



**ISES ITALIA**

“Sezione dell’International  
Solar Energy Society”

**G.B. Zorzoli**

---

---

# **COGENERAZIONE/TRIGENERAZIONE URBANA UTILIZZANDO BIOMASSA SOLIDA**

**Forum Green City Energy - Pisa, 2 luglio 2010**

---



**ISES ITALIA** (sezione nazionale dell'**International Solar Energy Society**) è un'Associazione non profit, attiva dal 1978, con l'obiettivo di promuovere la conoscenza e l'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili e dell'efficienza energetica.

A questo scopo **ISES ITALIA** svolge le seguenti attività diversificate a seconda dei vari target:

- Informazione tecnica e divulgativa;
- Formazione tecnica, normativa ed economica;
- Assistenza a istituzioni, organizzazioni, aziende, scuole.

**I soci di ISES ITALIA** sono soggetti individuali, operatori e aziende del settore delle rinnovabili, enti pubblici locali e nazionali, associazioni di categoria, istituti di ricerca e università, scuole, agenzie energetiche locali.

Per maggiori informazioni consultare il sito [www.isesitalia.it](http://www.isesitalia.it) o scrivere a [info@isesitalia.it](mailto:info@isesitalia.it)

---

**Tipico edificio per abitazioni in Roma:**

**6 piani fuori terra con 24 appartamenti**

**2 piani interrati destinati ad autorimessa**

**Potenza termica 60 – 80 kw**

---



ISES ITALIA

"Sezione dell'International  
Solar Energy Society"

## COGENERAZIONE/TRIGENERAZIONE URBANA CON BIOMASSA SOLIDA

FABBISOGNO ENERGETICO: Residenziale 86.000 mc Rapporto S/V 0,45					Cogeneratore Gas metano 200 kWe 290 kWt Assorbitore a Br-Lt da 200 kWf			
Mesi	giorni	ENERGIA TERMICA ACS	ENERGIA TERMICA RISCALDAMENTO	ENERGIA TERMICA TOTALE	ENERGIA FRIGORIFERA	ENERGIA ELETTRICA	ENERGIA TERMICA	ENERGIA FRIGO DA ASSORBITORE
		kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
GENNAIO	31	71.253	230.297	301.550	0	76.701	105.080	0
FEBBRAIO	28	64.358	176.809	241.167	0	68.934	94.440	0
MARZO	31	71.253	115.148	186.402	0	65.232	89.367	0
APRILE	30	68.955	22.287	91.242	0	0	0	0
MAGGIO	31	71.253	0	71.253	0	0	0	0
GIUGNO	30	68.955	0	68.955	126.440	54.240	0	49.787
LUGLIO	31	71.253	0	71.253	186.157	63.115	0	57.933
AGOSTO	31	71.253	0	71.253	169.868	57.263	0	52.562
SETTEMBRE	30	68.955	0	68.955	68.718	0	0	0
OTTOBRE	31	71.253	0	71.253	0	0	0	0
NOVEMBRE	30	64.358	104.005	168.363	0	60.214	82.493	0
DICEMBRE	31	75.850	214.696	290.547	0	72.065	98.729	0
		<b>838.952</b>	<b>863.242</b>	<b>1.702.193</b>	<b>551.183</b>	<b>517.763</b>	<b>470.109</b>	<b>160.282</b>
Parametro specifico kWh/mc		9,8	10,0	19,8	6,4			



ISES ITALIA

"Sezione dell'International  
Solar Energy Society"

## COGENERAZIONE/TRIGENERAZIONE URBANA CON BIOMASSA SOLIDA

FABBISOGNO ENERGETICO: Centro Commerciale 250.000 mc						Cogeneratore Gas metano 1060 kW <sub>e</sub> 1250 kW <sub>t</sub> Assorbitore a Br-Lt da 750 kW <sub>f</sub>		
Mesi	giorni	ENERGIA TERMICA ACS	ENERGIA TERMICA RISCALDAMENTO	ENERGIA TERMICA TOTALE	ENERGIA FRIGORIFERA	ENERGIA ELETTRICA	ENERGIA TERMICA	ENERGIA FRIGO DA
		kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
GENNAIO	31	33.794	534.375	568.170	0	221.540	222.167	0
FEBBRAIO	28	35.573	423.737	459.310	0	233.200	233.860	0
MARZO	31	40.909	327.472	368.381	0	73.140	73.347	0
APRILE	30	37.352	118.514	155.866	638.602	244.860	106.860	92.924
MAGGIO	31	37.352	0	37.352	1.026.426	244.860	20.167	151.009
GIUGNO	30	35.573	0	35.573	1.404.036	233.200	19.207	143.818
LUGLIO	31	39.130	0	39.130	1.720.917	256.520	21.127	158.200
AGOSTO	31	39.130	0	39.130	1.682.334	256.520	21.127	158.200
SETTEMBRE	30	39.130	0	39.130	1.357.363	256.520	21.127	158.200
OTTOBRE	31	37.352	0	37.352	920.323	244.860	20.167	151.009
NOVEMBRE	30	37.352	179.337	216.689	0	0	0	0
DICEMBRE	31	37.352	416.564	453.915	0	244.860	245.553	0
		450.000	2.000.000	2.450.000	8.750.000	2.510.080	1.004.709	1.013.359
Parametro specifico kWh/mc		1,8	8,0	9,8	35,0			



ISES ITALIA

"Sezione dell'International  
Solar Energy Society"

## COGENERAZIONE/TRIGENERAZIONE URBANA CON BIOMASSA SOLIDA

FABBISOGNO ENERGETICO: Direzionale 144.000 mc Rapporto S/V 0,45					Cogeneratore Gas metano 600 kW <sub>e</sub> 750 kW <sub>t</sub> Assorbitore a Br-Lt da 500 kW <sub>f</sub>			
Mesi	giorni	ENERGIA TERMICA ACS	ENERGIA TERMICA RISCALDAMENTO	ENERGIA TERMICA TOTALE	ENERGIA FRIGORIFERA	ENERGIA ELETTRICA	ENERGIA TERMICA	ENERGIA FRIGO DA
		kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
GENNAIO	31	10.814	346.224	357.038	0	125.400	154.451	0
FEBBRAIO	28	11.383	280.266	291.650	0	132.000	162.580	0
MARZO	31	13.091	222.106	235.197	0	41.400	50.991	0
APRILE	30	11.953	110.631	122.584	0	0	0	0
MAGGIO	31	11.953	0	11.953	220.142	113.400	9.867	86.968
GIUGNO	30	11.383	0	11.383	837.962	108.000	9.398	82.827
LUGLIO	31	12.522	0	12.522	1.276.826	132.000	11.253	101.389
AGOSTO	31	12.522	0	12.522	1.218.122	145.200	12.169	111.668
SETTEMBRE	30	12.522	0	12.522	766.948	145.200	12.169	111.668
OTTOBRE	31	11.953	0	11.953	0	0	0	0
NOVEMBRE	30	11.953	177.010	188.963	0	37.800	46.557	0
DICEMBRE	31	11.953	303.762	315.715	0	138.600	170.709	0
		144.000	1.440.000	1.584.000	4.320.000	1.119.000	640.145	494.520
Parametro specifico kWh/mc		1,0	10,0	11,0	30,0			



ISES ITALIA

"Sezione dell'International  
Solar Energy Society"

## **COGENERAZIONE/TRIGENERAZIONE URBANA CON BIOMASSA SOLIDA**

---

**Le relativamente piccole potenze spesso in gioco nella cogenerazione/trigenerazione per usi civili si sposa in modo ottimale con l'utilizzo di oli vegetali in motori endotermici**

**Il ricorso a oli di importazione è discutibile sotto il profilo energetico-ambientale e in alcune Regioni vietato**

**La potenza alimentabile con oli locali è modesta**

**Oli vegetali grezzi (non biodiesel), ricostruiti - tramite esterificazione con glicerolo - da materie prime provenienti dalla raffinazione di oli alimentari in base a una norma UNI ora sono considerati bioliquidi**

---

### **QUALI ALTERNATIVE?**

**Per potenze elettriche <1 MW esistono solo due tecnologie consolidate, entrambe basate sulla combustione della biomassa in caldaia:**

- ciclo Rankine con vapore come fluido termovettore**
- ciclo Rankine con fluido organico come termovettore (ORC)**

**A BASSE POTENZE IL CICLO A VAPORE HA COSTI ECCESSIVI**

---

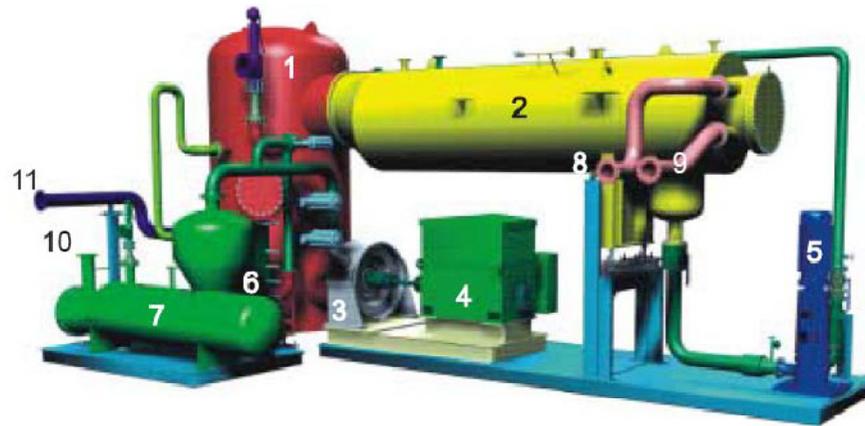


ISES ITALIA

"Sezione dell'International  
Solar Energy Society"

## COGENERAZIONE/TRIGENERAZIONE URBANA CON BIOMASSA SOLIDA

### VISIONE SCHEMATICA DELL'IMPIANTO



1 – Rigeneratore

5 – Pompa

9 – Uscita acqua calda

2 – Condensatore

6 – Pre-riscadatore

10 – Ingresso olio

3 – Turbina

7 – Evaporatore

11 – Uscita olio

4 – Generatore elettrico

8 – Ingresso acqua calda



ISES ITALIA  
"Sezione dell'International  
Solar Energy Society"

## COGENERAZIONE/TRIGENERAZIONE URBANA CON BIOMASSA SOLIDA

---

**Il fluido diatermico cede il calore necessario all'evaporazione del fluido organico, il quale è caratterizzato da un basso punto di ebollizione, da un basso calore latente di evaporazione e da un'elevata densità.**

**Il vapore in uscita dalla turbina ha una temperatura più alta di quella di condensazione. Dunque, in assenza di rischio di condensazione a fine espansione, solitamente tale ciclo è realizzato senza surriscaldamento del vapore.**

---



ISES ITALIA

"Sezione dell'International  
Solar Energy Society"

## COGENERAZIONE/TRIGENERAZIONE URBANA CON BIOMASSA SOLIDA

# TAGLIE STANDARD IMPIANTI ORC

### DATASHEET

Taglie Standard e prestazioni tipiche di impianti CHP (cogenerativi) con split\*

		TURBODEN4 CHP "split"	TURBODEN6 CHP "split"	TURBODEN7 CHP "split"	TURBODEN10 CHP "split"	TURBODEN14 CHP "split"	TURBODEN18 CHP "split"	TURBODEN22 CHP "split"
<b>input - olio diatermico</b>								
temperatura nominale circuito alta temperatura (entrata/uscita)	°C	310/250	310/250	310/250	310/250	310/250	312/252	312/252
potenza termica circuito alta temperatura	kW	2100	2965	3485	4690	6130	8935	10975
temperatura nominale circuito bassa temperatura (entrata/uscita)	°C	250/130	250/130	250/130	250/130	250/130	252/132	252/132
potenza termica circuito bassa temperatura	kW	200	275	330	450	585	855	1045
potenza termica totale in ingresso	kW	2300	3240	3815	5140	6715	9790	12020
<b>output - acqua calda</b>								
temperatura acqua calda (entrata/uscita)	°C	60/80	60/80	60/80	60/80	60/80	60/90	60/90
potenza termica dell'acqua	kW	1844	2600	3060	4100	5350	7850	9630
<b>prestazioni</b>								
potenza elettrica attiva lorda	kW	424	617	727	1001	1317	1862	2282
efficienza elettrica lorda		0,184	0,19	0,191	0,194	0,196	0,19	0,189
autoconsumi elettrici	kW	24	30	38	51	62	87	107
potenza elettrica attiva netta	kW	400	587	689	950	1255	1775	2175
efficienza elettrica netta		0,174	0,181	0,181	0,184	0,186	0,181	0,181
Generatore elettrico		asincrono, trifase, B.T. 400V	asincrono, trifase, B.T. 660V	asincrono, trifase, B.T. 660V				
Configurazione impianto		single skid	single skid	single skid	multiple skid	multiple skid	multiple skid	multiple skid
Consumo Biomassa**	Kg/h	1005	1416	1667	2247	2935	4279	5254

\* il sistema split Turboden permette di massimizzare la produzione elettrica a pari consumo di biomassa.

\*\* Assumendo potere calorifico della biomassa = 2,6 kWh/kg ed efficienza della caldaia = 0,88. La caldaia ad olio diatermico non è compresa nello scopo di fornitura Turboden



ISES ITALIA

"Sezione dell'International  
Solar Energy Society"

## COGENERAZIONE/TRIGENERAZIONE URBANA CON BIOMASSA SOLIDA

---

**Una tecnologia molto promettente è quella basata sulla gassificazione della biomassa con produzione di syngas, che alimenta direttamente un motore endotermico.**

**La principale difficoltà incontrata finora è stata la presenza di inquinanti (tar) nel syngas, che comprometteva le prestazioni dei motori endotermici**

**Da qualche tempo un produttore è in grado di offrire con adeguate garanzie un gassificatore di biomassa a letto fluido**

---

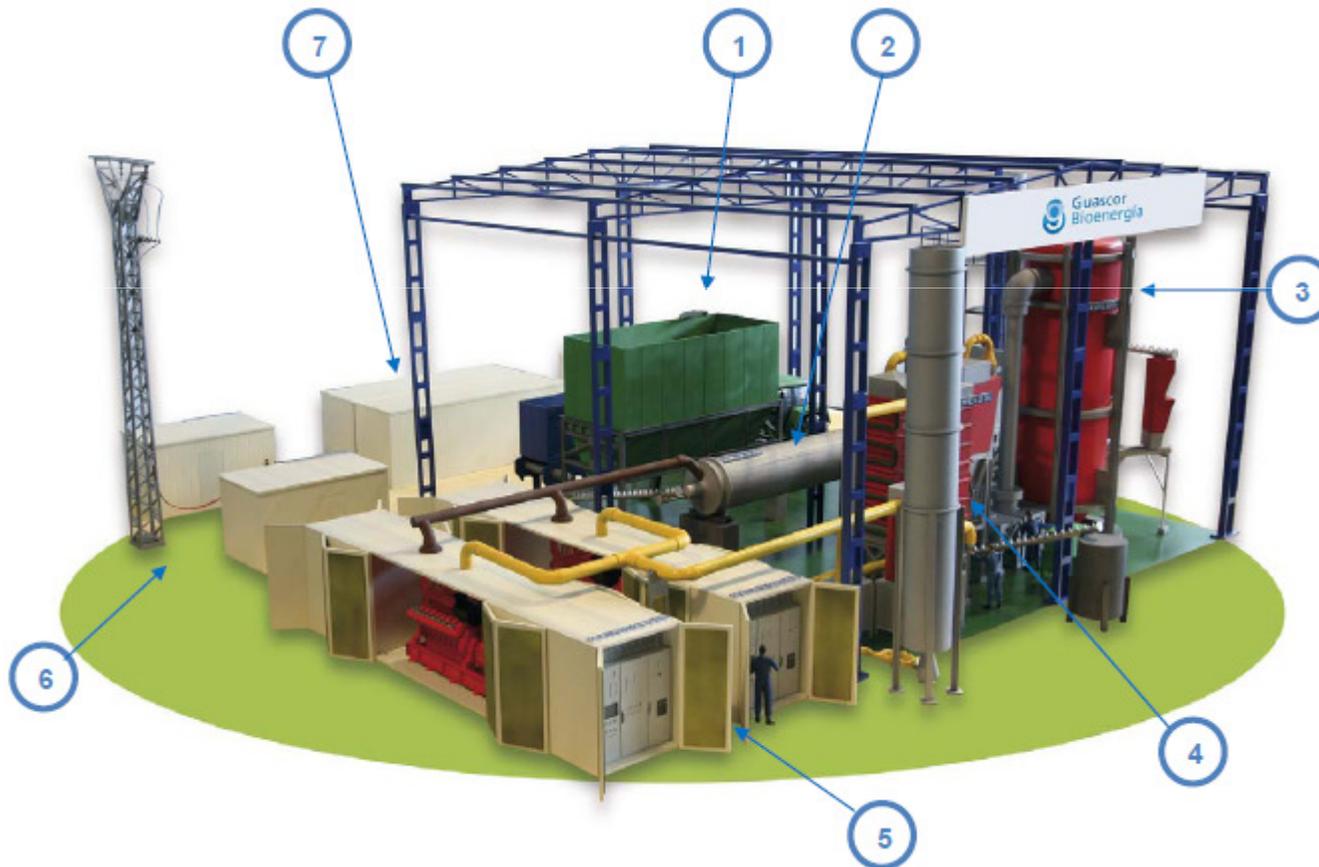


ISES ITALIA

"Sezione dell'International  
Solar Energy Society"

## COGENERAZIONE/TRIGENERAZIONE URBANA CON BIOMASSA SOLIDA

### VISIONE PITTORICA DELL'IMPIANTO



1. Trituratore.
2. Essiccatore rotante.
3. Gassificatore.
4. Sistema di pulizia del syngas.
5. Generazione elettrica.
6. Trasformazione allaccio MT rete .
7. Sala di controllo.



ISES ITALIA

"Sezione dell'International  
Solar Energy Society"

## COGENERAZIONE/TRIGENERAZIONE URBANA CON BIOMASSA SOLIDA

---

**Una tecnologia in fase di prima industrializzazione è la cosiddetta *externally fired* (EF), in cui il calore generato dalla combustione di biomassa surriscalda aria in pressione che viene fatta espandere in una turbina Turbec modificata per funzionare con questo fluido.**

**Questa soluzione tecnologica permette di utilizzare combustibili "sporchi": come già sottolineato, i gas combusti (contenenti TAR, cloro, particelle sospese, ecc.) a contatto diretto con le parti in movimento delle macchine motrici, rappresentano una fattore di rischio per la loro affidabilità.**

---

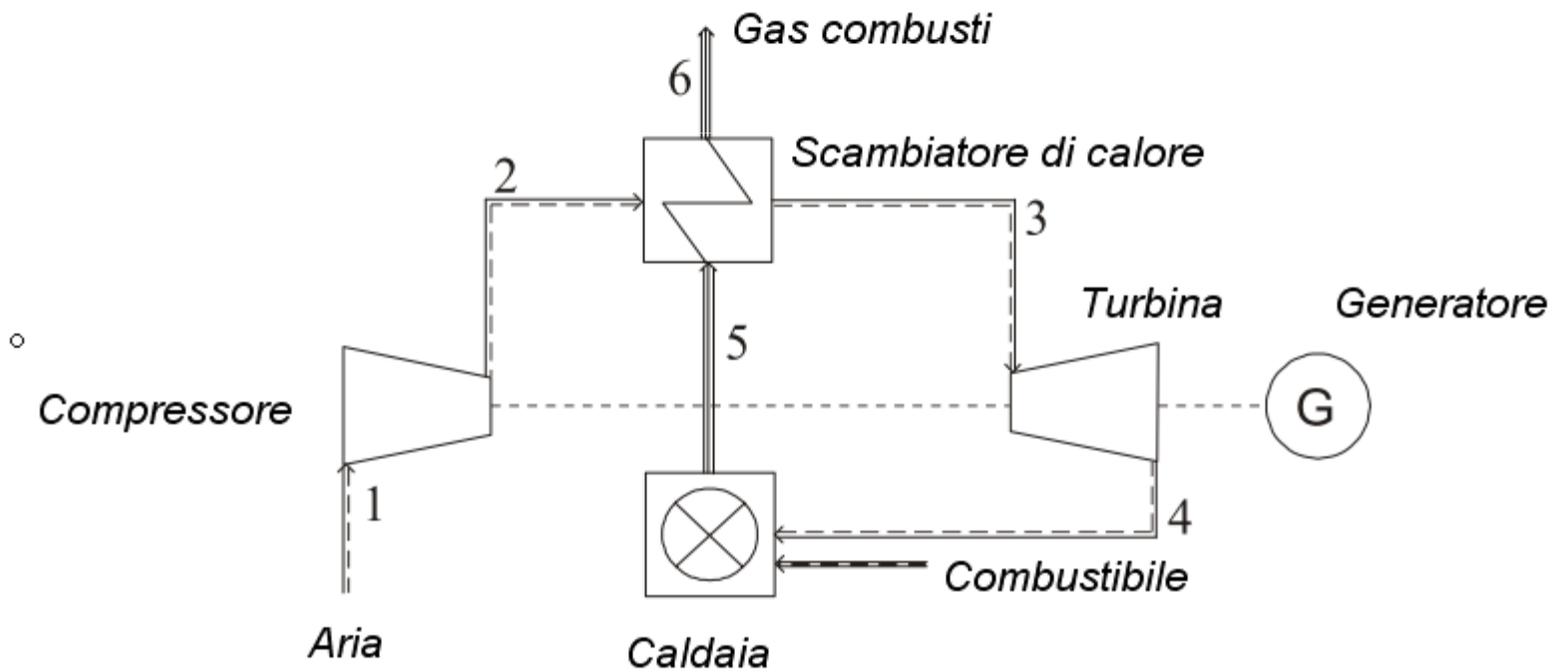


ISES ITALIA

"Sezione dell'International  
Solar Energy Society"

## COGENERAZIONE/TRIGENERAZIONE URBANA CON BIOMASSA SOLIDA

### SCHEMA DI UN IMPIANTO EF





ISES ITALIA

"Sezione dell'International  
Solar Energy Society"

## COGENERAZIONE/TRIGENERAZIONE URBANA CON BIOMASSA SOLIDA

---

### PRIMO IMPIANTO EF INSTALLATO IN ITALIA





ISES ITALIA

"Sezione dell'International  
Solar Energy Society"

## COGENERAZIONE/TRIGENERAZIONE URBANA CON BIOMASSA SOLIDA

---

**Dato il recente sviluppo di questa tecnologia, attualmente non esistono installazioni abbiano funzionato in continuo per un tempo sufficientemente a comprovarne l'affidabilità. In tempi brevi alcune realizzazioni hanno già dimostrato di essere scarsamente affidabili.**

**In particolare, il componente critico di questi impianti è lo scambiatore aria – gas combust, che può essere soggetto all'ossidazione ad alta temperatura (lato aria), a causa delle alte temperature in gioco (intorno a 850 °C lato fumi). Non a caso si sta riprogettando il sistema, portando la temperatura dell'aria sotto 800 °C.**

**Di conseguenza si prevede di commercializzare nell'arco di due anni impianti meno soggetti al rischio di ossidazione ad alta temperatura, aventi uno scambiatore che funzioni a temperature inferiori e con efficienze più elevate.**

---



ISES ITALIA

"Sezione dell'International  
Solar Energy Society"

## COGENERAZIONE/TRIGENERAZIONE URBANA CON BIOMASSA SOLIDA

---

**L'impianto probabilmente più affidabile è attualmente commercializzato con tagli base di 80 kWe netti e taglie multiple ottenute affiancando più unità.**

**La taglia da 80 kWe è in grado di alimentare utenze termiche fino a 300 kW ad alta temperatura, consentendo anche la produzione di vapore o acqua surriscaldata**

**A seguito dello sviluppo di una turbina Turbec ad aria da 450 kW, è in fase dimostrativa un impianto di tale taglia che, duplicato, consente di realizzare impianti da 900 kW.**

---



**ISES ITALIA**

“Sezione dell’International  
Solar Energy Society”

# GRAZIE !

ISES ITALIA

---

---

Via Tommaso Grossi, 6 – 00184 Roma

tel.: +39 06 77073610-11 fax: +39 06 77073612

e-mail: [info@isesitalia.it](mailto:info@isesitalia.it)

[www.isesitalia.it](http://www.isesitalia.it)

[www.ilsoleatrecentosessantagradi.it](http://www.ilsoleatrecentosessantagradi.it)

---

