



# tecno habitat

società di ingegneria

**EFFICIENZA ENERGETICA  
NELLE INDUSTRIE  
I CERTIFICATI BIANCHI**

# PROGRAMMA DEL CORSO

**DEFINIZIONI E QUADRO  
NORMATIVO DI RIFERIMENTO**

**ESEMPI DI TECNOLOGIE  
EFFICIENTI E DI  
EFFICIENTAMENTO ENERGETICO**

**GLI INCENTIVI: IL MECCANISMO  
DEI CERTIFICATI BIANCHI**

1. **Uso razionale dell'energia, risparmio ed efficienza energetica**
2. **Fonti energetiche primarie e secondarie**
3. **Unità di misura di riferimento**
4. **Registi, operatori e attori del settore**
5. **Quadro normativo di riferimento**
6. **Indicatori di prestazione energetica**
7. **La diagnosi energetica**
8. **Indicatori di prestazione economica**
9. **Finanziamento degli interventi**
10. **Tipologie di tecnologie efficienti: Motori elettrici, Inverter, Cogenerazione**
11. **Casi pratici di efficientamento energetico**
12. **Caso pratico 1. Compressore aria**
13. **Caso pratico 2. Generatore di vapore**
14. **Caso pratico 3. Produzione di energia termica da scarto di processo**
15. **Caso pratico 4. Recupero di energia termica da processo produttivo**
16. **Caso pratico 5. Recupero di energia frigorifera da processo produttivo**
17. **Caso pratico 6. Re-layout del processo produttivo**
18. **Misuratori**
19. **I certificati Bianchi**
20. **Applicazione del meccanismo ai casi pratici**

## L'USO RAZIONALE DELL'ENERGIA

### “l'uso razionale dell'energia”

è quel complesso di azioni organiche dirette al

### Risparmio energetico

tramite

- *la riduzione degli sprechi (da non confondere con la bassa efficienza)*
- *il miglioramento comportamentale*
- **L'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA**

A queste azioni si devono aggiungere

- *il contingentamento (es. politiche di austerità, limiti alle temperature massime nelle abitazioni)*
- *lo sviluppo e l'uso delle fonti rinnovabili di energia*
- *lo sviluppo e l'uso delle fonti endogene di energia*

## L'EFFICIENZA E IL RISPARMIO ENERGETICO

- ✓ L'efficienza è un rapporto tra un 'output' ed un 'input'.
  - Un processo che eroga il prodotto  $P$  consumando  $E$ , opera con efficienza  $\varepsilon = P/E$
  - L'inverso dell'efficienza è il *consumo specifico*  $C_s = E/P$ .
  - Nel caso in cui l'output sia energia, l'efficienza diventa un numero puro compreso tra zero e uno.
- ✓ Il risparmio è invece una quantità fisica di energia non più consumata grazie all'incremento di efficienza.

- Dato un processo che eroga il prodotto  $P$  consumando  $E_1$ , dunque con efficienza  $\varepsilon_1 = P/E_1$ , se questa viene innalzata al livello  $\varepsilon_2$ , il consumo si abbassa ad  $E_2$  ed il risparmio energetico, a parità di  $P$ , è:

$$R = E_1 - E_2 = P \left( \frac{1}{\varepsilon_1} - \frac{1}{\varepsilon_2} \right)$$

- **L'incremento di Efficienza e il Risparmio *non sono* dunque concetti alternativi uno all'altro**, o con possibili aree di sovrapposizione: una è la **CAUSA**, l'altro è l'**EFFETTO**.

## IL RISPARMIO ENERGETICO

Se in un dato contesto si riducono i consumi energetici da un valore  $E1$  ad uno  $E2$ , la differenza  $E1 - E2$  rappresenta un 'risparmio energetico' se sono rispettate **5 condizioni**:

- **Prima.** Il 'risparmio energetico' deve essere **volontario e programmato**  
La riduzione degli assorbimenti attribuibile a fattori non volontari (climatologia, dinamiche di mercato ecc.), è solo una fortunata contingenza ma non costituisce un 'risparmio energetico'.
- **Seconda.** Il 'risparmio energetico' deve essere **misurabile** allo scopo di verificare il raggiungimento o meno di un dato obiettivo.
- **Terza.** Il 'risparmio energetico' deve produrre risparmi positivi 'netti' di energia rispetto alla situazione ex ante, dovendo **sempre risultare:  $E1-E2 > 0$** . Il bilancio energetico deve considerare *tutte* le variazioni di consumo energetico che l'iniziativa provoca. Se i consumi ex post aumentano per un parallelo aumento di produzione, bisogna procedere ad una **normalizzazione**.
- **Quarta.** Il 'risparmio energetico' dovrebbe essere **stabile nel tempo**.

- **Quinta.** Il risparmio deve generare **flussi di cassa capaci di ricostituire nel tempo l'investimento** necessario all'intervento più un extra vantaggio.

Questa quinta condizione trasferisce il risparmio dal dominio dell'energia a quello dell'economia, fissando

*un rapporto biunivoco tra risparmio energetico e risparmio economico*

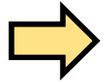
Non c'è il primo se non è verificato il secondo.

In conclusione il 'risparmio energetico' può essere definito come

**«un'operazione volontaria e programmabile, che produca una riduzione netta misurabile e stabile dei consumi di energia tra la situazione ex ante e la situazione ex post e che si autosostenga dal punto di vista economico».**

## LE MISURE DI CONTENIMENTO DEI CONSUMI

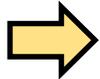
**Il miglioramento dell'efficienza energetica può essere**



di tipo intrinseco (interventi sul processo)

- per via tecnologica

- per via gestionale



con sostituzione paritetica



basato su standard tecnologici

## LE MISURE DI CONTENIMENTO DEI CONSUMI

### ✓ Miglioramento di efficienza per via tecnologica

L'incremento di efficienza è ottenuto per via tecnologica quando le apparecchiature fisiche che governano il processo presentano **un'efficienza migliore rispetto a quelle della situazione ex ante** (es. motori elettrici, caldaie più efficienti, scambiatori di recupero calore su gas esausti da combustione).

### ✓ Miglioramento di efficienza per via gestionale

L'efficienza può aumentare modificando la natura del flusso di materia/energia in ingresso/uscita dal processo e/o le modalità di gestione dell'infrastruttura energetica. Appartengono a questa categoria l'adozione di **materie prime con minori necessità energetiche** per il cambiamento di stato (inferiori temperature di fusione/ebollizione) o per il pompaggio (fluidi di minor viscosità/densità), la produzione di beni o servizi a **minor intensità energetica a parità di prestazioni** (per es. laterizi più leggeri), uso di *software* dedicati per **l'automazione/ottimizzazione dei parametri di processo**, l'adozione di **diverse modalità gestionali del processo** (per es. integrando le diverse fasi produttive con eliminazione di stazioni intermedie e code).

## LE MISURE DI CONTENIMENTO DEI CONSUMI

### ✓ Miglioramento dell'efficienza per sostituzione paritetica

Si ottiene con la **sostituzione di un'apparecchiatura** di data vita residua con un'altra nuova, ma appartenente alla stessa serie tecnologica. Il conseguente risparmio ha carattere transitorio, e potrebbe addirittura tendere a zero.

### ✓ Miglioramento dell'efficienza per standard tecnologici

Un'autorità decisionale può imporre **standard prestazionali minimi** alle apparecchiature energetiche, escludendo dalla circolazione soluzioni non conformi. A tali strumenti si rifanno gli obblighi imposti dalle normative sulla prestazione energetica in edilizia, o gli standard minimi previsti dalle normative *Ecodesign* per diversi tipi di apparecchi di larga diffusione.

## FONTI ENERGETICHE PRIMARIE E SECONDARIE



Sono le fonti che si trovano in natura e non hanno bisogno di una trasformazione per l'effettivo utilizzo

### ESAURIBILI

- Petrolio
- Carbone
- Gas naturale
- Combustibili nucleari

### RINNOVABILI

- Sole
- Laghi, fiumi
- Vento
- Energia geotermica
- Maree
- Biomasse

Sono le fonti che derivano dalla trasformazione delle fonti primarie e sono immediatamente utilizzabili in impianti o dispositivi energetici.

Sono definite **vettori energetici**

- Elettricità
- Metano
- Idrogeno
- Gpl
- Benzina, Gasolio, Kerosene
- Biogas
- Coke, carbone vegetale
- Pellet, cippato, bricchetti

- Luce
- Calore
- Freddo
- Lavoro meccanico
- Onde elettromagnetiche

## UNITA' DI MISURA DI RIFERIMENTO E FATTORI DI CONVERSIONE

*tep = tonnellata equivalente di petrolio*

$$1 \text{ tep} = 10.000.000 \text{ kcal} = 41.860.000 \text{ kJ} = 11.628 \text{ kWh}_t$$

○  $1 \text{ kcal} = 4,186 \text{ kJ} = 427 \text{ kgf} * \text{m}$

○  $1 \text{ kWh} = 1 \frac{\text{kJ} * \text{h}}{\text{s}} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} = 3.600 \text{ kJ}$

○  $1 \text{ kWh} = \frac{3.600 \text{ kJ}}{4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kcal}}} = 860 \text{ kcal}$

○  $1 \text{ kW} = 860 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$

○  $1 \text{ kWh} = 3.600 \text{ kJ} = 860 \text{ kcal} = 0,000086 \text{ tep}$

## UNITA' DI MISURA DI RIFERIMENTO E FATTORI DI CONVERSIONE

### FATTORI DI CONVERSIONE DI COMBUSTIBILI E VETTORI ENERGETICI

- ENERGIA ELETTRICA

$$1 kWh_e = \frac{0,000086 tep}{0,46} = 0,000187 tep \rightarrow 1 tep = 5.347 kWh_e$$

Il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria tiene conto del rendimento del sistema nazionale di produzione e distribuzione dell'energia elettrica = **46%**

- GAS NATURALE (METANO)

$$1 Sm^3 = 0,000825 tep \rightarrow 1 tep = 1.212 Sm^3$$

Il fattore di conversione per il gas metano tiene conto del  $PCI = 8.250 \frac{kcal}{Sm^3}$

Condizioni  $Sm^3$ , temperatura 15°C e pressione atmosferica (1013,25 millibar).

# REGISTI, OPERATORI E ATTORI DEL SETTORE

## REGISTI

### ○ AEEGSI - Autorità per l'Energia Elettrica, il Gas ed il Sistema Idrico

È un'Autorità indipendente di regolazione e controllo, che garantisce la promozione della concorrenza e **dell'efficienza del settore elettrico e del gas**. Ha funzione di regolazione e controllo anche in materia di servizi idrici, teleriscaldamento e teleraffrescamento.

L'AEEGSI con la **Delibera EEN 9/11** ha emesso le linee guida per la definizione dei criteri e delle modalità per il rilascio dei **TEE Titoli di Efficienza Energetica – CB Certificati Bianchi**.

### ○ MISE – Ministero dello Sviluppo Economico

Svolge anche funzioni in ambito di Politica energetica ed in particolare promuove le energie rinnovabili e **l'efficienza energetica**.

# REGISTI, OPERATORI E ATTORI DEL SETTORE

## REGISTI

### ○ GSE S.p.A. Gestore dei Servizi Energetici

Società per azioni a capitale pubblico. Azionista unico del GSE è il Ministero dell'Economia e delle Finanze, che esercita i diritti dell'azionista con il Ministero dello Sviluppo Economico. Il GSE controlla tre società:

**RSE Ricerca sul Sistema Energetico, GME Gestore dei Mercati Energetici, AU Acquirente Unico.**

Alcune attività del GSE consistono in:

- ***Promozione dell'efficienza energetica e dell'energia termica da fonti rinnovabili***
- ***Valutazione, certificazione e gestione dei risparmi conseguiti dai progetti di efficienza energetica nell'ambito del meccanismo dei Certificati Bianchi***
- *Promozione delle fonti rinnovabili*
- *Incentivazione dell'energia da fonti rinnovabili*
- *Ritiro commerciale e vendita dell'energia sul mercato*

## REGISTI, OPERATORI E ATTORI DEL SETTORE

### OPERATORI

- **RSE S.p.A. - Ricerca sul Sistema Energetico:** è una società per azioni, che sviluppa attività di ricerca nel settore elettro-energetico e **valuta, per conto del GSE, i progetti (PPPM e RVC) per il rilascio dei certificati bianchi.**
- **GME S.p.A. Gestore dei Mercati Energetici** Società per azioni che gestisce il Mercato elettrico e del gas. **I TEE sono venduti alla borsa gestita dal GME.**
- **Acquirente Unico S.p.A.** Società che garantisce la disponibilità di energia elettrica necessaria per fare fronte alla domanda di tutti i Clienti vincolati, attraverso l'acquisto della capacità necessaria di energia e la rivendita della stessa ai distributori, a condizioni non discriminatorie e idonee a consentire l'applicazione di una tariffa unica nazionale per i clienti.

## REGISTI, OPERATORI E ATTORI DEL SETTORE

### OPERATORI

#### ○ ENEA - Agenzia Nazionale per l'Efficienza Energetica

Offre supporto tecnico scientifico al MISE per le politiche energetiche, alle aziende ed alla pubblica amministrazione. Sviluppa metodologie e strumenti per misurare e monitorare i risparmi energetici. Sviluppa e trasferisce tecnologie, metodi e strumenti per il miglioramento dell'efficienza energetica nei settori di uso finale.

Ente di riferimento per la valutazione delle **diagnosi energetiche** dei soggetti obbligati: imprese energivore e grandi imprese.

#### ○ FIRE – Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia

Associazione tecnico scientifica indipendente il cui scopo è promuovere l'uso efficiente dell'energia, supportando, attraverso le attività istituzionali e l'erogazione di servizi, chi opera nel settore e promuovendo un'evoluzione positiva del quadro legislativo e regolatorio. Su incarico del MISE gestisce la rete degli **Energy Manager** ai sensi della Legge 10/91.

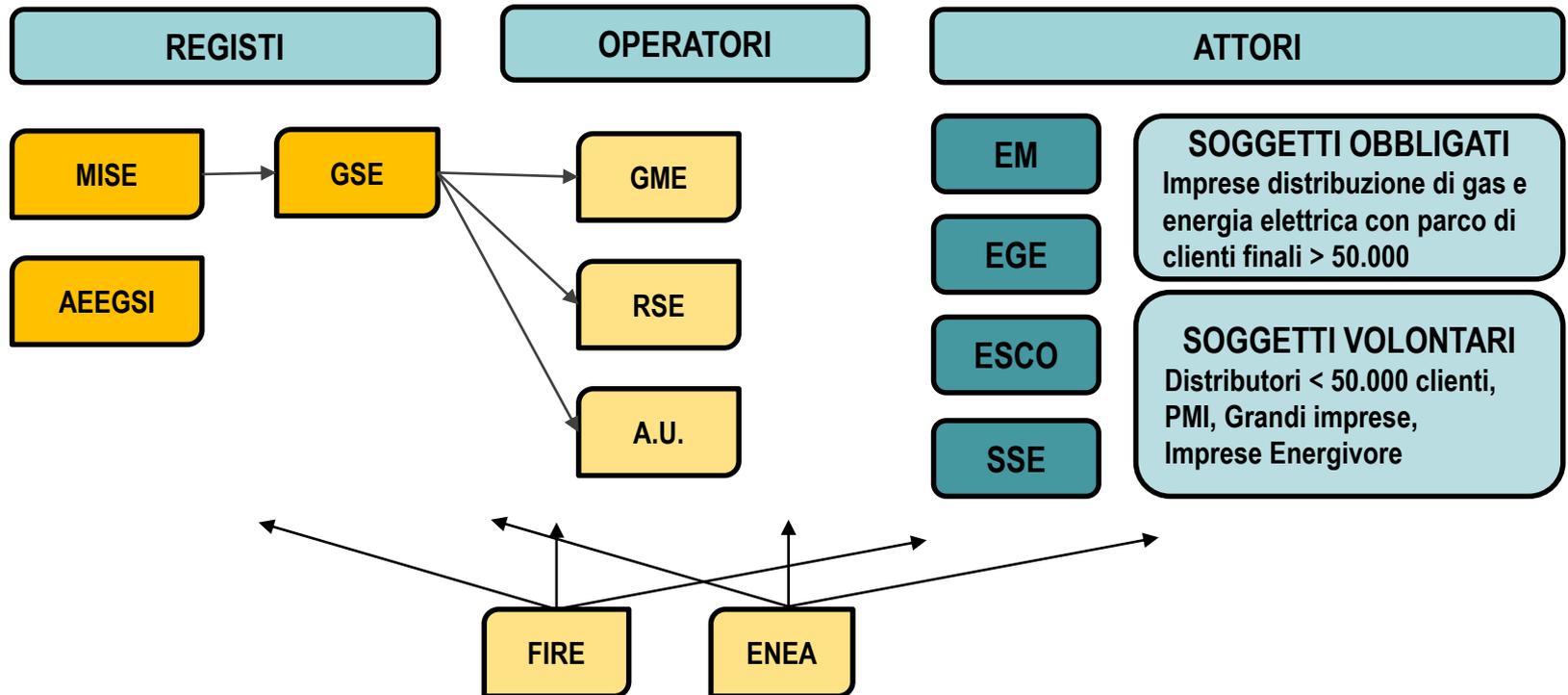
## REGISTI, OPERATORI E ATTORI DEL SETTORE

### ATTORI

- **EM - Energy Manager:** soggetto incaricato della conservazione e dell'uso razionale dell'energia all'interno di un'impresa o un ente. Sono **obbligate a nominare un Energy Manager** le realtà industriali i cui consumi superano le 10.000 tep/anno e quelle del settore civile, terziario e pubblica amministrazione caratterizzate da consumi superiori a 1.000 tep/anno.
- **EGE - Esperti in Gestione dell'Energia.** Devono essere certificati secondo la **UNI CEI 11339**. Figura professionale con competenze tecniche, ambientali, economiche, finanziarie, di gestione aziendale e di comunicazione che svolge **ruoli di responsabilità in sistemi di gestione dell'energia, di diagnosi energetiche, di interventi di efficientamento.**
- **ESCO - Energy Service Company.** Devono essere certificate secondo la **UNI CEI 11352**. Sono società che effettuano interventi volti a migliorare l'efficienza energetica assumendo su di sé il rischio dell'iniziativa e liberando il cliente dagli oneri organizzativi e di investimento.
- **SSE - Società di servizi energetici.** Società operanti nel settore dei servizi energetici.

## REGISTI, OPERATORI E ATTORI DEL SETTORE

### SCHEMA RIEPILOGATIVO



## QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO 1/2

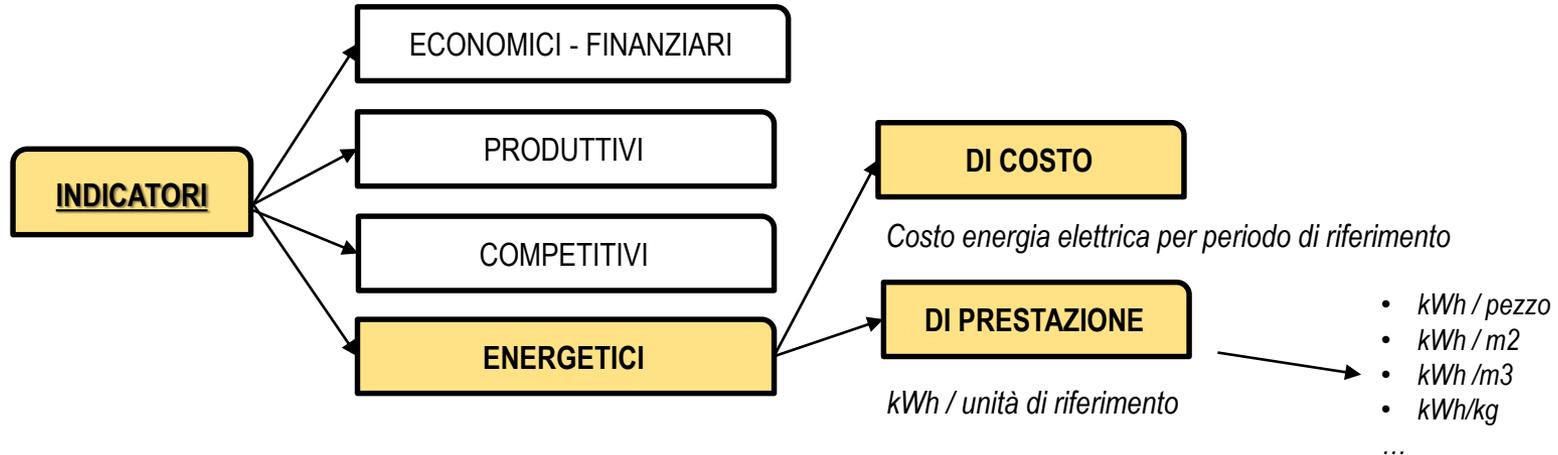
- **Legge 10 del 9.01.1991** contiene le “Norme per l’attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell’energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia”.
- **Decreti ministeriali 20.7.2004**: ‘elettrico’ e ‘gas’ introducono in Italia il meccanismo dei titoli di efficienza energetica (“certificati bianchi”). Tale sistema incentiva le misure di efficientamento realizzate in qualunque settore degli usi finali, compreso quello industriale.
- **Delibera AEEG EEN 9/11**: linee guida per la definizione dei criteri e delle modalità per il rilascio dei titoli di efficienza energetica (in corso di revisione).
- **Direttiva Parlamento e Consiglio Ue 2012/27/UE**  
Direttiva sull'efficienza energetica.

## **QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO 2/2**

- **DM 28.12.2012**: Incentivazione della produzione di energia termica da fonti rinnovabili ed interventi di efficienza energetica di piccole dimensioni.
- **DM Finanze 5 aprile 2013**  
Definizione delle imprese a forte consumo di energia e riduzione degli oneri del sistema elettrico a loro carico.
- **D.lgs. 4 luglio 2014, n. 102**  
Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica.
- **Circolare Ministero dello sviluppo economico maggio 2015**  
Chiarimenti in materia di diagnosi energetica nelle imprese.
- **D.Lgs. Governo 18 luglio 2016, n. 141**: Disposizioni integrative al D.Lgs. 102/2014, di attuazione della direttiva 2012/27/UE, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE.

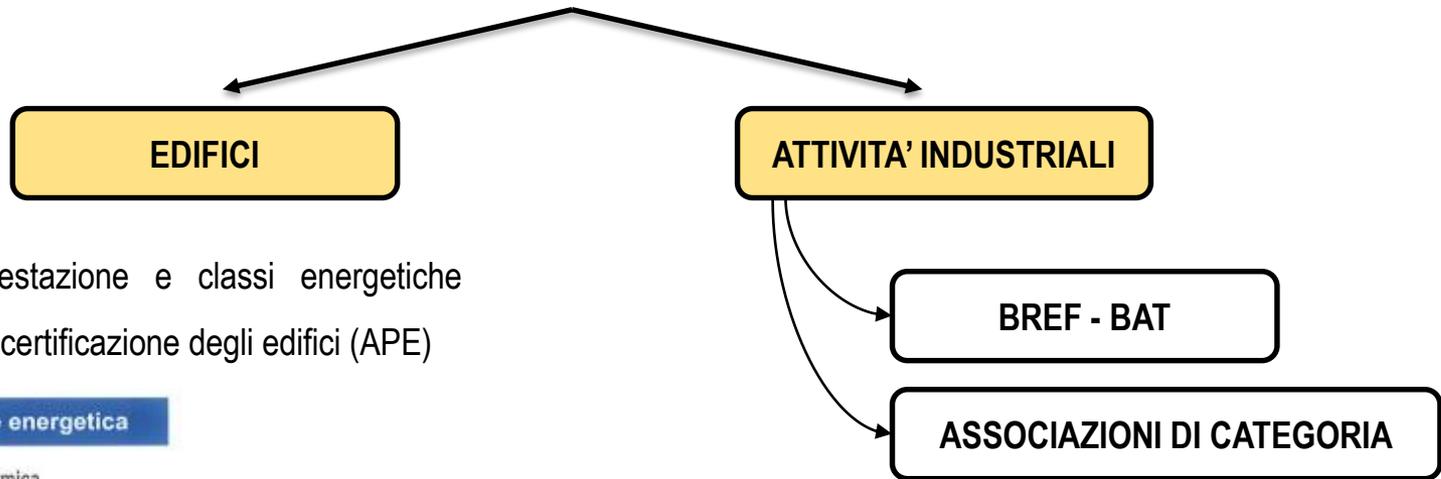
## INDICATORI DI PRESTAZIONE ENERGETICA

### OBIETTIVI



- Determinazione del costo unitario del prodotto
- Confronto con indicatori di mercato, dei competitor, delle BAT.
- Controllo del processo produttivo (rilevare anomalie)
- Programmare interventi e investimenti.

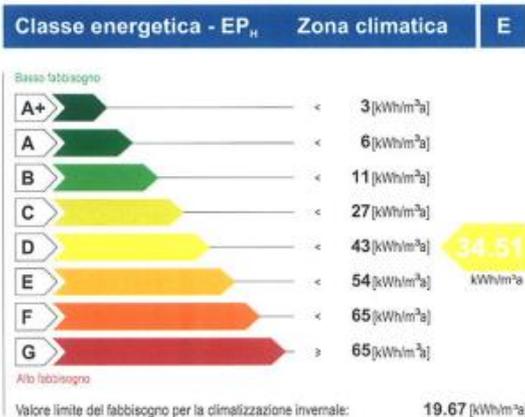
## INDICATORI DI PRESTAZIONE ENERGETICA



Indicatori di prestazione e classi energetiche individuati per la certificazione degli edifici (APE)

### Indicatori di prestazione energetica

<b>Fabbisogno annuo di energia termica</b>	
Climatizzazione invernale $ET_{in}$	22.75 [kWh/m <sup>2</sup> a]
Climatizzazione estiva $ET_c$	6.48 [kWh/m <sup>2</sup> a]
Acqua calda sanitaria $ET_w$	1.54 [kWh/m <sup>2</sup> a]
<b>Fabbisogno di energia primaria</b>	
Climatizzazione invernale $EP_{in}$	34.51 [kWh/m <sup>2</sup> a]
Climatizzazione estiva $EP_c$	[kWh/m <sup>2</sup> a]
Acqua calda sanitaria $EP_w$	3.67 [kWh/m <sup>2</sup> a]
<b>Contributi</b>	
Fonti rinnovabili $EP_{ren}$	0.00 [kWh/m <sup>2</sup> a]
<b>Efficienze medie</b>	
Riscaldamento $\epsilon_{gr,gr}$	66.00%
Acqua calda sanitaria $\epsilon_{gr,w}$	42.00%
Riscaldamento + Acqua calda sanitaria $\epsilon_{gr,gr,w}$	64.00%
<b>Totale per usi termici <math>EP_T</math></b>	<b>38.18 [kWh/m<sup>2</sup>a]</b>
<b>Altri usi energetici</b>	
Illuminazione $EP_e$	0.00 [kWh/m <sup>2</sup> a]



Best Available Techniques (BAT) Reference Document for

### Iron and Steel Production

Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)



## ALCUNI INDICI DI PRESTAZIONE

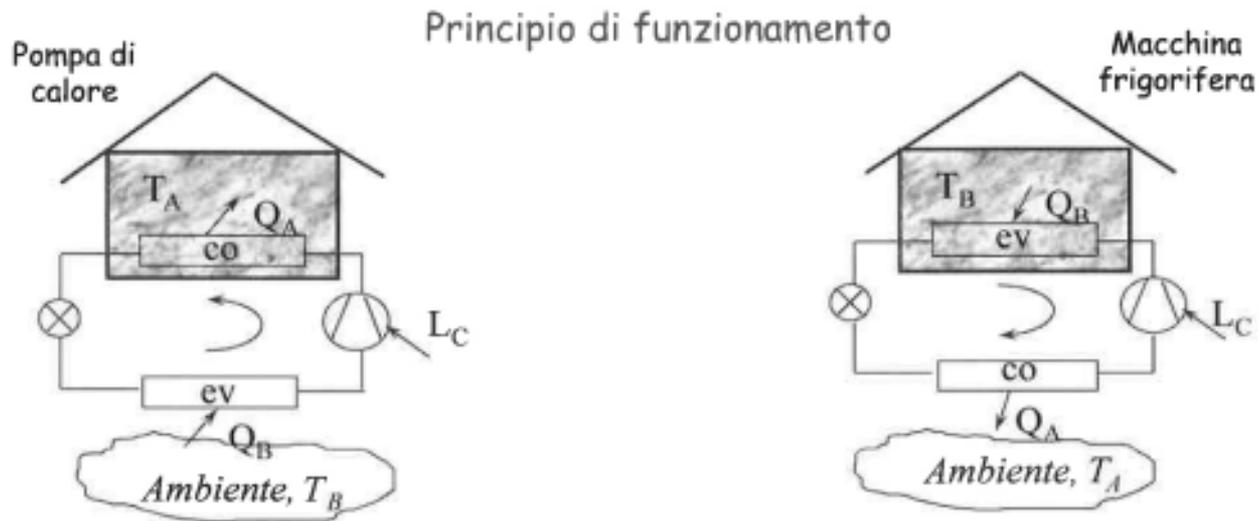
### CENTRALE FRIGORIFERA – POMPE DI CALORE

- $COP = ET/EE$

(Coefficiente di Prestazione: rapporto energia termica fornita all'ambiente ed energia elettrica spesa in ingresso)

- $EER = EF / EE$

(Indice di Efficienza Energetica: esprime il rendimento nella fase di raffreddamento, espresso come rapporto tra energia frigorifera prodotta ed energia elettrica spesa).



## ALCUNI INDICI DI PRESTAZIONE

<b>EER<sub>rif</sub></b>					
Tipo di raffreddamento	Intervalli di potenza (kW <sub>frig</sub> )				
	20-50	51-250	251-500	501-1000	>1000
<b>Aria</b>	<b>2,8</b>	<b>2,7</b>	<b>2,9</b>	<b>3,0</b>	<b>3,2</b>
<b>Acqua</b>	<b>3,6</b>	<b>4,0</b>	<b>4,1</b>	<b>4,3</b>	<b>4,4</b>

*EER di riferimento della scheda tecnica 35E - Certificati Bianchi*

### **ALTRI INDICI DI PRESTAZIONE – ENERGIA FRIGORIFERA**

- ***kWh / m<sup>3</sup> acqua raffreddata***
- ***kWh / m<sup>3</sup> ambiente raffreddato***

### **CENTRALE TERMICA -**

### **GENERATORE DI VAPORE**

- ***$\eta$  = rendimento baseline = 0,9***

### **ARIA COMPRESSA**

- ***kWh / Nm<sup>3</sup> aria fornita***
- ***kWh / Nm<sup>3</sup> (baseline = 0.13)***
- ***kWh / pezzi lavorati***

## ALCUNI INDICI DI PRESTAZIONE

### COMBUSTIBILI PER AUTOTRAZIONE

- *Litri / km percorsi*
- *Kg / km percorsi*

### ILLUMINAZIONE INDUSTRIALE

- Efficienza lampada → *lumen / watt installato*
- Efficienza impianto → *kWh / m<sup>2</sup> illuminato*
- *kWh / lumen fornito*

### ALTRO

- Ospedali → *kWh / posto letto*
- Mensa → *kWh / pasto servito*
- Edifici → *kWh / m<sup>3</sup> riscaldato anno*
- *Sm<sup>3</sup> / m<sup>3</sup> riscaldato anno*
- *kWh / m<sup>3</sup> raffrescato anno*

## INDICATORI DI PRESTAZIONE APPROCCIO EX DIAGNOSI ENERGETICA

Un indicatore può essere espresso a vari livelli. Si riporta lo schema proposto da ENEA nell'ambito dell'esecuzione delle diagnosi energetiche secondo il D.Lgs. 102/2014.

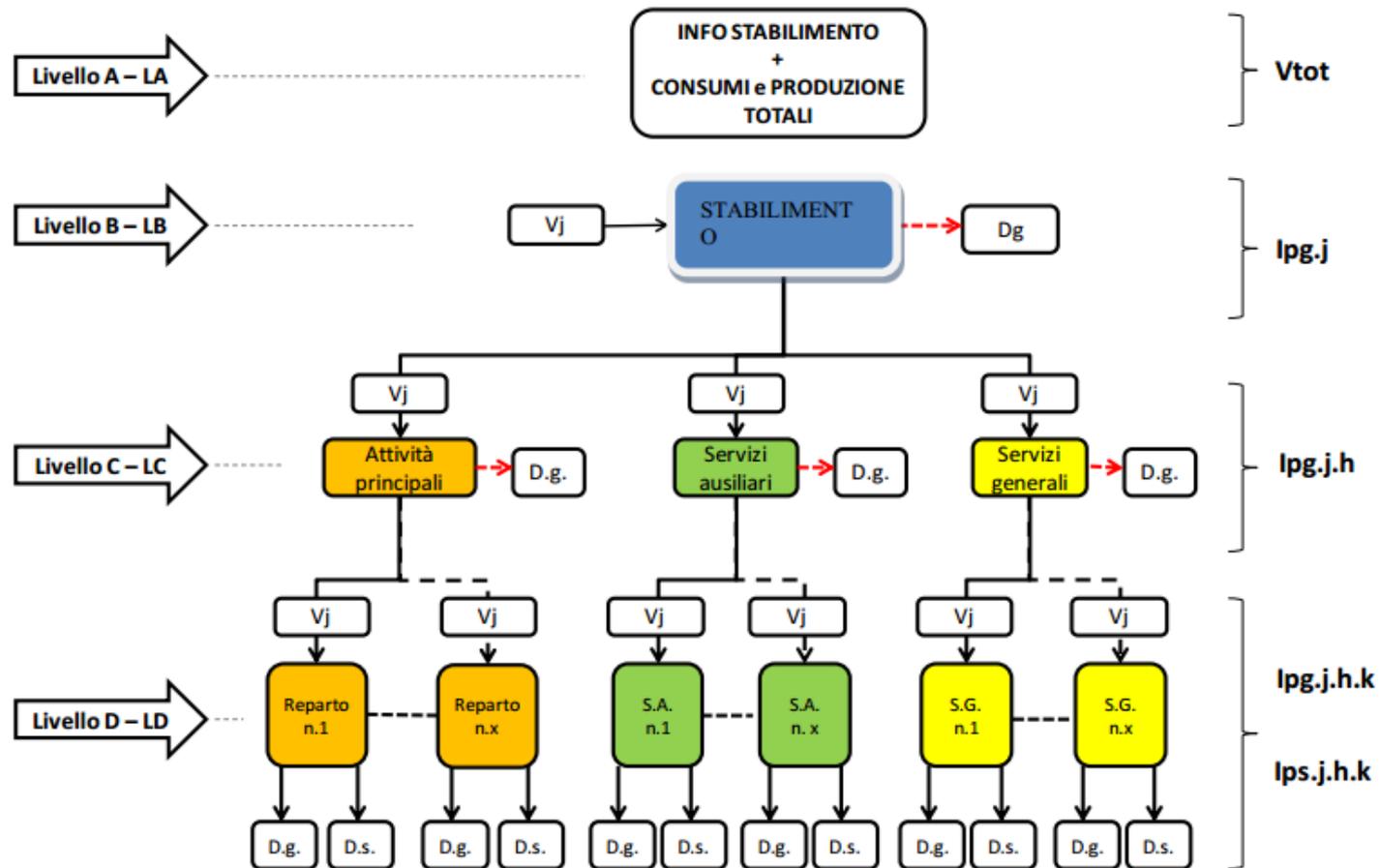


Figura 1. Schematizzazione della Struttura Energetica Aziendale

# INDICATORI DI PRESTAZIONE

## APPROCCIO EX DIAGNOSI ENERGETICA

1. RACCOLTA DATI SUI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI IN SITO (Gas, energia elettrica, combustibili, etc.)
2. RACCOLTA DATI SULL'ENERGIA AUTOPRODOTTA
3. INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI CONSUMO DELLO STABILIMENTO
  1. Attività principali → reparti, fasi processo produttivo
  2. Servizi ausiliari → aria compressa, gruppi pompaggio, ventilazione
  3. Servizi generali → illuminazione, riscaldamento, climatizzazione, acs.
4. CENSIMENTO DEI CENTRI DI CONSUMO / MACCHINARI / CARICHI PER OGNI AREA
5. RILEVAZIONE DELLE MISURE / DATO DI CONSUMO SPECIFICO
  1. Misura continua (misuratore dedicato)
  2. Misura discontinua (spot)
  3. Calcolo
  4. Calcolo e misura temporanea
6. INDIVIDUAZIONE DEGLI INDICI DI PRESTAZIONE
  1. **Generale** → consumo del vettore energetico/u.m. riferimento per destinazione d'uso globale
  2. **Specifici** → consumo del vettore energetico/u.m. riferimento per destinazione d'uso specifica

## INDICATORI ECONOMICI

### **PAYBACK PERIOD (TEMPO DI RECUPERO)**

Il tempo di payback di un investimento viene definito come il tempo in cui i flussi di cassa generati dall'investimento (nel nostro caso i risparmi energetici attesi) coprono l'esborso iniziale (costo dell'investimento).

Anno	Flusso di cassa		Flusso cumulato
0	-10.000	Investimento	- 10.000
1	2.400	Risparmio energia	- 7.600
2	2.400	Risparmio energia	- 5.200
3	2.400	Risparmio energia	- 2.800
4	2.400	Risparmio energia	- 400
5	2.400	Risparmio energia	+ 2.000
6	2.400	...	

Nella tabella di esempio, il costo dell'investimento si ripaga, considerando i soli risparmi energetici, tra il 4° e il 5° anno.

$$\sum_{T=0}^{TPB} \text{Flussi di cassa } (T) = 0$$



*Facilità di calcolo e di lettura (n° di periodi necessari a recuperare il costo dell'investimento).*



*È un indicatore di rischio, non di rendimento; Non considera il valore finanziario del tempo.*

## INDICATORI ECONOMICI

### RIDUZIONE DEL PAYBACK CON INCENTIVI

#### Esempio: progetto di efficientamento energetico di illuminazione industriale.

Sostituzione delle lampade a incandescenza di un capannone industriale con lampade al neon, prevedendo un funzionamento di 10 h/gg per 220 gg/anno. Si ipotizza di sostituire lampade di 58 W con lampade led da 22 W, per produrre gli stessi lumen.

PROGETTO DI EFFICIENTAMENTO		<u>Pre intervento</u>	<u>Post intervento</u>
Costo investimento	[€]		€ 100.000
Consumi	[kWh/anno]	350.000	105.000
Costo energia	[€/anno] €	56.000	€ 16.800
Risparmio energia	[%]		70,0%
	[€/anno]		€ 39.200
TEE ottenibili	[€/anno]		€ 25.000
Payback	[anni]		2,55
Payback con TEE	[anni]		1,56

L'intervento si ripaga con:

- **Risparmio economico** = risparmio in bolletta
- **Entrata finanziaria** derivante dagli incentivi (Certificati Bianchi)

## INDICATORI ECONOMICI

### VALORE ATTUALE NETTO (VAN)

#### FLUSSO DI CASSA ATTUALIZZATO

$$VAN = \sum_{t=1}^T \frac{CF(t)}{(1+k)^t} + \frac{V(T)}{(1+k)^T} - I$$

- $CF(t)$  = flussi di cassa nell'anno  $t$  (risparmi energia attesi)
- $V(T)$  = valore terminale di vendita del macchinario (ipotesi  $>0$ )
- $k$  = tasso di attualizzazione,
- $I$  = costo dell'investimento iniziale + costi diversi

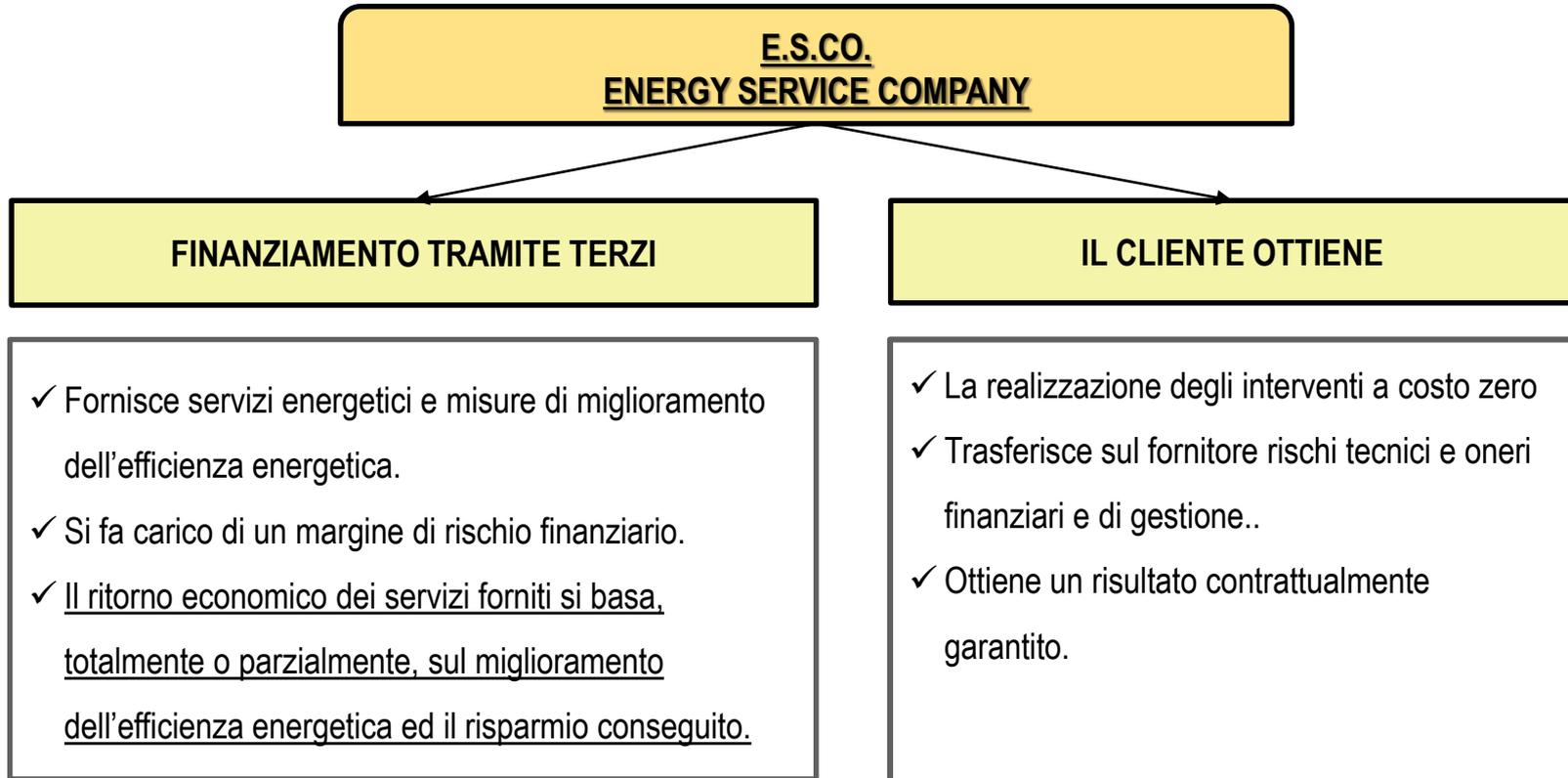
Il VAN consiste nella somma algebrica dei flussi economici **attualizzati** associati all'investimento (**positivi**, quali risparmio di energia, incentivi, etc. e **negativi**, quali investimento iniziale, manutenzione etc.), per una vita utile pari a T anni.

I flussi economici sono attualizzati nel tempo attraverso il fattore  $k$ .

- ✓ se  $VAN > 0$  l'investimento è economicamente sostenibile (i risparmi energetici superano il costo dell'investimento):

## FINANZIAMENTO DEGLI INTERVENTI

### ESCO ED INCENTIVI



# FINANZIAMENTO DEGLI INTERVENTI

## INCENTIVI

### CERTIFICATI BIANCHI

Titoli negoziabili a seguito del conseguimento di risparmi energetici negli usi finali di energia attraverso interventi e progetti di incremento di efficienza energetica.

### S.S.P. – SCAMBIO SUL POSTO

Compensazione tra il valore economico dell'energia elettrica prodotta ed immessa in rete e il valore economico dell'energia consumata in un periodo differente da quello in cui avviene la produzione.

### CERTIFICATI VERDI

Titoli negoziabili in maniera proporzionale all'energia prodotta da un impianto alimentato a fonti rinnovabili ed entrato in esercizio entro il 31/12/2012.

### R.D. – RITRO DEDICATO

Modalità semplificata di vendita dell'e. elettrica immessa in rete in alternativa a contratti bilaterali o alla vendita in borsa. Il GSE provvede a remunerare al produttore un prezzo per ogni kWh ritirato.

### CONTO TERMICO

Incentiva interventi per l'incremento dell'efficienza energetica e la produzione di energia termica da fonti rinnovabili.

### TARIFFA OMNICOMPENSIVA

Incentivazione, alternativa ai Certificati Verdi, riservato agli impianti alimentati da fonti rinnovabili fotovoltaico escluso. La tariffa è detta "onnicomprensiva" in quanto il suo valore include una componente incentivante e una componente di valorizzazione dell'energia elettrica immessa in rete.

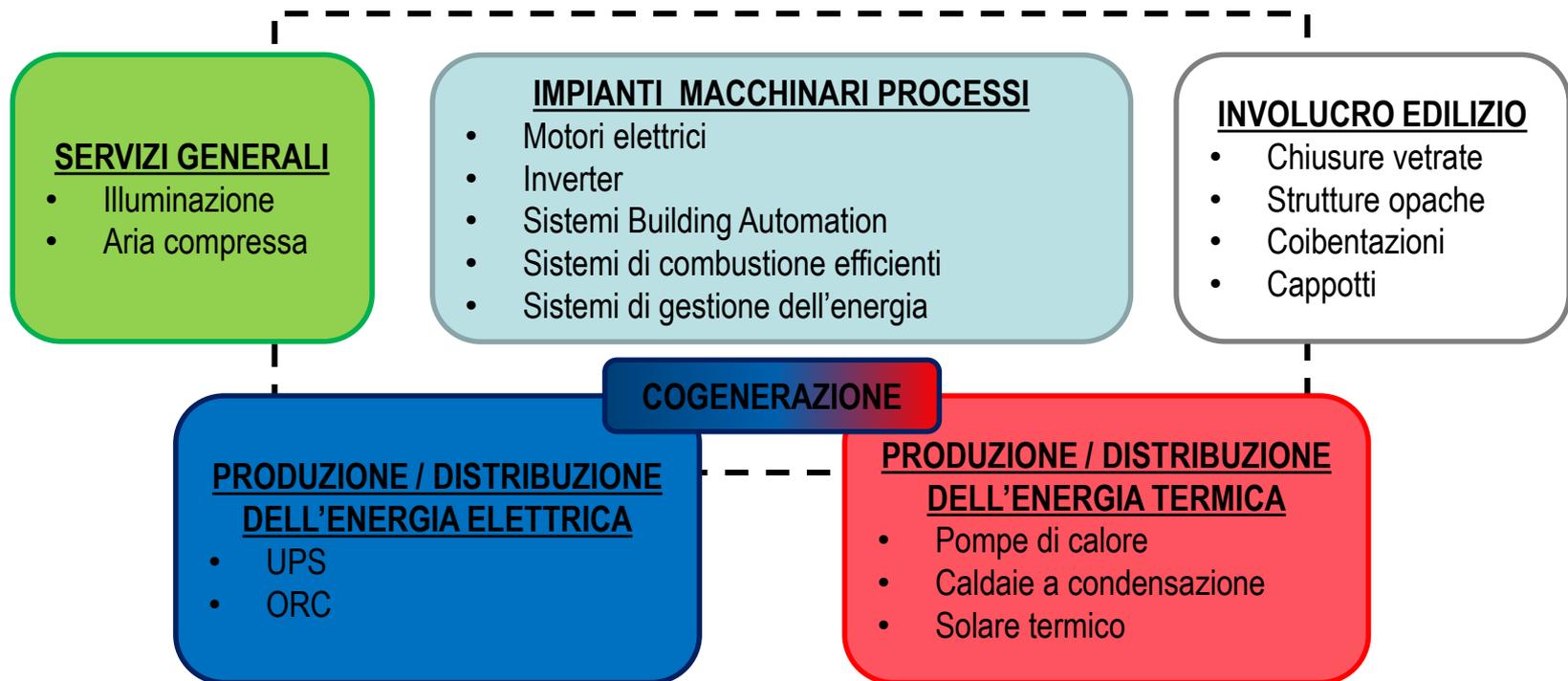
### CONTO ENERGIA

Incentiva in conto esercizio la produzione di energia elettrica da impianti fotovoltaici connessi alla rete.

...

## INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

L'efficientamento energetico ha grandissime possibilità di intervento.



## MOTORI ELETTRICI AD ALTA EFFICIENZA

I motori elettrici costituiscono il legame tra la fornitura di energia elettrica e la maggioranza dei processi meccanici che richiedono una grande quantità di energia. Si stima che i motori elettrici rappresentino circa i **due terzi dell'energia elettrica consumata dall'industria.**

**PRECEDENTE CLASSIFICAZIONE EUROPEA:** Nel 1998, un accordo volontario tra Costruttori e la Commissione Europea, ha definito tre classi di efficienza per la gamma di potenza da 1,1 kW a 90 kW:

**EFF3** = Motori con un basso livello di efficienza;

**EFF2** = Motori con un migliorato livello di efficienza;

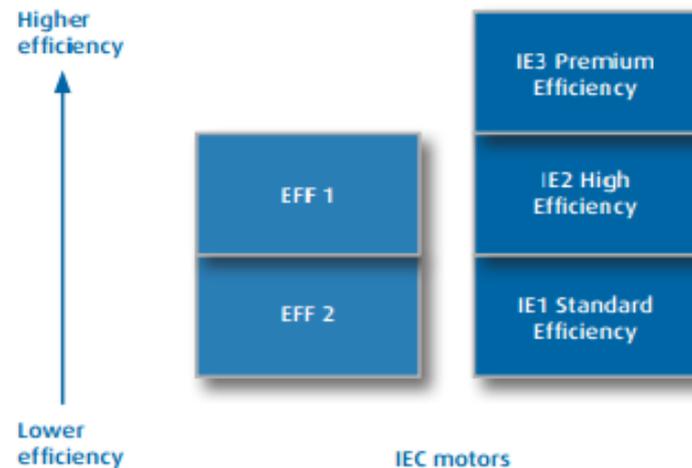
**EFF1** = Motori con un alto livello di efficienza.

## MOTORI ELETTRICI AD ALTA EFFICIENZA

**ATTUALE CLASSIFICAZIONE EUROPEA:** La Commissione Elettrotecnica Internazionale (IEC) al fine di ridurre il consumo di energia, anche rispetto agli obblighi di riduzione dell'emissione di CO<sub>2</sub>, ha stabilito la **norma IEC 60034-30 : 2008** che definisce le classi di rendimento per i motori trifase con velocità singola a 50 e 60 Hz (le tipologie di motori più diffuse).

Sono definite le seguenti classi di efficienza per le singole velocità trifase, per i motori a induzione a gabbia da 0,75 kW a 375 kW di potenza:

- IE1 – standard
- IE2 – high
- IE3 – premium
- IE4 – super premium



Confronto Classi di Rendimento «IEC» ed «EFF»

## MOTORI ELETTRICI AD ALTA EFFICIENZA

### LIMITAZIONI ED APPLICABILITA'

Il Parlamento Europeo con la Direttiva 2005/32/CE ha specificato i livelli di rendimento richieste dalla macchine vendute sul mercato europeo certificate IEC. Le tempistiche della commercializzazione sono:

- Dal 16/06/2011 i motori immessi sul mercato devono essere di una classe di rendimento minima IE2.
- Dal 01/01/2015 i motori con una potenza nominale tra 7,5 - 375 kW devono essere di una classe di rendimento minima IE3, o minima IE2 se dotati di azionamento con controllo elettronico della velocità.
- Dal 01/01/2017 i motori con una potenza nominale tra 0,75 - 375 kW devono essere di una classe di rendimento minima IE3, o minima IE2 se equipaggiati da azionamento con controllo elettronico della velocità.

**Tabella riepilogativa dei campi di applicazione della Norma IEC 60034-30 e della Direttiva EuP 2005/32/CE**

Tipologia di motori	Norma IEC 60034-30	EuP 2005/32/CE
Motori standard 2,4,6 Poli da 0,75 a 375 kW S1 IP1x a IP 6x	SI	SI
Motori standard con accessori (riduttore, encoder.....)	SI (misure senza accessori)	SI (misure senza accessori)
Motori alta temperatura per estrazioni fumi ≤ 400°C	SI	SI
Motori per riduttori	SI	SI
ATEX, motori autofrenanti 2,4,6 Poli Da 0,75 a 375 kW S1 IP4X, 5x, 6x	SI (misure senza accessori)	NO
Motori imbarcati per refrigerazione	SI	NO
Motori a servizio breve S2 o servizio intermittente S3, S4.....	NO	NO
Motori speciali per variatori (multi velocità,....)	NO	NO
Motori completamente integrati in altro prodotto che non possono essere testati separatamente	NO	NO

La norma non si applica ad esempio a motori:

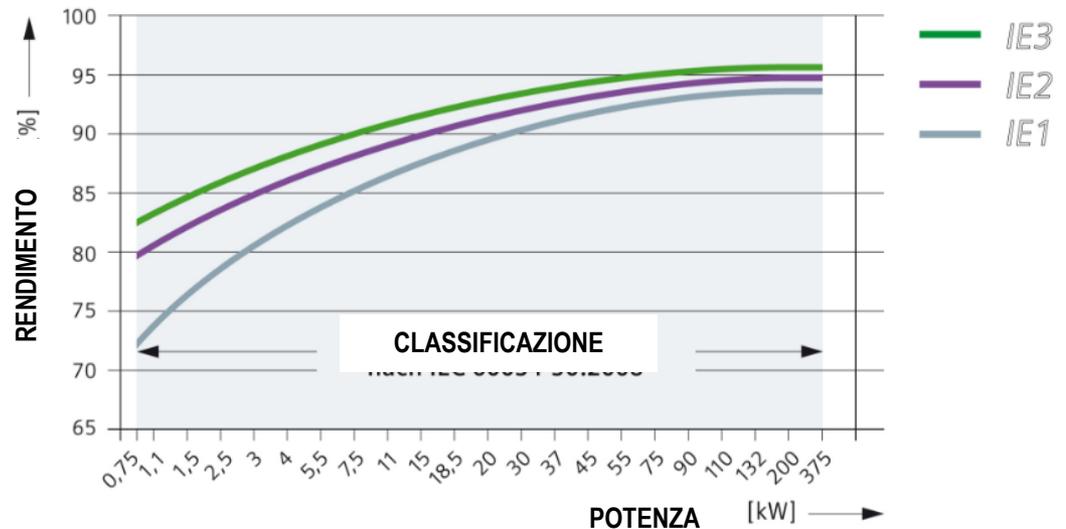
- Integrati con altre apparecchiature
- Motori autofrenanti
- Motori di sicurezza conformi alla direttiva ATEX

## Tabella dei valori di rendimento a 50 Hz

Pn in kW	Livello Rendimento ALTO IE2			Livello Rendimento PREMIUM IE3		
	2 poli	4 poli	6 poli	2 poli	4 poli	6 poli
0.75	77,4	79,6	75,9	80,7	82,5	78,9
1,1	79,6	81,4	78,1	82,7	84,1	81,0
1,5	81,3	82,8	79,8	84,2	85,3	82,5
2,2	83,2	84,3	81,8	85,9	86,7	84,3
3	84,6	85,5	83,3	87,1	87,7	85,6
4	85,8	86,6	84,6	88,1	88,6	86,8
5,5	87,0	87,7	86,0	89,2	89,6	88,0
7,5	88,1	88,7	87,2	90,1	90,4	89,1
11	89,4	89,8	88,7	91,2	91,4	90,3
15	90,3	90,6	89,7	91,9	92,1	91,2
18,5	90,9	91,2	90,4	92,4	92,6	91,7
22	91,3	91,6	90,9	92,7	93,0	92,2
30	92,0	92,3	91,7	93,3	93,6	92,9
37	92,5	92,7	92,2	93,7	93,9	93,3
45	92,9	93,1	92,7	94,0	94,2	93,7

Tabella con i valori di rendimento minimo richiesto con frequenza 50 Hz per classi di efficienza.

Diagramma con i valori di rendimento minimo richiesto a seconda della classe di efficienza.

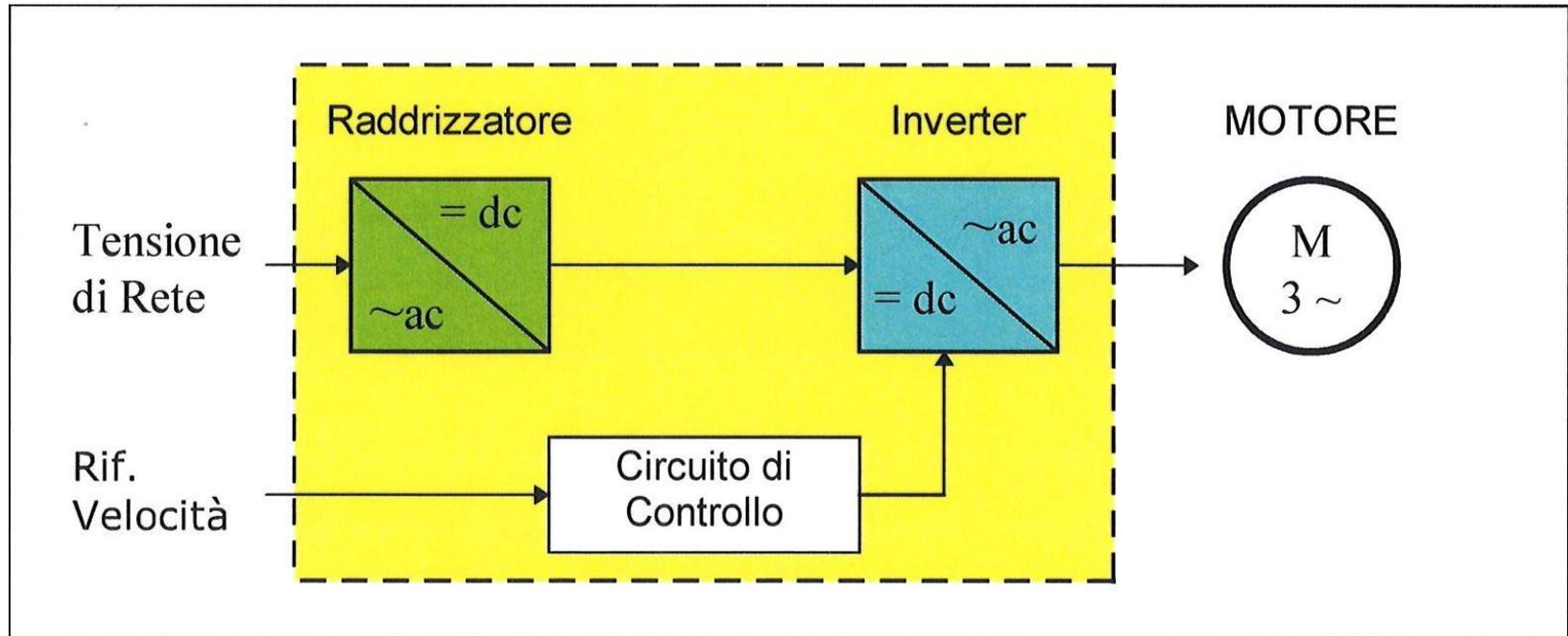


## INVERTER

La velocità di rotazione di un motore elettrico asincrono trifase dipende dalla frequenza della tensione di alimentazione e dal numero di poli secondo la relazione:

$$n = (2 \times f \times 60) / p$$

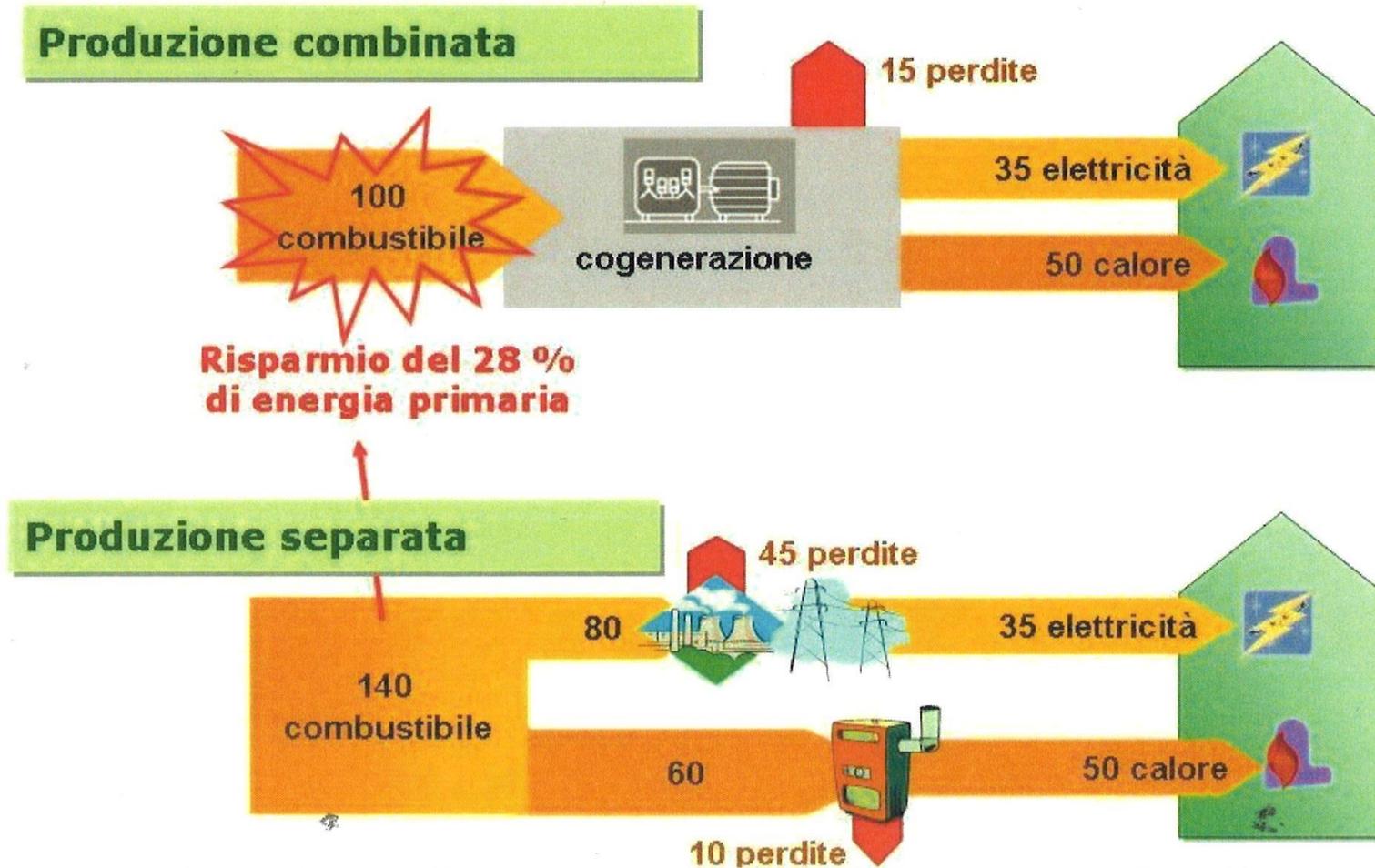
- $n$  = velocità di rotazione del motore rpm
- $f$  = frequenza Hz
- $p$  = numero di poli del motore



## COGENERAZIONE

La cogenerazione è la produzione combinata di energia elettrica e termica.

La cogenerazione è considerata una delle forme più efficaci di risparmio energetico.



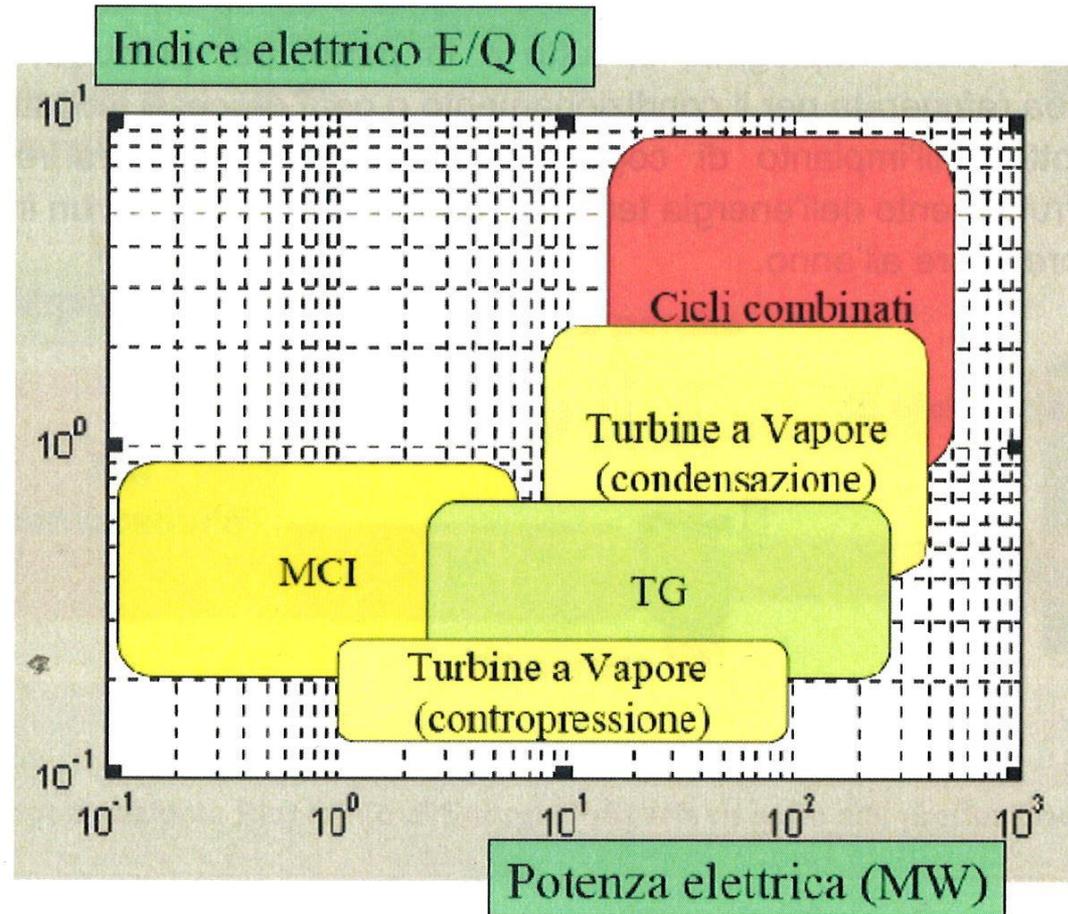
## COGENERAZIONE

### VANTAGGI DELLA COGENERAZIONE

- **risparmio economico** conseguente al minor consumo di combustibile;
- **riduzione dell'impatto ambientale**, conseguente sia alla riduzione delle emissioni sia al minor rilascio di calore residuo nell'ambiente (minore inquinamento atmosferico e minore inquinamento termico);
- **minori perdite di trasmissione e distribuzione** per il sistema elettrico nazionale, conseguenti alla localizzazione degli impianti in prossimità dei bacini di utenza o all'autoconsumo dell'energia prodotta;
- **la sostituzione di modalità di fornitura del calore meno efficienti e più inquinanti** (caldaie, sia per usi civili sia industriali, caratterizzate da più bassi livelli di efficienza, elevato impatto ambientale e scarsa flessibilità relativamente all'utilizzo di combustibili).

## COGENERAZIONE

Diagramma potenza elettrica – indice elettrico (rapporto tra energia elettrica e termica prodotte)



## COGENERAZIONE AD ALTO RENDIMENTO

La **Cogenerazione ad Alto Rendimento CAR** è la produzione combinata di energia elettrica e termica che rispetta precisi parametri in termini di risparmio energetico.

L'indice che definisce il risparmio di energia primaria è il **PES - Primary Energy Saving**: esprime il risparmio percentuale di energia primaria (combustibile) che si ottiene producendo energia elettrica e calore in cogenerazione rispetto alla produzione separata.

$$PES = \left( 1 - \frac{1}{\frac{CHPH_{\eta}}{RefH_{\eta}} + \frac{CHPE_{\eta}}{RefE_{\eta}}} \right) \times 100$$

$CHPH_{\eta}$  e  $CHPE_{\eta}$  sono i rendimenti termico ed elettrico dell'unità di cogenerazione

$RefH_{\eta}$  e  $RefE_{\eta}$  sono i rendimenti termico ed elettrico di riferimento per la produzione separata

**PES  $\geq 0,1$  (10%)** oppure **PES  $> 0$**  per unità con capacità di generazione  $< 1$  MWe.

## COGENERAZIONE AD ALTO RENDIMENTO

### Certificati Bianchi CAR

Il numero dei certificati rilasciati è commisurato al risparmio di energia primaria conseguito, secondo la seguente formula:

$$CB = RISP \times 0.086 \times K$$

K è un coefficiente di armonizzazione che dipende dalla potenza dell'impianto

Per ogni unità di cogenerazione e per ogni anno solare, il risparmio di energia primaria va calcolato utilizzando la seguente formula:

$$RISP = \frac{E_{CHP}}{\eta_{E RIF}} + \frac{H_{CHP}}{\eta_{T RIF}} - F_{CHP}$$

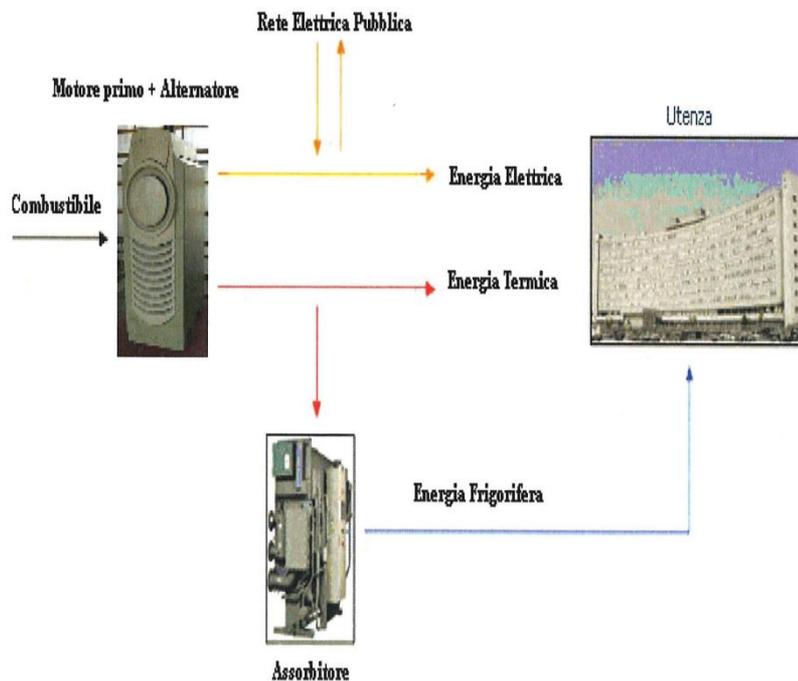
$E_{CHP}$  e  $H_{CHP}$  sono l'energia elettrica e termica prodotta in cogenerazione.

$F_{CHP}$  è l'energia del combustibile consumata per produrre in cogenerazione.

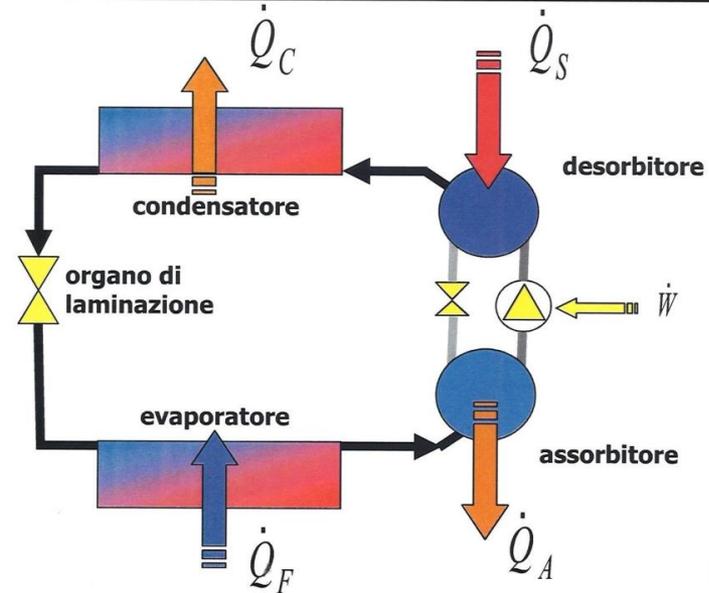
$\eta_{E RIF}$  e  $\eta_{T RIF}$  il rendimento di riferimento per la produzione elettrica e termica

## TRIGENERAZIONE

La **trigenerazione** è la produzione combinata di **energia elettrica, termica e frigorifera** (utilizzando parte dell'energia termica recuperata)



### Macchina frigorifera ad ASSORBIMENTO



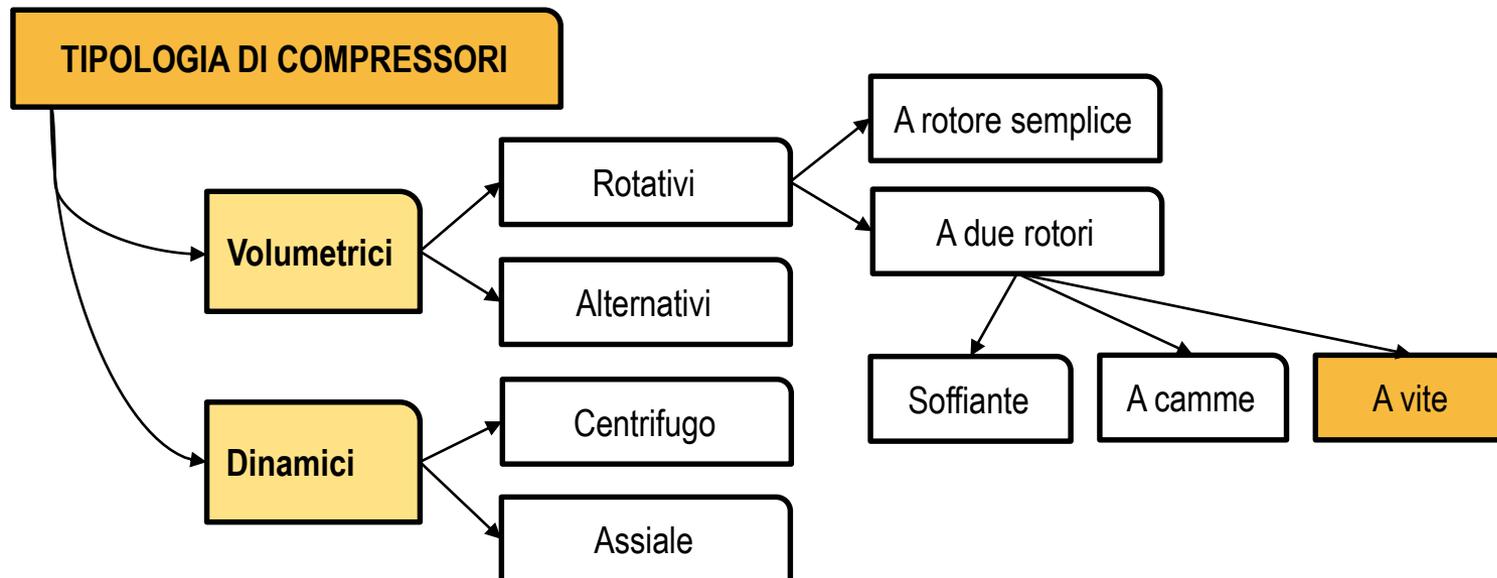
$$COP = \frac{\dot{Q}_F}{\dot{Q}_S}$$

La **quadrigenrazione** è il sistema di produzione congiunta di energia elettrica, termica e frigorifera e vapore.

## CASO PRATICO 1. COMPRESSORE ARIA

### APPLICAZIONI INDUSTRIALI TIPICHE

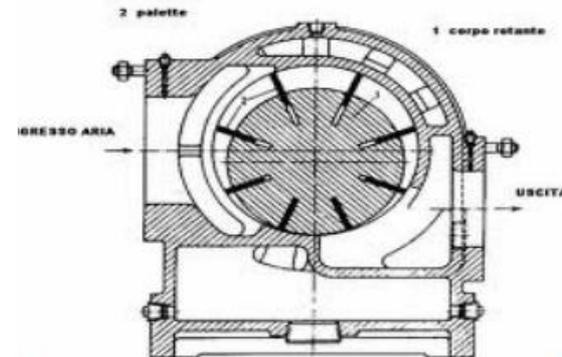
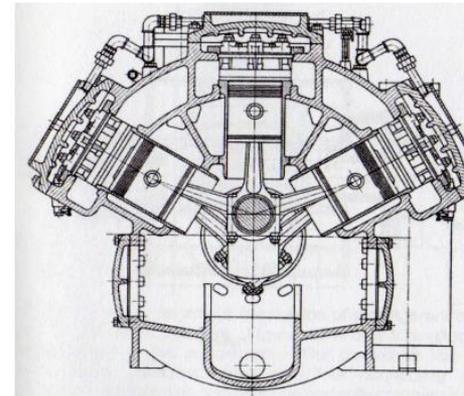
- *Settore Meccanico*
- *Settore chimico - petrolchimico*
- *Packaging alimentare*
- *Packaging farmaceutico*
- *Automotive*
- *...*



## CASO PRATICO 1. COMPRESSORE ARIA COMPRESSORI VOLUMETRICI

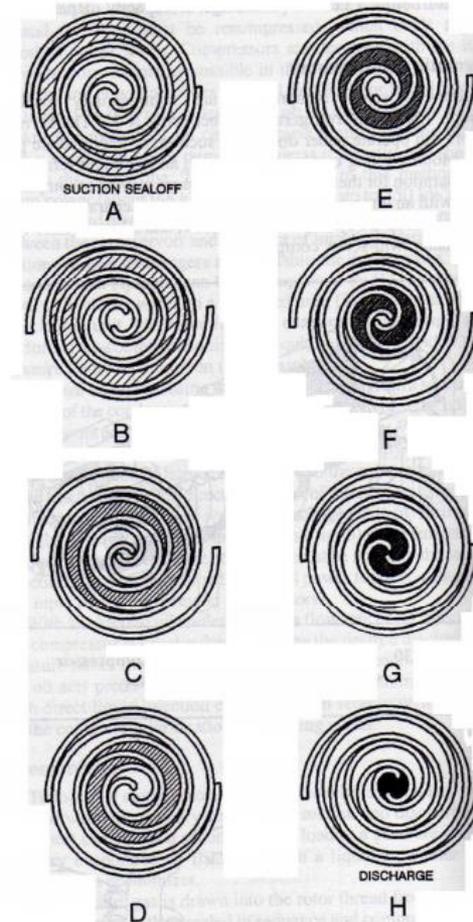
Il compressore volumetrico è una macchina che innalza la pressione di un gas mediante l'impiego di energia meccanica. Tali compressori hanno una portata direttamente proporzionale alla velocità di rotazione. I principali sono:

- **Alternativi o a pistoni:** la compressione è operata da un pistone in moto alternativo all'interno di un cilindro.
- **Compressori a palette:** un rotore di forma circolare ruota all'interno di una cavità a sezione circolare, avente asse parallelo a quello del rotore ma disassato. Si creano così camere a volume variabile, massimo lato aspirazione e minimo mandata, ottenendo così la compressione del gas.



## CASO PRATICO 1. COMPRESSORE ARIA COMPRESSORI VOLUMETRICI

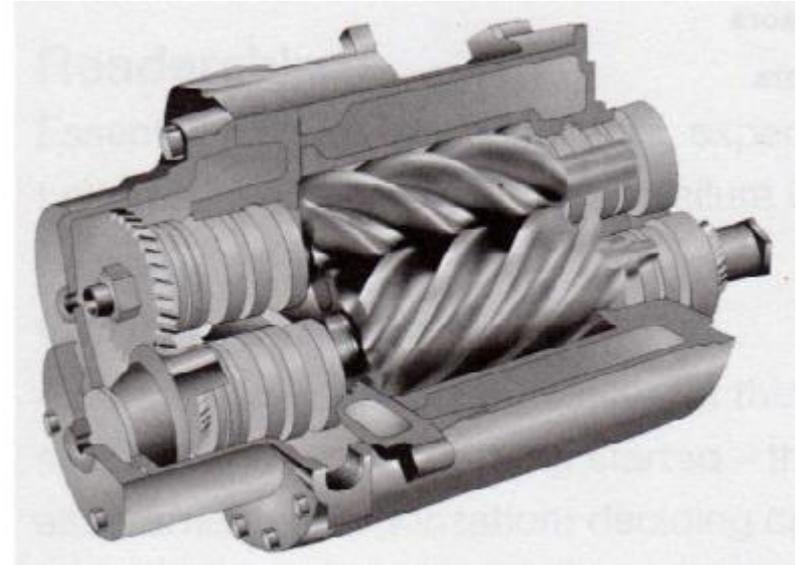
- **A scroll:** la compressione avviene grazie all'azione combinata di due spirali accoppiate tra loro. La prima rimane fissa mentre la seconda compie un movimento orbitale. Il gas rimane intrappolato in un volume che si riduce con la rotazione



Principio di funzionamento del compressore scroll

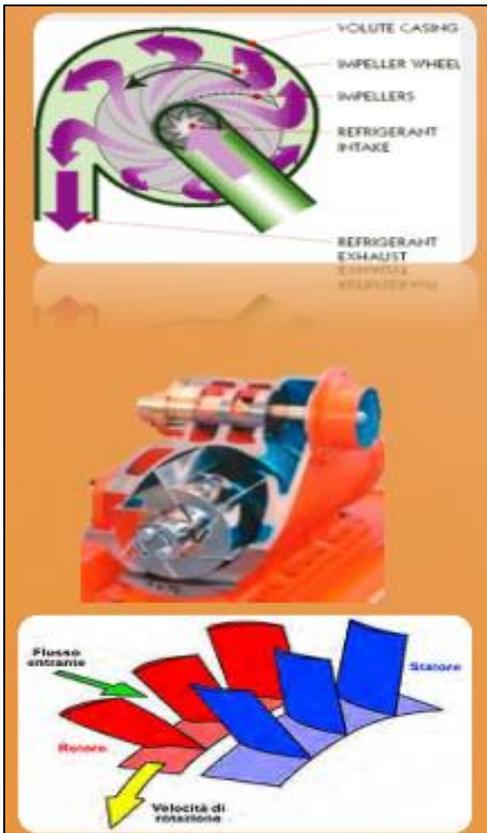
## CASO PRATICO 1. COMPRESSORE ARIA COMPRESSORI VOLUMETRICI

- **A vite:** il principio di funzionamento di un compressore a vite è dovuto a due viti a passo inverso e di diametro differente, che creano una cavità con il corpo del compressore che progressivamente si sposta dalla zona di aspirazione a quella di mandata, diminuendo il volume e comprimendo il gas.



## CASO PRATICO 1. COMPRESSORE ARIA

### COMPRESSORI DINAMICI



Il fluido viene compresso sfruttando l'energia cinetica impressa al gas. La compressione si ha per via della velocità che si riesce ad imprimere al corpo.

- **Compressori centrifughi:** il gas affluisce in una camera dove è presente una girante a palette che imprime velocità al gas, gas che viene spinto verso la ristretta uscita che ne causa l'aumento di pressione.
- **Compressori assiali:** la direzione del moto del gas è longitudinale. Un singolo stadio del compressore assiale (rotore-statore) può produrre solo un salto di pressione molto basso. Pertanto il compressore assiale è normalmente pluristadio.

## CASO PRATICO 1. COMPRESSORE ARIA

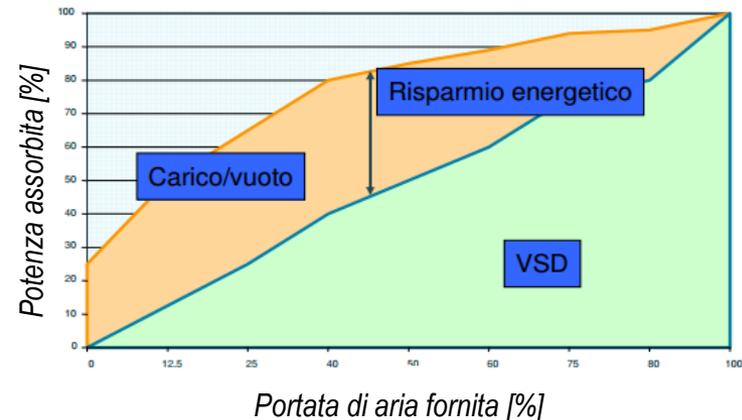
### EFFICIENTAMENTO DI UN COMPRESSORE

#### 1. COMPRESSORI

- **Variable Speed Driver (VSD) – Inverter**
- **Motore di ultima generazione**
- **Modalità di esercizio**
- **Componenti meccanici**



- Ottimizzazioni meccaniche (es. circuito lubrificazione)
- Riduzione delle perdite per funzionamento a vuoto;
- Eliminazione delle perdite nelle fasi transitorie di vuoto/carico;
- Riduzione dei picchi di corrente.



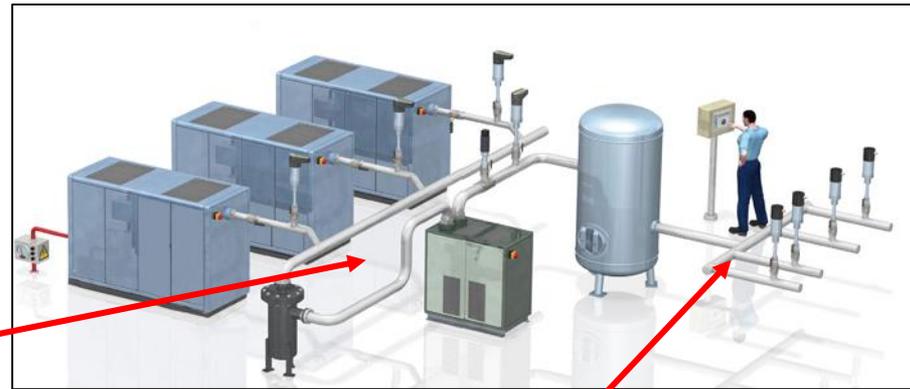
*Funzionamento a vuoto: quando non c'è richiesta d'aria, si fa funzionare il compressore a vuoto. Dopodiché, se la richiesta si rinnova il compressore inizia nuovamente a lavorare. La potenza assorbita da motore con funzionamento a vuoto è quella corrispondente ad un coefficiente di carico molto basso.*

## CASO PRATICO 1. COMPRESSORE ARIA

### ALTRE TIPOLOGIE DI EFFICIENTAMENTO RIGUARDO I COMPRESSORI

#### 2. INTERVENTI SULLA RETE DI DISTRIBUZIONE

- Eliminazioni delle perdite e/o giunti non a tenuta; (a 6 bar un foro di un mm comporta una perdita di portata in volume di circa 1 l/sec, equivalente ad una potenza di 0,3 kW).



#### 3. INTERVENTI SUGLI UTILIZZATORI

- Verifica dei livelli di pressione dell'aria;
- Settaggi e modulazione della pressione richiesta.
- Eliminazione degli usi impropri;

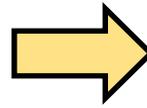
## CASO PRATICO 1. COMPRESSORE ARIA

...un caso di buon investimento...

### Situazione pre intervento

**Sala compressori - configurazione:** la centrale compressori è costituita da 2 compressori di potenza e classe di efficienza differente.

**Modalità di funzionamento:** inizialmente lavora il compressore più piccolo; a saturazione del compressore piccolo subentra il compressore più grande (a seconda della richiesta il CP più piccolo si spegne o resta acceso).



### Situazione post intervento

**Sala compressori - configurazione:** la centrale è costituita da 2 compressori di uguale potenza, classe di efficienza e dotati di inverter.

**Modalità di funzionamento:** inizialmente lavora un compressore, modulando la richiesta d'aria grazie all'inverter. A saturazione, subentra anche il secondo compressore e la richiesta d'aria viene suddivisa equamente.



**RISPARMI ENERGETICI** circa 33%

- Motore ad alta efficienza
- Componenti meccanici



**INVERTER**

Modulano in base alla  
richiesta d'aria



**POSSIBILITA'  
RISCHIESTA  
INCENTIVI**

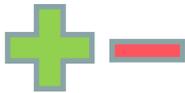
## CASO PRATICO 1. COMPRESSORE ARIA

...un caso di un investimento sprecato...

In una sala compressori di una azienda è stato installato un nuovo compressore ad alta efficienza e dotato di inverter.

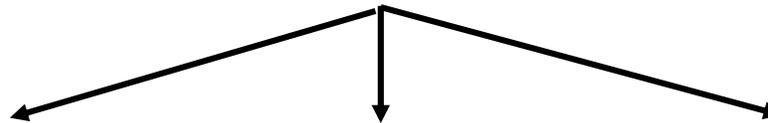
Per esigenze produttive si è deciso di spegnere completamente due compressori di piccola taglia e fare funzionare a pieno carico il nuovo compressore.

Questo ha comportato una riduzione dei consumi (dovuti all'alta efficienza del nuovo compressore), corrispondente ad un risparmio in bolletta. Ma non è la configurazione ottimale, dal momento che non si sfruttano le caratteristiche dell'inverter.



**RISPARMI ENERGETICI** << 33%

- Motore ad alta efficienza
- Componenti meccanici

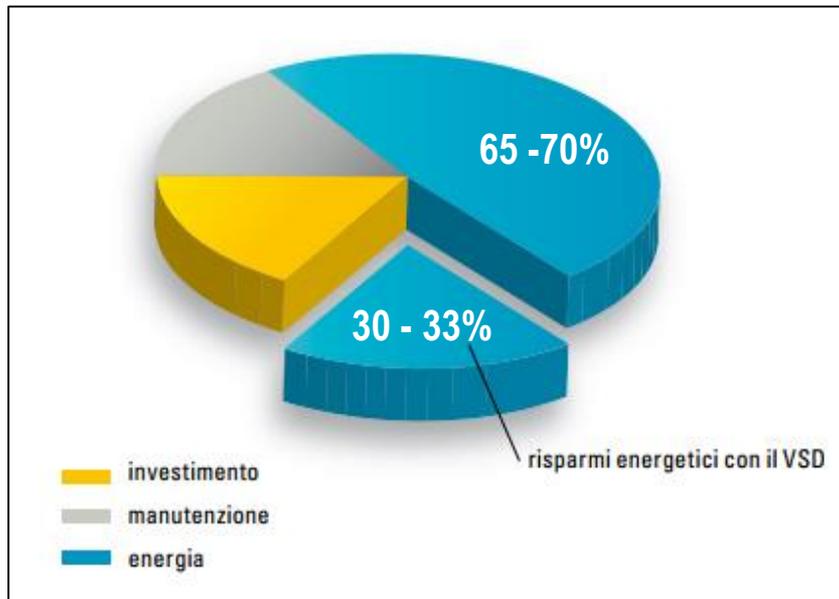


**INVERTER NON  
VIENE SFRUTTATO**

**NO  
INCENTIVI**

## CASO PRATICO 1. COMPRESSORE ARIA

### INCIDENZA DEL COSTO ENERGETICO DI UN COMPRESSORE



Fonte: **Atlas Copco** – Compressore rotativo a vite oil free con VSD

### TECNOLOGIA: COMPRESSORE ROTATIVO A VITE PER LA PRODUZIONE DI ARIA COMPRESSA

L'installazione di un compressore aria di ultima generazione è in grado di ridurre fino al 33% i costi di esercizio del macchinario per merito dei accorgimenti costruttivi particolarmente efficienti.

La percentuale di incidenza dell'energia elettrica sui costi tende ad aumentare con la taglia (potenza) dei compressori.

## CASO PRATICO 2. GENERATORE DI VAPORE (caldaia a tubi di fumo)

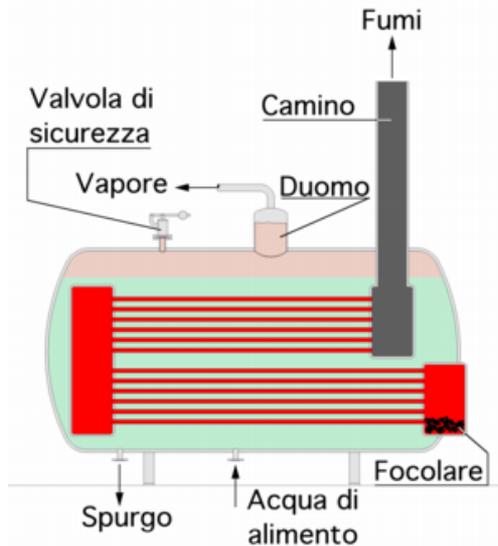
Un generatore di vapore è una macchina che permette di trasferire al **fluido termovettore** (acqua/vapore) il calore prodotto dalla combustione.

### Fluidi termovettori tipici:

- Acqua (calda, surriscaldata)
- Vapore (satturo, surriscaldato)
- Acqua refrigerata
- Fluidi refrigeranti
- Olio diatermico

➤ **Caldaie a tubi di acqua**

➤ **Caldaie a tubi di fumo**



*Caldaia a tubi di fumo*

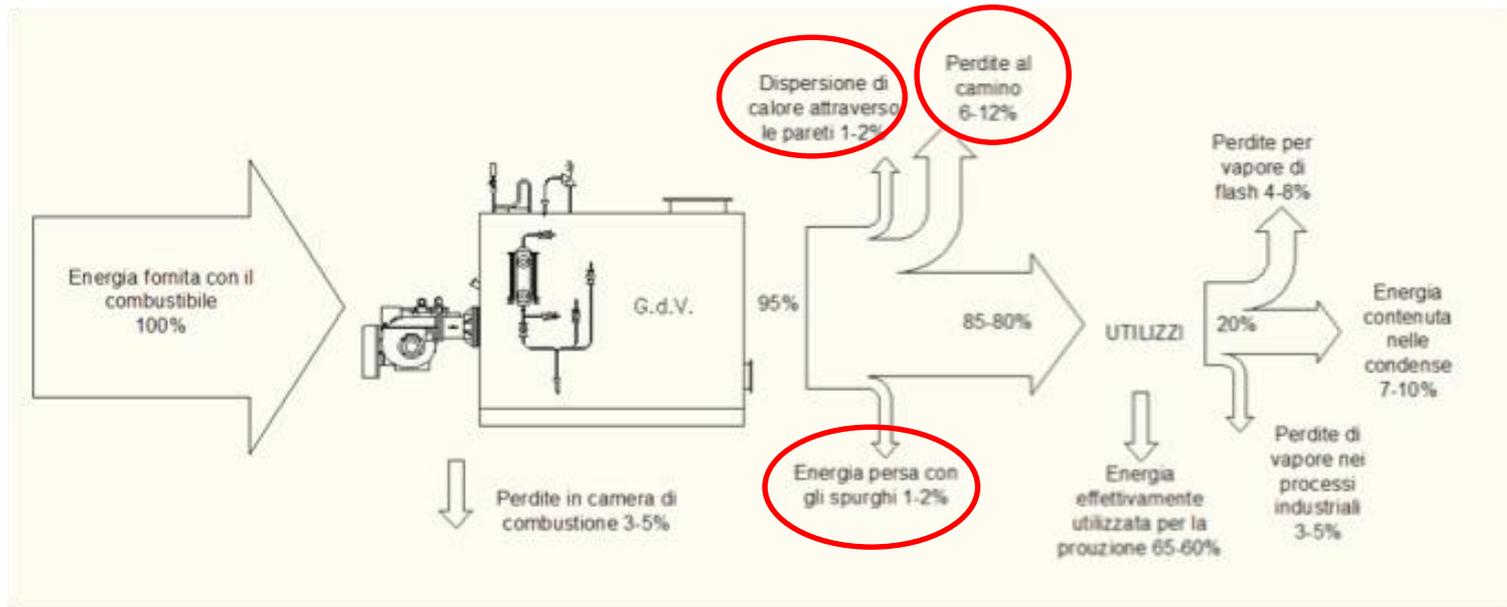
### PREGI

- ✓ Grandi volumi di acqua – produzione di vapore
- ✓ Semplicità di conduzione
- ✓ Economicità costruttiva

### DIFETTI

- ✓ Bassa pressione di esercizio (per contenere gli spessori del corpo cilindrico)
- ✓ Lentezza in regolazione (a causa dei grandi volumi)

## CASO PRATICO 2. GENERATORE DI VAPORE RENDIMENTO DI UN GENERATORE



Il **rendimento di un generatore di vapore** è dato dal rapporto tra l'energia utile erogata dal sistema di produzione per il riscaldamento del fluido termovettore e l'energia primaria spesa (combustibile metano).

$$\eta = \frac{kg_{vapore} [kg] \times entalpia_{vapore} \left[ \frac{kJ}{kg} \right]}{PCI_{CH_4} \left[ \frac{kJ}{Sm^3} \right] \times Sm^3_{CH_4} [Sm^3]}$$

## CASO PRATICO 2. GENERATORE DI VAPORE

### EFFICIENTAMENTI

#### PERDITE DI EFFICIENZA - GENERATORE

- ✓ Deperimento isolamento termico;
- ✓ Qualità del fluido termovettore (alghe, calcare, etc.).



#### GDV DI NUOVA GENERAZIONE

- Ottimizzazione delle superfici di scambio termico
- Eliminazione delle perdite di calore per irraggiamento
- Controllo elettronico del rapporto aria/combustibile

$$\eta \cong 95 - 96\%$$

#### PERDITE DI EFFICIENZA - SISTEMA

- ✓ Sistemi di distribuzione, isolamenti coibentazioni, etc.
- ✓ Qualità del fluido termovettore (alghe, calcare, etc.).



#### ALTRI INTERVENTI

- RIEVAPORATORE (Recupero degli spurghi)
- COIBENTAZIONE DELLA RETE DI DISTRIBUZIONE

## CASO PRATICO 2. GENERATORE DI VAPORE

### RIEVAPORATORE

#### SCARICATORE DI SPURGHII

##### Perche?

- Mantenere una bassa concentrazione dei solidi disciolti (TDS)
- Evitare la formazione di depositi incrostanti sulle superfici di scambio termico
- Evitare la formazione di schiume e bolle a basso peso specifico che vengono trascinate verso la rete di distribuzione
- Evitare che il vapore in uscita risulti umido (presenza di acqua allo stato liquido)



Riduzione del rendimento del GDV



Lo scarico possiede un elevato contenuto termico!

Convogliando gli spurghi (liquidi) a 105 °C e 0,5 bar ca al rievaporatore tramite una valvola di scarico si ottiene, a spese di una riduzione di pressione 0,3 bar, nuovo vapore corrispondente a circa il 14% della portata dell'acqua di spurgo. Il vapore può essere utilizzato per:

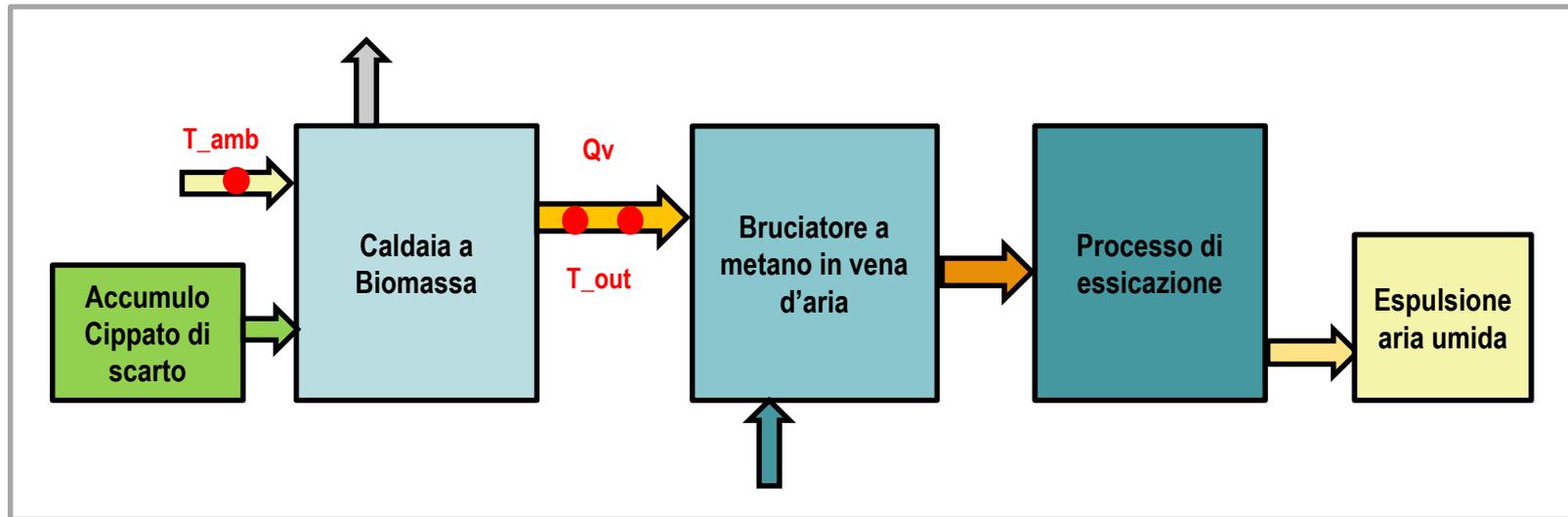
- Preriscaldamento dell'aria comburente;
- Preriscaldamento dell'acqua in ingresso



**RISPARMIO DI METANO**

# CASO PRATICO 3.

## PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA DA SCARTO DI PROCESSO



● Punti di misura

$T_{amb}$  [°C] → sonda di temperatura in ingresso

$T_{out}$  [°C] → sonda di temperatura uscita dal preriscaldamento

$Q_v$  [m<sup>3</sup>/h] → portata dei fumi che viene inviata al processo di essiccazione

→ Flusso di aria ambiente

→ Flusso di Cippato

→ Flusso di fumi

→ Flusso d'aria per essiccazione

→ Flusso di metano

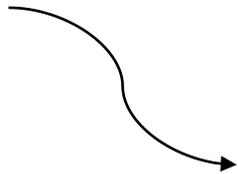
## **CASO PRATICO 3.**

### **PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA DA SCARTO DI PROCESSO**

In uno stabilimento viene installata una **caldaia a biomassa** lungo la linea di essiccazione del prodotto finito (pellets e sottoprodotti del legno), alimentata da cippato di scarto del processo produttivo.

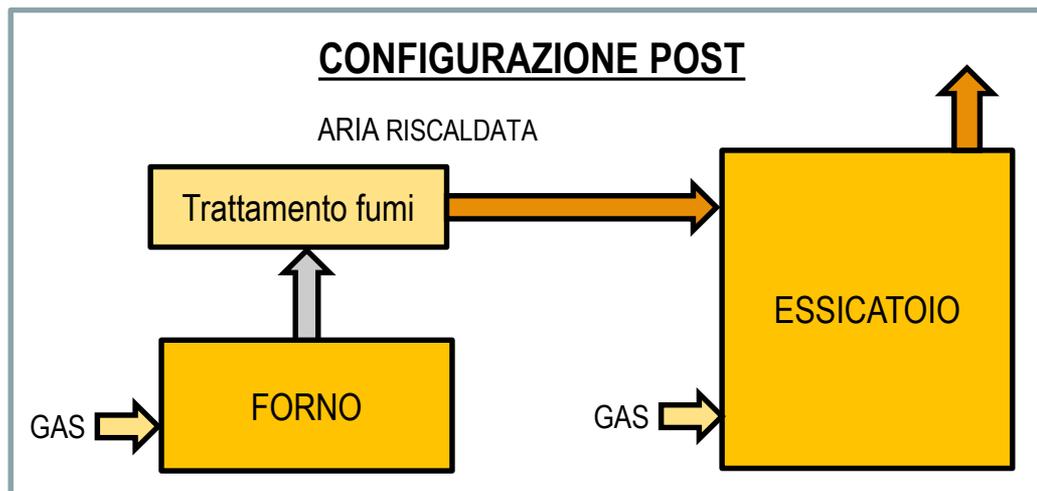
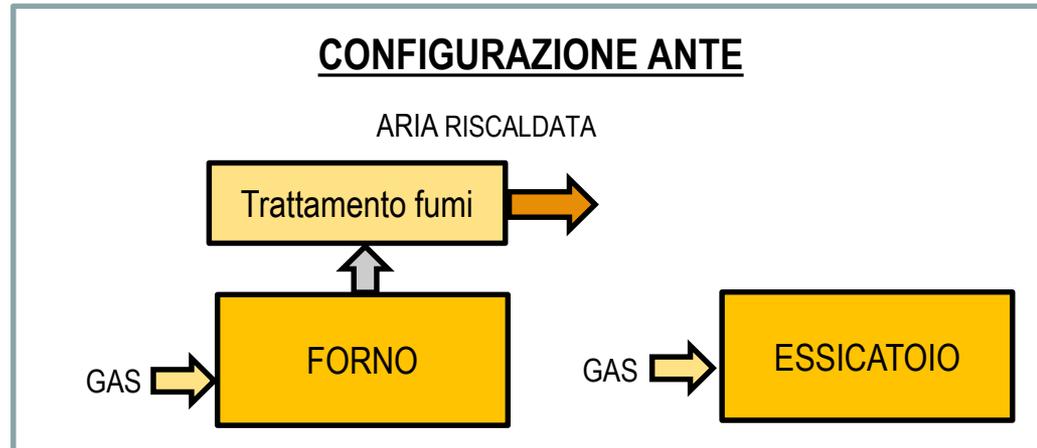
In precedenza l'apporto termico necessario all'essiccazione dei semilavorati era fornito interamente dal bruciatore a metano. La caldaia a biomassa è stata introdotta a monte del bruciatore **per integrare l'apporto termico da fornire al processo**. I gas combusti non sono immessi direttamente in essiccatoio per non alterare la qualità del prodotto finito.

La caldaia a biomassa a regime produce 4.000 MWh/anno in energia termica utile, equivalente ad un risparmio complessivo di circa 340 tep/anno di gas metano.



- RECUPERO DI MATERIA (SCARTO PROCESSO)
- RISPARMIO DI ENERGIA TERMICA

## CASO PRATICO 4. RECUPERO DI ENERGIA TERMICA DA PROCESSO PRODUTTIVO



## **CASO PRATICO 4. RECUPERO DI ENERGIA TERMICA DA PROCESSO PRODUTTIVO**

I fumi espulsi dal forno vengono trattati prima di essere emessi in atmosfera ed hanno ancora un elevato contenuto energetico dato dalla temperatura.

A seconda della qualità dei fumi di scarico, della temperatura e del processo produttivo è possibile recuperare calore (energia termica) tramite:

- ✓ Scambiatori di calore (fumo – aria) per preriscaldare l'aria utilizzata nell'essicatoio (esempio riportato in figura);
- ✓ Scambiatore di calore (fumo – aria) per preriscaldare l'aria di combustione del forno.

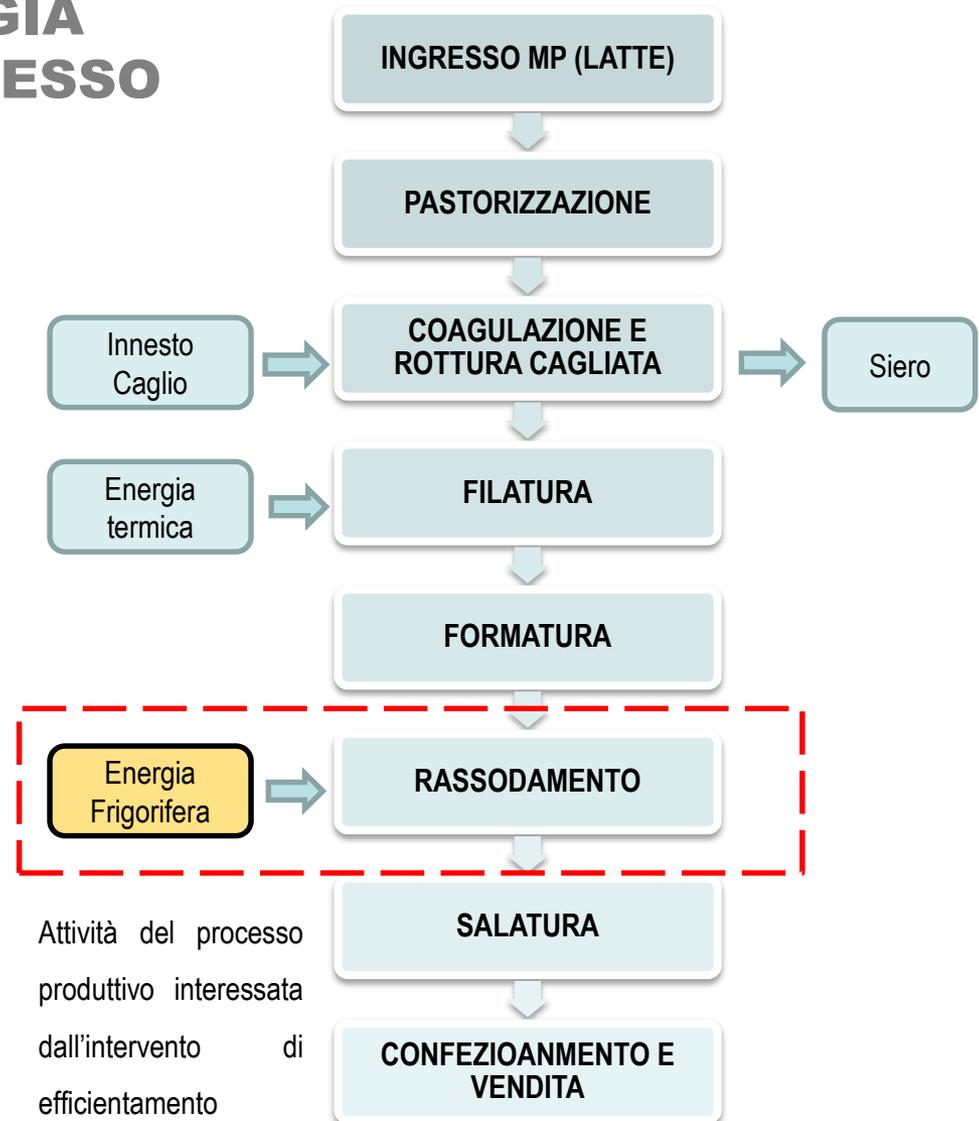
In entrambi i casi il recupero termico serve a **integrare l'apporto termico da fornire al processo (non lo sostituisce completamente)** e determina una riduzione del consumo di metano necessario.

## CASO PRATICO 5. RECUPERO DI ENERGIA FRIGORIFERA DA PROCESSO PRODUTTIVO

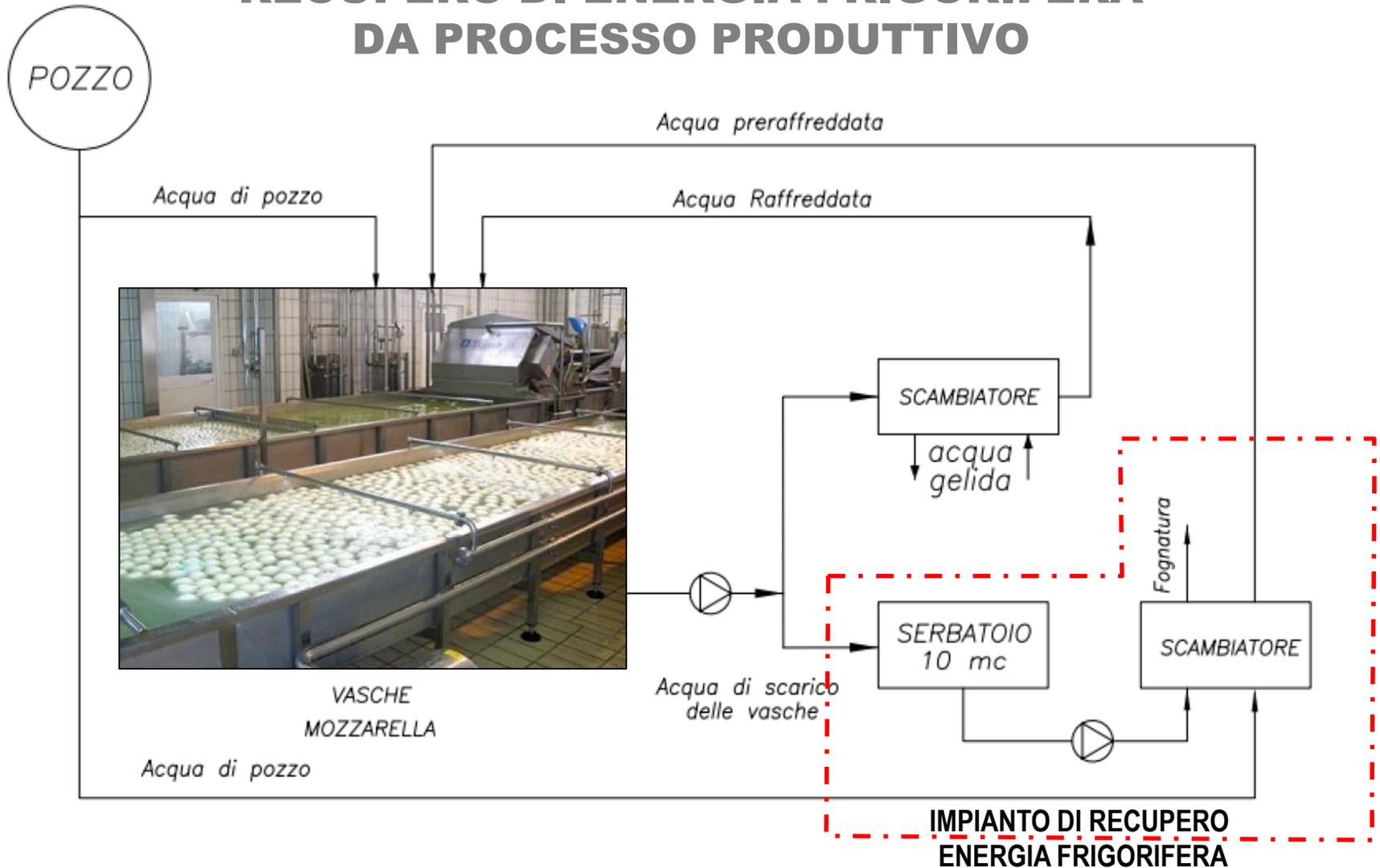
### DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'obiettivo del progetto è quello di recuperare energia frigorifera contenuta nell'**acqua di scarico** (acqua gelida a 4-5°C) delle **vasche di rassodamento** nel **processo di produzione delle mozzarelle**. L'acqua di scarico viene convogliata in un serbatoio di nuova installazione per preraffreddare, mediante scambiatore a piastre, l'acqua di rabbocco alle vasche, portandola da 14-15°C (temperatura dell'acqua di pozzo) a 10-11°C.

DIAGRAMMA DI FLUSSO:  
Produzione di mozzarella



## CASO PRATICO 5. RECUPERO DI ENERGIA FRIGORIFERA DA PROCESSO PRODUTTIVO



## CASO PRATICO 5. RECUPERO DI ENERGIA FRIGORIFERA DA PROCESSO PRODUTTIVO

Il nuovo **impianto di recupero** è composto da:

- Un **serbatoio di accumulo** per la raccolta dell'acqua di scarico
- Uno **scambiatore a piastre** per raffreddare l'acqua di rabbocco alle vasche
- Una **pompa** per la circolazione dell'acqua di scarico
- Tubazioni e valvole per la movimentazione dell'acqua di scarico e dell'acqua di rabbocco

L'energia frigorifera recuperata comporta un risparmio di energia elettrica (necessaria per il funzionamento della centrale frigorifera a monte). L'energia frigorifera recuperata è calcolabile come:

$$E. \text{Frigor. recup.} [kWhf] = \frac{(T_{in \text{ aqua rabb.}} - T_{out \text{ aqua rabb.}}) \times Q_v \times C_{sp} \times P_{sp} \times h}{860}$$

$$C_{sp} = \text{calore specifico acqua} \left[ \frac{kcal}{kg^{\circ}C} \right]$$

$$P_{sp} = \text{peso specifico acqua} \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

$$Q_v = \text{portata acqua} \left[ \frac{m^3}{h} \right]$$

$$h = \text{ore funzionamento dell'impianto} [h]$$

## **CASO PRATICO 6.**

# **MODIFICA DEL PROCESSO PRODUTTIVO**

### **DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO**

L'intervento consiste nella modifica **della modalità di produzione della ricotta**, passando dal metodo per **flocculazione in vasche** a metodo per **ultrafiltrazione**. A seguito delle modifiche del processo produttivo ci si aspetta di avere:

- Una riduzione significativa dei consumi di metano (l'ultrafiltrazione avviene a T del siero intorno ai 20°C, la flocculazione intorno ai 90 °C);

E per contro:

- Un aumento dei consumi elettrici (per il funzionamento del nuovo impianto di ultrafiltrazione e per la necessità di energia frigorifera);

Il **bilancio energetico finale**, a parità di qualità e quantità di produzione annuale, prevede

- ✓ Una riduzione complessiva delle tep consumate;
- ✓ Un aumento del rendimento di produzione a parità di siero utilizzato (+3/4 %).

## CASO PRATICO 6. MODIFICA DEL PROCESSO PRODUTTIVO

DIAGRAMMA DI FLUSSO - FLOCCULAZIONE

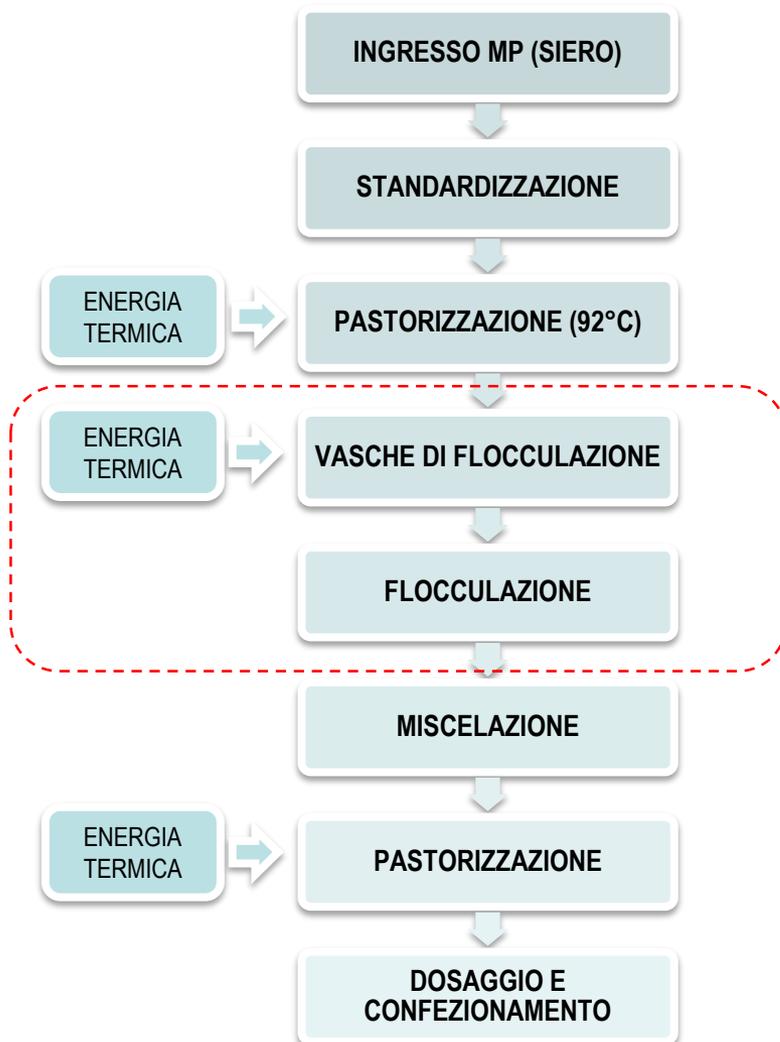
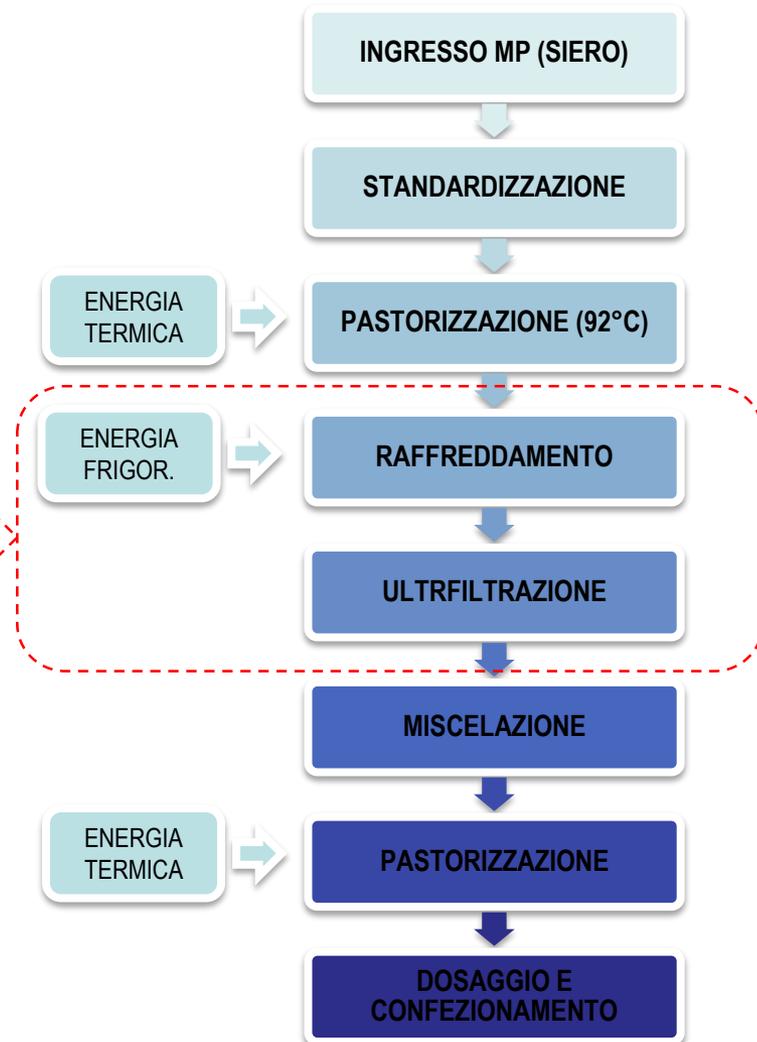


DIAGRAMMA DI FLUSSO - ULTRAFILTRAZIONE



## CASO PRATICO 6. MODIFICA DEL PROCESSO PRODUTTIVO

### FLOCCULAZIONE – SITUAZIONE IMPIANTISTICA ANTECEDENTE



Il siero pastorizzato a **92°C** viene inviato in vasche aperte dove avviene il processo di acidificazione con aggiunta di acido lattico e il successivo affioramento della ricotta per flocculazione.

Riempimento in  
vasche di  
affioramento

Miscelazione e  
acidificazione

Affioramento

Palatura

Scarico scotta

Sgrondo in  
tramoggia

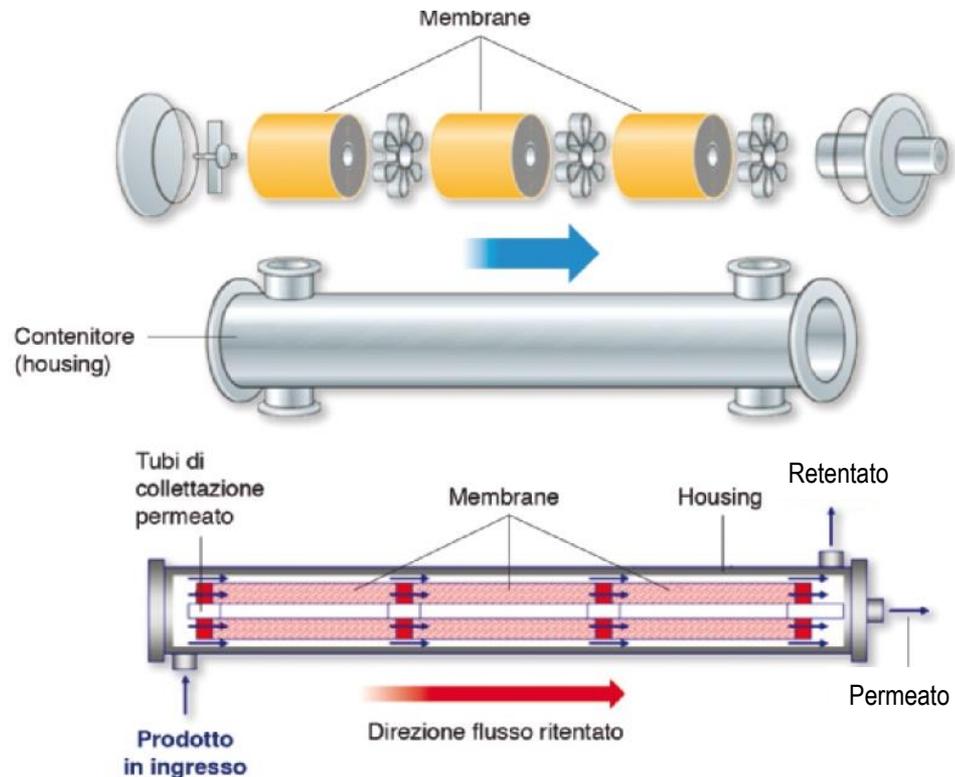
Scarico ricotta  
grezza

## CASO PRATICO 6. MODIFICA DEL PROCESSO PRODUTTIVO

### ULTRAFILTRAZIONE – SITUAZIONE IMPIANTISTICA POST

Il siero raffreddato (18-20°C) viene sottoposto ad una filtrazione a più stadi (in serie) dalla quale derivano:

- **Retentato** (circa 4% del siero in ingresso), semiprodotto che diventerà ricotta.
- **Permeato**, che costituisce lo scarto di processo del siero.

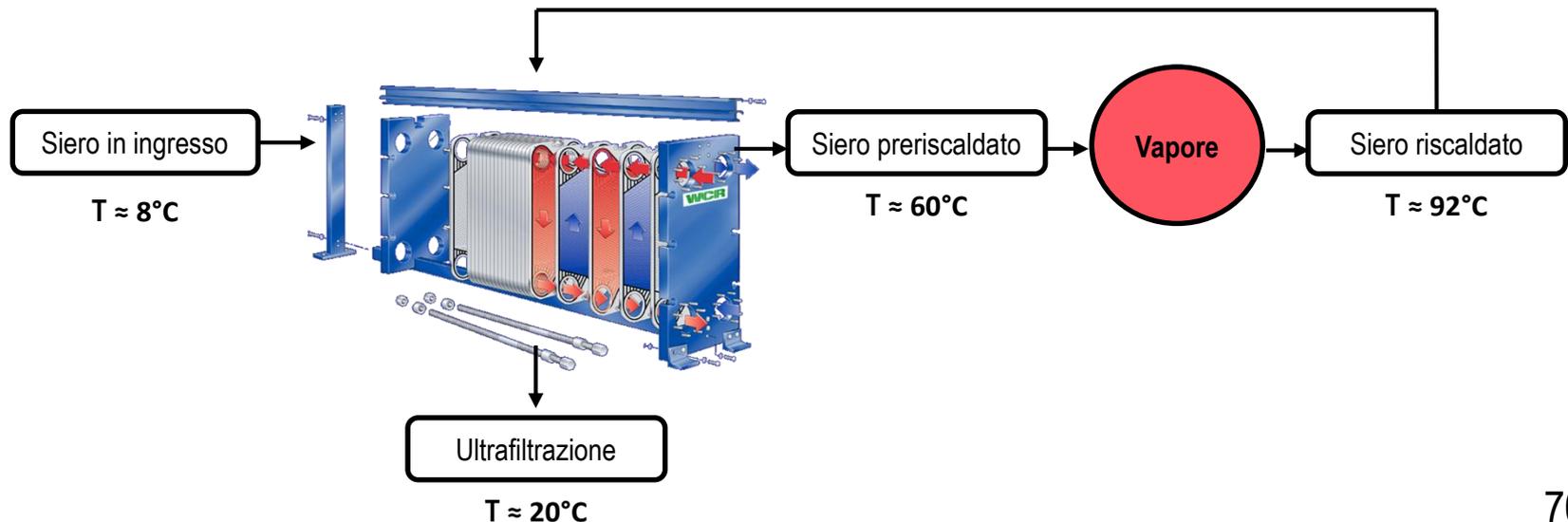


## CASO PRATICO 6. MODIFICA DEL PROCESSO PRODUTTIVO

### SCAMBIATORE PRE-RISCALDAMENTO

Un ulteriore efficientamento del processo è costituito dall'installazione di uno scambiatore di calore con doppia funzione: pre-riscaldare il siero in ingresso (da 8 a 60°C circa) e raffreddare lo stesso siero in uscita (da 92 a 20°C circa) e diretto all'impianto di ultrafiltrazione.

- La pastorizzazione è una fase di processo non eliminabile;
- Il preriscaldamento mediante scambiatore integra l'apporto di energia termica fornita da vapore;
- Il raffreddamento mediante scambiatore comporta un risparmio di energia frigorifera (energia elettrica).



## CASO PRATICO 6. MODIFICA DEL PROCESSO PRODUTTIVO

### STIMA DI RISPARMIO

SITUAZIONE ANTE		RISCALDAMENTO (h)	VASCHE (h)	2° TRATT. TERMICO (h)	TOT ORARIO	TOT ANNUO	tep/anno
E.TERMICA	[Smc]	230	98	19	347	2.435.088	2.009
E.FRIGO	[kWh]	-	-	-	0	-	-
E.ELETTRICA	[kWh]	-	75	-	75	526.316	98
							2.107
SITUAZIONE POST		RISCALDAMENTO (h)	ULTRAFILTRAZIONE (h)	2° TRATT. TERMICO (h)	TOT ORARIO	TOT ANNUO	tep/anno
E.TERMICA	[Smc]	190	-	54	244	1.626.667	1.342
E.FRIGO	[kWh]	37	-	-	37	246.667	46
E.ELETTRICA	[kWh]	-	250	-	250	1.666.667	312
							1.700

		Ante	Post
Produzione annua	[kg/anno]	20.000.000	
Rendimento	[kg/h]	2.850	3.000
Ore lavorate	[h/anno]	7.018	6.667

Il layout con ultrafiltrazione permette un risparmio annuo di circa **400 tep**, a parità di produzione annua (kg di ricotta prodotta).

## MISURATORI

### MISURA DELL'EFFICIENTAMENTO / DEL RISPARMIO ENERGETICO

*La seconda condizione per ottenere un 'risparmio energetico' è che il risparmio deve essere misurabile allo scopo di verificare il raggiungimento o meno di un dato obiettivo.*

#### **OBIETTIVI**

- Conoscenza dei consumi aziendali → Obblighi normativi (Diagnosi energetica – Energy Manager...)
- Attribuzione dei costi singoli reparti → Gestione e controllo dei consumi, del processo e dei costi.
- Rendicontazione per incentivi → Raccolta dati obbligatoria (es. TEE, SSP, RD, etc.)

#### **POSSIBILI FATTORI CRITICI**

- Costo
- Taratura / manutenzione
- Lettura

## MISURATORI

### TIPOLOGIA DELLA MISURA

MISURA «DIRETTA»

MISURA «INDIRETTA»

#### Misura dell'energia elettrica [kWh]

Un contatore di questo tipo è in grado di monitorare e rendicontare: energia attiva, tensioni, correnti, potenza attiva, reattiva, fattore di potenza e altro ancora.



#### Misura dell'energia frigorifera [kWhf]

La misura dell'energia si ottiene mediante l'utilizzo di più misuratori «diretti» e il calcolo a posteriori della misura richiesta.



- ✓ Sonde di temperatura
- ✓ Misura di portata
- ✓ Misura del tempo

$$E. \text{Frigor. [kWhf]} = \frac{(T_{in} - T_{out}) \times Q_v \times C_{sp} \times P_{sp} \times h}{860}$$

## SCELTA DEL MISURATORE



### MISURATORE DI PORTATA VORTEX

Il misuratore si basa sul principio di investire un corpo, sagomato ad hoc, con il fluido/vapore per creare un treno di vortici la cui frequenza è proporzionale alla velocità del fluido. Un cristallo piezoelettrico converte i vortici in un segnale elettrico. Nota la velocità e la sezione della tubazione, si determina la portata del fluido.

**I fattori che influiscono sulla scelta della tipologia del misuratore ottimale per una data funzione sono molteplici. Può essere una scelta complessa.**

Nel caso del vapore, ad esempio, occorre considerare

- Proprietà fisiche del vapore (temp., densità e pressione);
- Variazioni di carico;
- Portata e Turndown (Portata Max / portata Min)
- Perturbazioni del flusso in presenza di:
  - Valvole
  - Accessori
  - Cambio di sezioni
  - Curve, ...

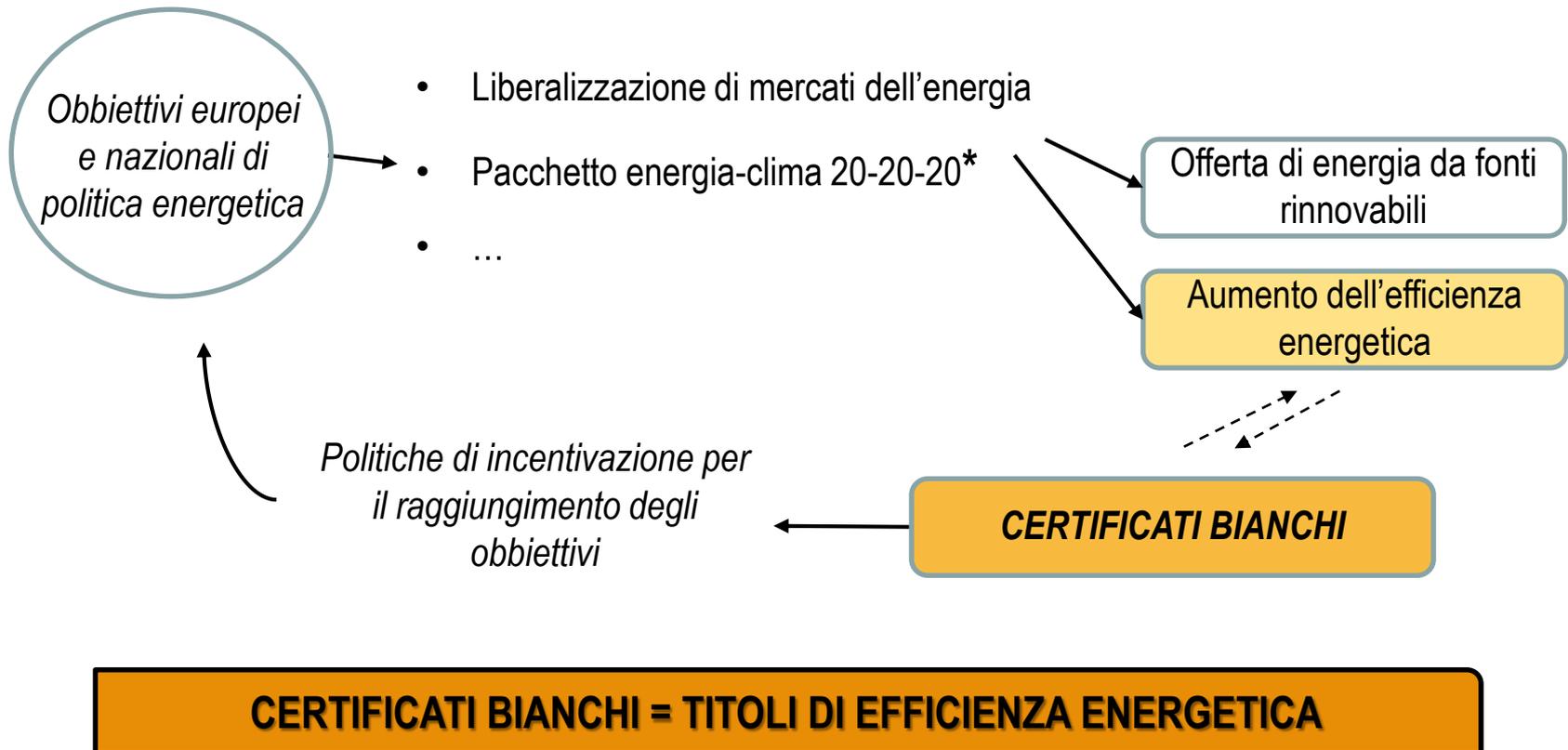
## TIPOLOGIE DI MISURATORI DI PORTATA VAPORE

Tabella: Misuratori utilizzati per la portata di vapore a confronto

Tipo di misuratore di portata	Vapore surriscaldato?	Vapore saturo?	Vapore umido?	Rapporto turndown*	Precisione*	Costo
Orifizio calibrato	Si	Si	Si	4:1	3%	Basso
A turbina	Si	No	No	10:1	0.5%	Basso
SILVA	Si	Si	Si	100:1	1%	Medio
TVA	Si	Si	Si	50:1	2%	Medio
Vortex	Si	Si	No	12:1	2%	Medio
Tubi di Pitot	Si	Si	No	4:1	5%	Basso
Ad ultrasuoni	Si	Si	Si	20:1	2%	Alto
Coriolis	Si	No	No	50:1 / 100:1	0.1 – 1%	Alto

## CERTIFICATI BIANCHI

### INTRODUZIONE AL MECCANISMO DEI CERTIFICATI BIANCHI



\* Il Consiglio Europeo nel 2014 ha approvato i nuovi obiettivi clima-energia al 2030 (40-27-27): -40% emissioni di gas effetto serra; +27% di energie rinnovabili e +27% di efficienza energetica.

## I CERTIFICATI BIANCHI

### PRINCIPIO DI ADDIZIONALITA'

Il sistema dei certificati bianchi promuove la realizzazione di interventi di efficienza energetica che producano **risparmi** ottenuti **tramite un incremento intrinseco di efficienza energetica**. Secondo la definizione fornita dalle Linee Guida (Delibera 9/11 AEEG) è addizionale il risparmio

***“depurato dei risparmi energetici non addizionali, cioè di quei risparmi energetici che si stima si sarebbero comunque verificati, anche in assenza di un intervento o di un progetto, per effetto dell'evoluzione tecnologica, normativa e del mercato”.***

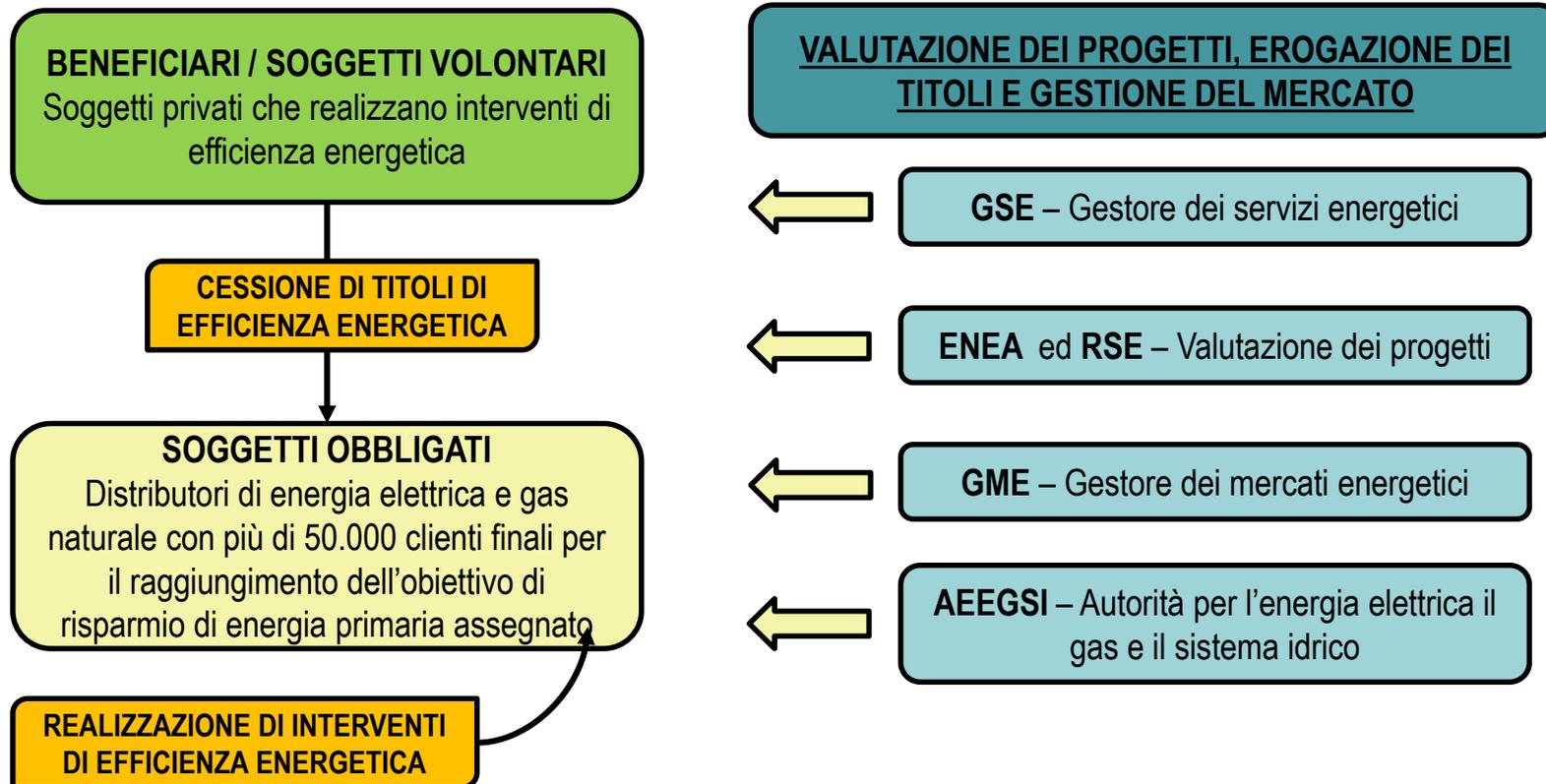
In pratica **viene premiato solo il delta di risparmio addizionale rispetto alle tecnologie medie del settore di riferimento.**

Dunque Addizionalità rispetto all'evoluzione: **TENCOLOGICA - NORMATIVA - DI MERCATO**

Se un risparmio è ottenuto per un adeguamento alla normativa, o per aver installato un'apparecchiatura che, seppur di miglior efficienza rispetto a quella sostituita, è portatrice di una tecnologia «media di mercato», o fornisce una prestazione che il mercato pretende con una data *performance* minimale, tutto ciò non può considerarsi addizionale, ed in certi contesti potrebbe non godere di incentivazioni (per es. nel sistema dei certificati bianchi).

## CERTIFICATI BIANCHI

### ATTORI COINVOLTI



## CERTIFICATI BIANCHI

### SOGGETTI ACCREDITATI ALLA PRESENTAZIONE DEI PROGETTI 1/2

- Il **Decreto 28.12.2012** prevedeva che potessero partecipare al meccanismo dei certificati bianchi e presentare progetti: **imprese distributrici di energia elettrica e gas (soggetti obbligati)**, i **distributori non obbligati**, le **società operanti nel settore dei servizi energetici (SSE)**, le **imprese dotate di un energy manager o di un sistema di gestione dell'energia in conformità alla norma ISO 50001**.
- Il **D.Lgs. 102/2014 – Articolo 7** ha introdotto l'obbligo della **certificazione dei soggetti che partecipano al meccanismo dei certificati bianchi** e presentano progetti di efficienza energetica. A partire dal 18 luglio 2016 possono partecipare:
  - **Energy Service Company -ESCO-** certificata secondo la **UNI 11352**
  - **Esperto Gestione dell'Energia -EGE-** certificato secondo la **UNI 11339**

## CERTIFICATI BIANCHI

### SOGGETTI ACCREDITATI ALLA PRESENTAZIONE DEI PROGETTI 2/2

Pertanto, a seguito dell'introduzione dell'obbligo alla certificazione:

- I soggetti accreditati in base al Decreto 28.12.2012 (società di servizi energetici, energy manager non certificati, soggetti obbligati, etc.) hanno perso il diritto di presentare nuovi progetti.
- I soggetti accreditati in base al Decreto 28.12.2012 possono comunque portare avanti i progetti attivi e procedere alla richieste di verifica e certificazione dei risparmi misurati e rendicontati fino alla scadenza naturale del progetto.
- I soggetti accreditati secondo le norme UNI 11339 e UNI 11352 possono presentare nuovi progetti per l'ottenimento dei certificati bianchi e presentare le richieste di verifica e certificazione dei risparmi.

## CERTIFICATI BIANCHI

### TIPOLOGIE DI CERTIFICATI BIANCHI

#### TIPO I

- CB per conseguimento riduzione consumi **energia elettrica**

#### TIPO II

- CB per conseguimento riduzione consumi **gas naturale**

#### TIPO II-CAR

- CB per risparmi da impianti di Cogenerazione Alto-rendimento

#### TIPO III

- CB per conseguimento riduzione consumi diverso da energia elettrica e gas naturale non destinato a autotrazione

#### TIPO IV e V

- CB per conseguimento riduzione consumi diverso da energia elettrica e gas naturale destinato a autotrazione

#### TIPO IN

- CB attribuiti a «Grandi Progetti» in funzione del grado di innovazione

#### TIPO E

- CB attribuiti a «Grandi Progetti» in funzione della riduzione delle emissioni in atmosfera

## CERTIFICATI BIANCHI

### EROGAZIONE DELL'INCENTIVO

#### 1 CB = 1 TEP

**VITA UTILE:** la vita utile di un investimento è stabilita pari a:

- **8 anni** per gli interventi per l'isolamento termico degli edifici, il raffrescamento passivo ed altri interventi riguardanti l'efficientamento degli edifici;
- **5 anni** per tutti gli altri casi (la maggior parte dei casi).

**VITA TECNICA:** la vita tecnica è definita come il numero di anni successivi alla realizzazione di un intervento durante i quali si assume che gli apparecchi funzionino e inducano un effetto misurabile e positivo sui consumi di energia.

**I TEE/CB VENGONO RICONOSCIUTI PER LA VITA TECNICA DI UN INTERVENTO, MA VENGONO  
EROGATI NEL CORSO DELLA SUA VITA UTILE.**

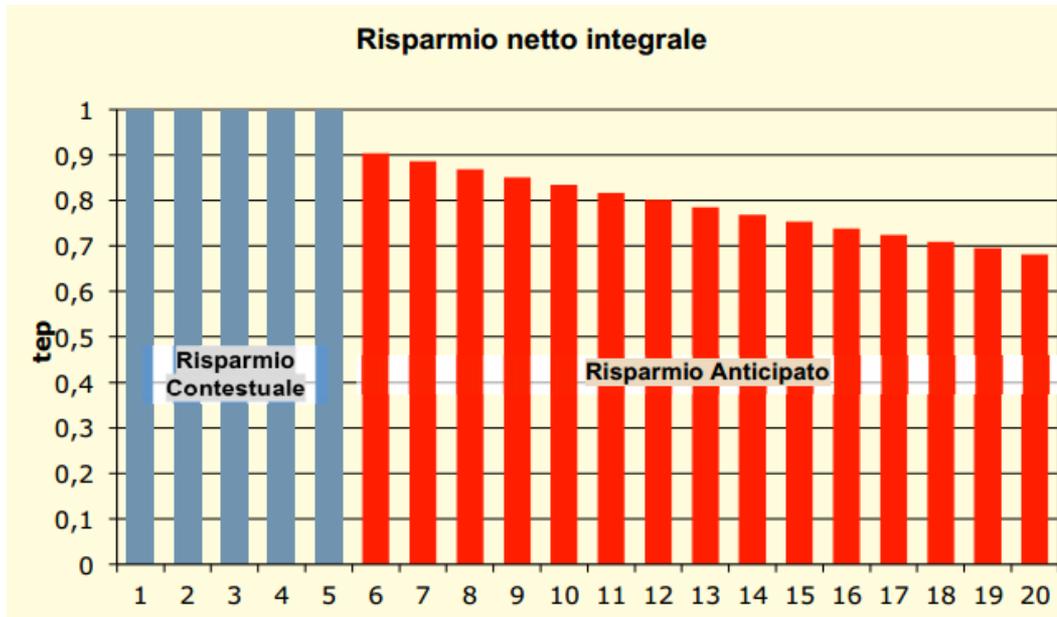
## CERTIFICATI BIANCHI

### COEFFICIENTE DI DURABILITA'

Dal momento che l'incentivo viene erogato per la sola **vita utile** dell'intervento, è stato definito un **coefficiente moltiplicatore del risparmio annuo (Coefficiente di durabilità – tau)**, funzione della vita utile, della vita tecnica e di un tasso di decadimento dei risparmi = 2% annuo.

In pratica l'incentivo erogato è pari a:

- il risparmio contestuale, effettivo, misurato e tradotto in tep
- una quota di risparmio anticipato (normalizzato rispetto al tasso di decadimento dei risparmi).



I Coefficienti di durabilità tipicamente utilizzati sono **3,36**, **2,65** e **1,87**.

L'incentivo erogato, corrispondente al risparmio netto integrale, è uguale al risparmio contestuale moltiplicato per il coefficiente di durabilità.

## CERTIFICATI BIANCHI

### OTTENIMENTO DI CERTIFICATI BIANCHI



#### **PROGETTI A VALUTAZIONE STANDARDIZZATA**

Quantificano il risparmio senza procedere a misure dirette e sono applicabili a tipologie di interventi standard e su larga scala, il cui risparmio è determinabile a priori (es. motori ad alta efficienza). **Soglia minima 20 tep.**



#### **PROGETTI A VALUTAZIONE ANALITICA**

Quantificano il risparmio di interventi standard e riproducibili, ma il cui risparmio non è determinabile a priori. Necessitano di misurazioni dirette per la quantificazione del risparmio. **Soglia minima 40 tep.**



#### **PROGETTI A VALUTAZIONE A CONSUNTIVO**

Il proponente deve presentare una **Proposta di progetto e Programma di Misura** dei risparmi (**PPPM**). Il progetto deve essere approvato e attivato. I risparmi si quantificano attraverso il programma di misura proposto. Successivamente si richiedono i TEE con la RVC sulla base dei risparmi rendicontati. **Soglia minima 60 tep.**

Non è necessaria alcuna preliminare richiesta di approvazione. Si presentano direttamente le richieste di TEE con la **Richiesta di Verifica e Certificazione RVC**

## **GESTIONE DEI CERTIFICATI BIANCHI**

### **PROGETTI STANDARD E ANALITICI**

#### **1. OTTENIMENTO DEI TITOLI**

- a) Realizzazione dell'intervento con contemporanea valutazione preliminare per l'ottenimento dei CB (verifica dell'**applicabilità della scheda tecnica**).
- b) Installazione dell'eventuale sistema di **misuratori** necessario.
- c) Presentazione di Richieste di Verifica e Certificazione dei risparmi (**RVC**) per l'effettivo ottenimento dei certificati bianchi (virtuali).

#### **2. VENDITA DEI TITOLI**

- d) **Ottenimento dei TEE** (virtuali) sul Registro TEE.
- e) **Vendita dei TEE nel Mercato TEE** predisposto dal GME durante le sessioni di mercato.
- f) **Ottenimento bonifico** per conto del GME (unico referente).
- g) **Gestione del valore economico dei TEE** con i clienti partecipanti.

## **GESTIONE DEI CERTIFICATI BIANCHI**

### **PROGETTO A CONSUNTIVO**

1. Presentazione del progetto (**PPPM**) e realizzazione fisica dell'intervento
2. Eventuale richiesta di **integrazioni** e successiva approvazione / rigetto della proposta
3. **Rendicontazione dei risparmi**
4. Presentazione di Richieste di Verifica e Certificazione dei risparmi (**RVC**)
5. **Ottenimento dei TEE** (virtuali) sul Registro TEE
6. **Vendita dei TEE** nel Mercato TEE predisposto dal GME durante le sessioni di mercato
7. **Ottenimento bonifico** per conto del GME (unico referente)
8. **Gestione del valore economico dei TEE** con i clienti partecipanti

## CERTIFICATI BIANCHI

### PROGETTI STANDARD

$$RNI = RSL \times UFR \times \tau$$

Risparmio Netto  
Integrale  
[TEE]

Risparmio  
Specifico Lordo  
[tep]

Unità fisiche di riferimento  
(macchine installate)  
[UFR]

Coefficiente di durabilità  
(fattore moltiplicativo)  
[n°]



*Risparmio stimato sulla base  
delle macchine installate*



**Non sono necessarie misure**

### PROGETTI ANALITICI

$$RNI = 0,000187 \times (k \times P_n \times h - C_p) \times \tau$$

Risparmio Netto  
Integrale  
[TEE]

Fatt.  
conversione  
[tep/KWhe]

0,616 fattore di  
consumo ante  
carico - vuoto  
[n°]

Potenza elet.  
Nominale CP  
[KW]

Ore  
funzionamento  
CP  
[h]

Consumo e.e.  
CP  
[KWh]



*Esempio **algoritmo**  
**preimpostato** scheda 31E  
Installazione di inverter in  
motori elettrici operanti su  
sistemi per la produzione di  
aria compressa*



**Misure necessarie (ore e  
consumi elettrici)**

## CERTIFICATI BIANCHI

### SCHEDE TECNICHE STANDARDIZZATE

N.	Titolo	<i>tau</i>
02T	Sostituzione di scalda-acqua elettrici con scalda-acqua a gas	2,65
03T	Installazione di caldaia unifamiliare a 4 stelle di efficienza alimentata a gas naturale e di potenza termica nominale non superiore a 35 kW	2,65
04T	Sostituzione di scalda-acqua a gas con scalda-acqua a gas più efficienti	2,65
05T	Sostituzione di vetri semplici con doppi vetri	2,91
06T	Isolamento delle pareti e delle coperture	2,91
07T	Impiego di impianti fotovoltaici di potenza < 20 kW	3,36
08T	Impiego di collettori solari per la produzione di acqua calda sanitaria	2,65
09T	Installazione di sistemi elettronici di regolazione di frequenza (inverter) in motori elettrici operanti su sistemi di pompaggio con potenza inferiore a 22 kW	2,65
15T	Installazione di pompe di calore elettriche ad aria esterna in luogo di caldaie in edifici residenziali di nuova costruzione o ristrutturati	2,65
17T	Installazione di regolatori di flusso luminoso per lampade a vapori di mercurio e lampade a vapori di sodio ad alta pressione negli impianti adibiti ad illuminazione esterna	1,87 o 2,65 (*)
19T	Installazione di condizionatori ad aria esterna ad alta efficienza con potenza frigorifera inferiore a 12 kWf	2,65
20T	Isolamento termico delle pareti e delle coperture per il raffrescamento estivo in ambito domestico e terziario	2,91
27T	Installazione di pompa di calore elettrica per produzione di acqua calda sanitaria in impianti domestici nuovi ed esistenti	2,65

## CERTIFICATI BIANCHI

### SCHEDE TECNICHE STANDARDIZZATE

30E	Installazione di motori elettrici a più alta efficienza	2,65
33E	Rifasamento di motori elettrici di tipo distribuito presso la localizzazione delle utenze	2,65
36E	Installazione di gruppi di continuità statici ad alta efficienza (UPS)	1,87
37E	Nuova installazione di impianto di riscaldamento unifamiliare alimentato a biomassa legnosa di potenza $\leq 35$ kW termici	2,65
38E	Installazione del sistema di automazione e controllo del riscaldamento negli edifici residenziali (Building Automation and Control System, BACS) secondo la norma UNI EN 15232	1,87
39E	Installazione di schermi termici interni per l'isolamento termico del sistema serra	2,91
40E	Installazione di impianto di riscaldamento alimentato a biomassa legnosa nel settore della serricoltura	2,65
42E	Diffusione di autovetture a trazione elettrica per il trasporto privato di passeggeri	1,87
43E	Diffusione di autovetture a trazione ibrida termo-elettrica per il trasporto privato di passeggeri	1,87
44E	Diffusione di autovetture alimentate a metano, per il trasporto di passeggeri	1,87
45E	Diffusione di autovetture alimentate a GPL per il trasporto di passeggeri	1,87
46E	Pubblica illuminazione a led in zone pedonali: sistemi basati su tecnologia a led in luogo di sistemi preesistenti con lampade a vapori di mercurio	2,65
47E	Sostituzione di frigoriferi, frigocongelatori, congelatori, lavabiancheria, lavastoviglie con prodotti analoghi a più alta efficienza <sup>7</sup>	2,65

(\*) 2,65 per nuove installazioni, 1,87 per retrofit

## CERTIFICATI BIANCHI SCHEDE TECNICHE ANALITICHE

N.	Titolo	tau
10T	Recupero di energia elettrica dalla decompressione del gas naturale	3,36
16T	Installazione di sistemi elettronici di regolazione di frequenza (inverter) in motori elettrici operanti su sistemi di pompaggio con potenza superiore o uguale a 22 kW	2,65
21T	Applicazione nel settore civile di piccoli sistemi di cogenerazione per la climatizzazione invernale ed estiva degli ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria	3,36
22T	Applicazione nel settore civile di sistemi di teleriscaldamento per la climatizzazione ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria	3,36
26T	Installazione di sistemi centralizzati per la climatizzazione invernale e/o estiva di edifici ad uso civile	2,65 1,87(*)
31E	Installazione di sistemi elettronici di regolazione della frequenza (inverter) in motori elettrici operanti su sistemi per la produzione di aria compressa con potenza superiore o uguale a 11 kW	2,65
32E	Installazione di sistemi elettronici di regolazione di frequenza (inverter) in motori elettrici operanti sui sistemi di ventilazione	2,65
34E	Riqualificazione termodinamica del vapore acqueo attraverso la ricompressione meccanica (RMV) nella concentrazione di soluzioni	3,36
35E	Installazione di refrigeratori condensati ad aria e ad acqua per applicazioni in ambito industriale	3,36
41E	Utilizzo di biometano per autotrazione (BpA) nei trasporti pubblici in sostituzione del metano (GN)	1,87

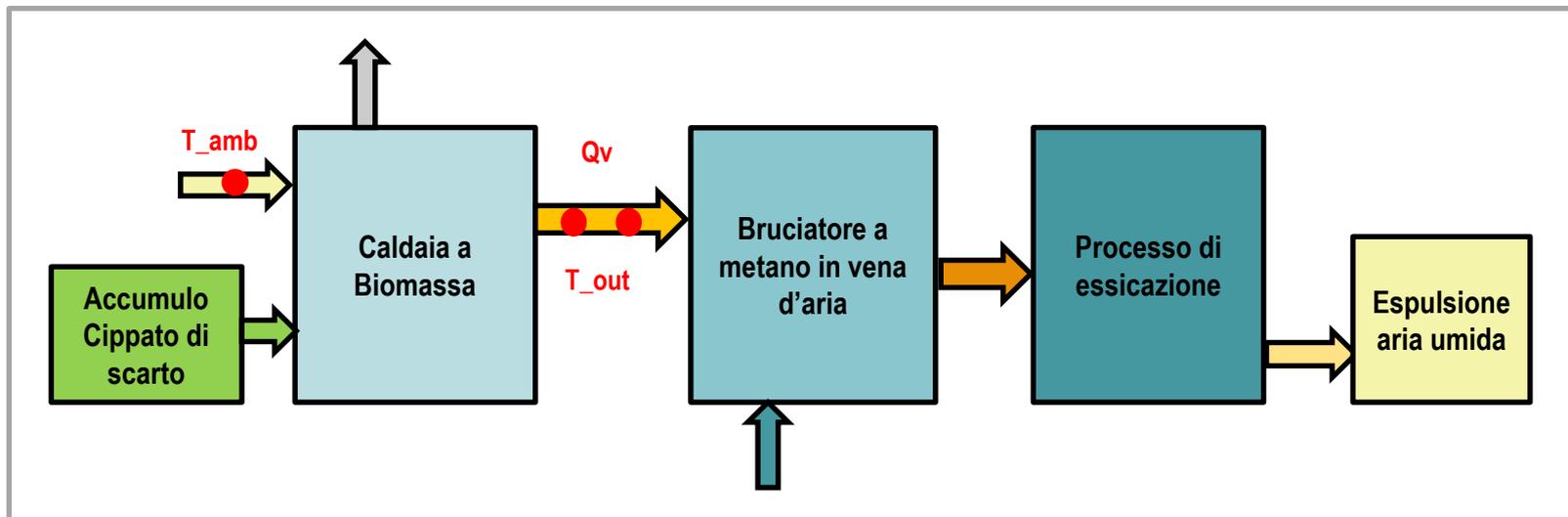
(\*) Nei casi di installazione solo di sistemi di contabilizzazione e termoregolazione a zone

## ESEMPIO DI PROGETTO A CONSUNTIVO CASO PRATICO 3. INSTALLAZIONE DI UNA CALDAIA A BIOMASSA

### DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO:

L'intervento consiste nell'installazione di una caldaia a biomassa lungo la linea di essiccazione di pellets e cippato.

L'apporto termico nella situazione ante è fornito interamente da un bruciatore a metano in vena d'aria. La situazione post prevede una caldaia alimentata a cippato, installata a monte del bruciatore, e il cui calore viene utilizzato per preriscaldare l'aria in ingresso al processo di essiccazione del pellets. Il bruciatore interviene quando necessario per integrare l'apporto termico da fornire al processo. I gas combusti in caldaia non vengono direttamente immessi in essiccatoio perché il contenuto delle ceneri potrebbe alterare la qualità del pellets.



## ESEMPIO PROGETTO A CONSUNTIVO CASO PRATICO 3. INSTALLAZIONE DI UNA CALDAIA A BIOMASSA

### MODALITA' DI MISURAZIONE E STIMA DEI RISPARMI

La caldaia ha una potenza termica al focolare di 2,9 MW. Si stima che l'impianto a regime produca circa **4.000 MWh/anno** di energia termica utile come aria calda per usi di processo, equivalente ad un risparmio complessivo di circa **340 tep/anno** di gas metano ( $4.000 \times 0,086$ ).

Le misure necessarie a determinare l'energia termica prodotta e il calcolo per la conversione in energia primaria (gas metano) sono le seguenti:

- $ET [kWht] = (T_{out} - T_{amb}) \times Q_v \times C_{spec_{aria}}$
- $Risparmio_{netto_{termico}} [tep] = \frac{ET}{\eta_{bruciatore}} \times f_{convterm}$
- $Risparmio_{netto_{totale}} [tep] = RN_{termico} - Consumi_{eltrici} \times f_{convelett}$

## **ESEMPIO PROGETTO A CONSUNTIVO CASO PRATICO 3. INSTALLAZIONE DI UNA CALDAIA A BIOMASSA**

### **CONSIDERAZIONI SULLA BASELINE E L'ADDIZIONALITA'**

#### **BASELINE**

Un bruciatore a metano in vena d'aria non presenta perdite nei fumi e sono trascurabili le perdite per incombusti e irraggiamento. Pertanto ha un rendimento prossimo all'unità. Per la caldaia a biomassa l'AEEGSI ha individuato come rendimento baseline di caldaie industriali un valore di 0,9. Cautelativamente si utilizza il maggiore tra i rendimenti, ovvero si utilizza come rendimento baseline il rendimento di un bruciatore a metano in vena d'aria =1.

#### **ADDIZIONALITA'**

Il progetto si considera totalmente addizionale, dal momento che l'intervento comporta una riduzione di una risorsa fossile mediante una fonte gratuita e rinnovabile e valutata rispetto ad un valore di rendimento baseline.

## **ESEMPIO PROGETTO A CONSUNTIVO CASO PRATICO 5.**

### **RECUPERO DI ENERGIA FRIGORIFERA DA PROCESSO PRODUTTIVO**

**TIPOLOGIA DI INTERVENTO:** Recupero di energia frigorifera dal processo di produzione di mozzarelle.

#### **DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO**

L'obiettivo del progetto è quello di recuperare energia frigorifera contenuta nell'acqua di scarico (acqua gelida a 4-5°C) delle vasche nel processo di produzione delle mozzarelle. L'acqua di scarico viene convogliata in un serbatoio di nuova installazione per preraffreddare, mediante scambiatore a piastre, l'acqua di rabbocco alle vasche, portandola dai 14-15°C ai 10-11°C.

L'impianto di recupero è composto da:

- Un **serbatoio di accumulo** per l'acqua di scarico da 10 m<sup>3</sup>.
- Uno **scambiatore a piastre** per raffreddare l'acqua potabilizzata di rabbocco alle vasche
- Una **pompa** per la circolazione dell'acqua di scarico
- Tubazioni e valvole per la movimentazione dell'acqua di scarico e dell'acqua di rabbocco

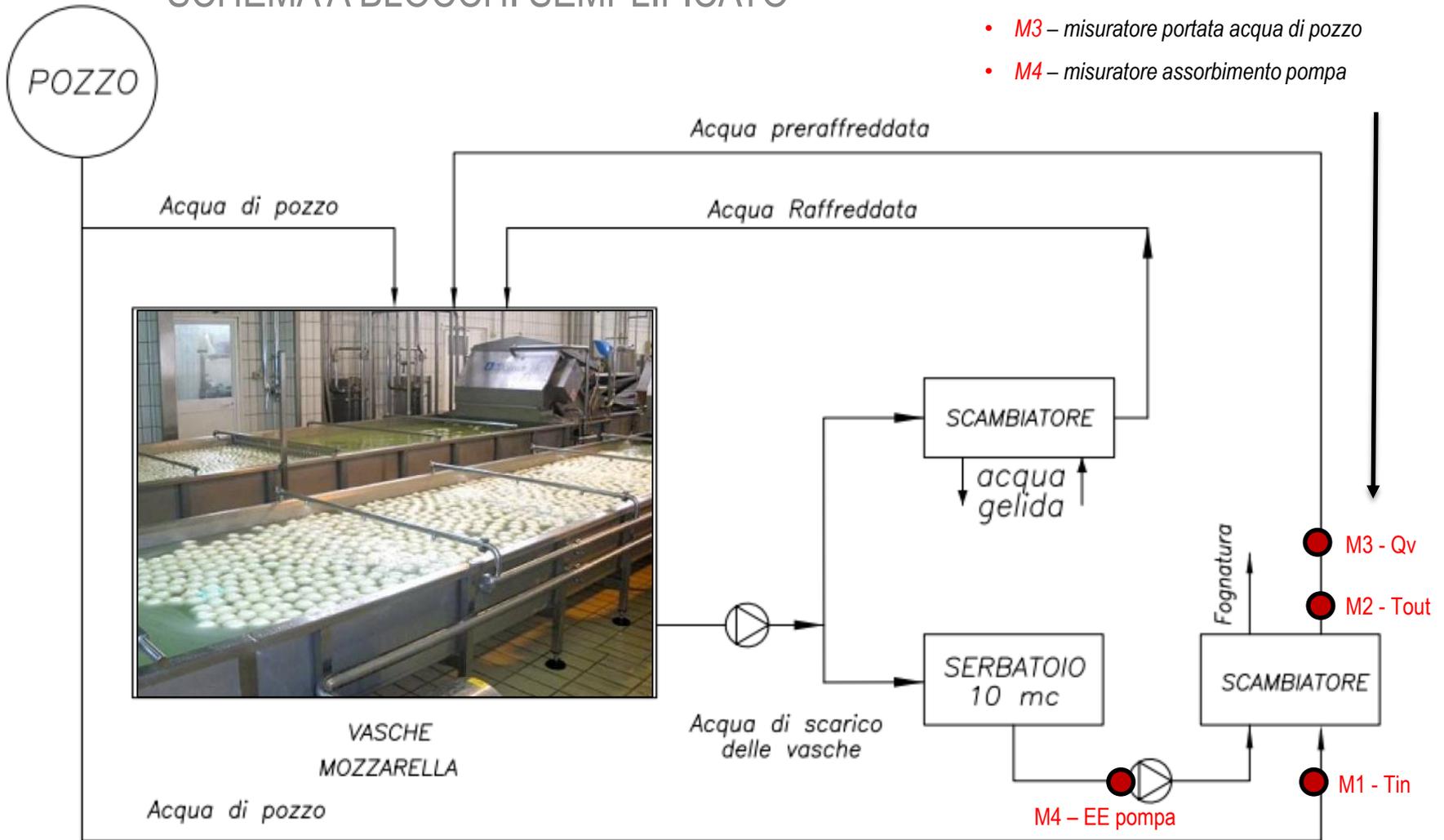
#### **BASELINE DI RIFERIMENTO**

Per riportare il recupero di energia frigorifera ad un recupero di energia elettrica è necessario definire un coefficiente di prestazione inteso come rapporto tra energia frigorifera prodotta ed energia elettrica assorbita dalla centrale frigorifera.

Si è proposto pertanto di assumere come baseline il COP (EER) di una centrale a compressione di vapore = 3 (valore riconosciuto da ENEA).

## ESEMPIO PROGETTO A CONSUNTIVO SCHEMA A BLOCCHI SEMPLIFICATO

- **M1** – sonda temperatura ingresso acqua di pozzo
- **M2** – sonda temperatura uscita acqua di pozzo
- **M3** – misuratore portata acqua di pozzo
- **M4** – misuratore assorbimento pompa



## ESEMPIO PROGETTO A CONSUNTIVO

### ALGORITMO PER LA QUANTIFICAZIONE DEI RISPARMI

$$E.Frigor.recup. [kWhf] = \frac{(T_{in} - T_{out}) \times Q_v \times C_{sp} \times P_{sp} \times h}{860}$$

$C_{sp} = \text{calore specifico acqua} \left[ \frac{kcal}{kg^{\circ}C} \right]$   
 $h = \text{ore lavorate [h]}$

$$E.E.risparmiata = \frac{E.Frigor.recup.}{COP_{baseline}} [kWh]$$

$$Risparmio = E.E.risparmiata - E.E.pompa [kWh]$$

$$TEE = Risparmio \times f_{conv.elettrico} \times \tau$$

In base alla portata media dell'acqua di rabbocco e al delta medio di temperature, il risparmio medio è di circa **60 tep/anno** di energia elettrica. Moltiplicati per il coefficiente di durabilità  $\tau$  (3,36) si ottengono circa **200 TEE/anno**

## ESEMPIO PROGETTO A CONSUNTIVO

### ESEMPIO DI RICHIESTA DI VERIFICA E CERTIFICAZIONE DEI RISPARMI

data inizio	data fine	Portata(FT08)[Kg/h]	Ore (h)	Tin(TT04)[°C]	Tout(TT05)[°C]	EFpost [kWhf]	EEass_COPbase [kWh]	EEpompa(ET07)[kWh]	RN [tep]	RNI [TEE]
09/06/2015	15/06/2015	53.662,86	110,40	16,47	12,19	29.523,49	10.180,51	295,26	1,85	6,21
16/06/2015	30/06/2015	52.100,67	228,20	16,50	12,31	57.880,04	19.958,64	585,04	3,62	12,17
01/07/2015	15/07/2015	49.268,00	239,20	16,69	13,19	47.870,47	16.507,06	539,70	2,99	10,03
16/07/2015	31/07/2015	47.100,19	255,90	16,66	12,82	53.782,73	18.545,77	601,44	3,36	11,27
01/08/2015	15/08/2015	47.692,86	217,30	16,59	12,89	44.587,83	15.375,11	507,80	2,78	9,34
16/08/2015	31/08/2015	52.788,46	209,00	16,48	13,18	42.335,12	14.598,32	525,66	2,63	8,84
01/09/2015	15/09/2015	47.832,50	193,60	16,42	12,32	44.148,29	15.223,55	471,15	2,76	9,27
16/09/2015	30/09/2015	43.829,09	164,80	16,35	12,19	34.969,87	12.058,58	392,71	2,18	7,33
01/10/2015	15/10/2015	43.179,80	153,40	16,27	12,05	32.502,74	11.207,84	444,70	2,01	6,76
16/10/2015	31/10/2015	44.574,88	126,90	16,15	11,86	28.200,54	9.724,32	394,00	1,74	5,86
01/11/2015	15/11/2015	41.331,60	145,80	16,18	11,96	29.570,16	10.196,61	307,93	1,85	6,21
16/11/2015	30/11/2015	41.981,90	153,60	16,05	11,90	31.117,37	10.730,13	348,22	1,94	6,52
01/12/2015	15/12/2015	50.901,00	27,00	16,05	12,50	5.673,09	1.956,24	82,20	0,35	1,18
									<b>30</b>	<b>101</b>

La tabella riporta i dati rendicontati nel periodo di riferimento, necessari a determinare l'energia frigorifera prodotta mediante lo scambiatore e l'acqua di scarico, l'energia elettrica risparmiata e quindi i tep di energia elettrica risparmiati (Risparmio netto) e i TEE associati (Risparmio netto integrale).

## ESEMPIO PROGETTO A CONSUNTIVO QUANTIFICAZIONE DEI RISPARMI

- $320.000 \frac{kWh}{anno} \rightarrow 60 \frac{tep}{anno} \rightarrow 200 \frac{CB}{anno}$
- $CB_{anno} = 200 \frac{CB}{anno} \times 100 \frac{€}{CB} = 20.000 \frac{€}{anno}$
- $CB_{progetto} = CB_{anno} \times 5 \text{ anni} = 100.000 €$
- $Costo \ investimento = 250.000 €$
- $Incidenza \ dell'incentivo \ sull'investimento = \frac{100.000}{250.000} = 40\%$
- $TPB_{senzaCB} = \frac{250.000}{320.000 \times 0,16} = \frac{250.000}{51.200} \sim 5 \text{ anni}$
- $TPB_{conCB} = \frac{250.000}{(51.200 + 20.000)} = \frac{250.000}{70.000} \sim 3,5 \text{ anni}$

## CERTIFICATI BIANCHI

### IL MERCATO DEL GME

- Il Mercato dei Titoli di Efficienza Energetica segue la **legge della Domanda e dell'Offerta**: i venditori di CB possono scegliere se vendere al prezzo di mercato o se definire un prezzo minimo di vendita. Gli acquirenti (soggetti obbligati) stabiliscono un prezzo massimo di acquisto. La compravendita si verifica quando domanda e offerta si incontrano.
- Le sessioni di mercato solitamente si svolgono ogni martedì. Nel periodo della scadenza annuale per il raggiungimento degli obiettivi sono programmate delle sessioni straordinarie.
- Il **GME costituisce l'unico referente nelle transazioni** nel Mercato dei Titoli di Efficienza Energetica. Questa pratica offre diversi vantaggi, ma soprattutto semplifica e accorcia i tempi di accreditamento dei titoli per gli acquirenti e dei bonifici per i venditori.

## CERTIFICATI BIANCHI

### NEGOZIBILITA' DEI CERTIFICATI BIANCHI

2015	Prezzo (€/tep)			volumi scambiati
Tipologia	Medio	Min	Max	(N.)
I	€ 104,7	€ 90,0	€ 110,0	1.010.344
II	€ 104,5	€ 97,0	€ 109,5	2.037.690
II-CAR	€ 105,5	€ 98,1	€ 109,5	290.286
III	€ 104,7	€ 97,0	€ 109,5	441.564
V	€ 104,0	€ 104,0	€ 104,0	293
Tipo IN	-	-	-	-

2016	Prezzo (€/tep)			volumi scambiati
Tipologia	Medio	Min	Max	(N.)
I	€ 135,6	€ 105,0	€ 202,9	1.492.880
II	€ 135,0	€ 105,0	€ 201,8	2.141.578
II-CAR	€ 138,9	€ 106,0	€ 201,5	438.129
III	€ 133,4	€ 105,8	€ 201,5	311.128
V	-	-	-	-
Tipo IN	-	-	-	-

#### VOLATILITA' DEI PREZZI SOGGETTA A:

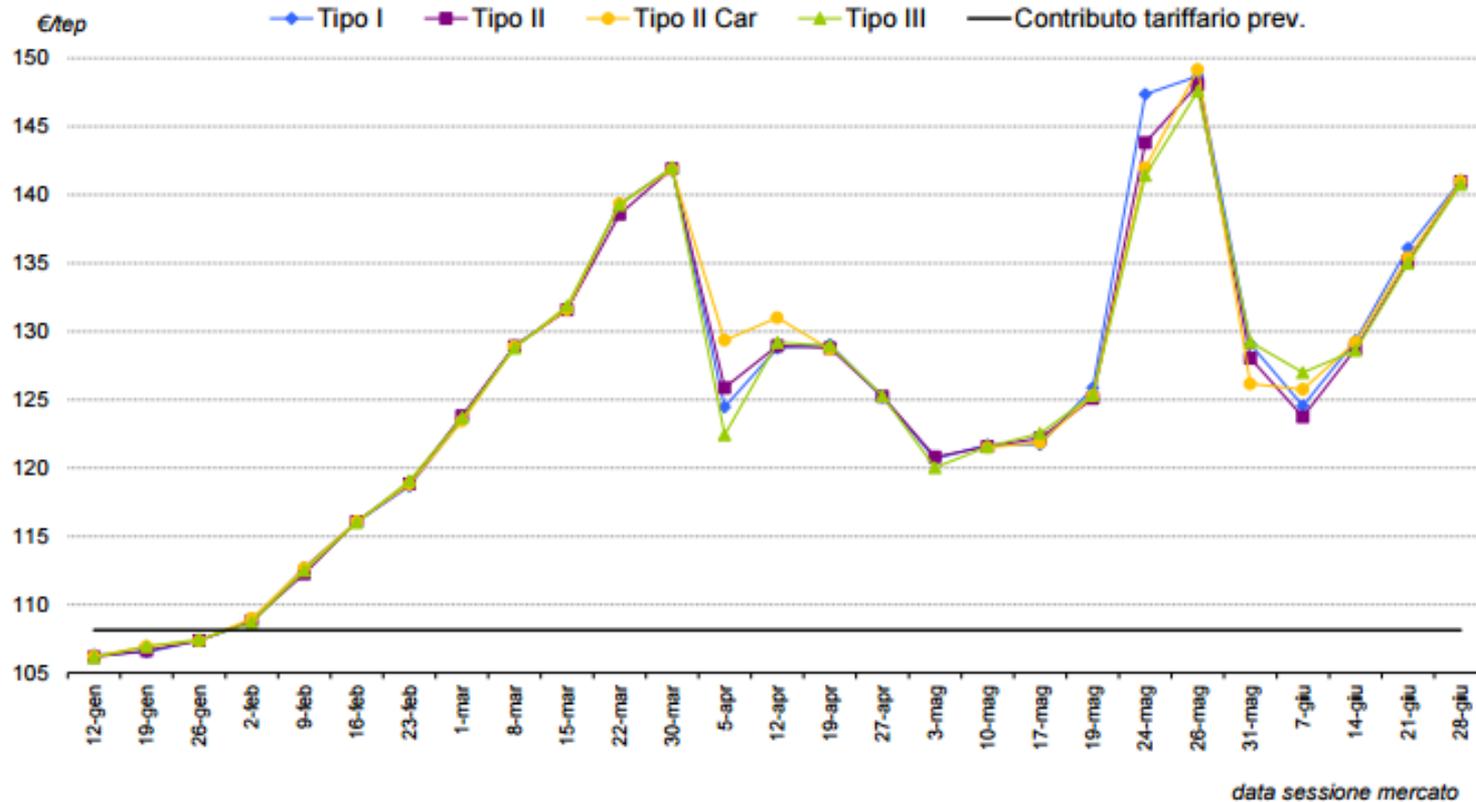
- ✓ DOMANDA / OFFERTA
- ✓ SCADENZE ANNUALI
- ✓ DISPONIBILITA' DEI TITOLI

$$f_{elet} = 0,000187 \frac{tep}{kWh} \rightarrow 1 tep = 5.347 kWh$$

$$f_{gas} = 0,000825 \frac{tep}{Sm^3} \rightarrow 1 tep = 1.212 Sm^3$$

## CERTIFICATI BIANCHI

### NEGOZIBILITA' DEI CERTIFICATI BIANCHI



Variabilità del prezzo di vendita dei CB nel primo semestre del 2016. Dati messi a disposizione dal GME.

## CERTIFICATI BIANCHI

### EVOLUZIONE DEL MECCANISMO

Il meccanismo dei certificati bianchi è in fase di revisione e sono in elaborazione **NUOVE LINEE GUIDA**

Il D.Lgs. 102/2014 stabiliva che l'uscita delle nuove Linee Guida per la presentazione dei progetti dovesse avvenire entro 120 giorni dall'emanazione del decreto.

Nonostante una sentenza del TAR del Lazio che imponeva l'emanazione delle suddette Linee Guida entro giugno 2016, le Linee Guida ancora non sono uscite.

Gli indirizzi più significativi delle nuove Linee Guida sono noti (ed in parte già applicati dal GSE).

- **COSTO DELL'INVESTIMENTO** – E' prevista l'erogazione di un incentivo parametrato al costo dell'investimento (oltre che essere direttamente proporzionale alla rendicontazione dei risparmi). Il GSE già oggi, di fatto, tiene conto del costo dell'investimento di un progetto.
- **ADDIZIONALITA' E BASELINE** – Sono previsti criteri più oggettivi per la definizione dell'addizionalità di un intervento e per la definizione della baseline di un intervento complesso in ambito industriale.
- **DURATA DELL'INCENTIVO** – E' prevista una rimodulazione dell'entità dell'incentivo ridefinendo la durata di erogazione e modificando il criterio del coefficiente di durabilità.

grazie per l'attenzione

**tecno habitat**

