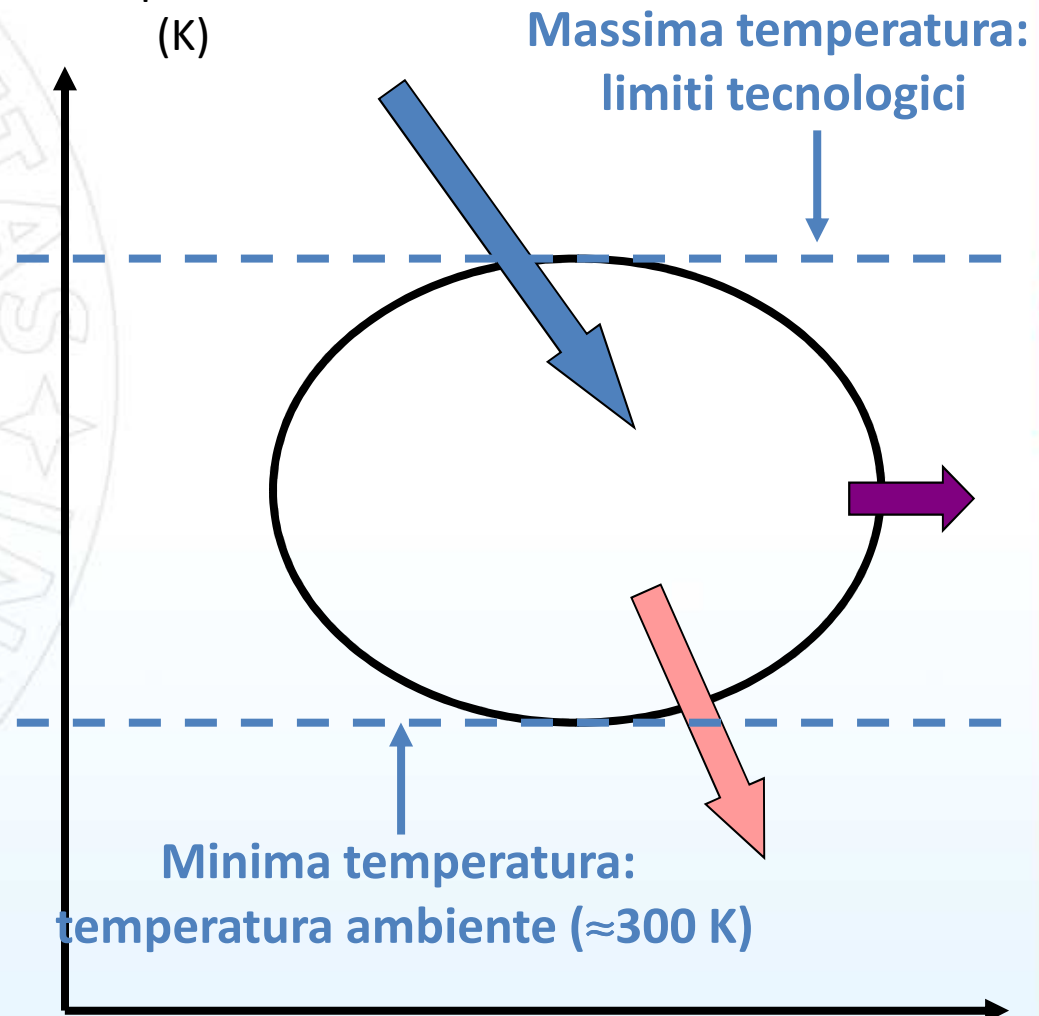
# Come migliorare l'efficienza energetica

Per aumentare il rendimento di conversione in energia meccanica dovremmo:

- ♦ aumentare la temperatura massima;
- ♦ ridurre la temperatura minima: al limite, alla temperatura ambiente.

La utilizzabilità del calore scaricato si riduce con la sua temperatura: il calore scaricato a temperatura ambiente è inutilizzabile.

Temperatura (K)

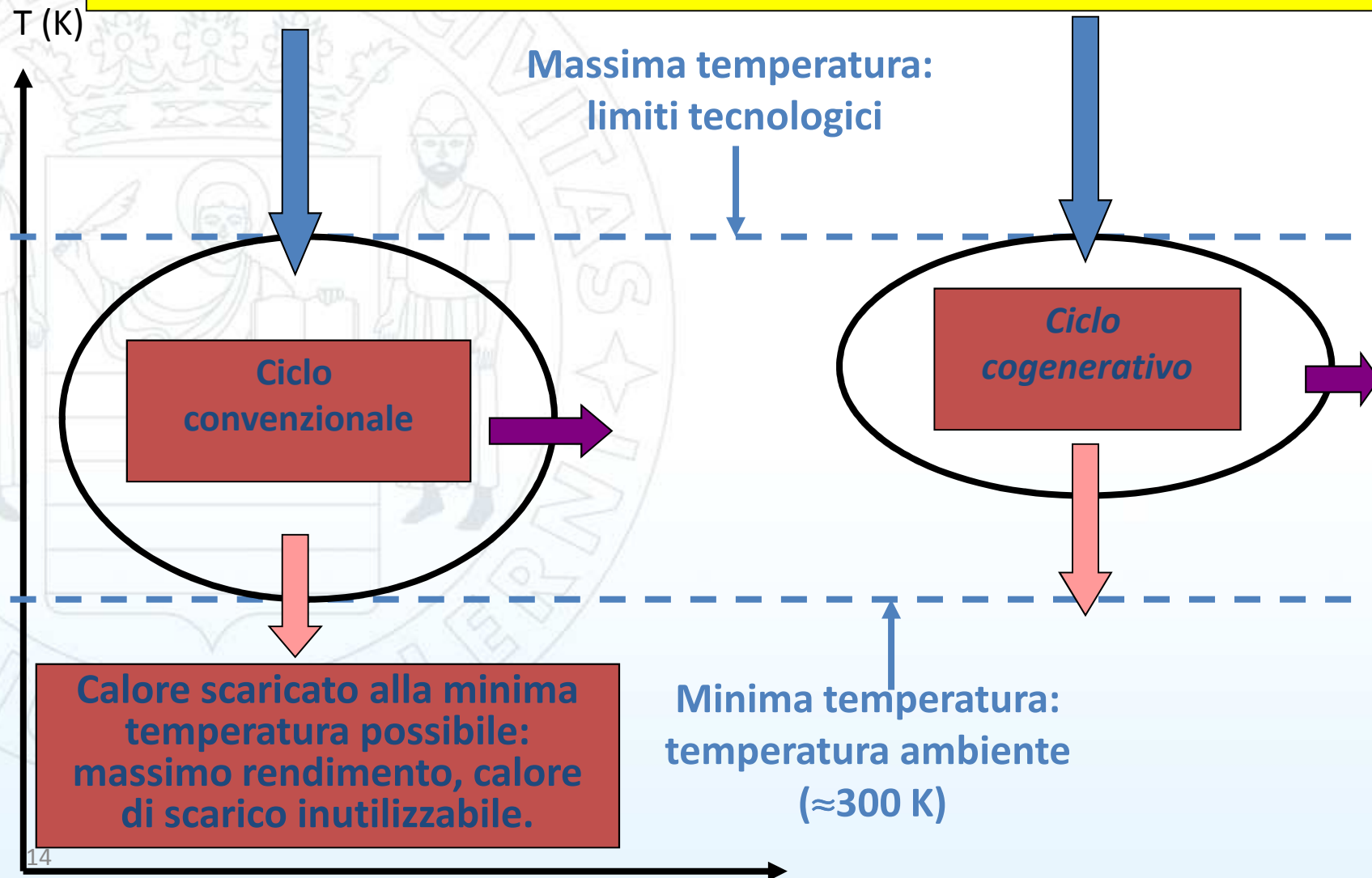






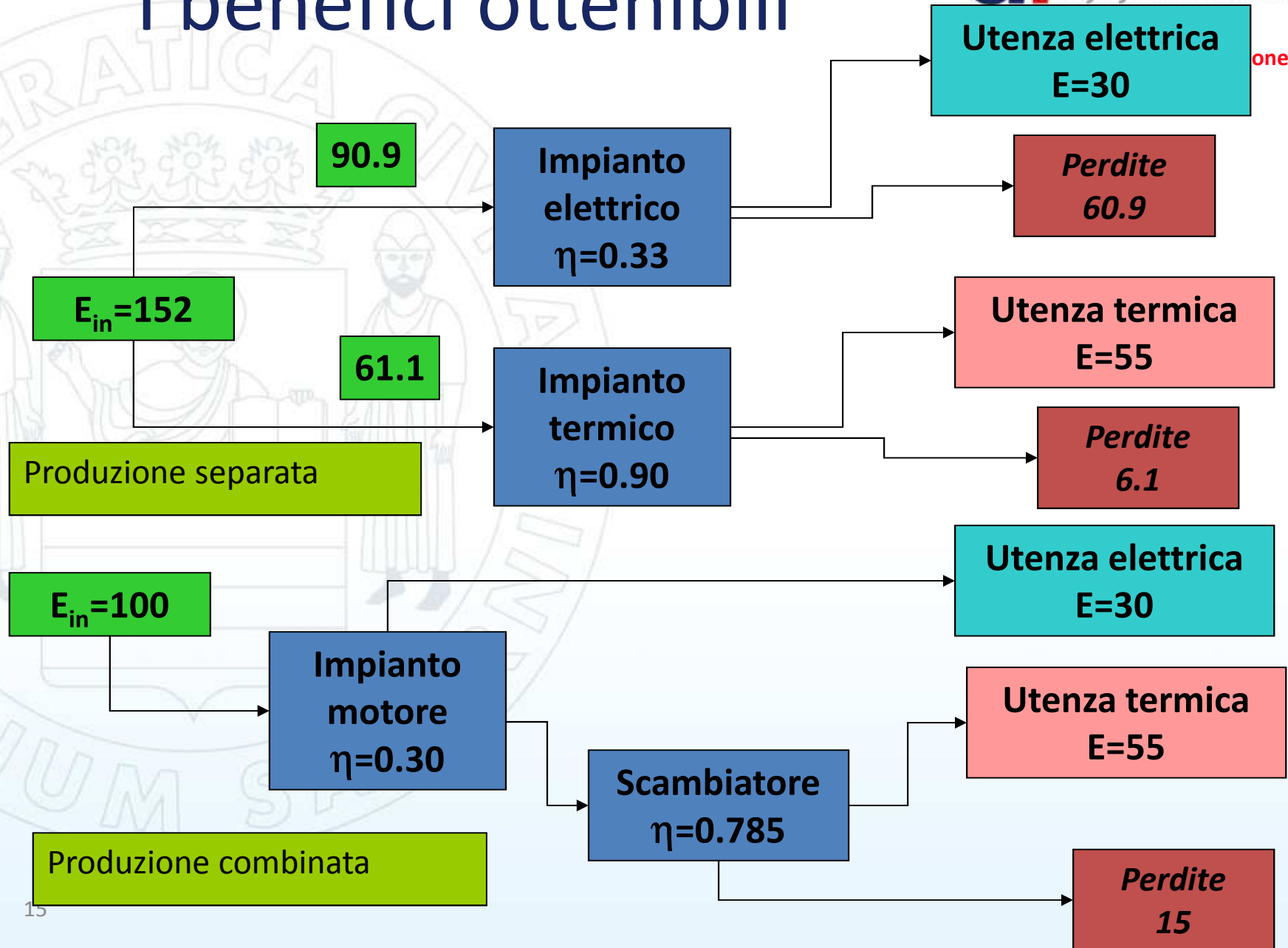
# La cogenerazione

*Calore scaricato ad una temperatura più alta: il rendimento termodinamico si riduce, ma è possibile utilizzare il calore di scarico.*





# I benefici ottenibili





# I campi di applicazione della Cogenerazione

- Ambiti produttivi
  - Industrie ceramiche, cartarie, alimentari, tessili
- Ambito energetico
  - Teleriscaldamento
- Settore terziario
  - ospedali, scuole, alberghi, piscine, impianti sportivi.



# Cogenerazione: i principali problemi

- Benché si tratti di una tecnologia relativamente “matura”, affidabile e di provata economicità, essa non ha ancora visto in Italia quella diffusione che sarebbe possibile e che è auspicata dalla Commissione Europea.
- L'applicazione pratica del concetto apparentemente semplice di cogenerazione può diventare difficoltosa, se non impossibile, a causa di tre circostanze:
  - incongruenza tra le caratteristiche del calore reso disponibile dal ciclo di potenza ed il calore richiesto dalle utenze;
  - sfavorevole ubicazione del ciclo di potenza rispetto alle utenze di calore;
  - sfasamento temporale delle richieste di elettricità e calore.



# La cogenerazione nell'ambito delle politiche comunitarie

- La Commissione Europea ha affermato che: *“La cogenerazione è una delle pochissime tecnologie atte ad offrire un importante contributo, a breve e medio termine, alla problematica dell’efficienza energetica nell’Unione Europea e può contribuire positivamente alle politiche ambientali dell’UE”*.
- Cogenerazione ed Effetto serra: Secondo le stime e rispetto alla produzione separata di calore e di elettricità, 1 MWh di elettricità prodotto con la cogenerazione consentirebbe di evitare da 132 kg a 909 kg di CO<sub>2</sub> con una media ragionevole di 500 kg di CO<sub>2</sub> evitati al MWh.”
- E’ di cruciale importanza la relazione tra impianti di cogenerazione e mercato dell’energia elettrica. In quasi tutti i paesi questo rapporto non è regolamentato in maniera tale da garantire ai produttori indipendenti un accesso non discriminatorio alla rete.





# Ostacoli alla diffusione della Cogenerazione

- **Economici:**
  - tassi di remunerazione bassi per la cessione di elettricità da cogenerazione, prezzi elevati per l'elettricità di rete nel caso di inagibilità dell'impianto, mancanza di disponibilità di gas naturale a prezzi competitivi, tassi elevati per i combustibili di alimentazione, contratti a breve termine e imprevedibilità dei prezzi energetici, assenza di validi strumenti di mercato per internalizzare i costi ambientali esterni.
- **Regolamentari:**
  - normative sulle emissioni e sulla pianificazione, lunghe pratiche burocratiche o procedure costose per ottenere licenze di esercizio, ecc.
- **Istituzionali:**
  - atteggiamento negativo delle imprese di pubblico servizio circa la connessione di impianti di cogenerazione, ritardi e mancanza di trasparenza nell'ottenimento delle autorizzazioni, ecc.

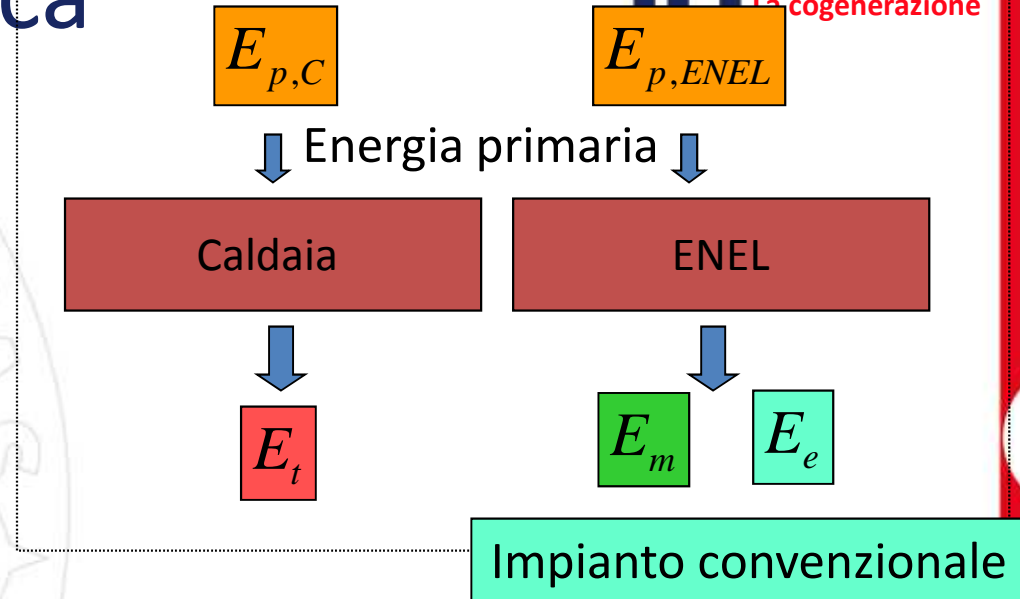
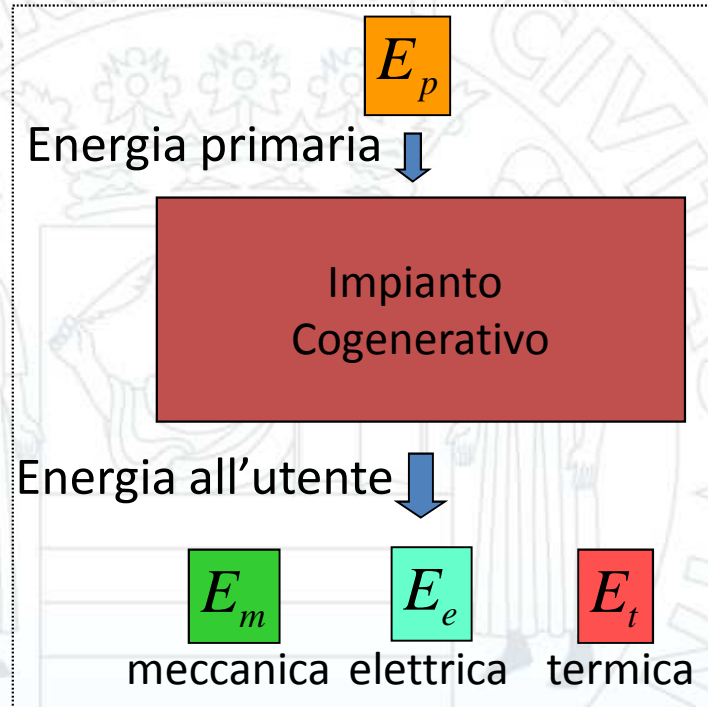


# La domanda di energia

- Le condizioni di convenienza tecnico-economica di un impianto di cogenerazione dipendono in modo rilevante dalla distribuzione temporale delle domande di energia elettrica (meccanica) e termica, ed in particolare dal loro rapporto e dalla contemporaneità.
- Altro parametro importante per la scelta dell'impianto è la "qualità" dell'energia termica richiesta, legata al tipo di utenza. I principali utilizzi sono:
  - Acqua Calda Sanitaria (ACS)
  - Vapore.



# Parametri di valutazione energetica



Rendimento elettrico:

$$\eta_e = \frac{E_e}{E_p}$$

Rendimento termico:

$$\eta_t = \frac{E_t}{E_p}$$

Coefficiente di utilizzo del combustibile:

$$CUC = \frac{\text{Energia utile all'utenza}}{\text{Energia primaria richiesta}} = \frac{E_e + E_m + E_t}{E_p}$$

Risparmio di energia primaria:

$$REP = \frac{\text{Energia primaria risparmiata}}{\text{Fabbisogno di energia primaria}} = 1 - \frac{E_p}{E_{p,C} + E_{p,ENEL}}$$



# Tipologie degli impianti di cogenerazione

- In linea di principio, tutti gli **Impianti Motori Termici** possono essere usati a fini cogenerativi, in quanto scaricano parte dell'energia a bassa temperatura.
- Le tipologie di impianto più adoperate sono:
  - Motori a combustione interna volumetrici (in genere alternativi);
  - Turbine a gas;
  - Turbine a vapore;
  - Impianti combinati gas-vapore;
- Queste soluzioni si differenziano per:
  - Taglia dell'impianto (livelli di potenza);
  - Temperature a cui è disponibile l'energia termica;
  - Elasticità di uso (gradi di libertà);
  - Rapporto tra potenza termica ed elettrica;
  - Costi di impianto e di esercizio;
  - Combustibili;
  - Impatto ambientale.



# Tipologie di impianto

Impianti ad un grado di libertà

Impianti a due gradi di libertà

<i><b>Tecnologia</b></i>	<i><b>Potenza (MW)</b></i>
<b>Ciclo Otto</b>	<b>0.02 - 5</b>
<b>Ciclo Diesel</b>	<b>0.1 - 30</b>
<b>Turbina a gas</b>	<b>0.4 - 130</b>
<b>Turbina a vapore</b>	<b>0.5 - 150</b>
<b>Impianto Combinato</b>	<b>&gt; 5</b>

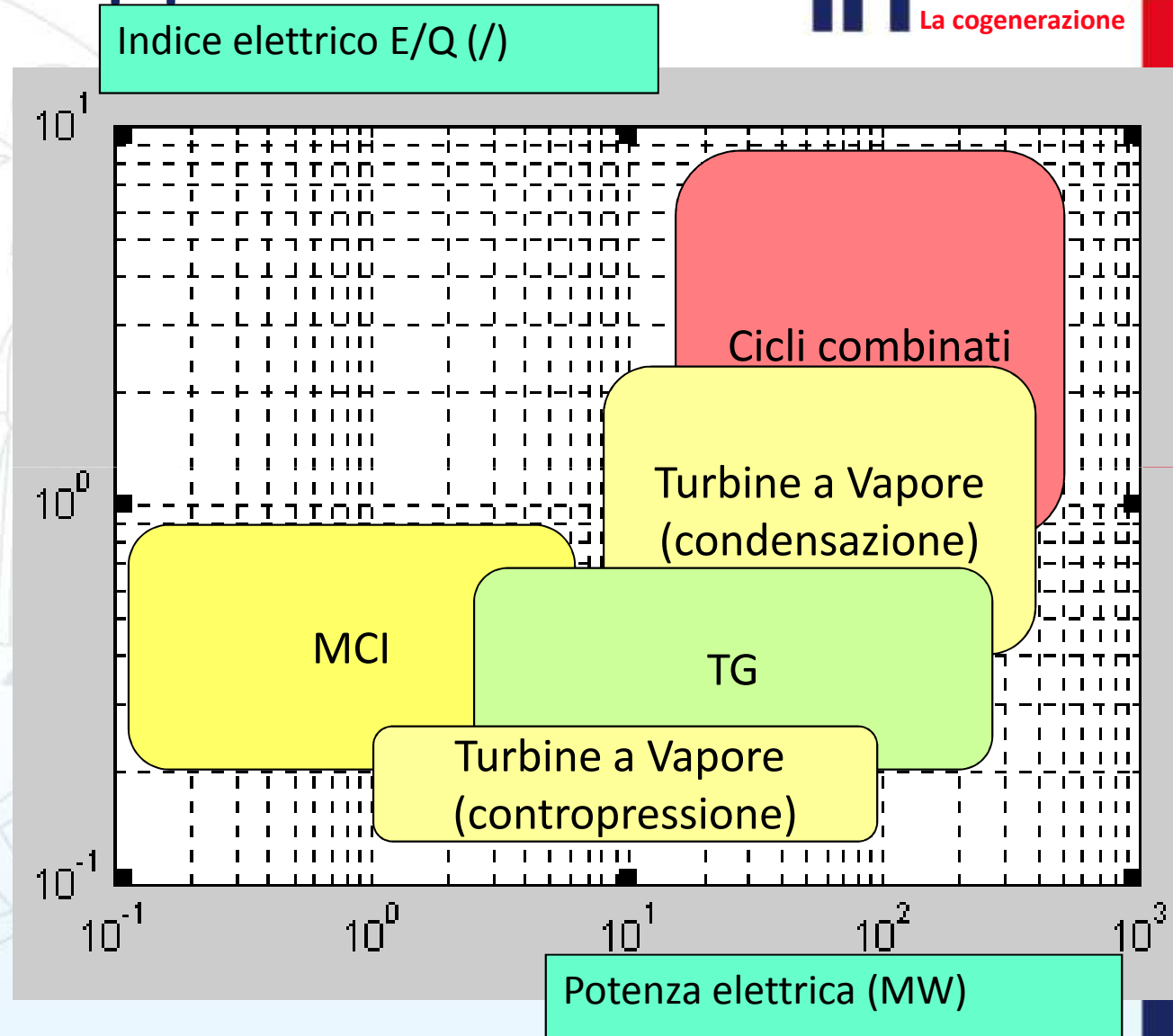




# Campi di applicazione

Il grafico riporta i campi di potenza ed i relativi valori del rapporto tra potenza elettrica e termica per le diverse tipologie di impianto.

Ai livelli inferiori di potenza (microcogenerazione) c'è il ricorso esclusivo ai MCI alternativi, mentre per le applicazioni industriali di grande taglia si ricorre ad impianti a vapore, combinati e non. Gli impianti a gas (TG) coprono una ampia gamma di potenze.



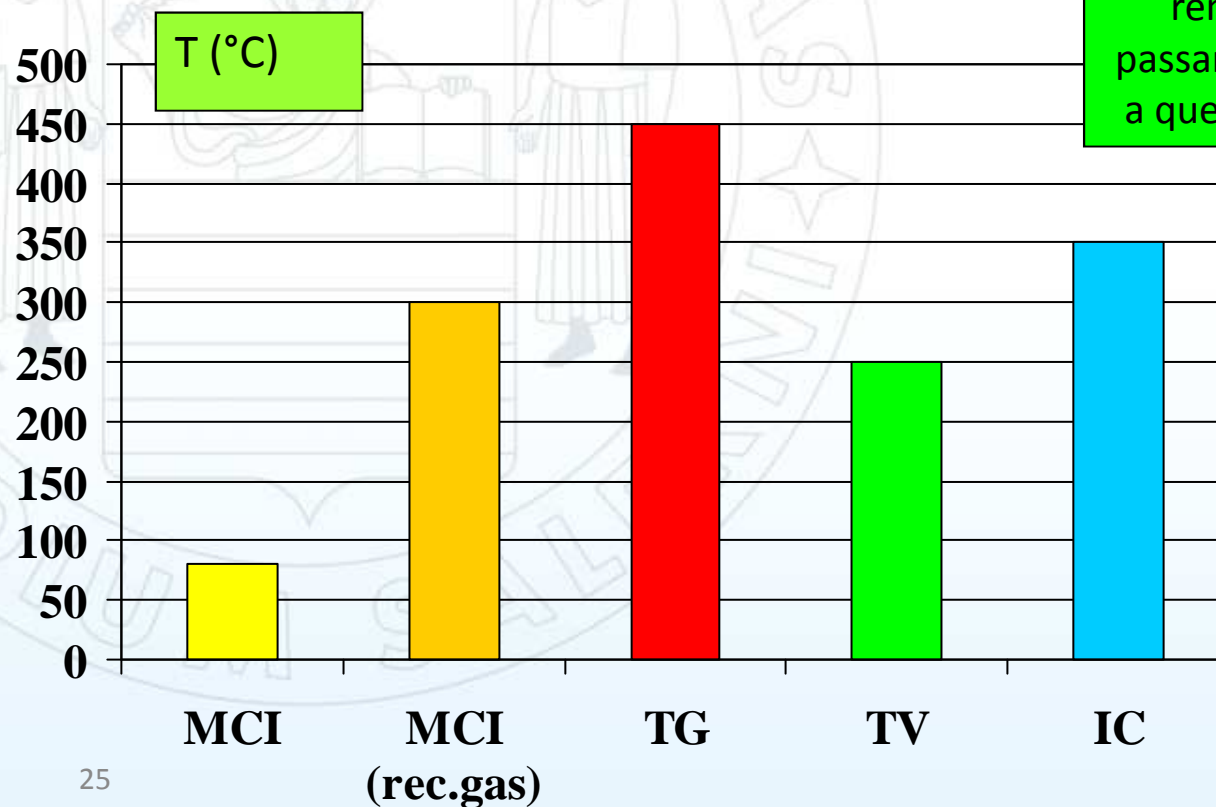


# Qualità dell'energia termica disponibile

Nei motori alternativi, il calore recuperato dai fluidi refrigeranti è disponibile a temperature relativamente basse, mentre quello recuperato dai gas di scarico raggiunge livelli di temperatura più elevati.

Gli impianti a gas, ed in particolare quelli con post-combustione, permettono di raggiungere in assoluto le temperature più elevate.

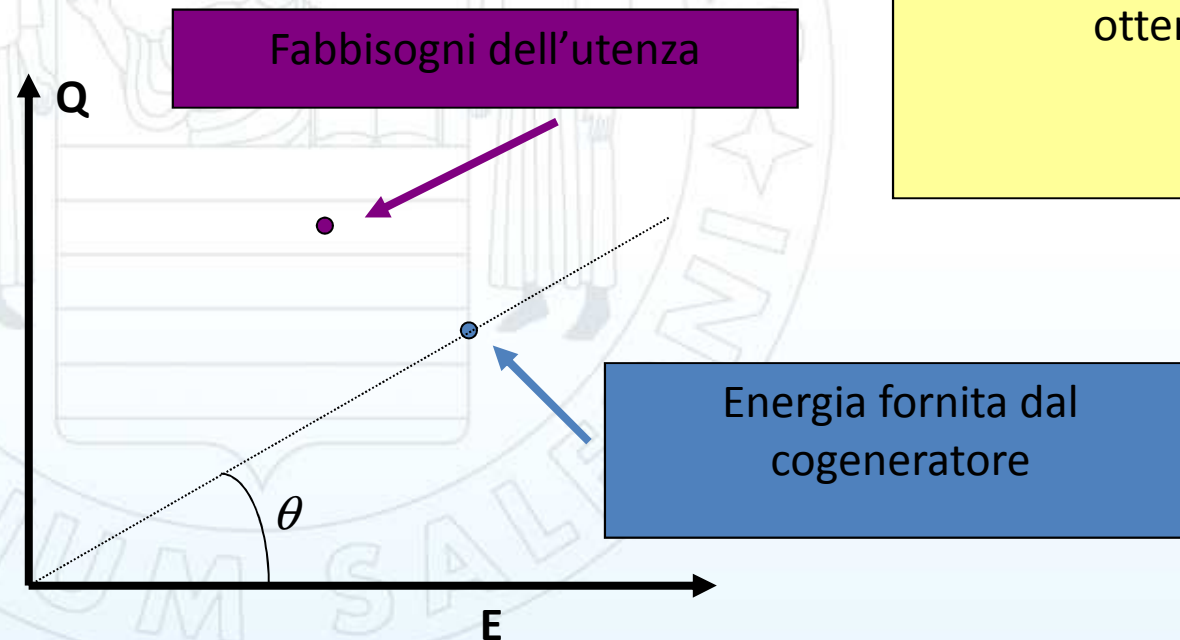
Negli impianti a vapore la temperatura di scarico influenza notevolmente il rendimento elettrico, che si riduce passando dagli impianti a condensazione a quelli a contropressione e derivazione





# Piano delle energie

E' utile rappresentare i fabbisogni e le energie fornite su un piano (E,Q)



Il rapporto tra energia termica ed energia elettrica può essere ottenuto come:

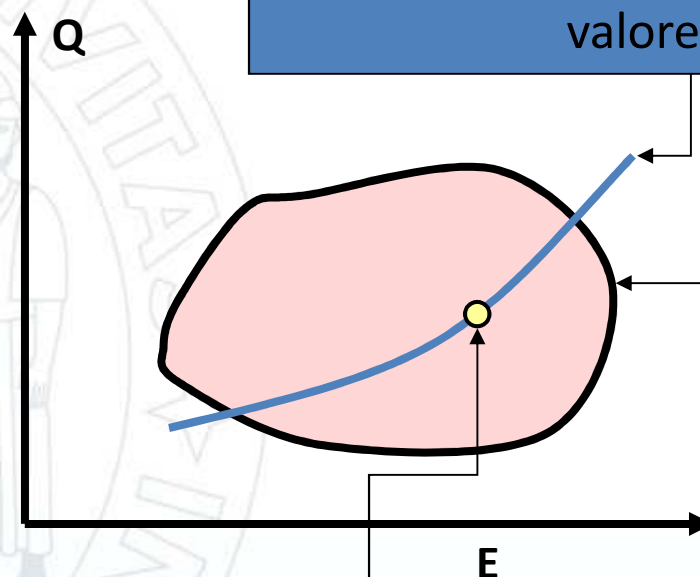
$$\tan(\theta) = \frac{Q}{E}$$



# Gradi di libertà

In funzione della loro struttura e della loro complessità, gli impianti di cogenerazione possono operare con diversi valori del carico termico ed elettrico.

Gli impianti a due gradi di libertà presentano la massima capacità di adattamento alle variazioni del carico richiesto dall'utenza.



**Sistema ad un grado di libertà:**  
Ad ogni valore di  $E$  corrisponde un solo valore di  $Q$ .

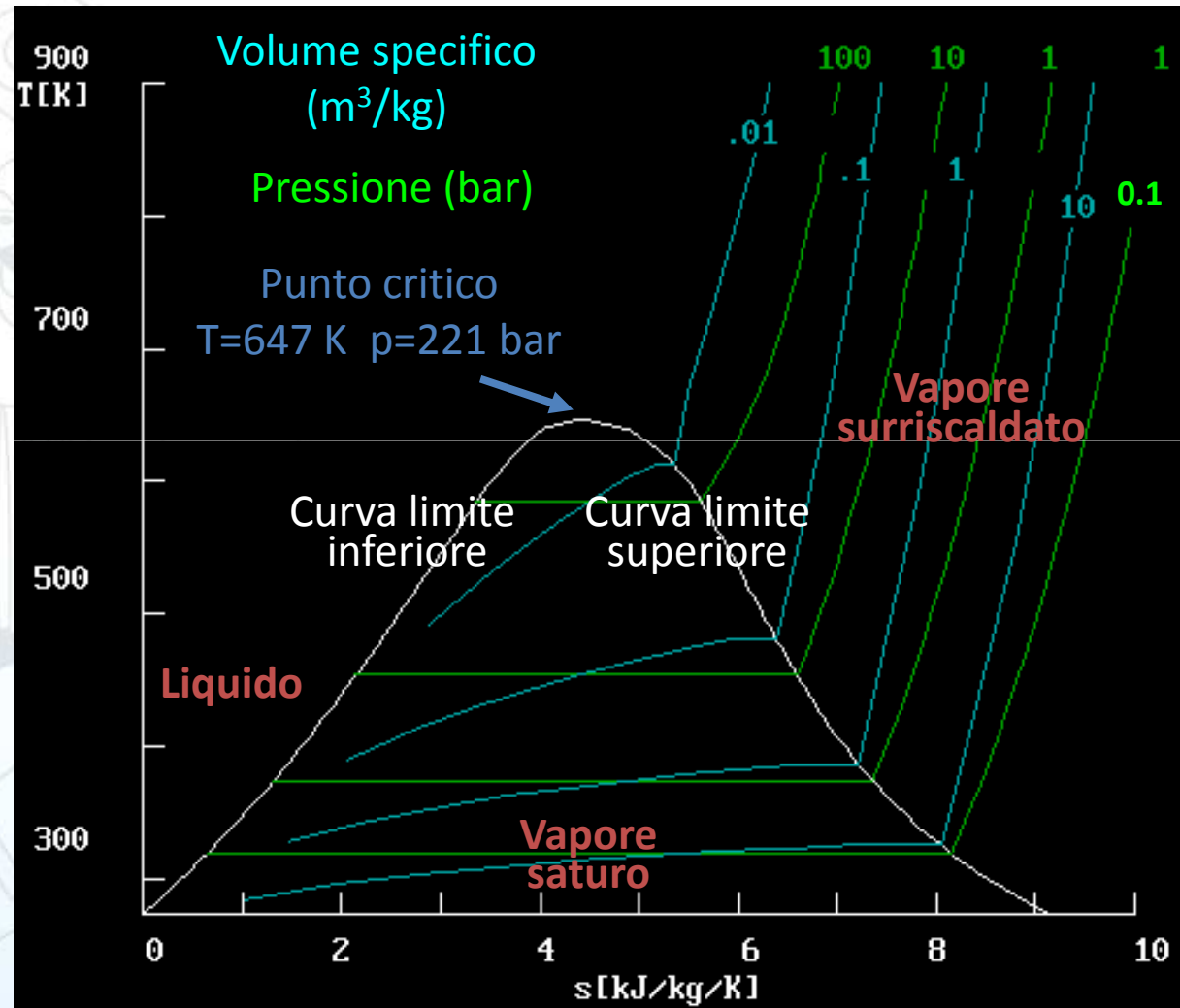
**Sistema a zero gradi di libertà**  
(a punto fisso): l'impianto può operare con un solo valore di  $E$  e di  $Q$ .

**Sistema a due gradi di libertà:**  
Ad ogni valore di  $E$  corrisponde un intervallo di possibili valori di  $Q$ .



# Il vapore d'acqua sul piano (Ts)

- Sotto la curva a campana, le isobare coincidono con le isoterme.
- Avvicinandosi al punto critico, il calore latente di vaporizzazione tende a zero.
- Alla temperatura ambiente, la pressione di saturazione è inferiore a 0.1 bar, mentre il volume specifico è molto elevato.

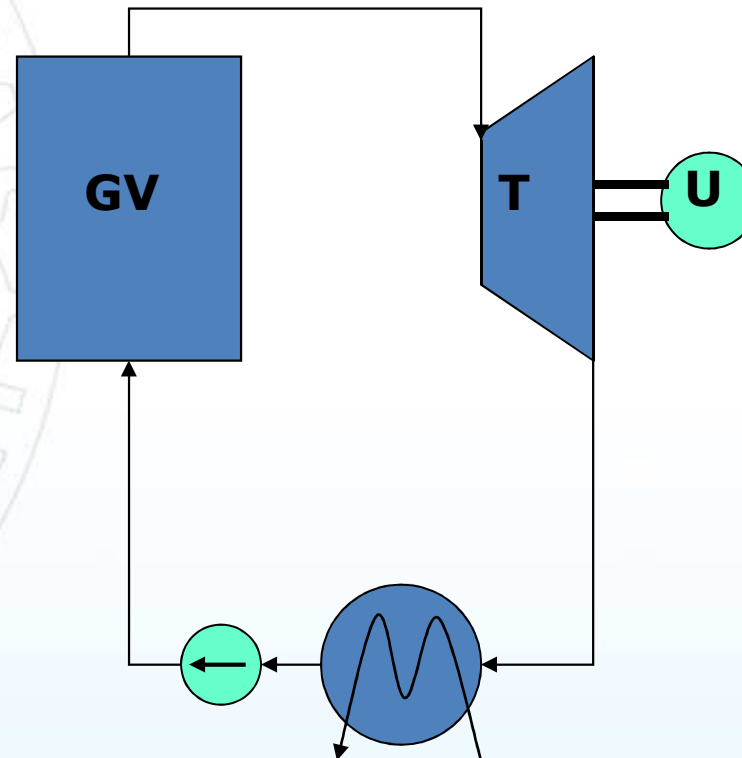






# Impianto a vapore tradizionale

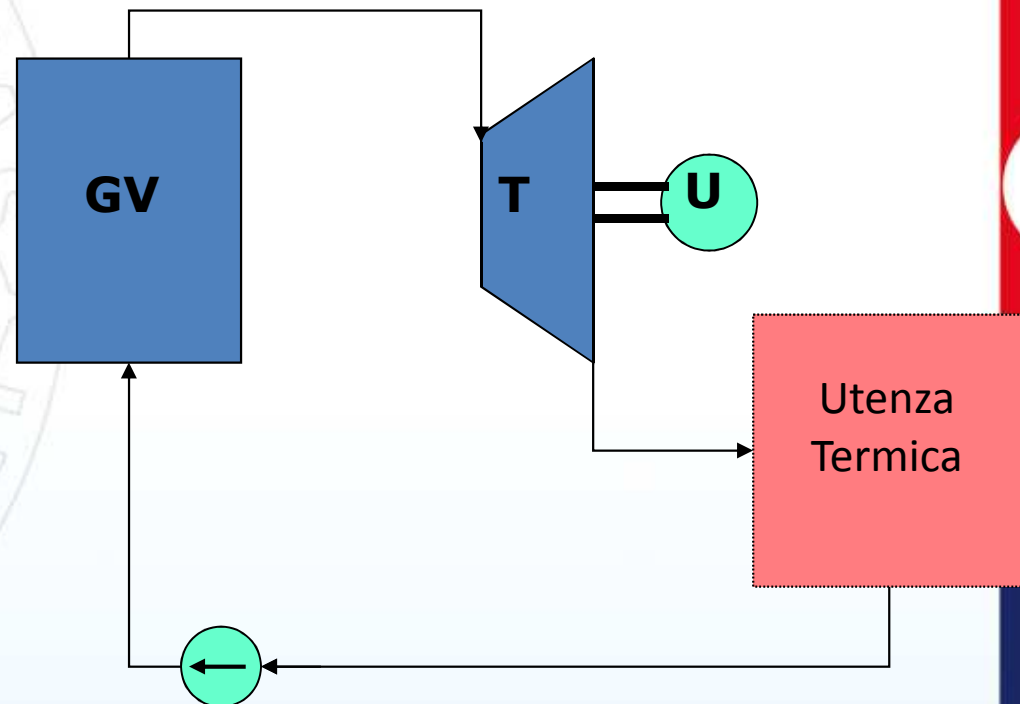
In un impianto a vapore tradizionale il fluido in uscita dalla turbina passa nel condensatore, che lo riporta alle condizioni iniziali, allo stato di liquido saturo. Il calore di scarico, a bassa temperatura, è quindi dissipato nell'ambiente.





# Impianto a contropressione

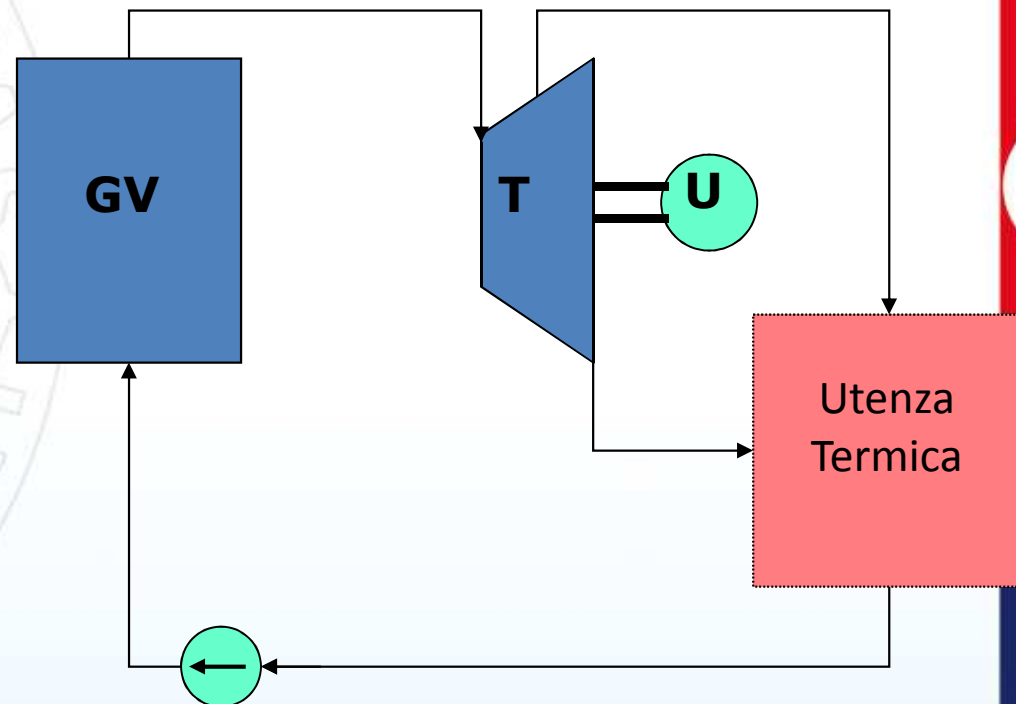
In un impianto a contropressione il condensatore è sostituito da uno scambiatore di calore, che cede il calore di scarico all'utenza termica, a pressione e temperatura opportune.





# Impianto a derivazione e contropressione

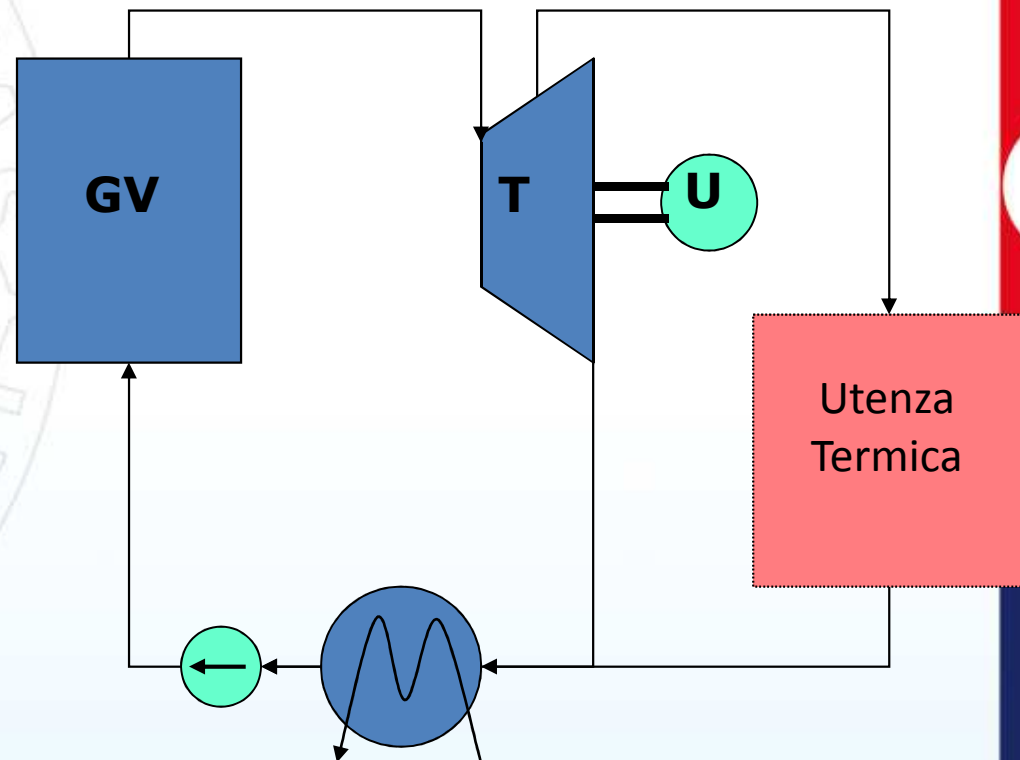
In un impianto a derivazione e contropressione il flusso termico all'utenza è ottenuto, oltre che dal calore di scarico della turbina, attraverso uno o più spillamenti di vapore dalla turbina.





# Impianto a derivazione

In un impianto a derivazione il flusso termico all'utenza è ottenuto soltanto attraverso spillamenti di vapore. Il flusso in uscita dalla turbina è inviato ad un condensatore.

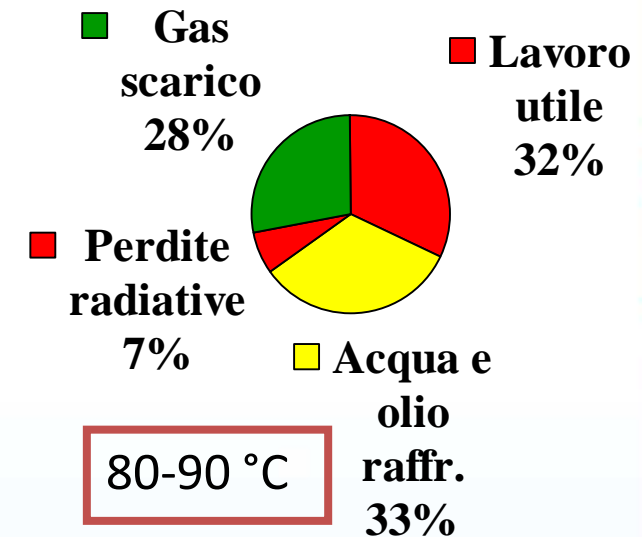




# Bilancio energetico di un MCI alternativo

- In un motore alternativo a c.i. l'energia termica può essere recuperata sia dai **gas di scarico**, a temperatura relativamente elevata, che dai **fluidi di raffreddamento** (acqua, olio), a temperature inferiori ai 100°C.
- Al di sotto dei 140°C circa, nei gas di scarico avviene la **condesazione di prodotti acidi**: per questo motivo il recupero del calore non può essere esteso fino alle basse temperature.
- Una aliquota in genere inferiore al 10% viene dispersa nell'ambiente, attraverso **scambi radiativi**.

400-600 °C





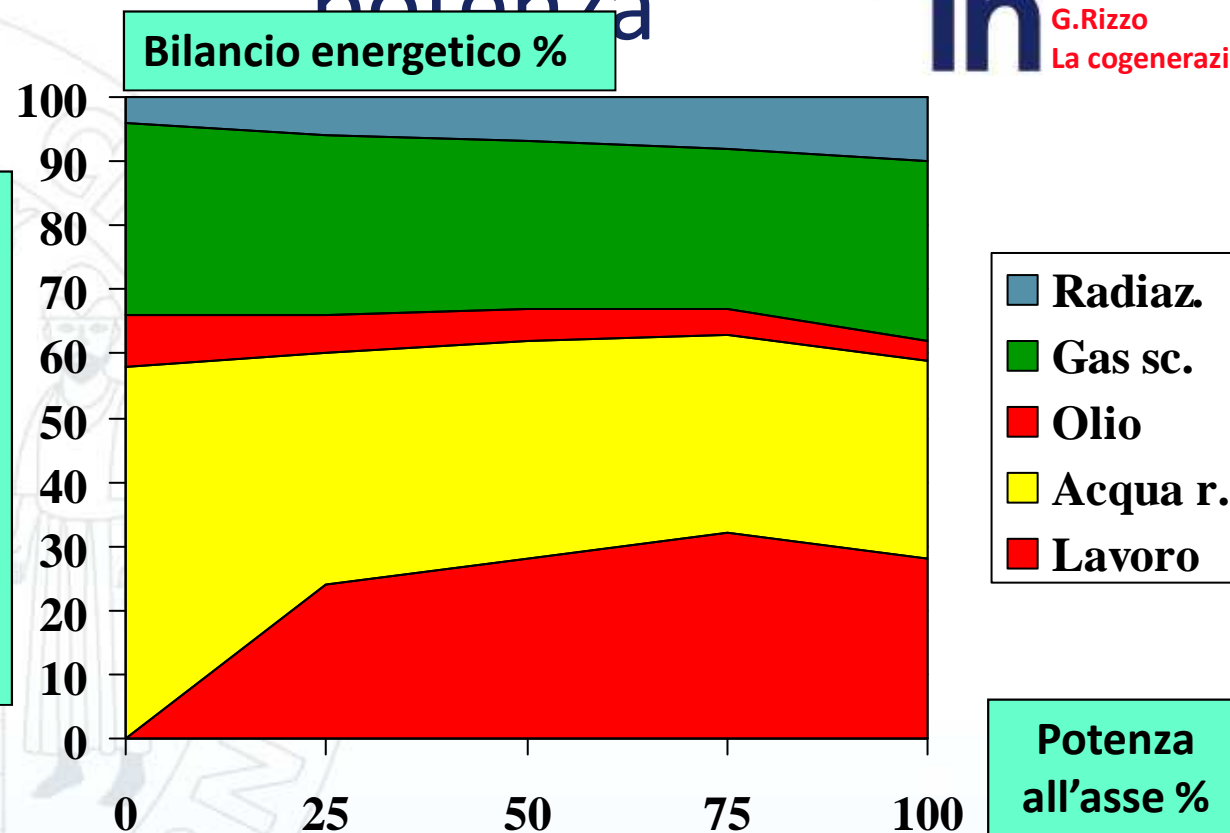


# Bilancio energetico: effetti della

Università di Salerno  
Dipartimento di  
Ingegneria Industriale

G. Rizzo  
La cogenerazione

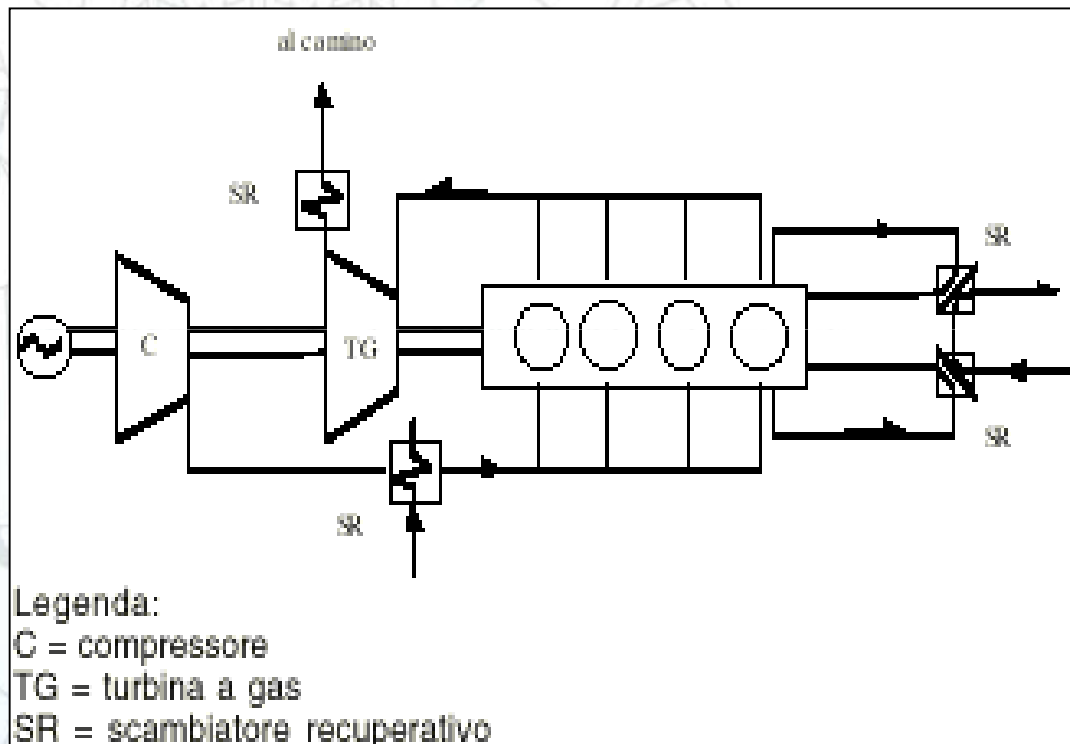
La ripartizione relativa tra i flussi energetici in uscita dipende dal tipo di motore e dalla taglia. Inoltre, per un dato motore varia con la potenza all'asse.



Il grafico riporta una suddivisione qualitativa del bilancio energetico in funzione del carico percentuale. Si può notare come il calore recuperato dall'olio sia molto inferiore a quello recuperabile dall'acqua di raffreddamento, e come ai bassi carichi (<25%) il minor lavoro meccanico si traduca essenzialmente in un aumento del calore prelevabile dall'acqua di raffreddamento.



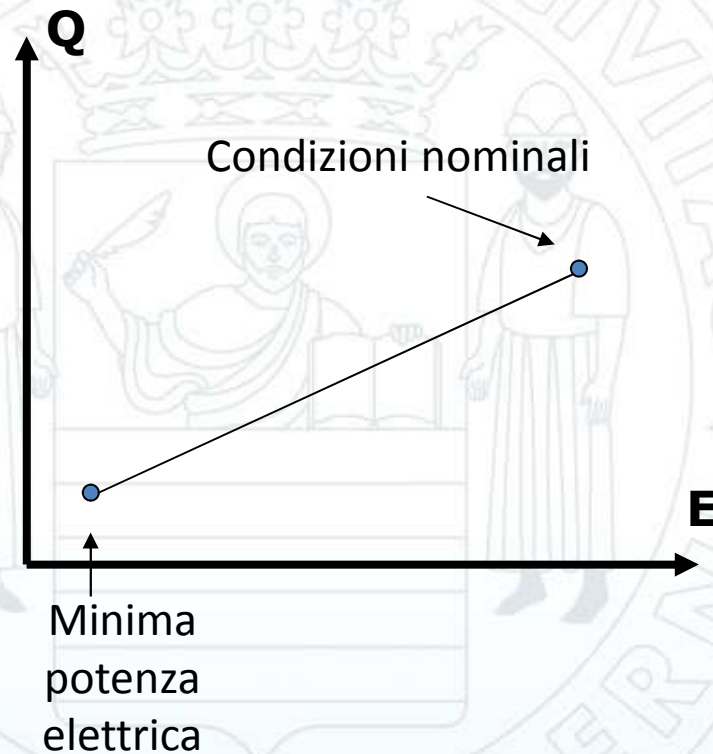
# Cogenerazione con motore alternativo



Schema di un motore Diesel con turbo-sovralimentatore per uso rigenerativo. Sono presenti scambiatori recuperativi (SR) per i fluidi refrigeranti (bassa temperatura), per il fluido all'uscita del compressore (Inter-Cooler) e per i gas di scarico all'uscita della turbina.



# MCI alternativi: piano E/Q

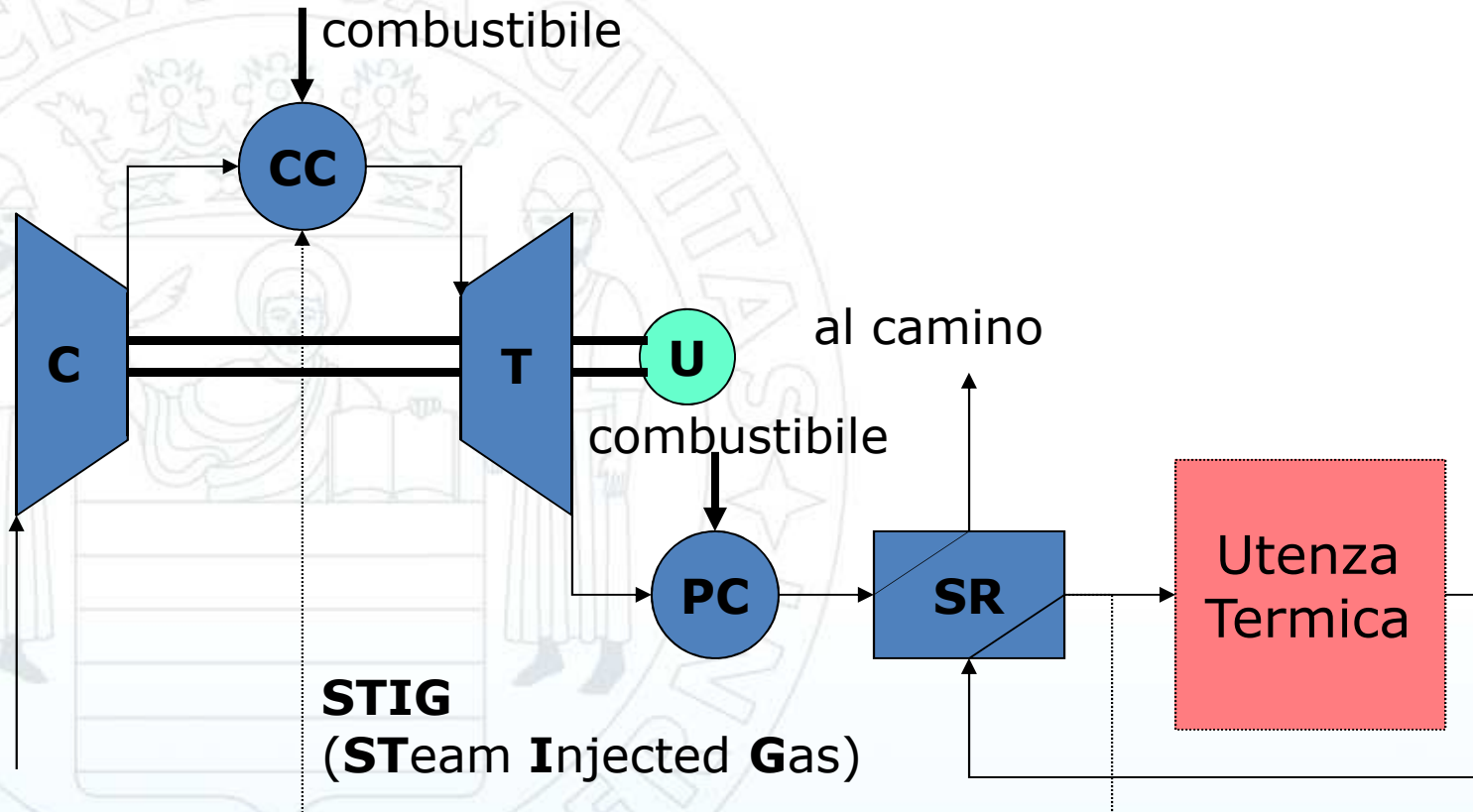


Il grafico mostra qualitativamente i valori di carico elettrico e termico ottenibili al variare della potenza. Il motore alternativo può essere considerato come sistema ad un grado di libertà, e pertanto il carico termico è funzione del carico elettrico.

A rigore, nei MCI ad accensione comandata possono ottenersi variazioni del carico termico a parità di carico elettrico agendo su anticipo di accensione e sul rapporto di miscela, con effetti su rendimenti ed emissioni.



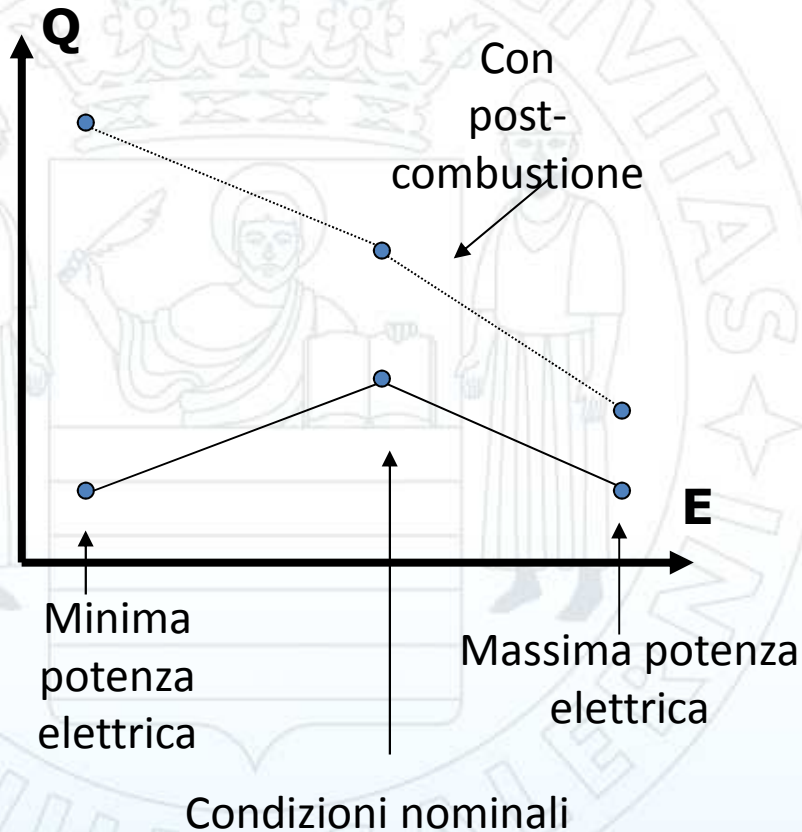
# Impianti con turbina a gas per uso cogenerativo



Schema di un impianto a gas cogenerativo con post-combustione (PC), scambiatore recuperativo (SR) ed iniezione di vapore in camera di combustione (STIG).



# Turbine a gas: piano E/Q



Il grafico mostra qualitativamente i valori di carico elettrico e termico ottenibili al variare della potenza.

L'adozione della post-combustione permette di estendere il campo di funzionamento, incrementando il rapporto  $Q/E$  a parità di carico elettrico (sistema a due gradi di libertà). La post-combustione ha la sua massima applicazione ai bassi carichi, dove è presente la massima quantità di ossigeno allo scarico della turbina.





# L'indice energetico (IEN)

Il criterio di assimilabilità definito dal CIP 6 si basa sul concetto di Indice energetico (**IEN**) definito come:

$E_c$  = energia immessa annualmente nell'impianto attraverso i combustibili fossili commerciali

$E_t$  = energia termica utile prodotta annualmente dall'impianto

$E_e$  = energia elettrica utile prodotta annualmente dall'impianto al netto dell'energia assorbita dai servizi ausiliari, sulla base del programma annuale di utilizzo

$$IEN = \frac{E_e}{E_c} + \frac{E_t}{0.9E_c} - a$$
$$a = \left( \frac{1}{0.51} - 1 \right) \left( 0.51 - \frac{E_e}{E_c} \right)$$

Affinché un impianto convenzionale sia assimilabile ad un impianto che usa fonti rinnovabili dovrà risultare **IEN > 0,51**. Si avrà poi una tariffa ancora più favorevole nel caso di **IEN > 0,60**.



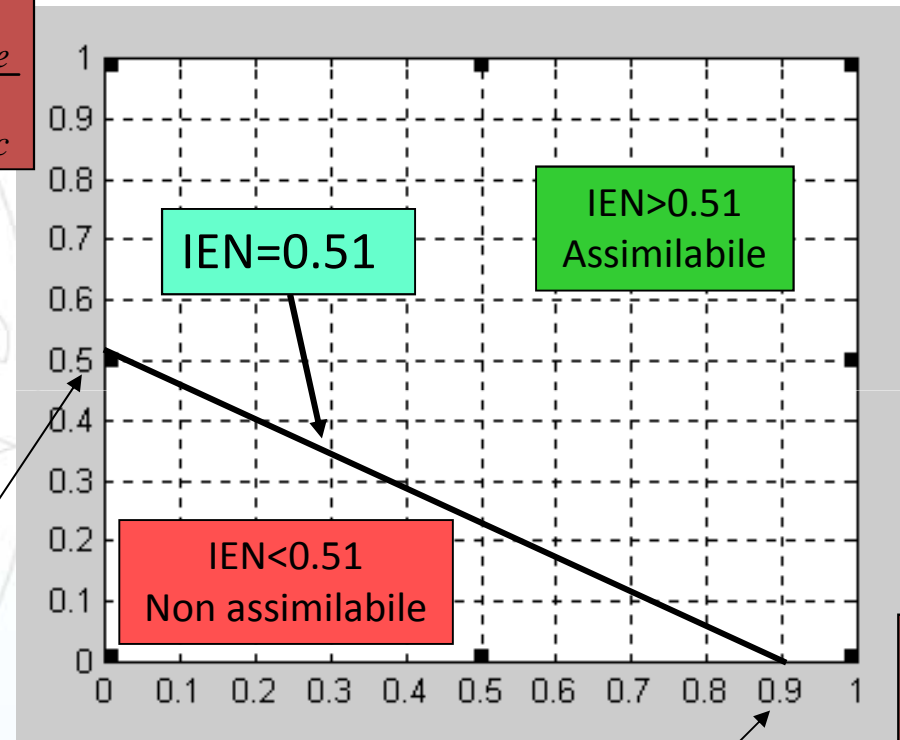
# Condizioni di assimilabilità

$$IEN = \frac{E_e}{E_c} + \frac{E_t}{0.9E_c} - a$$

$$a = \left( \frac{1}{0.51} - 1 \right) \left( 0.51 - \frac{E_e}{E_c} \right)$$

L'indice IEN è funzione lineare crescente sia del rapporto  $E_e/E_c$  che del rapporto  $E_t/E_c$ .

$$\frac{E_e}{E_c}$$



$$\frac{E_t}{E_c}$$

Pura erogazione di energia elettrica, con rendimento pari a 0.51

Pura erogazione di energia termica, con rendimento pari a 0.90



# Le tariffe elettriche in Italia

Il costo dell'energia elettrica **CE** è dato dalla somma di 4 termini:

Corrispettivo di energia,  
proporzionale al consumo

Sovrapprezzo termico, proporzionale  
al consumo (introdotto per  
adeguare il prezzo dell'energia a  
quello dei combustibili)

$$CE = QP + QF + ST + I$$

Corrispettivo di potenza (quota fissa),  
proporzionale alla potenza massima  
richiesta (potenza impegnata)

Imposte, proporzionali al  
consumo

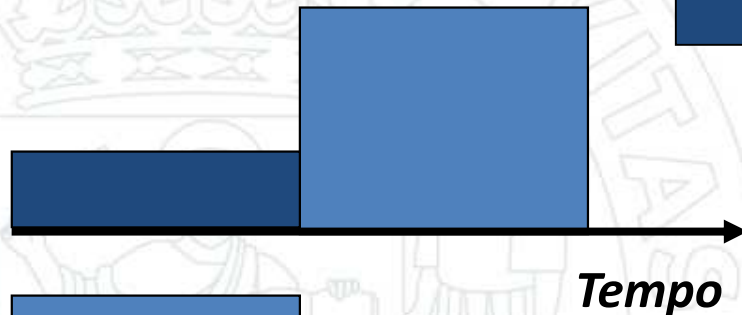


# La sinergia delle utenze

Domanda di energia  
elettrica

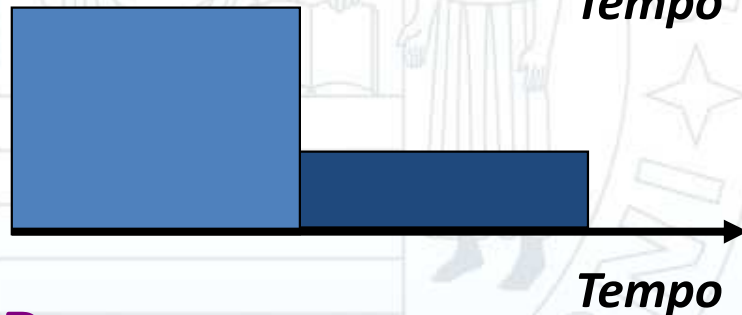
Domanda di  
energia termica

A



Caso A: domande sfasate nel tempo,  
cogenerazione non conveniente

B



Caso B: domande sfasate nel tempo,  
cogenerazione non conveniente

A+B



Caso A+B: domande fasate nel tempo,  
cogenerazione conveniente



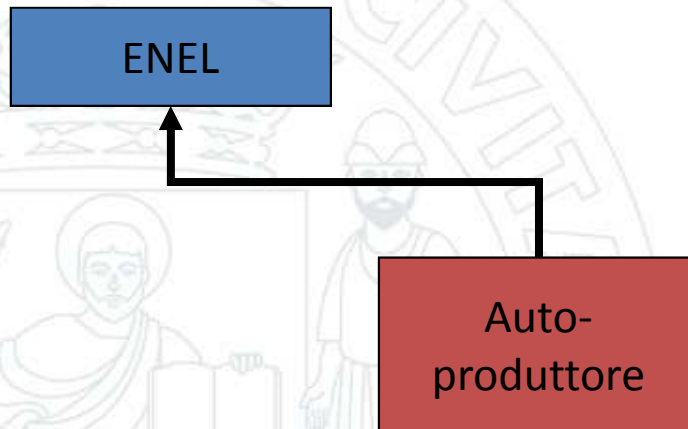
# Modalità di cessione dell'energia autoprodotta

- In applicazione della legge 10/91, il CIP ha regolamentato i prezzi relativi alla cessione di energia all'ENEL e le relative modalità di trasferimento dell'energia.
- L'energia autoprodotta può essere ceduta secondo tre diverse modalità:
  - **Cessione all'ENEL.**
  - **Vettoriamiento.**
  - **Scambio.**





# Modalità di cessione dell'energia 1/3



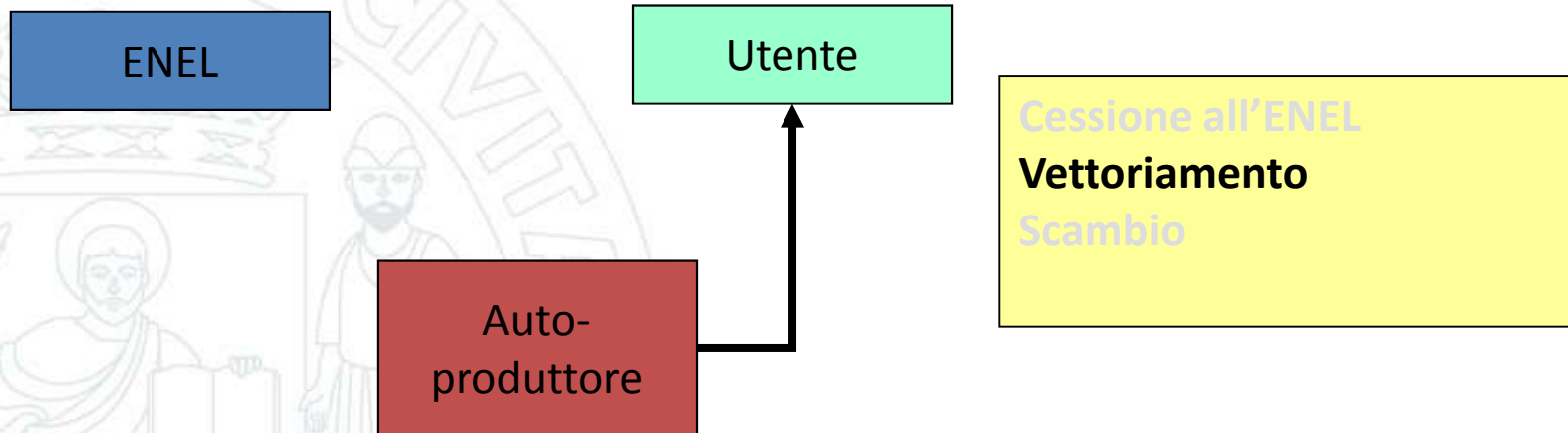
## Cessione all'ENEL

Vettoriamiento  
Scambio

- L'ENEL può acquistare l'energia prodotta e le eccedenze degli autoproduttori.
- Il prezzo dipende dal tipo di impianto (esistente o nuovo), dalle fonti di energia utilizzate (rinnovabili ed assimilate o convenzionali), dai valori dell'indice IEN, dal fatto che l'impianto sia dedicato o venda eccedenze di produzione.



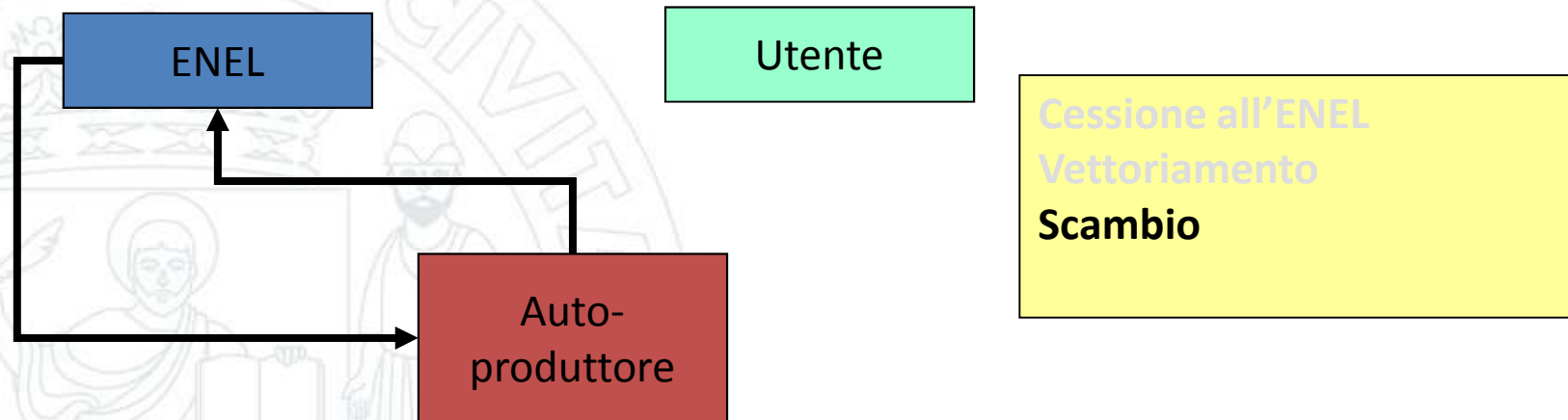
# Modalità di cessione dell'energia 2/3



- Con la modalità del vettoriamiento, la rete ENEL è utilizzata per trasportare energia verso un altro utente consorziato con l'auto-produttore.
- L'utente consorziato potrà quindi limitare il suo impegno di potenza presso l'ENEL.



# Modalità di cessione dell'energia 3/3



- Con la modalità dello scambio, è possibile essere autorizzati ad immettere energia in rete in determinati periodi e prelevarla in altri, anche da luoghi diversi.
- E' però necessario comunque impegnare la potenza da prelevare.

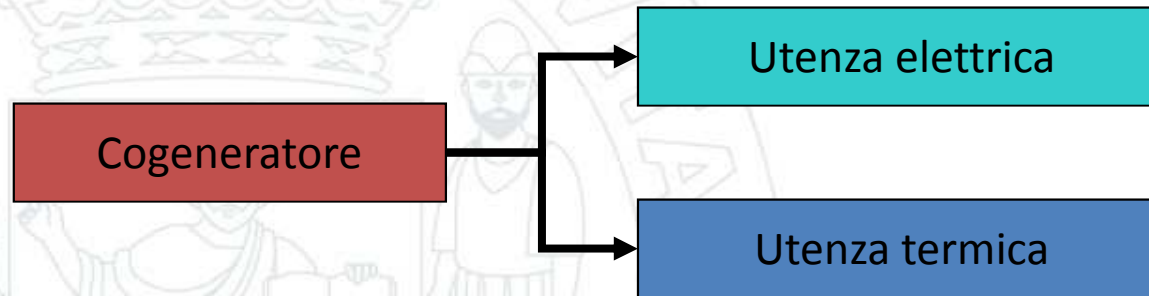


# Modalità di funzionamento degli impianti

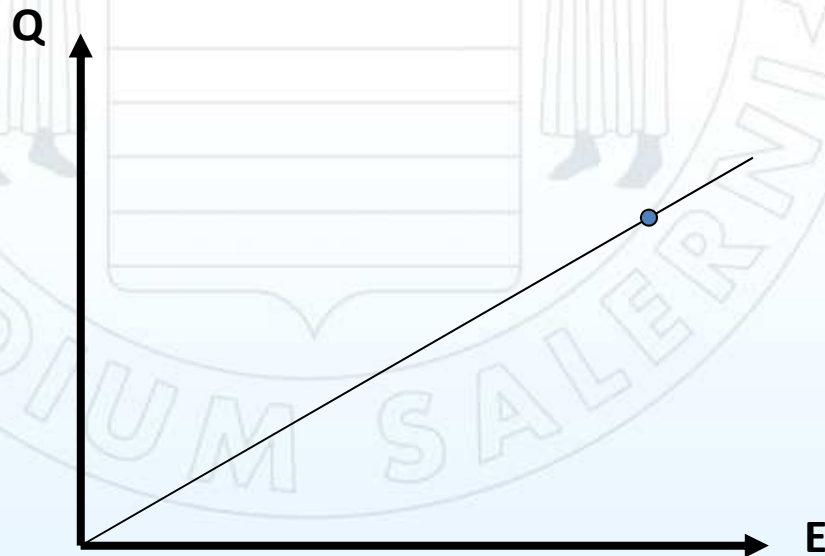
- Esistono diverse possibilità di proporzionamento e di funzionamento di un impianto di cogenerazione:
  - **Ad isola:** l'utenza non è connessa alla rete ENEL.
  - **In parallelo:** l'impianto è connesso alla rete ENEL. In tal caso può operare:
    - a punto fisso
    - con pilotaggio elettrico
    - con pilotaggio termico.



# Caso ideale



- *Fabbisogno utenza*
- *Contributo cogeneratore*



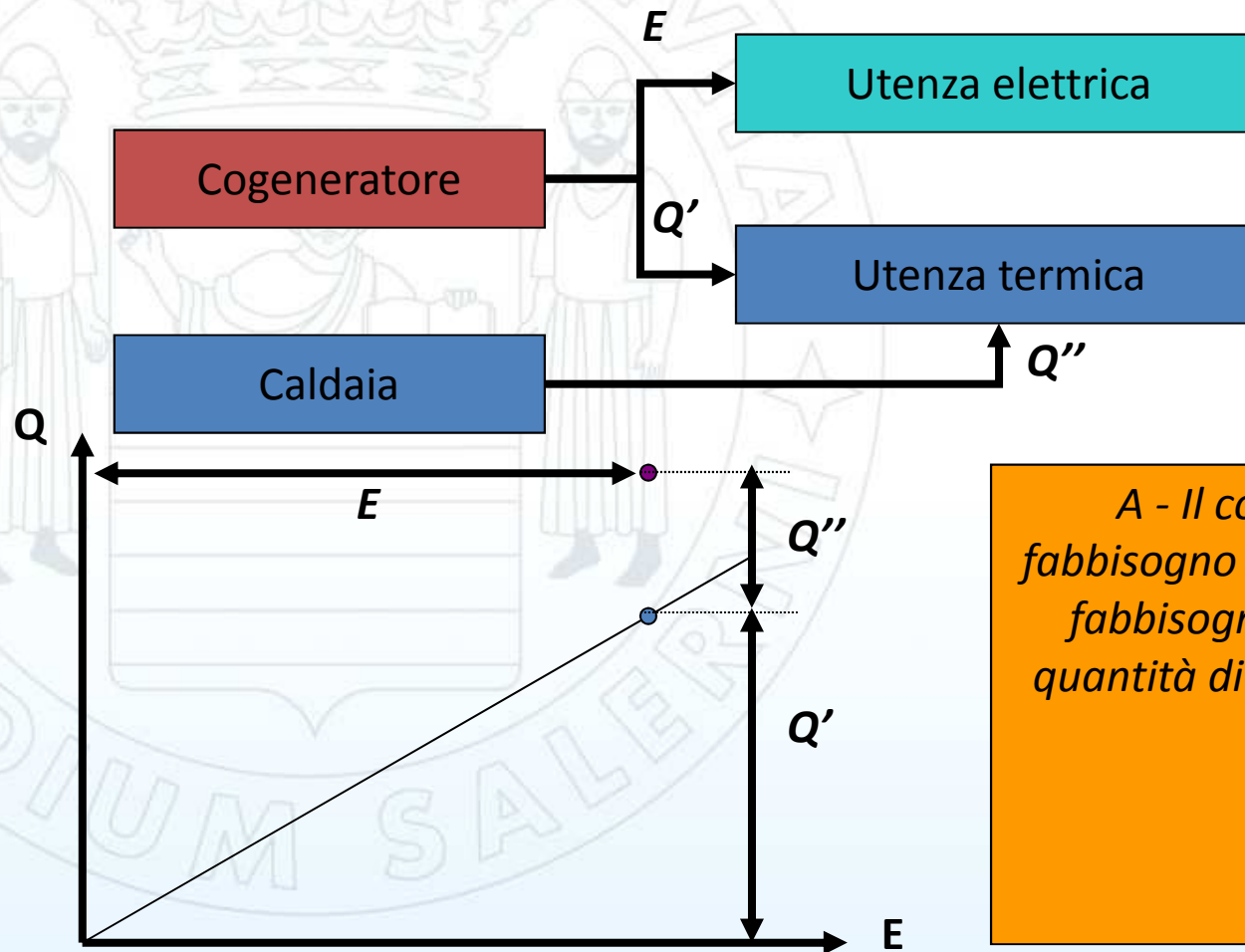
*Nel caso ideale i carichi termici ed elettrici sono costanti ed uguali a quelli forniti dal cogeneratore*





# Pilotaggio elettrico 1/2

- *Fabbisogno utenza*
- *Contributo cogeneratore*

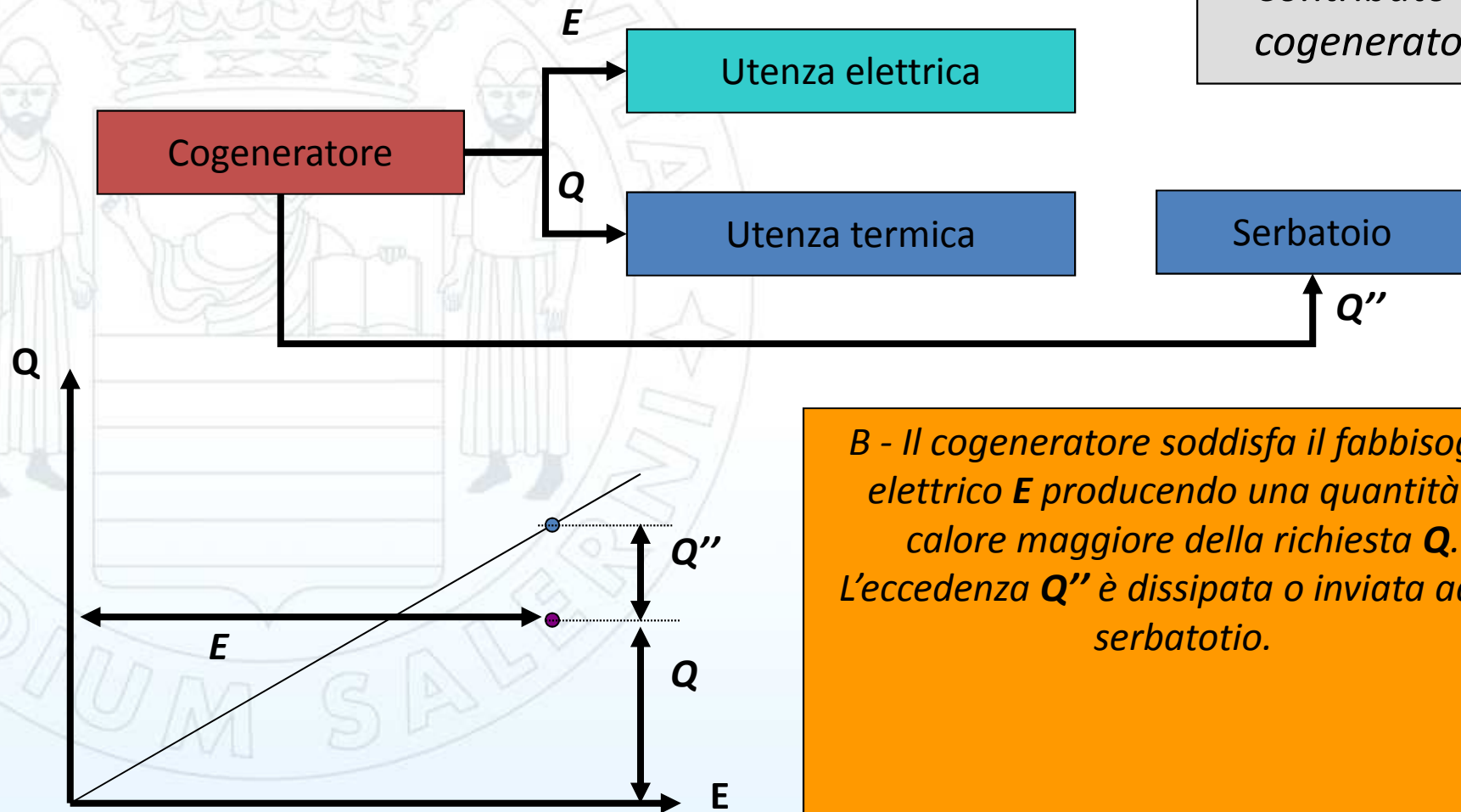


*A - Il cogeneratore soddisfa il fabbisogno elettrico  $E$  e la quota  $Q'$  del fabbisogno termico  $Q$ . La restante quantità di calore  $Q''$  è fornita da una caldaia.*



# Pilotaggio elettrico 2/2

- *Fabbisogno utenza*
- *Contributo cogeneratore*

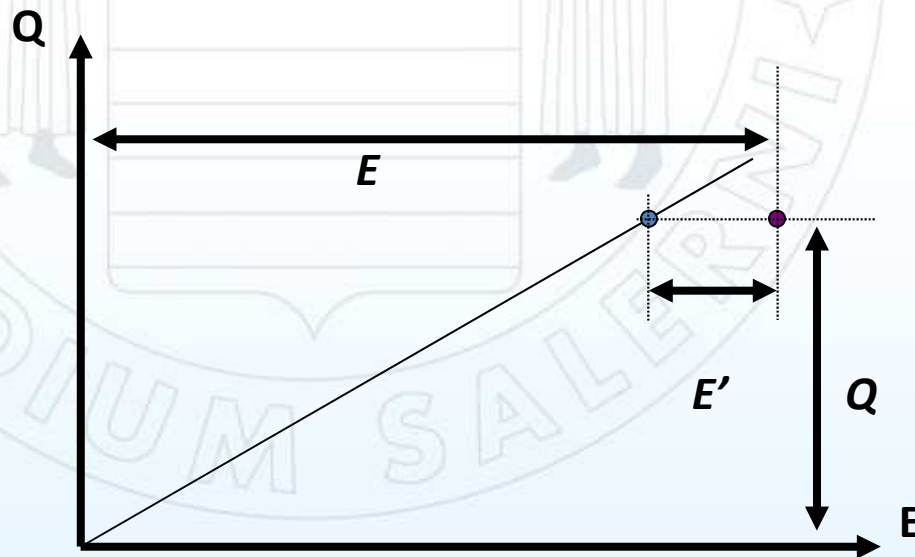
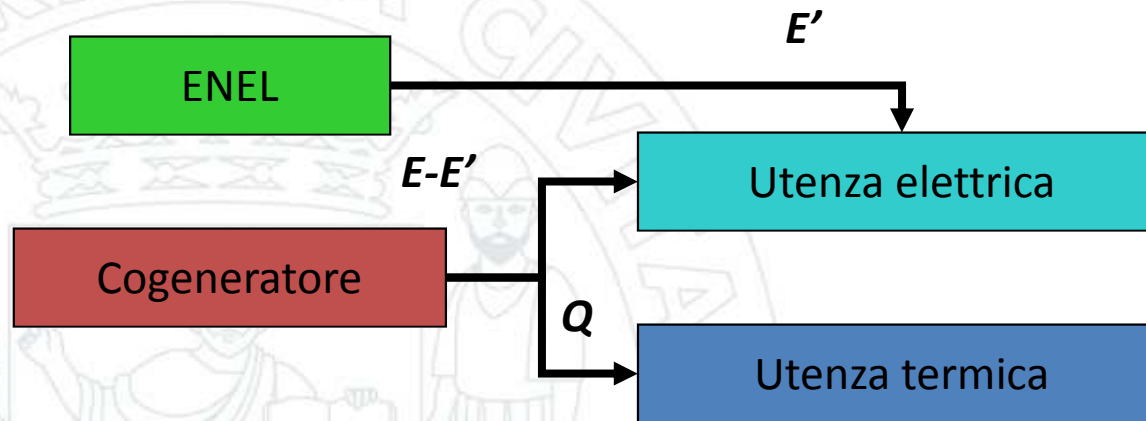


*B - Il cogeneratore soddisfa il fabbisogno elettrico  $E$  producendo una quantità di calore maggiore della richiesta  $Q$ . L'eccedenza  $Q''$  è dissipata o inviata ad un serbatoio.*



# Pilotaggio termico

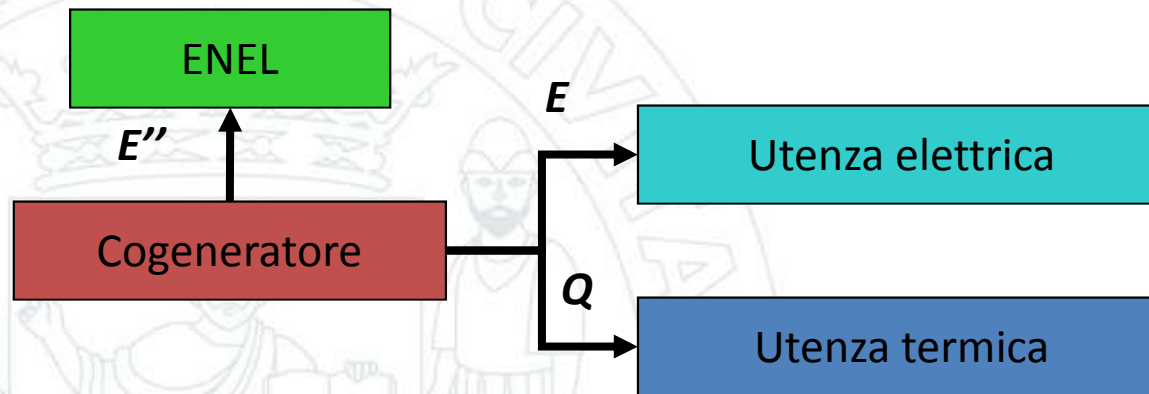
- *Fabbisogno utenza*
- *Contributo cogeneratore*



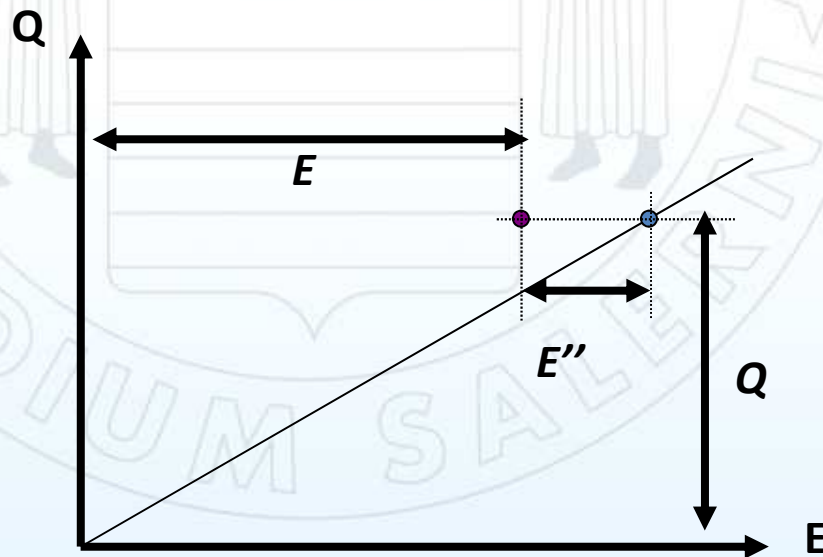
A - Il cogeneratore soddisfa il fabbisogno termico  $Q$  e parte del fabbisogno elettrico  $E$ . La restante quota di energia elettrica  $E'$  è fornita dall'ENEL.



## Pilotaggio termico 2/2



- *Fabbisogno utenza*
- *Contributo cogeneratore*



*B - Il cogeneratore soddisfa il fabbisogno termico  $Q$  producendo più energia elettrica rispetto alla richiesta  $E$ . L'eccedenza  $E''$  è immessa in rete, tramite cessione, scambio o vettoriamiento.*



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**



# Bibliografia

- RAPPORTO STATISTICO SULLA COGENERAZIONE, Guida al riconoscimento,  
[http://www.gse.it/\\_layouts/GSE\\_Portal2011.Structures/GSEPortal2011\\_FileDownload.aspx?FileUrl=http://www.gse.it//it/Qualifiche%20e%20certificati//GSE\\_Documenti%2fCertificati+Bianchi+e+CAR%2fRiconoscimento+CAR++e+accesso+agli+incentivi%2fDocumenti%2fRapporto+Statistico+sulla+Cogenerazione.pdf&SiteUrl=http://www.gse.it//it/Qualifiche%20e%20certificati/](http://www.gse.it/_layouts/GSE_Portal2011.Structures/GSEPortal2011_FileDownload.aspx?FileUrl=http://www.gse.it//it/Qualifiche%20e%20certificati//GSE_Documenti%2fCertificati+Bianchi+e+CAR%2fRiconoscimento+CAR++e+accesso+agli+incentivi%2fDocumenti%2fRapporto+Statistico+sulla+Cogenerazione.pdf&SiteUrl=http://www.gse.it//it/Qualifiche%20e%20certificati/)
- MANUALE UTENTE - RICOGE - APPLICAZIONE PER LA RICHESTA DI RICONOSCIMENTO FUNZIONAMENTO DELLE UNITA' DI COGENERAZIONE AD ALTO RENDIMENTO E DI ACCESSO AL REGIME DI SOSTEGNO,  
[http://www.gse.it/\\_layouts/GSE\\_Portal2011.Structures/GSEPortal2011\\_FileDownload.aspx?FileUrl=http://www.gse.it//it/Qualifiche%20e%20certificati//GSE\\_Documenti%2fCertificati+Bianchi+e+CAR%2fRiconoscimento+CAR++e+accesso+agli+incentivi%2fRichieste%2fMANUAE+UTENTE+RICOGE.pdf&SiteUrl=http://www.gse.it//it/Qualifiche%20e%20certificati/](http://www.gse.it/_layouts/GSE_Portal2011.Structures/GSEPortal2011_FileDownload.aspx?FileUrl=http://www.gse.it//it/Qualifiche%20e%20certificati//GSE_Documenti%2fCertificati+Bianchi+e+CAR%2fRiconoscimento+CAR++e+accesso+agli+incentivi%2fRichieste%2fMANUAE+UTENTE+RICOGE.pdf&SiteUrl=http://www.gse.it//it/Qualifiche%20e%20certificati/)
- **Guida alla cogenerazione ad alto rendimento,**  
[http://www.gse.it/\\_layouts/GSE\\_Portal2011.Structures/GSEPortal2011\\_FileDownload.aspx?FileUrl=http://www.gse.it//it/Qualifiche%20e%20certificati//GSE\\_Documenti%2fCertificati+Bianchi+e+CAR%2fRiconoscimento+CAR++e+accesso+agli+incentivi%2fGuide%2fGuida+alla+Cogenerazione+ad+Alto+Rendimento.pdf&SiteUrl=http://www.gse.it//it/Qualifiche%20e%20certificati/](http://www.gse.it/_layouts/GSE_Portal2011.Structures/GSEPortal2011_FileDownload.aspx?FileUrl=http://www.gse.it//it/Qualifiche%20e%20certificati//GSE_Documenti%2fCertificati+Bianchi+e+CAR%2fRiconoscimento+CAR++e+accesso+agli+incentivi%2fGuide%2fGuida+alla+Cogenerazione+ad+Alto+Rendimento.pdf&SiteUrl=http://www.gse.it//it/Qualifiche%20e%20certificati/)





**EXTRA-SLIDES**



# Disponibilità di biomassa in Italia

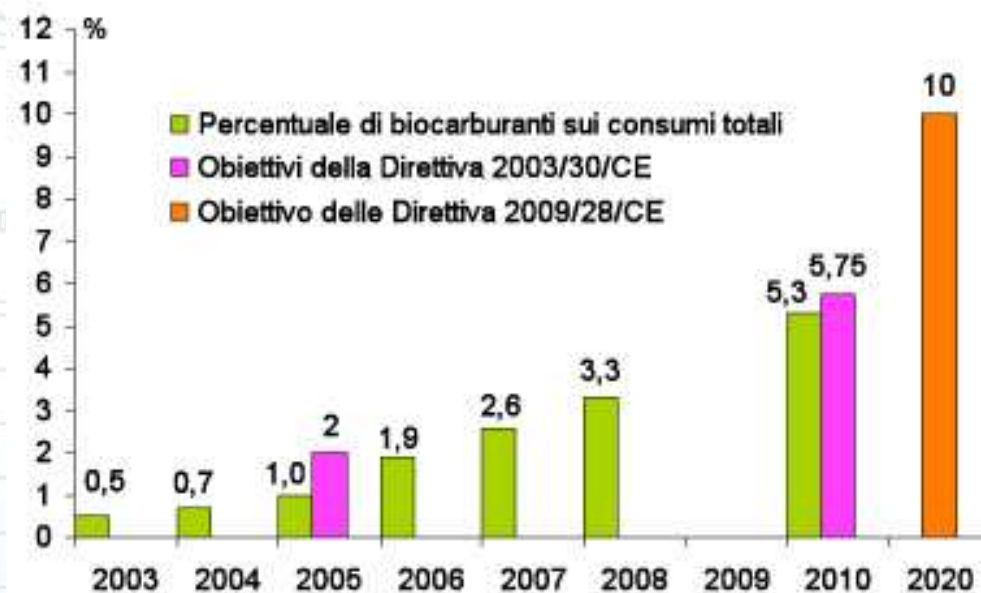
**TABELLA 1 - Disponibilità annua di biomasse in Italia**

Regioni	Paglie (.000 t s.s.) (1)	Sanse + vinaccia (.000 t s.s.) (1)	Totale foreste (.000 t s.s.) (2)	Biogas (.000.000 m³) (1)
Piemonte	2.478,63	48,47	256,57	337,87
Valle d'Aosta	0,20	0,30	1,09	12,16
Lombardia	3.616,85	16,98	242,13	723,31
Veneto	1.744,74	74,73	90,99	272,61
Trentino-Alto Adige	1,52	12,95	34,99	67,66
Friuli Venezia Giulia	592,80	11,15	65,13	48,80
Liguria	4,23	5,38	96,47	43,91
Emilia-Romagna	1.556,55	62,62	236,54	318,05
Toscana	724,08	63,76	365,07	127,68
Marche	539,23	16,96	32,32	56,47
Lazio	436,80	56,70	112,33	229,43
Umbria	430,10	13,73	67,15	43,78
Abruzzo	229,23	54,99	60,13	55,05
Molise	163,45	29,04	43,75	18,83
Campania	316,88	65,85	119,83	260,19
Basilicata	452,10	11,58	65,28	35,95
Puglia	1.219,42	369,64	46,43	136,87
Calabria	212,11	189,92	153,80	85,23
Sicilia	731,97	186,35	25,58	210,50
Sardegna	260,00	28,78	65,01	122,43
<b>Totale</b>	<b>15.710,90</b>	<b>1.319,90</b>	<b>2.180,58</b>	<b>3.206,77</b>

(1) Potenziale teorico totale annuo. (2) Metodologia Wisdom dell'Università della Tuscia.  
Fonte: Enea, 2006.



# Biocombustibili: le prospettive





# Poteri calorifici

	A	B	C	D
1	<b>TIPO COMBUSTIBILE</b>	<b>POTERE CALORIFICO</b>	<b>UNITA' DI MISURA</b>	<b>PARI A KWh</b>
2				
3	<b>GAS METANO</b>	8500	Kcal/mc	10
4				
5	<b>G.P.L.</b>	6070	Kcal/lt	7,3
6	<b>GASOLIO</b>	8250	Kcal/lt	9,6
7	<b>MAIS</b>	6000	Kcal/kg	6,9
8	<b>PELLETS</b>	4500	Kcal/kg	5,2
9	<b>TRONC. SEGATURA</b>	4500	Kcal/kg	5,2
10	<b>LEGNA</b>	3500	Kcal/kg	4
11	<b>CIPPATO</b>	3000	Kcal/kg	3,5
12	<b>GUSCI DI NOCCIOLA</b>	4200	Kcal/kg	4,9
13	<b>GUSCI DI MANDORLE</b>	4200	Kcal/kg	4,9
14	<b>GUSCI DI PRUGNE</b>	4200	Kcal/kg	4,9
15	<b>GUSCI DI PISTACCHIO</b>	4200	Kcal/kg	4,9
16	<b>GUSCI DI PINOLI</b>	4200	Kcal/kg	4,9
17	<b>GUSCI DI CILIEGIA</b>	4200	Kcal/kg	4,9
18	<b>NOCCIOLINO DI OLIVA</b>	4500	Kcal/kg	5,2
19	<b>SEMI DI UVA</b>	4500	Kcal/kg	5,2
20	<b>SEGATURA</b>	3000	Kcal/kg	3,5
21	<b>TRUCIOLI</b>	3000	Kcal/kg	3,5
22	<b>TRALCI DI POTATURA</b>	3000	Kcal/kg	3,5
23	<b>OSSO DI PESCA</b>	4200	Kcal/kg	4,9
24	<b>OSSO DI ALBICOCCA</b>	4200	Kcal/kg	4,9



# La scelta del cogeneratore

- La scelta del cogeneratore dipende da numerosi parametri.

	MCI	TG	TV	FC	CCC
rendimento complessivo (%)	70-80	70-75	80	65-80	70-90
rendimento elettrico (%)	25-50	10-30	20-38	40-60	35-55
rendimento termico (%)	30-45	60-75	35-50	35-45	10-45
tempo di vita (anni)	10-20	15-20	20-35	>5	15-25
carico minimo (%)	50	75	20	Nessun limite	75
disponibilità (%)	92-97	90-98	99	>95	90-98
costo installazione (€/ kWh)	700-1400	600-800	700-900	>2500	600-800
costo manutenzione (€/ MWh)	6-12	2-7	3	2-12	2-6
utilizzo per $P_e$	< 10 MW	Tutte	> 1 MW	< 1 MW	> 10 MW
combustibili	Gas, olio, diesel	Gas	TUTTI	gas	Gas, liquidi

GSE, "Guida al riconoscimento della cogenerazione",

<http://www.gse.it/attivita/Cogenerazione/PubbInf/ Documents/GUIDAALRICONOSCIMENTODELLACOGENERAZIONE.pdf>





# Azioni di sostegno

- La strategia comunitaria prevede diverse azioni di sostegno:
  - supporto all'ulteriore sviluppo delle soluzioni sotto il profilo tecnologico (miglioramento del rapporto costi/efficacia, adattamento a nuovi tipi di applicazioni, integrazione di processi alimentati con combustibili non tradizionali, ecc.);
  - supporto al superamento degli ostacoli non tecnologici (diffusione di informazioni, informazione su formule finanziarie alternative, analisi della domanda di servizi energetici ecc.);
  - promozione di accordi negoziati con l'industria e di sistemi di approvvigionamento tecnologico, cioè promozione di tecnologie specifiche in grado di rispondere a specifici bisogni di gruppi di imprese;
  - promozione dello scambio di informazione e cooperazione fra gli Stati membri;
  - controllo dell'impatto della liberalizzazione dei mercati energetici europei su cogenerazione e teleriscaldamento/raffreddamento;
  - promozione dell'internalizzazione dei costi esterni;
  - promozione di strumenti finanziari quali il Finanziamento Tramite Terzi e le ESCO (Energy Service Companies).





# La legge 9/91

- La legge 9/91 ha profondamente rinnovato le norme relative all'area elettrica, aprendo ai privati il settore della produzione di elettricità.
- Molti vincoli, imposti agli autoproduttori dalla legge di nazionalizzazione elettrica del 1962, sono stati aboliti tramite l'art. 20; inoltre per la prima volta è stata permessa la libera circolazione dell'energia all'interno del gruppo industriale di appartenenza dell'autoproduttore.
- Contemporaneamente è stato ribadito che tutta la produzione eccedente andava comunque ceduta all'Enel, che ha continuato a detenere un monopolio per quanto riguarda il trasporto e la distribuzione dell'energia.
- L'art. 22 ha invece liberalizzato completamente la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e assimilate, abolendo il limite dei 3 MW previsto dalla legge 308/82.
- Il maggior limite della legge 9/91 è stato quello di non avere definito chiaramente gli obblighi dell'Enel rispetto al ritiro delle eccedenze di produzione di energia elettrica, a fronte dell'obbligo da parte dei produttori di venderla unicamente all'Enel. Questa ambiguità ha infatti successivamente permesso all'Enel di rifiutarsi di ritirare le eccedenze.



# La legge 10/91

- La legge 10 ha previsto numerosi contributi in conto capitale per l'installazione di impianti di cogenerazione.
- In particolare quattro articoli della legge hanno previsto contributi, alcuni gestiti direttamente dal MICA - Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato (artt. 11 e 12), altri (artt. 8 e 10) demandati in gestione alle Regioni ed alle Province autonome di Trento e Bolzano:
  - Art. 8 (Contributi in conto capitale a sostegno dell'utilizzo delle fonti rinnovabili di energia nell'edilizia) prevede contributi per la cogenerazione al comma 1: "...Possono essere concessi contributi in conto capitale nella misura minima del 20 per cento e nella misura massima del 40 per cento della spesa di investimento ammissibile documentata per ciascuno dei seguenti interventi: ...
  - d) installazione di apparecchiature per la produzione combinata di energia elettrica e di calore..."



# Legge 10/91 - Studi di fattibilità

- Art. 11 (Norme per il risparmio di energia e l'utilizzazione di fonti rinnovabili di energia o assimilate) prevede contributi per la cogenerazione al comma 1: "...Possono essere concessi contributi in conto capitale per studi di fattibilità tecnico-economica per progetti esecutivi di impianti civili, industriali, o misti di produzione, di recupero, di trasporto e di distribuzione dell'energia derivante dalla cogenerazione"; e al comma 2: "Il contributo ... È concesso ... nel limite massimo del 50 per cento della spesa ammissibile prevista sino ad un massimo di lire 50 milioni per gli studi di fattibilità tecnico-economica e di lire trecento milioni per i progetti esecutivi, purché lo studio sia effettuato secondo le prescrizioni del Ministro dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato e l'impianto abbia le seguenti caratteristiche minime:
  - a) potenza superiore a dieci megawatt termici e a tre megawatt elettrici
  - b) potenza elettrica installata per la cogenerazione pari ad almeno il 10 per cento della potenza termica erogata all'utenza."



# Legge 10/91 - Progetti dimostrativi

- Art. 12 (Progetti dimostrativi) prevede contributi anche per la cogenerazione ai commi 1 e 2: “Alle aziende pubbliche e private e loro consorzi, ed a consorzi di imprese ed enti pubblici possono essere concessi contributi in conto capitale per la progettazione e la realizzazione di impianti con caratteristiche innovative per aspetti tecnici e/o gestionali e/o organizzativi, che utilizzino fonti rinnovabili di energia e/o combustibili non tradizionali ovvero sviluppino prototipi a basso consumo specifico ovvero nuove tecnologie di combustione, di gassificazione, di liquefazione del carbone e di smaltimento delle ceneri, nonché iniziative utilizzanti combustibili non fossili la cui tecnologia non abbia raggiunto la maturità commerciale o di esercizio. ... Il contributo è concesso ... nel limite del 50 per cento della spesa ammissibile preventivata...”.
- Secondo l’art. 17 della stessa legge (Cumulo di contributi e casi di revoca) gli articoli sono cumulabili con altre incentivazioni eventualmente previste da altre leggi statali fino al 75% dell’investimento complessivo.



# Il CIP 6/92

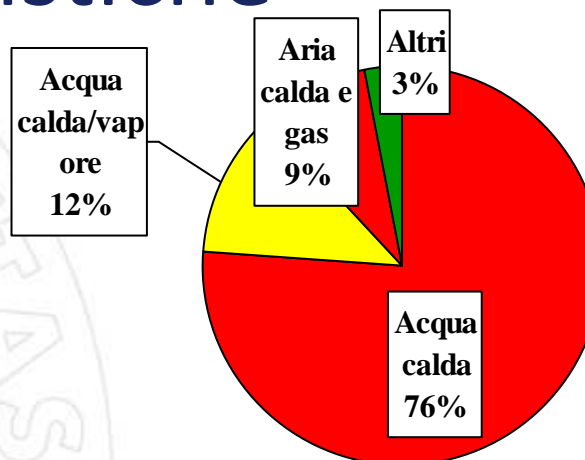
- La legge 9/91 prevedeva che fosse il Comitato Interministeriale dei Prezzi a definire i prezzi relativi alla cessione, alla produzione per conto dell'Enel, al vettoriamiento dell' energia elettrica ed i parametri relativi allo scambio, assicurando prezzi incentivanti per la produzione da nuovi impianti alimentati con fonti rinnovabili ed assimilate, e definendo le condizioni tecniche per l'assimilabilità.
- Il provvedimento CIP che ha regolamentato questi aspetti è stato il n. 6 del 29 aprile 1992.
- Il CIP ha definito le condizioni tecniche per cui un impianto di cogenerazione può essere considerato assimilabile a fonte rinnovabile ed usufruire quindi dei prezzi definiti dal CIP stesso.



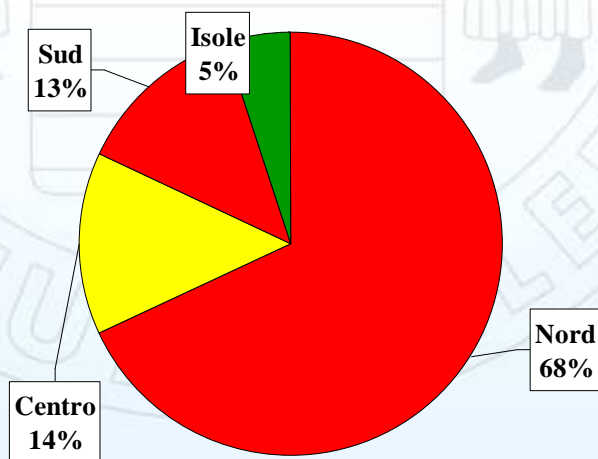


# Impianti di cogenerazione in Italia. Statistiche

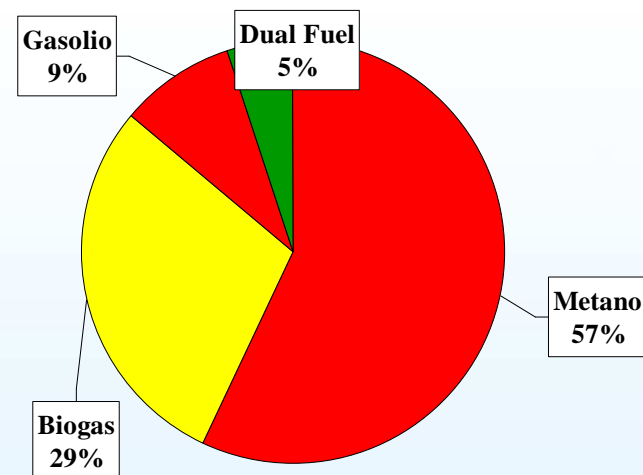
Utilizzo del calore recuperato



Ripartizione geografica



Tipo di combustibile

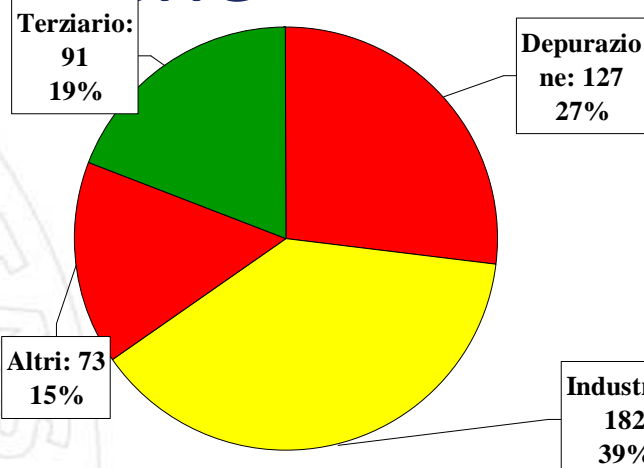




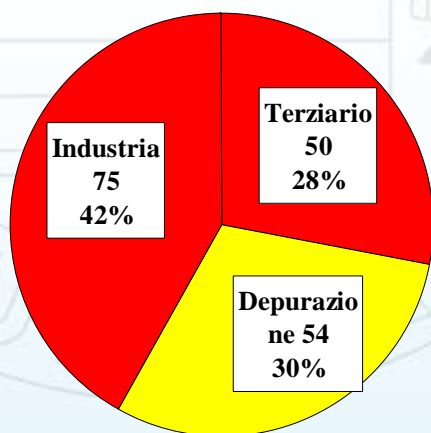


# Impianti di cogenerazione in Italia. Statistiche

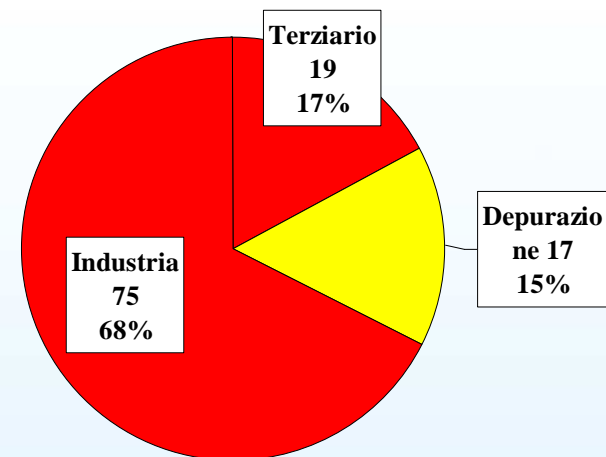
Ripartizione per settori  
N. totale di impianti =  
473



*Compresa tra 20 e 300 kW*



*Maggiore di 300 kW*



Ripartizione  
per potenza  
erogata



- Riconoscimento CAR
- [riconoscimento, CAR, indice PES, DM 4 agosto 2011](#)
- 
- Il GSE è il soggetto incaricato di riconoscere gli impianti di **Cogenerazione ad Alto Rendimento**, rilasciare la [garanzia d'origine \(GOc\)](#) e qualificare gli impianti di cogenerazione abbinati al teleriscaldamento per il rilascio dei [certificati verdi](#). I produttori titolari di un'unità di cogenerazione, possono richiedere il riconoscimento **CAR** ai sensi del Decreto Legislativo n. 20 del 2007 come integrato dal DM 4 agosto 2011 ed eventualmente l'accesso al **regime di sostegno** dei **certificati bianchi** previsto ai sensi del DM 5 settembre 2011.
- 
- Possono accedere al meccanismo dei **certificati bianchi** le unità di cogenerazione riconosciute **CAR**:
- entrate in esercizio a seguito di nuova costruzione o rifacimento dopo il 6 marzo 2007, per un periodo di 10 anni solari, a decorrere dal 1° gennaio dell'anno successivo all'entrata in esercizio;
- entrate in esercizio a seguito di nuova costruzione o rifacimento dopo il 6 marzo 2007 e abbinate ad una rete di teleriscaldamento, per un periodo di 15 anni solari a decorrere dal 1° gennaio dell'anno successivo all'entrata in esercizio;
- entrate in esercizio tra il 1° aprile 1999 e il 6 marzo 2007, per un periodo di 5 anni solari, a decorrere dall'entrata in vigore del DM 5 settembre 2011. Per questi impianti il numero di certificati bianchi emessi è pari al 30% di quello previsto per le altre due tipologie.
- Ai sensi del Decreto Legislativo n. 20 del 2007, un'unità di cogenerazione è definita ad Alto Rendimento se il valore del **risparmio di energia primaria (PES)** che consegue è almeno del 10% oppure se assume un qualunque valore positivo, nel caso di piccola cogenerazione (< 1 MWe) o micro-cogenerazione (< 50 kWe). Il calcolo del PES va effettuato ai sensi del DM 4 agosto 2011, che contiene gli allegati al succitato Decreto Legislativo n. 20 del 2007.
- Per tutti gli approfondimenti relativi al calcolo delle grandezze necessarie alla valutazione delle condizioni di Alto Rendimento e al calcolo degli incentivi si rimanda alle ["Linee guida per l'applicazione del Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 5 settembre 2011 - rev 2 - Cogenerazione ad Alto Rendimento\(CAR\)"](#) emanate dal Ministero dello Sviluppo Economico
- 
- Ai soli fini dell'accesso agli incentivi, l'art. 3 del DM 5 settembre 2011 prevede che, limitatamente alle unità entrate in esercizio tra il 7 marzo 2007 e il 31 dicembre 2010, sia possibile applicare la Delibera 42/02 in luogo del DM 4 agosto 2011, solo qualora l'**indice PES** conseguito dall'unità sia inferiore al valore limite previsto. In questo caso la verifica dei requisiti viene effettuata sulla base del valore di **IRE** e **LT**. Inoltre, per quanto riguarda le unità entrate in esercizio tra il 1° aprile 1999 e il 6 marzo 2007, viene considerata la legislazione vigente alla data di entrata in esercizio delle stesse.
- 
- Le richieste di riconoscimento CAR e accesso al meccanismo di sostegno sono **da inviare esclusivamente per via telematica attraverso l'applicazione web RICOGE** che consente di caricare tutti i dati e i documenti necessari all'invio dell'istanza.
- 
- Il **Manuale Utente RICOGE**, che ha lo scopo di **guidare gli operatori nelle fasi di compilazione e invio tramite l'applicazione web**, è disponibile sul lato destro della pagina. Il documento è strutturato in modo da seguire il processo di inserimento dati richiesto da RICOGE, anche con l'ausilio di immagini.
- <http://www.gse.it/it/qualifiche%20e%20certificati/certificati%20bianchi%20e%20car/Riconoscimento%20CAR/Pages/default.aspx>