



IDEENERGIE®

# **Cogenerazione da biomassa solida: stato dell'arte; valutazione economica ed ambientale; esempi di impianti realizzati**



Gammel Duvia Engineering S.r.l. - Corso Cairoli 8, 10123 Torino  
Tel (+39) 011 8121214 - Fax (+39) 011 889524 – E-mail: [info@gammelduvia.it](mailto:info@gammelduvia.it) – [www.gammelduvia.it](http://www.gammelduvia.it)

### Combustione ( $\lambda > 1$ )

ORC  
Ciclo a vapore

Stirling  
Turbine a gas indirette

### Gassificazione ( $\lambda < 1$ )

Gassificazione:  
Letto fisso (equicorrente, controcorrente,  
misto, multistadio)  
Letto fluido  
Conversione:  
Motori combustione interna

 Tecnologia standard di mercato  
(numero di impianti significativo in funzione da parecchi anni)

 Tecnologia in fase di dimostrativa  
(qualche impianto in funzionamento commerciale)

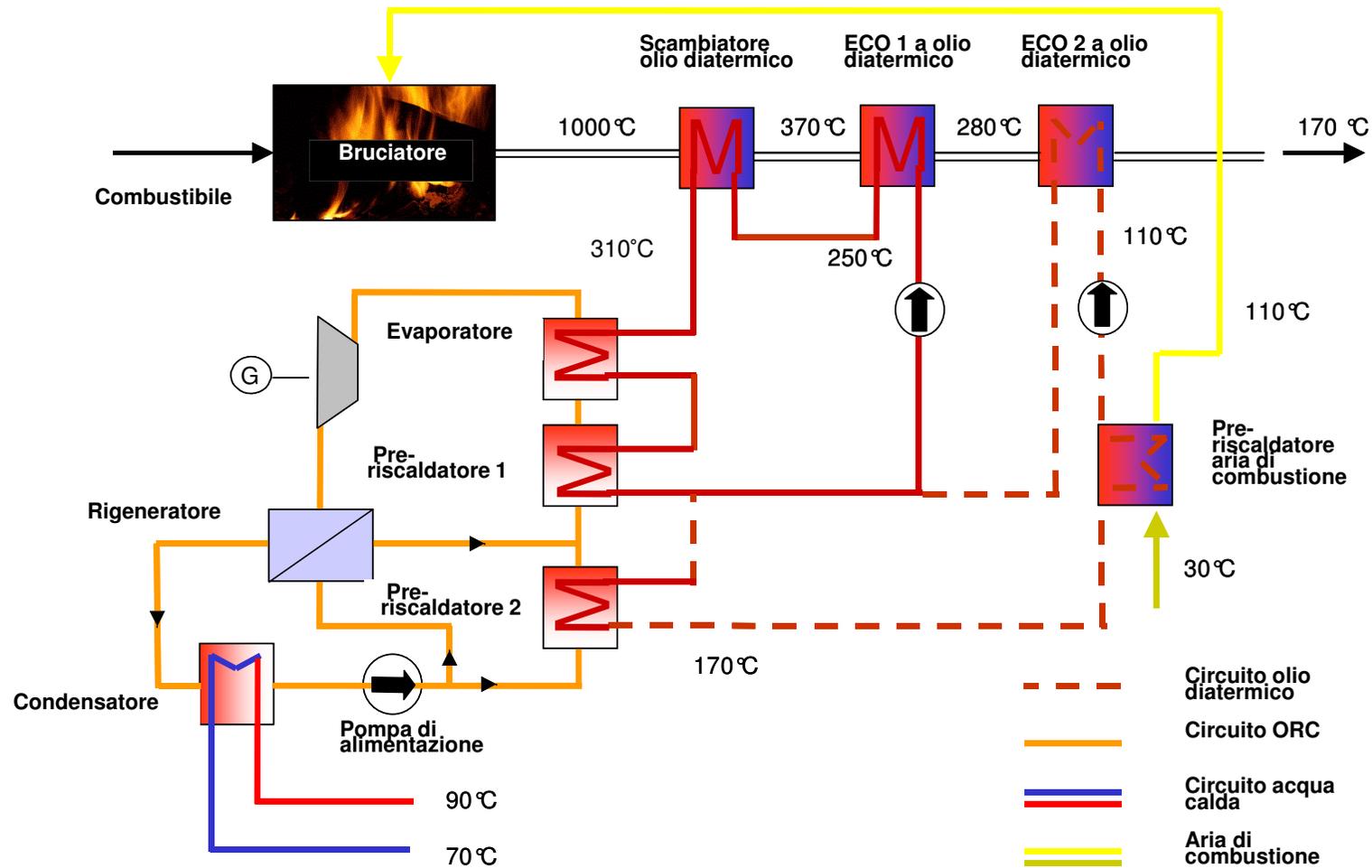
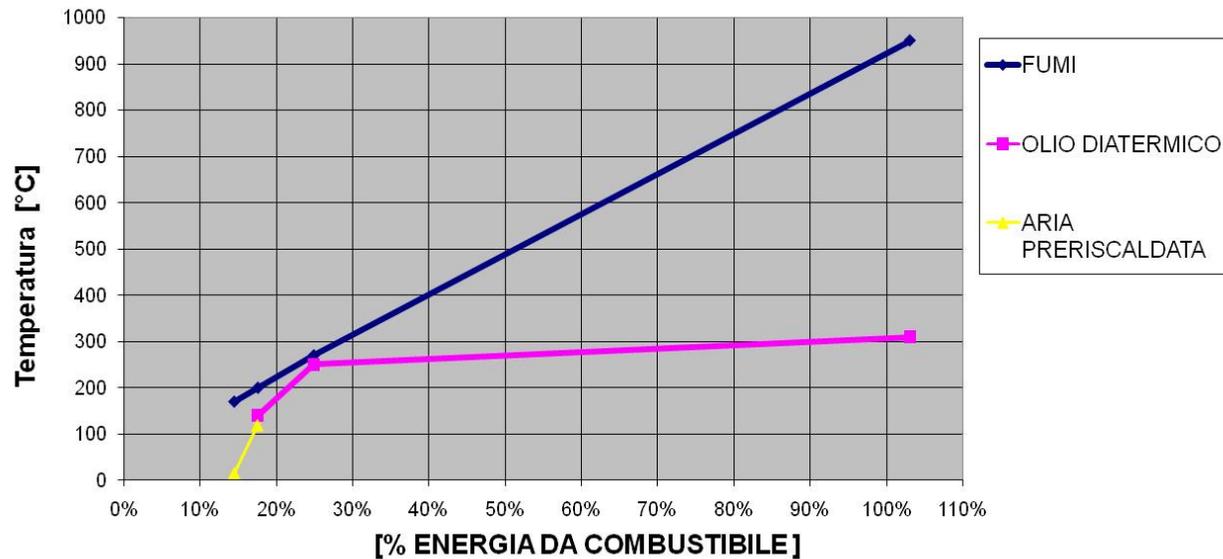
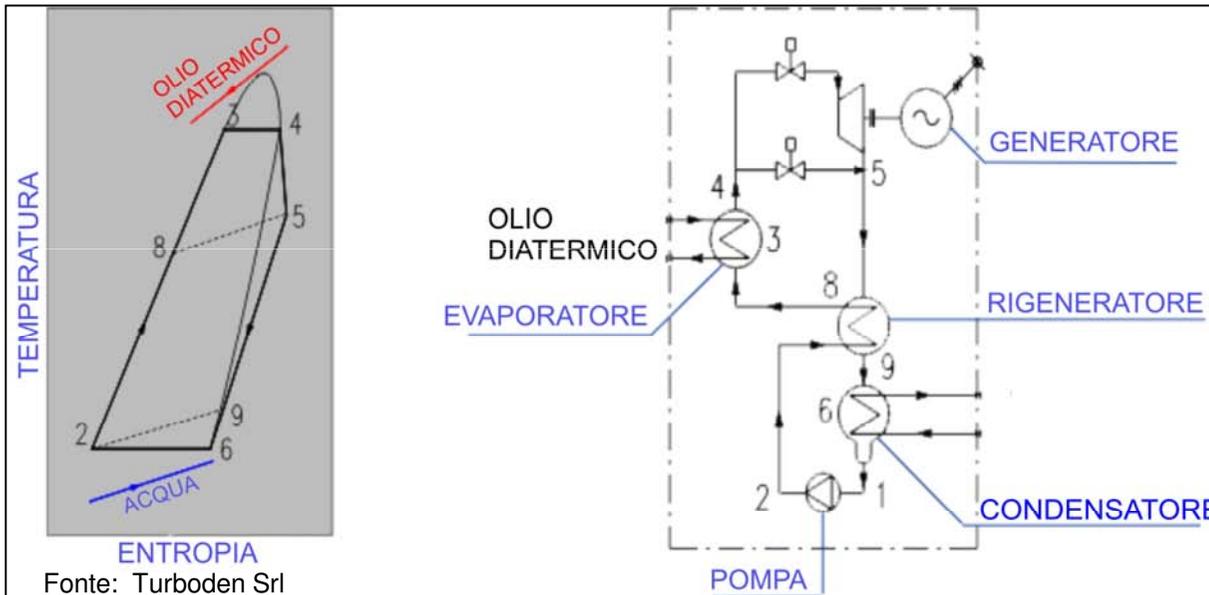


DIAGRAMMA SCAMBIO TERMICO



## Caratteristiche tecniche:

- Basse temperature di parete in caldaia
- Olio diatermico rimane liquido in caldaia
- Necessità di evitare surriscaldamento dell'olio diatermico (pompe ridondanti, raffreddamento di emergenza)



## Caratteristiche tecniche:

- Nessuna umidità in turbina anche con vapore saturo
- Salti entalpici bassi, sollecitazioni basse, portate elevate
- Bassa velocità di rotazione della turbina (nessun riduttore)
- Rigenerazione interna

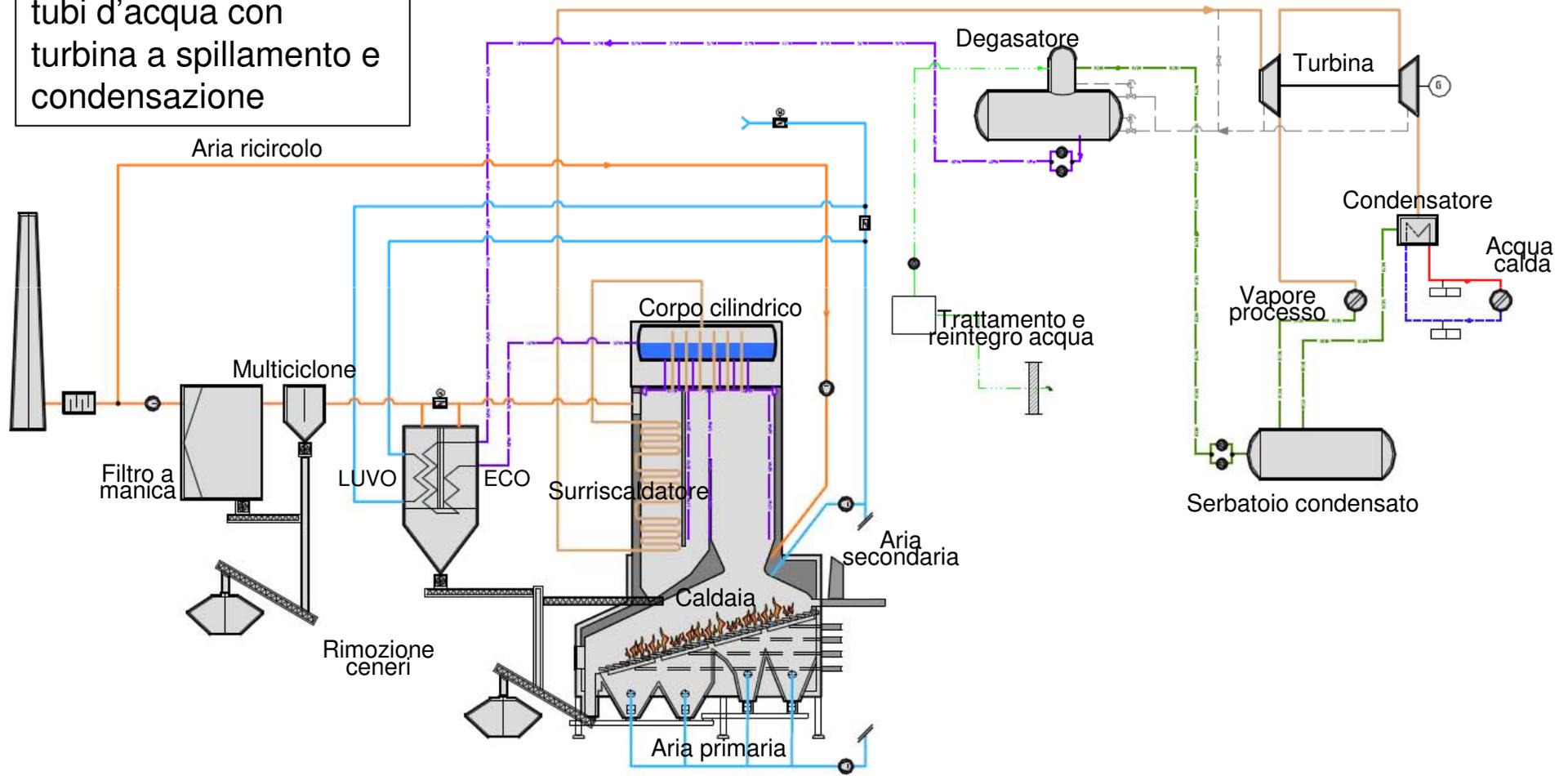
## Vantaggi:

- Ottimo rapporto tra rendimento e costi di investimento (fino a 2 – 3 MWel)
- Bassi costi di gestione
- Buon rendimento a carico parziale
- Adatto ad operatori non specializzati

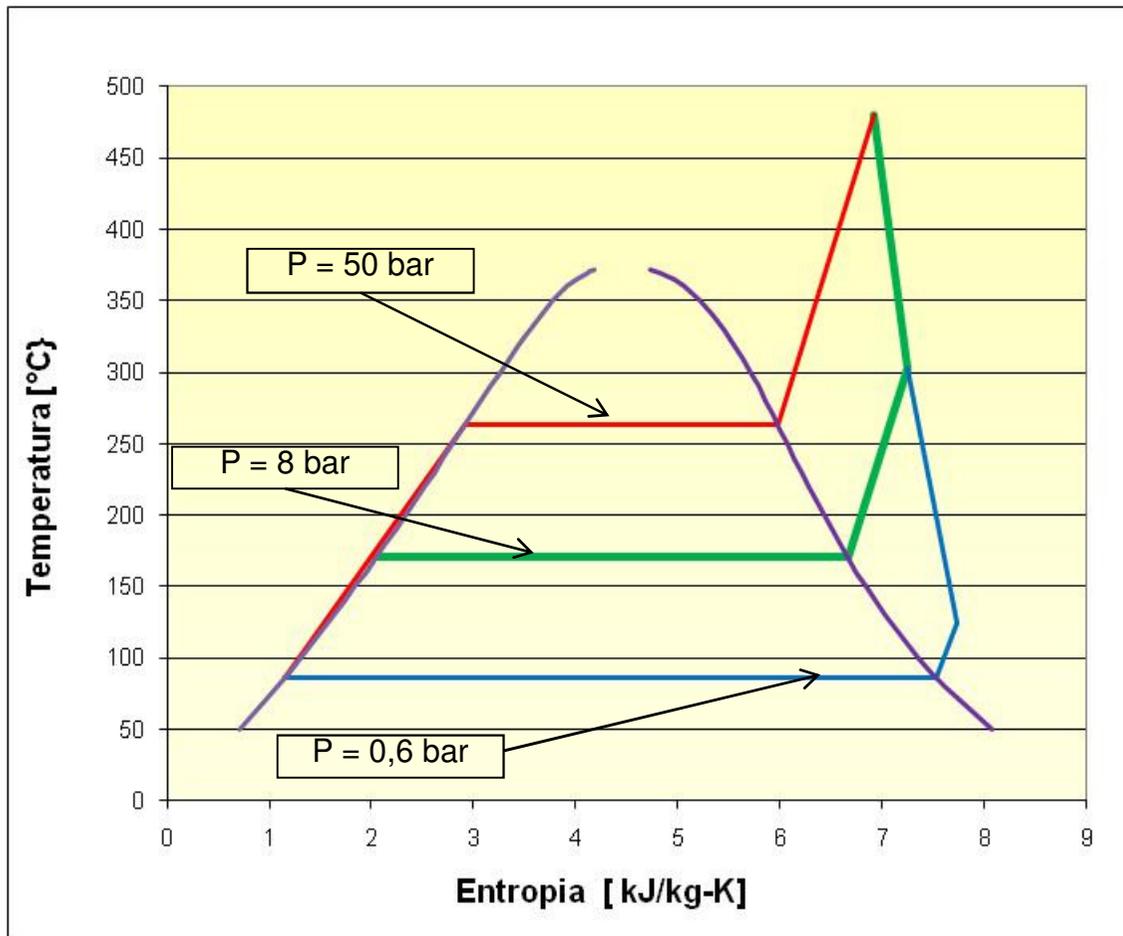
## Svantaggi:

- Non adatto per fornitura calore di processo ad alta temperatura
- Poco adatto alla fornitura di calore a vari livelli termici

Esempio di impianto a tubi d'acqua con turbina a spillamento e condensazione



## Caratteristiche tecniche:



- Surriscaldamento per evitare vapore umido in turbina
- Alta temperatura di parete nel surriscaldatore
- Salti entalpici alti, sollecitazioni alte, portate ridotte
- Alta velocità di rotazione della turbina (riduttore di giri)
- Necessità sistema di trattamento acqua (demineralizzazione)
- Cambio di fase in caldaia (operatore patentato)
- Possibilità di estrarre calore a temperatura intermedia in maniera efficiente (spillamento)

## Vantaggi:

- Maggiore rendimento per impianti con caldaia a tubi d'acqua (pressione > 50 Bar) e turbina multistadio
- Adatto alla fornitura di vapore di processo
- Adatto alla fornitura di calore a vari livelli termici (spillamento e condensazione)

## Svantaggi:

- Maggiori costi di gestione
- Necessità di operatori esperti
- Basso rendimento a carico parziale
- Rapporto costi d'investimento / rendimento sfavorevole sotto i 2 – 3 MWel

## Riduzione emissioni di anidride carbonica

Riduzione emissioni = emissioni globali evitate – emissioni dell'impianto

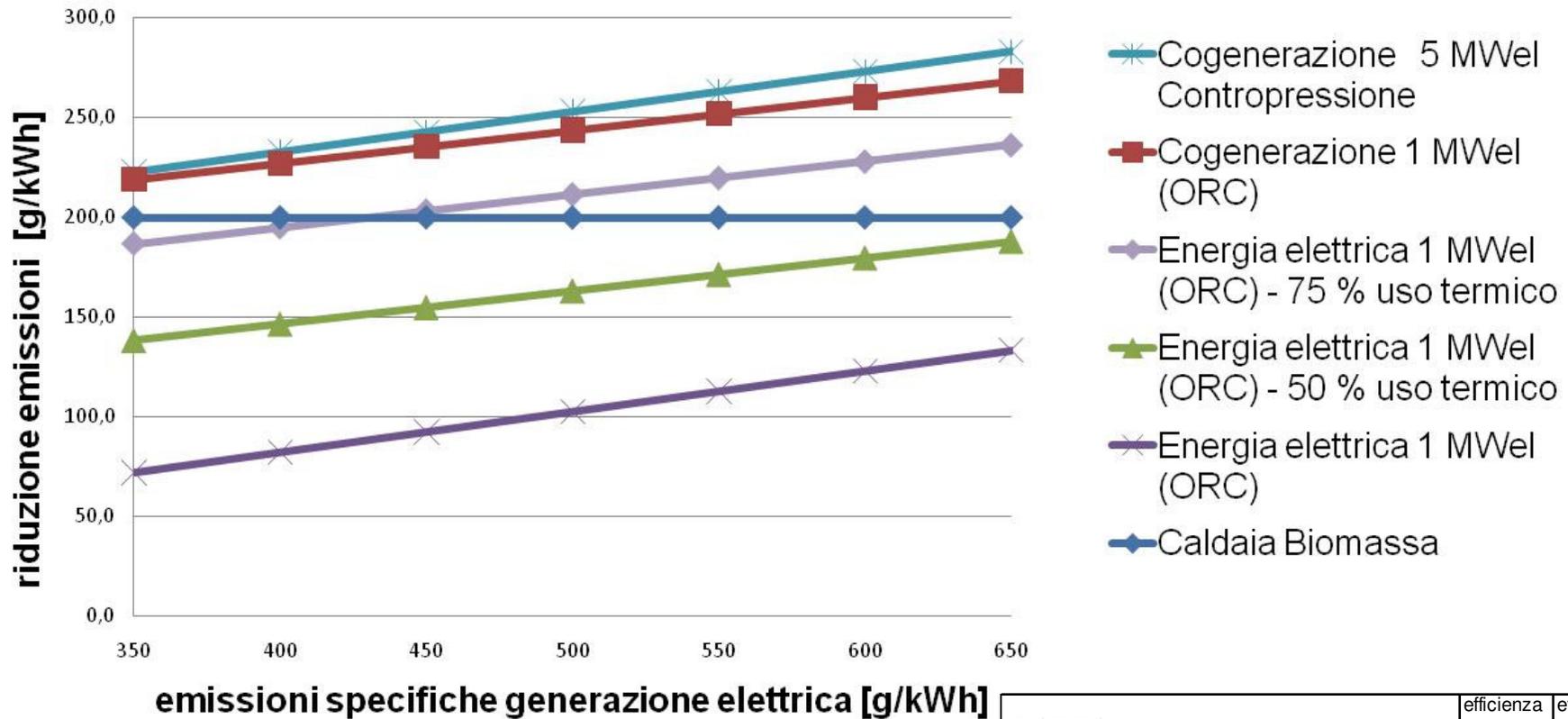
Le emissioni evitate dipendono dal sistema di generazione esistente sostituito.



Valuteremo la riduzione di emissioni in funzione delle emissioni specifiche dei sistemi di generazione elettrica e termica sostituiti:

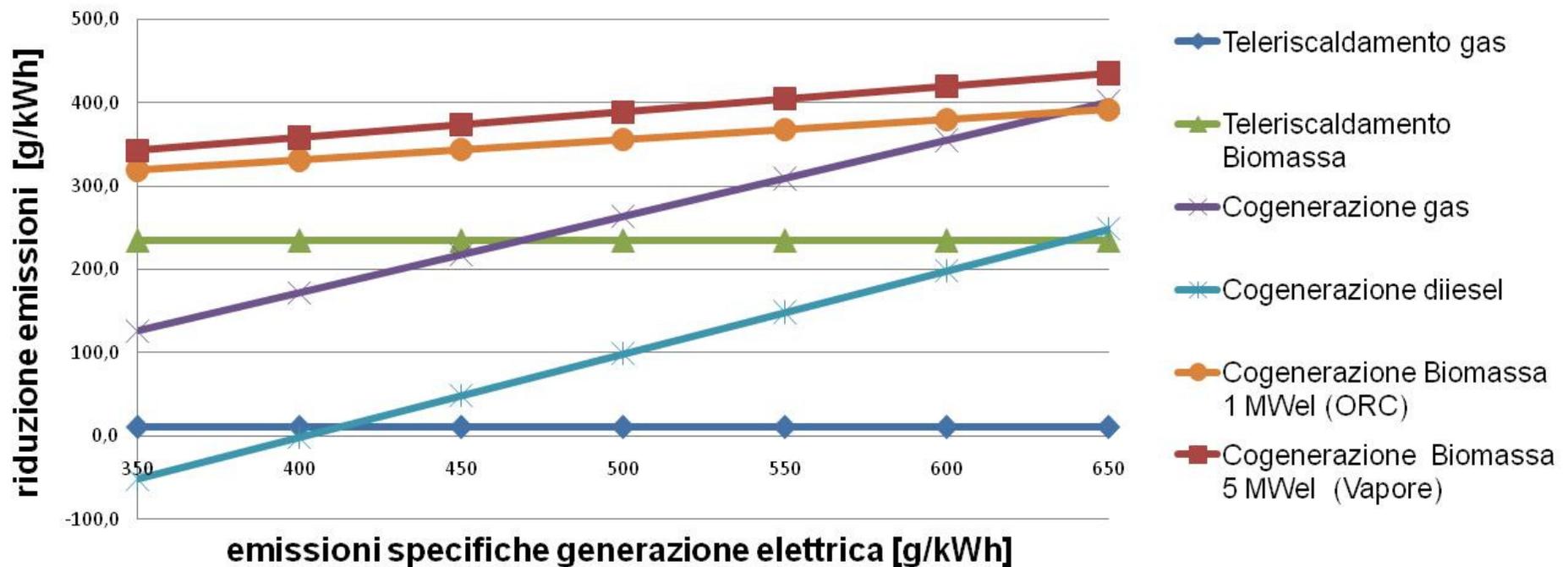
- ❑ energia termica: 235 gCO<sub>2</sub> /kWh termico  
(caldaia a gas rendimento 85%: ca. 235 g/kWh)
- ❑ energia elettrica: 350 – 650 g CO<sub>2</sub> /kWh elettrico  
(media produzione italiana: ca. 580 g/kWh  
impianto a ciclo combinato: ca. 365 g/kWh)

## Riduzione emissioni CO<sub>2</sub> per kWh biomassa



<b>IOTESI :</b>	efficienza elettrica	efficienza termica	efficienza totale
Caldaia Biomassa	0,0%	85,0%	85,0%
Cogenerazione 1 MWel (ORC)	16,5%	68,5%	85,0%
Energia elettrica 1 MWel (ORC) - 75 % uso termico	16,5%	54,8%	71,3%
Energia elettrica 1 MWel (ORC) - 50 % uso termico	16,5%	34,3%	50,8%
Energia elettrica 1 MWel (ORC)	20,5%	0,0%	20,5%
Cogenerazione 5 MWel Contropressione	20,0%	65,0%	85,0%

## Riduzione emissioni CO<sub>2</sub> per kWh calore fornito ad utenze di calore



<b>IPOTESI :</b>	efficienza elettrica	efficienza termica	efficienza totale
Teleriscaldamento gas	0,0%	90,0%	90,0%
Teleriscaldamento Biomassa	0,0%	85,0%	85,0%
Cogenerazione gas	43,0%	47,0%	90,0%
Cogenerazione diesel	43,0%	43,0%	86,0%
Cogenerazione Biomassa 1 MWel (ORC)	16,5%	68,5%	85,0%
Cogenerazione Biomassa 5 MWel (Vapore)	20,0%	65,0%	85,0%

### Conclusioni:

- La generazione pura di energia elettrica è un uso poco efficiente della biomassa
- La cogenerazione è un uso più efficiente della biomassa rispetto alla generazione di calore anche se viene dissipata una parte del calore (fino a circa 25 % del totale)
- La maggiore efficienza di impianti da 5 MW<sub>el</sub> porta ad un vantaggio poco rilevante in termini di risparmio di emissioni rispetto ad impianti da 1 MW<sub>el</sub>
- Nello scenario attuale italiano la cogenerazione da biomassa promette il maggior risparmio di emissioni a parità di calore fornito a un'utenza termica
- La cogenerazione a gas permette un risparmio maggiore solo se si ipotizza un parco di generazione di energia ad alta emissione di carbonio (emissioni specifiche > 650 g/kWh elettrico)

## Ipotesi:

Potenza 1 MWel lordo

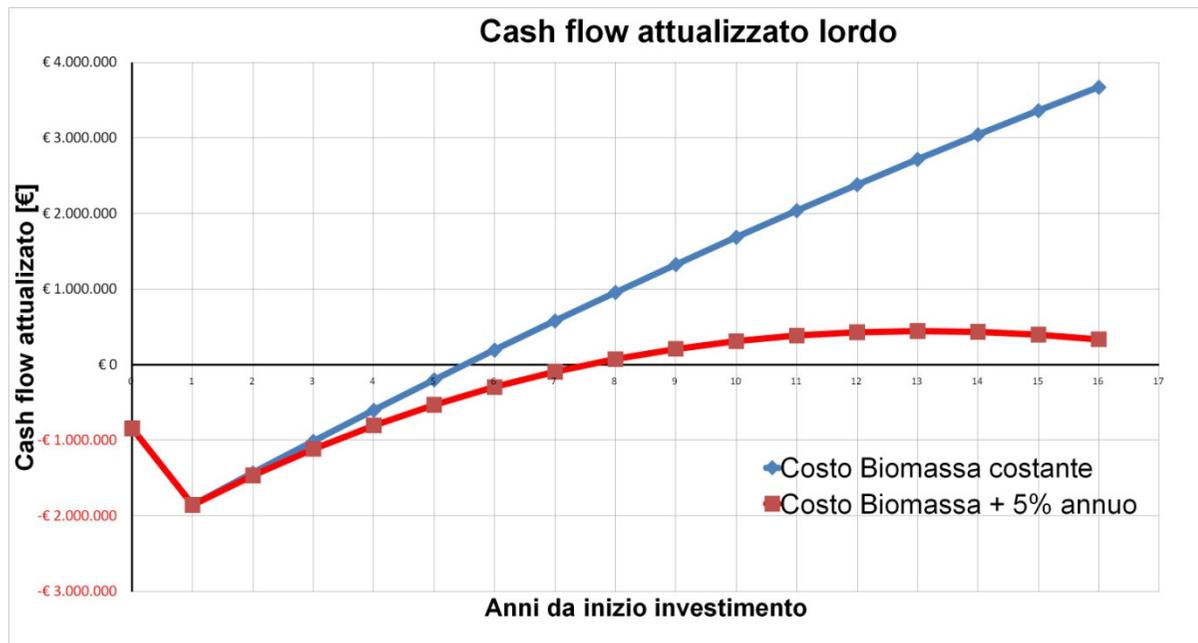
Valore Energia elettrica: 28 €/kWh

Efficienza elettrica lorda: 20 % (produzione lorda / PCI biomassa)

Costo biomassa 2010: 15 Euro /MWh (ad esempio 40 €/t per biomassa al 45% di umidità)

Finanziamento 65% costo investimento in 15 anni (equity 35%)

Investimento: ca. 6 M€



- Redditività interessante con costi moderati e fissi della biomassa
- Redditività non soddisfacente con variazioni annue nell'ordine del fattore di attualizzazione
- Investimento consigliabile solo se si ha un ottimo controllo della filiera della biomassa (certezza di prezzo costante durante il periodo di investimento)

### Ipotesi:

Potenza 1 MWe lordo

Valore Energia elettrica: 28 €/kWh

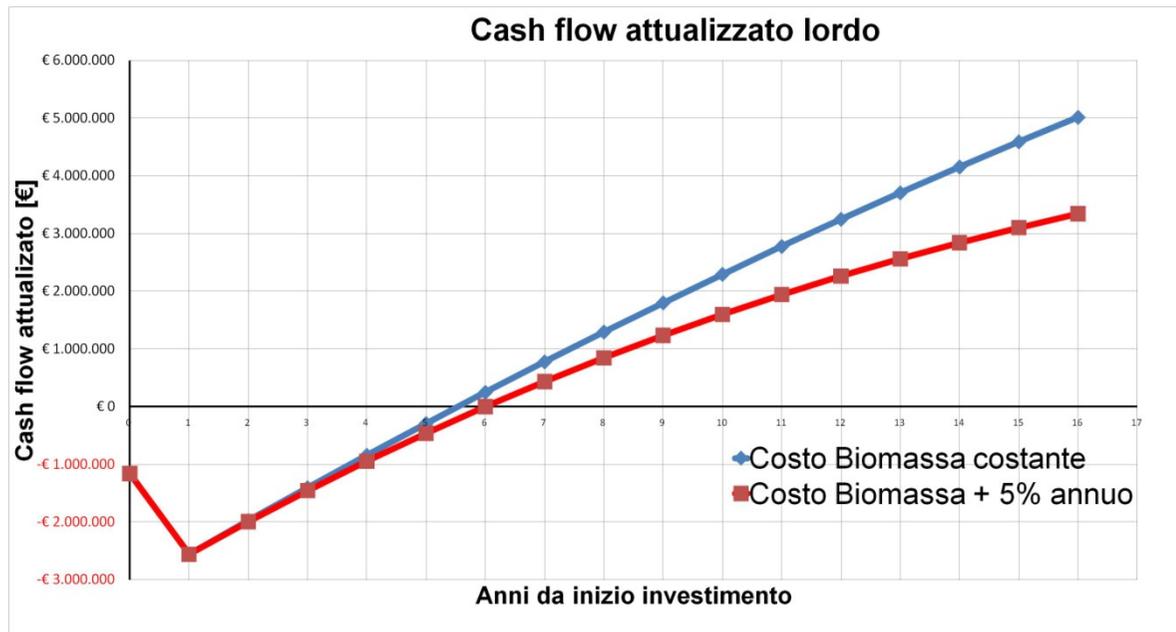
Efficienza elettrica lorda: 16,5 % (produzione lorda / PCI biomassa)

Costo biomassa 2010: 15 Euro /MWh (ad esempio 40 €/t per biomassa al 45% di umidità)

Finanziamento 65% costo investimento in 15 anni (equity 35%)

Calore venduto. 15 GWh al prezzo di 35 €/MWh

Investimento: ca. 8,5 M€ (3 M€ rete teleriscaldamento)



- redditività interessante anche in caso di variazione del costo della biomassa in presenza di utenze termiche significative

- la distribuzione del calore spesso comporta costi aggiuntivi significativi

- nella scelta del luogo di realizzazione e della soluzione impiantistica occorre tenere conto della possibilità di cedere calore ad utenti termici

## Tipologie :

- riscaldamento ambienti in ambito civile e industriale
- raffrescamento (chiller ad assorbimento)
- processi di essiccazione (aria calda, fumi diretti, ecc.)
- utenze di processo (acqua calda, vapore, olio diatermico, aria calda)

## Problematiche da risolvere:

- valutazione consumo energetico utenti
- scelta del vettore termico e dell'interfaccia impianto/cliente per la cessione del calore
- adattamento processo di cogenerazione alle quantità /vettori di calore richiesti dall'utenza
- valutazione fattibilità e convenienza economica realizzazione rete di trasporto calore

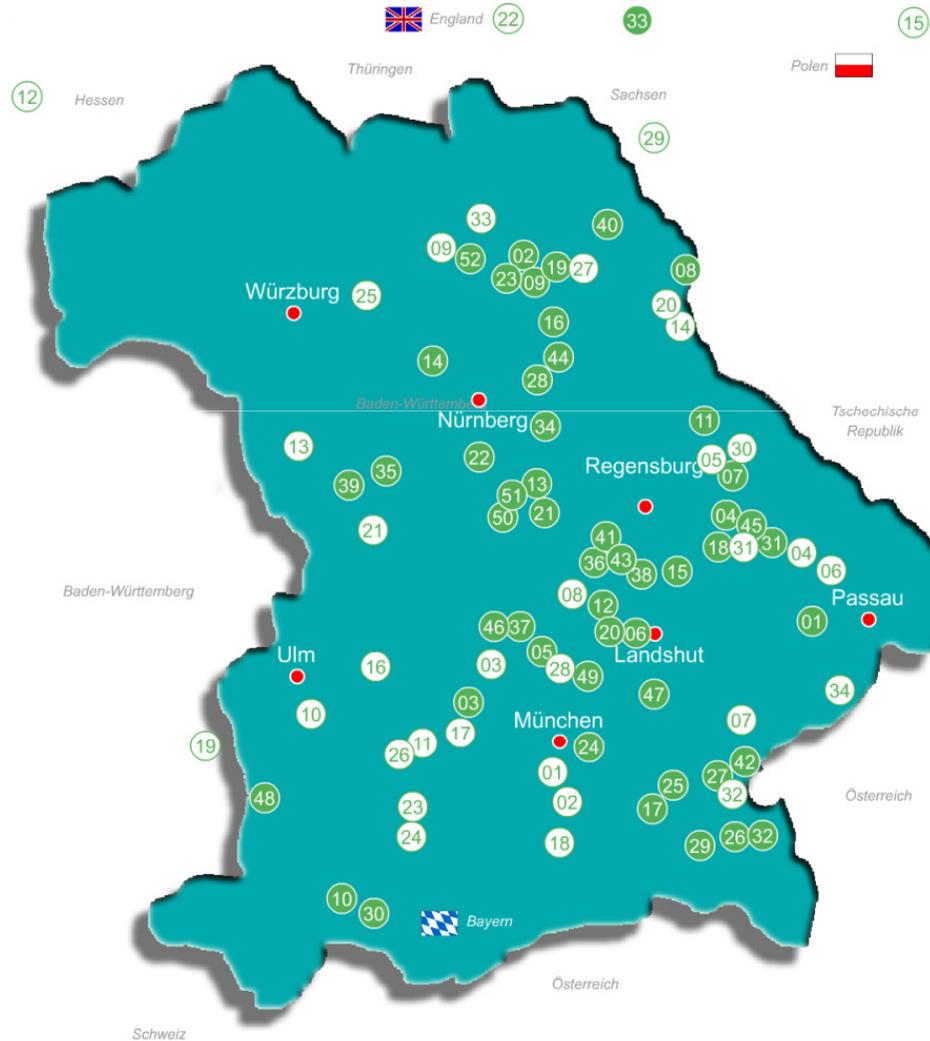


IDEENERGIE®

## **Esempi di impianti realizzati: soluzioni tecniche ed utenze termiche**



Gammel Duvia Engineering S.r.l. - Corso Cairoli 8, 10123 Torino  
Tel (+39) 011 8121214 - Fax (+39) 011 889524 – E-mail: [info@gammelduvia.it](mailto:info@gammelduvia.it) – [www.gammelduvia.it](http://www.gammelduvia.it)



Nr.	Impianti di teleriscaldamento	Nr.	Impianti cogenerativi
01-	Aunkirchen	01-	Taufkirchen
02-	Thurnau	02-	Sauerlach
03-	Kissing	03-	Aichach
04-	Ascha	04-	Hengersberg
05-	Eberstetten	05-	Pösing
06-	Furth	06-	Vilshofen
07-	Roding	07-	Altötting
08-	Neualbenreuth	08-	Wolnzach
09-	Obernsees	09-	Bad Staffelstein
10-	Immenstadt	10-	Weißenhorn
11-	Rötz	11-	Kirchdorf
12-	Mainburg	12-	Neuwied
13-	Berching	13-	Eigenzell
14-	Weisendorf	14-	Plößberg
15-	Mallersdorf	15-	(PL) Jelenow
16-	Pegnitz	16-	Dillingen
17-	Rosenheim	17-	Kaufering
18-	Straubing	18-	Bad Tölz
19-	Bayreuth	19-	Schwendi
20-	Schatzhofen	20-	Plößberg
21-	Beilngries	21-	Bopfingen
22-	Roth 1+2	22-	(GB) Girvan
23-	Hollfeld	23-	Kaufbeuren
24-	München-Riem	24-	Ruderatshofen
25-	Bad Endorf	25-	Unterspießheim
26-	Ruhpolding	26-	Mindelheim
27-	Traunreut	27-	Bayreuth
28-	Hersbruck	28-	Hohenkammer
29-	Reit im Winkl	29-	Zwickau
30-	Bad Hindelang	30-	Cham
31-	Metten	31-	Straubing Sand
32-	Inzell	32-	Teisendorf
33-	Serrahn	33-	Burgkunstadt
34-	Altdorf	34-	Waldstadt
35-	Herrieden		
36-	Bad Gögging		
37-	Schrobenhausen 1		
38-	Rohr		
39-	Feuchtwangen		
40-	Weißenstadt		
41-	Kelheim		
42-	Friddolting		
43-	Abensberg: Gammel Engineering BBW Abensberg Offenstetten		
44-	Hartenstein		
45-	Mitterfels		
46-	Schrobenhausen 2		
47-	Dorfen		
48-	Rot an der Rot		
49-	Freising		
50-	Eichstätt		
51-	Titting		
52-	Bad Neustadt a. d. Saale		

**Cliente**  
**Potenza termica**  
**Potenza elettrica**  
**Periodo di realizzazione**

### Dati del progetto

Gregor Ziegler GmbH  
16300 kW  
2000 kW  
Luglio 2006 – Maggio 2007

### Particolarità del progetto

- Impianto di cogenerazione con caldaia ad olio diatermico e modulo ORC
- Unico utilizzatore termico è un essiccatore a nastro che essicca segatura per la produzione di pellets
- Capacità nominale produzione pellet ca. 10 t/h



<b>Ciente</b>	<b>Dati del Progetto</b>
<b>Potenza termica</b>	Futtertrocknung Ruderatshofen e.G.
<b>Potenza elettrica</b>	18.000 kW
<b>Periodo di realizzazione</b>	2.000 kW
	Aprile 2007 – Settembre 2008

## Particolarità del progetto

- Impianto di cogenerazione con caldaia ad olio diatermico e modulo ORC
- Pre-essiccazione foraggio attraverso un essiccatore a nastro che usa acqua calda fornita dal modulo ORC
- Essiccazione completata con essiccatore a tamburo che usa una parte dei fumi della caldaia a biomassa
- Teleriscaldamento per la sede produttiva di un utente industriale (utenza prevalentemente invernale)



**Cliente**  
**Potenza termica**  
**Potenza elettrica**  
**Periodo di realizzazione**

### Dati del progetto

Bio-Kraftwerk-Schilling GmbH  
6.500 kW  
1.200 kW  
Giugno 2007 – Maggio 2008

### Particolarità del progetto

- Impianto di cogenerazione con caldaia ad olio diatermico e modulo ORC
- Principale utenza termica camere di essiccazione per legname
- Fornitura di calore ad un ospedale nelle vicinanze
- Prevista in futuro anche la produzione di pellet con essiccatoio a nastro
- Integrazione architettonica curata dal famoso architetto Matteo Thun



### Dati del progetto

<b>Cliente</b>	Peri GmbH, Weißenhorn
<b>Potenza termica</b>	2 x 4.500 kW
<b>Potenza elettrica</b>	600 kW
<b>Periodo di realizzazione</b>	Maggio 2006 – Marzo 2008

### Particolarità del progetto

- Utilizzo di scarti secchi dalla lavorazione di casseforme come combustibile
- Impianto di cogenerazione con 2 caldaie ad olio diatermico, una per cogenerazione e una per uso diretto del calore per un processo industriale
- Utilizzo del calore ad alta temperatura per un impianto di verniciatura a polverino
- Utilizzo del calore a bassa temperatura fornito dal modulo ORC per riscaldamento di un nuovo complesso di uffici
- Il cliente è Peri, leader mondiale nella produzione di casseforme presso la sua sede produttiva principale di Weissenhorn in Baviera



<b>Cliente</b>	<b>Dati del progetto</b>
<b>Potenza totale</b>	J. & J.M. Leserer Gbr., 82024 Taufkirchen
<b>Potenza elettrica</b>	42 MW (fase finale)
<b>Periodo di realizzazione</b>	4,5 MW
	Aprile 1998 - Giugno 2000



### Particolarità del progetto

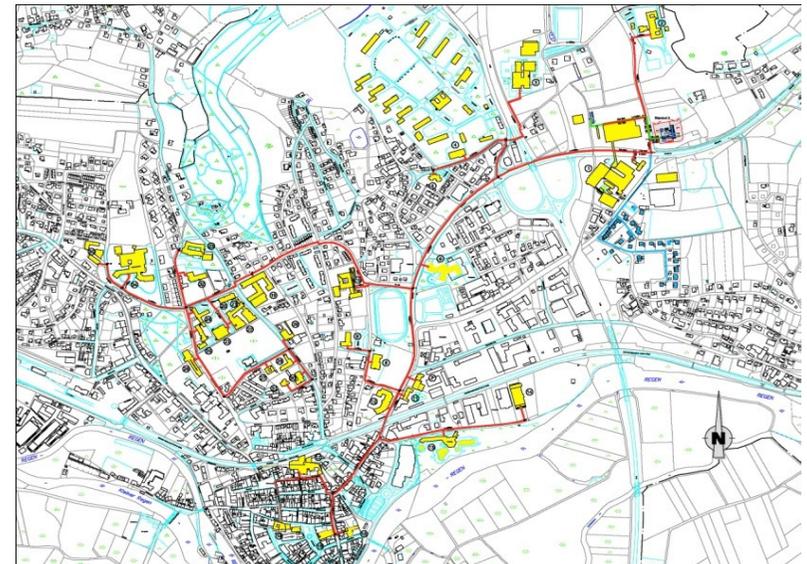
- Impianto di cogenerazione con caldaia e turbina a vapore
- Calore utilizzato per una grande rete di teleriscaldamento



<b>Cliente</b>	Naturenergie Cham GmbH
<b>Potenza termica</b>	15.000 kW
<b>Potenza elettrica</b>	1500 kWel
<b>Periodo di realizzazione</b>	Marzo 2010 - Marzo 2011

## Particolarità del progetto

- Caldaia a vapore (17 t/h ) e turbina a vapore
- Spillamento per calore di processo (vapore 10 Bar ) per una industria casearia
- Utilizzo del calore a valle della turbina per una rete di teleriscaldamento
- Sono previste 2 caldaie a olio combustibile da 10t/h per riserva e carico di punta

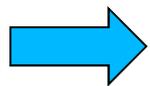


## **Opportunità:**

- utenze termiche con consumo termico
- annuo noto
- costo per la rete di distribuzione del calore già sostenuti
- filiera di approvvigionamento della biomassa attiva con disponibilità e costi noti

## **Problematiche:**

- in una logica differenziale i ricavi per la cessione di calore sono limitati al costo combustibile evitato all'impianto esistente
- costo d'investimento può essere nel caso peggiore identico a quello di un impianto green field



importante riuscire per quanto possibile a ridurre i costi di investimento integrando il sistema di cogenerazione nell'infrastruttura esistente. I risparmi possono essere significativi.



IDEENERGIE®

## **Esempi di trasformazioni di impianti termici a biomassa in impianti di cogenerazione**

The logo for Gammel & Duvia consists of two overlapping semi-circles, one teal and one purple, forming a partial ring. The text 'Gammel & Duvia' is centered within this ring.

**Gammel & Duvia**

Gammel Duvia Engineering S.r.l. - Corso Cairoli 8, 10123 Torino

Tel (+39) 011 8121214 - Fax (+39) 011 889524 – E-mail: [info@gammelduvia.it](mailto:info@gammelduvia.it) – [www.gammelduvia.it](http://www.gammelduvia.it)

**Cliente**  
**Potenza termica**  
**Potenza elettrica**  
**Periodo di realizzazione**

### Dati del progetto

Biomasse Wärmeverbund Aichach  
5,2 MW (prima della modifica 3,6MW)  
879 KW  
prima fase Maggio 1996 – Settembre 1997  
modifica Maggio 2007 - Ottobre 2007

### Particolarità del progetto

- Impianto di teleriscaldamento a biomassa costruito nel 1997
- Sostituzione della caldaia originaria con una caldaia a olio diatermico
- Aggiunta di modulo ORC per la cogenerazione
- Modifiche architettoniche e mantenimento di buona parte della componentistica iniziale

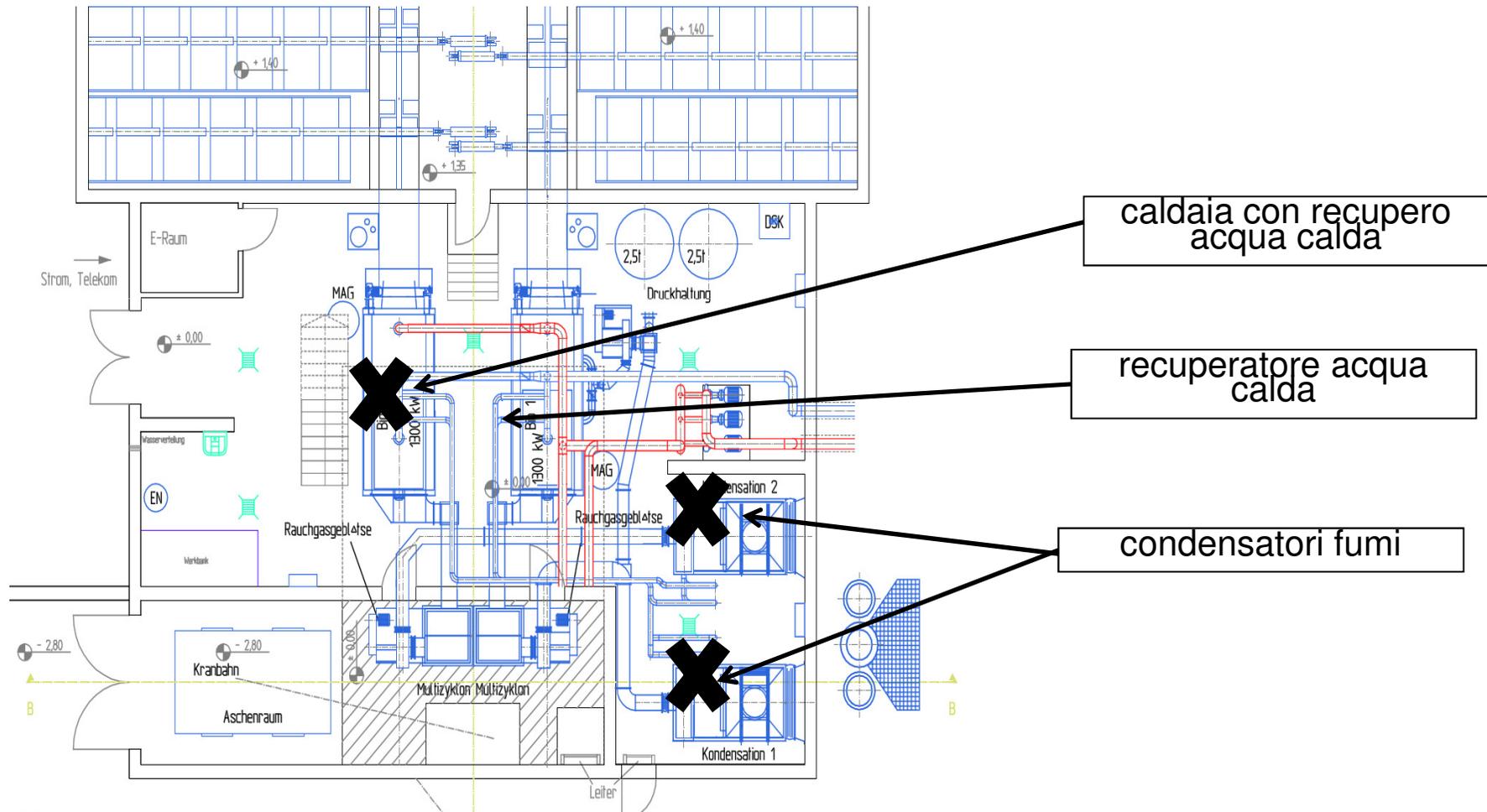


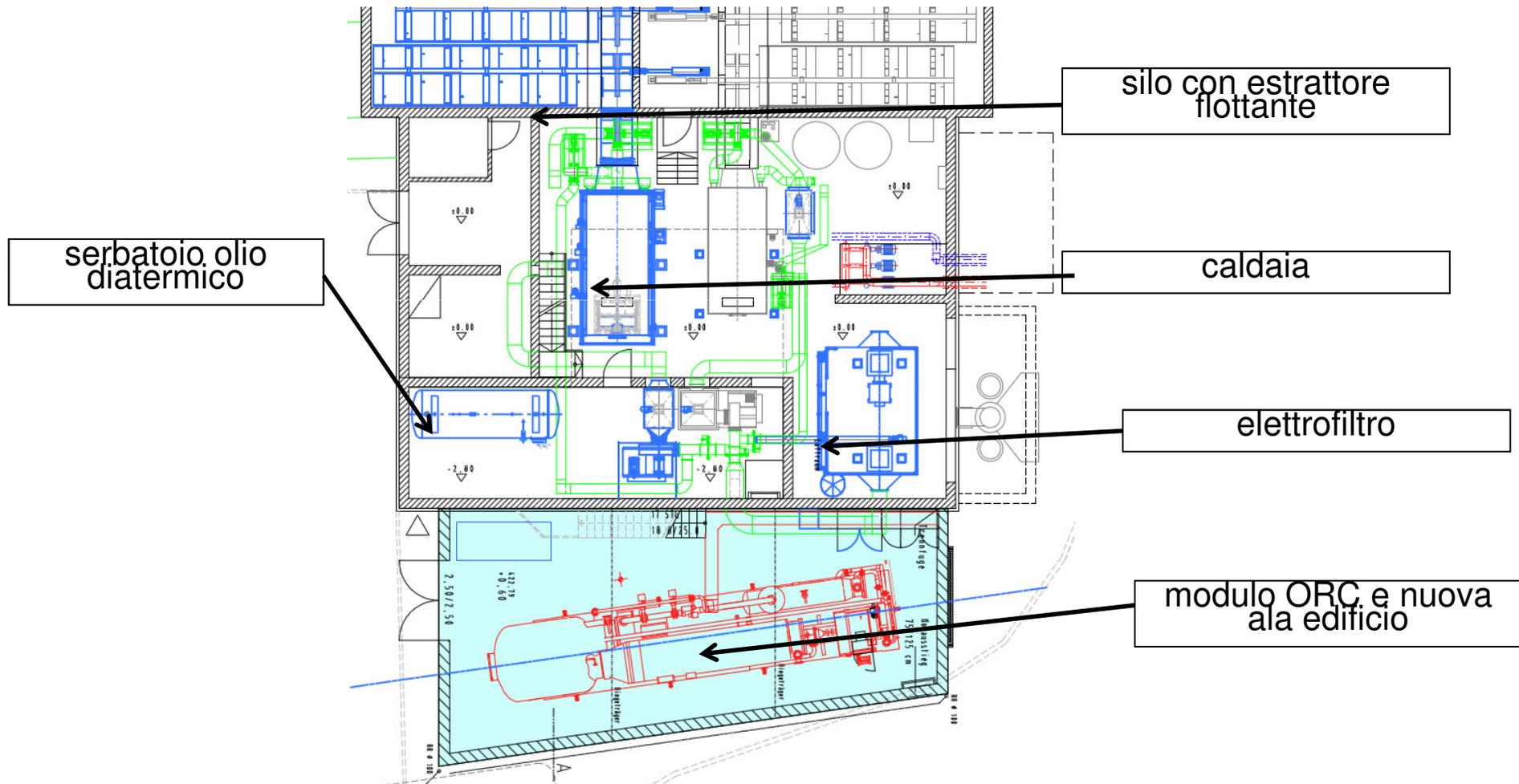
<b>Cliente</b>	Biowärmeverbund HKW GmbH & Co. KG
<b>Potenza termica</b>	2900 kW (prima della modifica 2600 kW)
<b>Potenza elettrica</b>	450 kW
<b>Periodo di realizzazione</b>	Ottobre 2004 - Novembre 2005

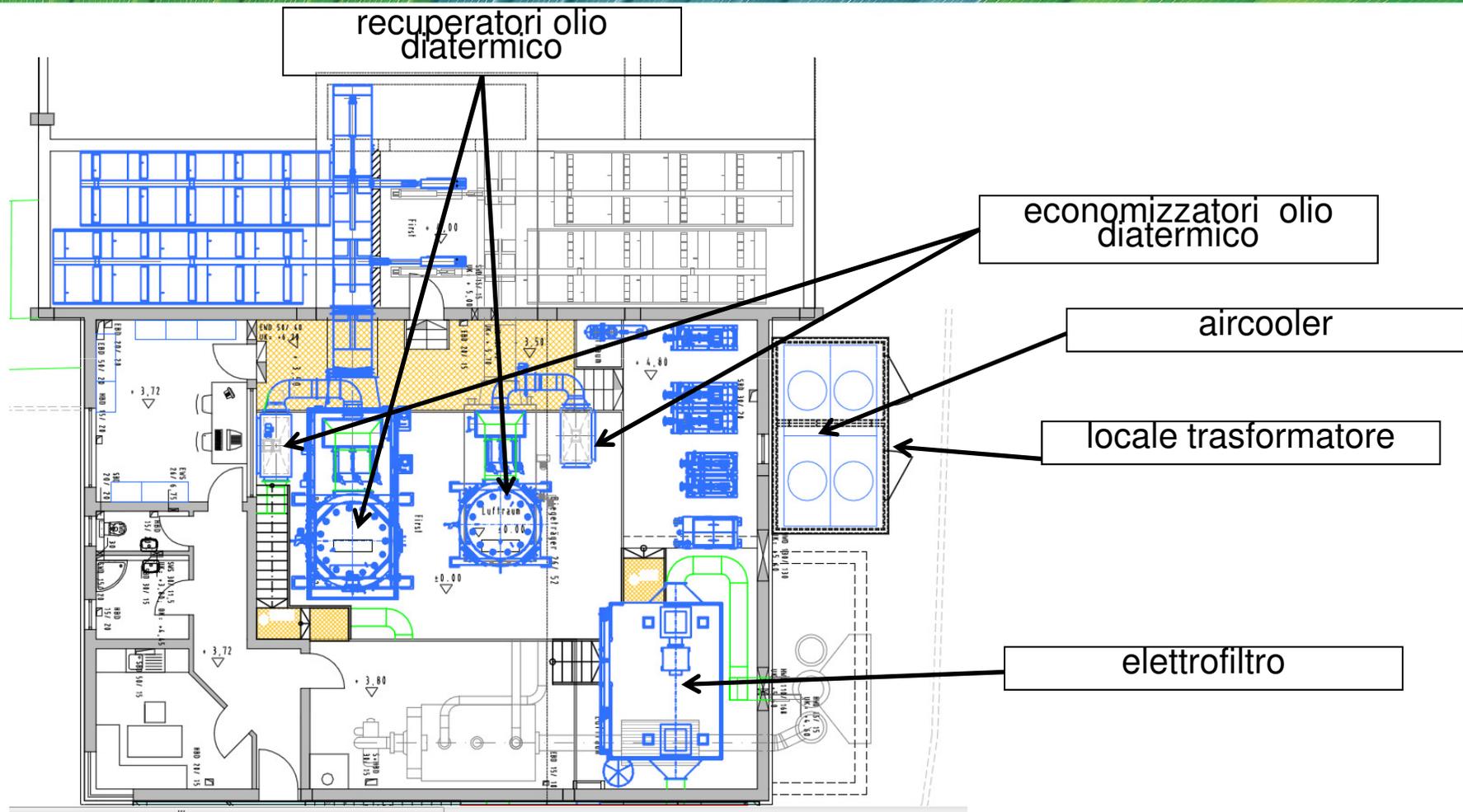
### Particolarità del progetto

- Impianto iniziale composto da 2 caldaie a biomassa da 1300 kW termici di acqua calda
- Sostituzione di una caldaia con nuova caldaia a olio diatermico da 1600 kW termici
- Sostituzione del sistema di recupero della seconda caldaia con un recuperatore a olio diatermico da 1300 kW termici
- Aggiunta di un modulo ORC da 450 kWel
- Modifiche architettoniche e mantenimento di buona parte della componentistica iniziale





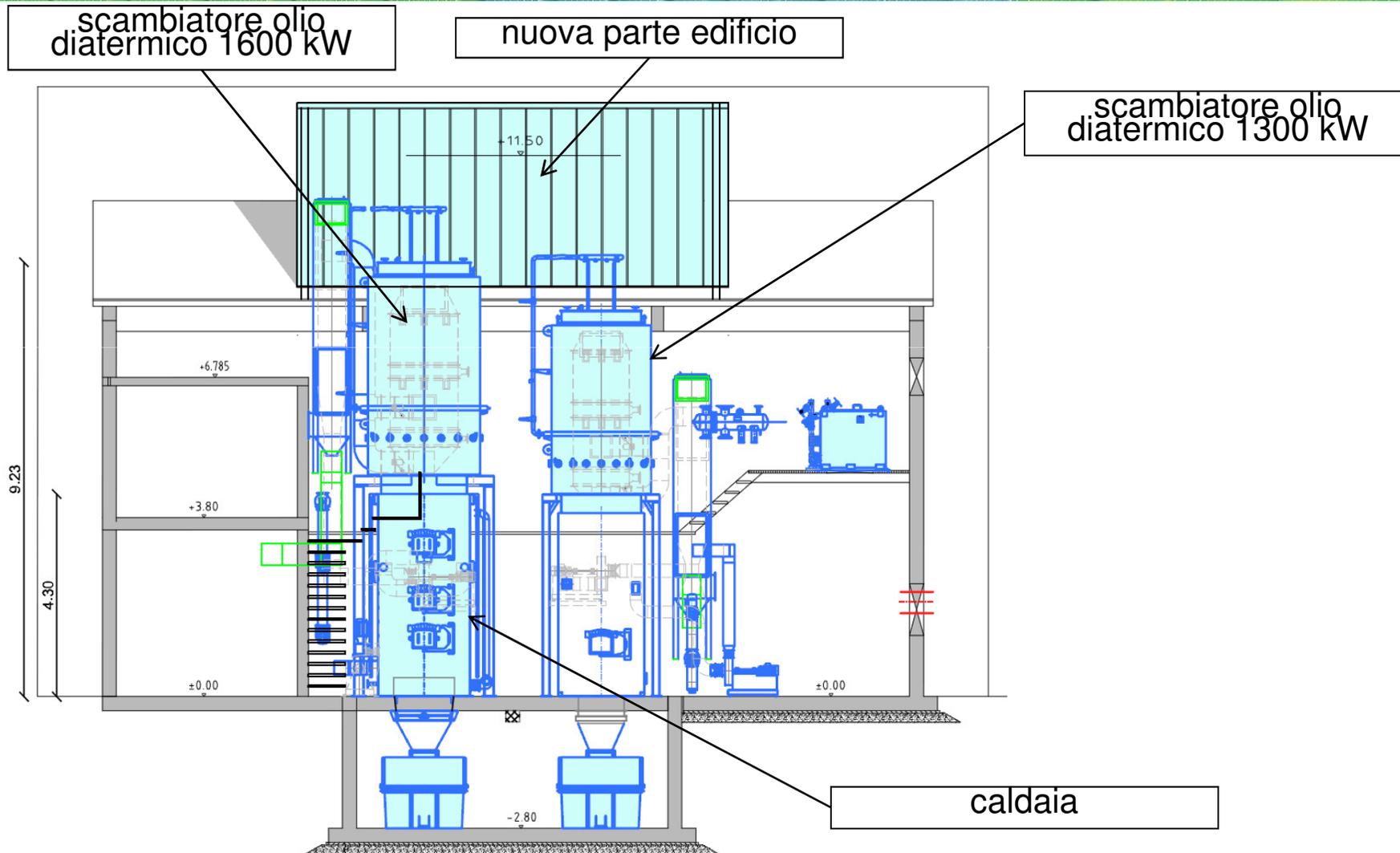






# Wolnzach: nuovi componenti vista dal basso

IDEENERGIE®



# Wolnzach: impianto di cogenerazione finito

IDEENERGIE®





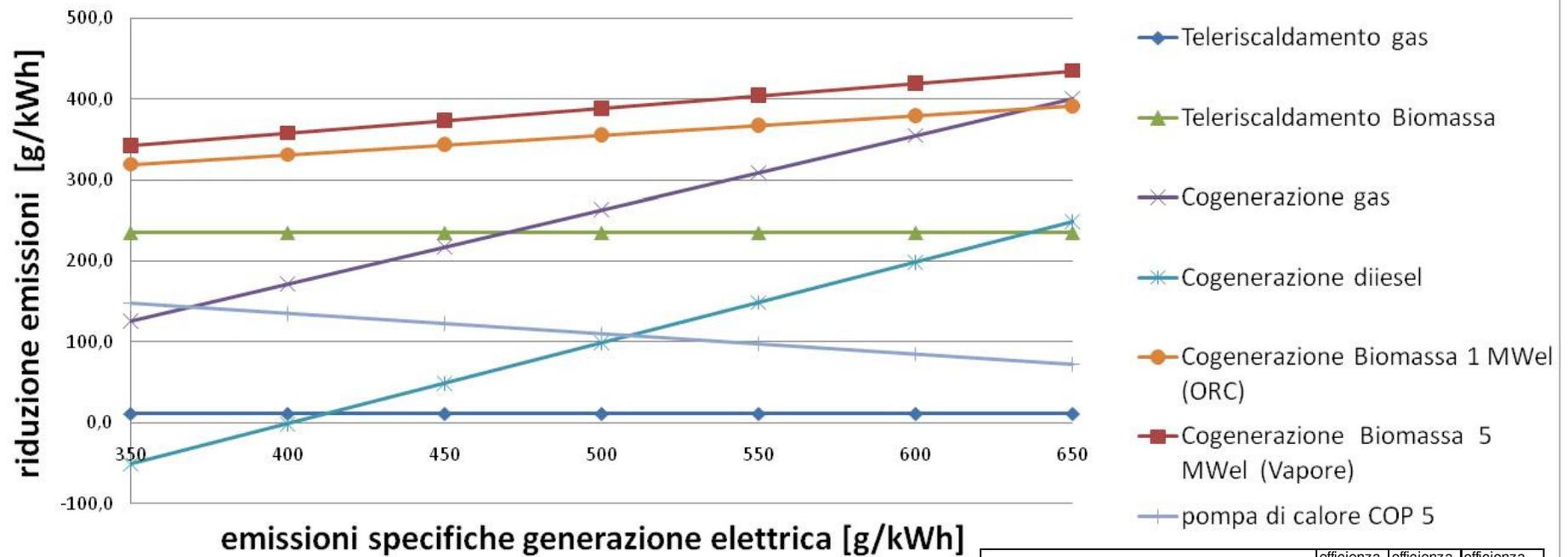
IDEENERGIE®

**Grazie per l'attenzione!**



Gammel Duvia Engineering S.r.l. - Corso Cairoli 8, 10123 Torino  
Tel (+39) 011 8121214 - Fax (+39) 011 889524 – E-mail: [info@gammelduvia.it](mailto:info@gammelduvia.it) – [www.gammelduvia.it](http://www.gammelduvia.it)

### Riduzione emissioni CO<sub>2</sub> per kWh calore fornito ad utenze di calore



IPOTESI :	efficienza elettrica	efficienza termica	efficienza totale
Teleriscaldamento gas	0,0%	90,0%	90,0%
Teleriscaldamento Biomassa	0,0%	85,0%	85,0%
Cogenerazione gas	43,0%	47,0%	90,0%
Cogenerazione diesel	43,0%	43,0%	86,0%
Cogenerazione Biomassa 1 MWel (ORC)	16,5%	68,5%	85,0%
Cogenerazione Biomassa 5 MWel (Vapore)	20,0%	65,0%	85,0%