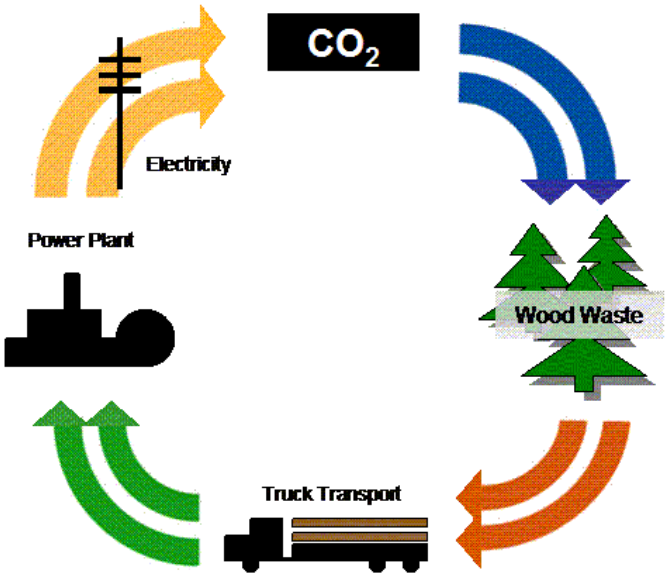
Ingeco®
Clean Energy Systems

VALORIZZAZIONE ENERGETICA DELLE BIOMASSE
Tecnologie ed esperienze



TIPI DI BIOMASSE

Le Biomasse sono normalmente prodotte come scarti nelle attività boschive, o agricole

- Biomasse di origine forestale: cippato di legno o pellet
- Biomasse di origine agricola: potature, paglia, stocchi di mais
- Scarti di lavorazione industriali: legno, noccioli o gusci di frutta, sansa di oliva

Paglia

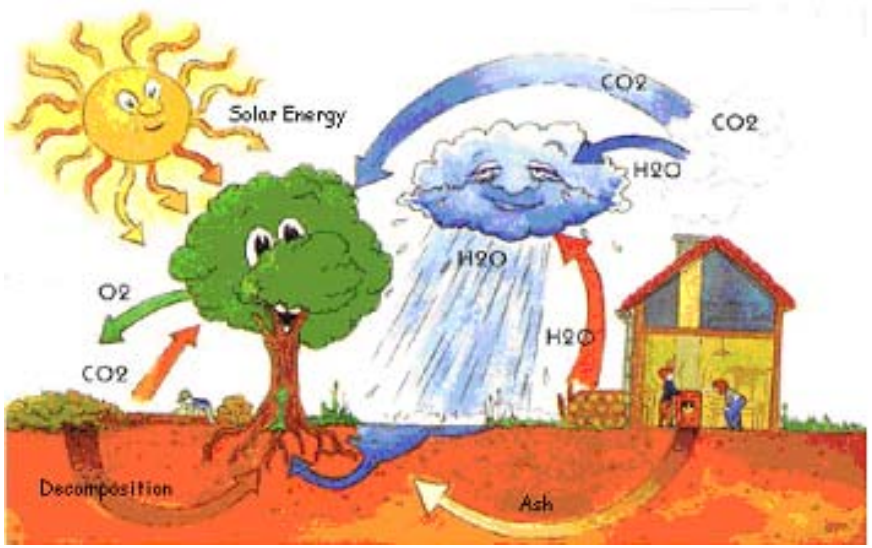
Cippato di legno

Sansa di oliva

- Altre biomasse:
  - Canna Arundo Donax, Miscanto etc
  - Scarti di serre, letame, digestato di impianti biogas, letto della coltivazione di funghi
  - Pollina (riconosciuta come biomassa dalla CE)

Pollina

PERCHE' LE BIOMASSE ?



L'utilizzo delle biomasse (o biogas) presenta poi un altro notevole vantaggio: che contribuisce a sviluppare l'economia del luogo (agricoltura e manutenzione foreste), poiché lì si richiude il ciclo del denaro per l'acquisto del combustibile, diversamente dai combustibili fossili che devono essere importati dall'estero, con tutti i problemi economici e geo-politici che questo comporta.

ASPETTI IMPORTANTI DA CONSIDERARE

- ***L'umidità***

  Normalmente è meglio bruciare materiali asciutti, o con basso contenuto di umidità. In questo modo si aumenta l'efficienza della caldaia, evitando la dissipazione di energia sotto forma di vapore nei fumi. Il controllo della combustione risulta inoltre più facile. In funzione del contenuto di umidità del combustibile sono necessari tipi di caldaia diversi.

- ***La densità***

  Se la densità del combustibile è bassa, come nel caso della paglia o altre biomasse di origine agricola, il caricamento della caldaia ed il controllo della combustione presentano maggiori difficoltà. I materiali a bassa densità diventano buoni combustibili se vengono densificati mediante pellettizzazione.

- ***Il potere calorifico***

  Il potere calorifico PCI è la quantità di calore prodotta mediante la combustione di un Kg di materiale (in Kcal/Kg or KWh/Kg). Ogni materiale h il suo PCI. Nel caso del legno è importante tenere presente che tutti I tipi di legno, allo stato secco, hanno circa lo stesso PCI.

ASPETTI IMPORTANTI DA CONSIDERARE

- ***Le ceneri***

  I sistemi di combustione per servizio continuo (24/24 and 7/7) devono essere equipaggiati con un sistema automatico di estrazione delle ceneri. Il punto di fusione delle ceneri deve essere più elevato della temperatura nella camera di combustione allo scopo di evitare incrostazioni sulla griglia

ALCUNI ESEMPI

Tabella 2.7.1 Potere calorifico, contenuto di ceneri e loro punto di fusione in alcuni biocombustibili solidi[2, 6, 7]

	pc_0 MJ/kg	Ceneri (% ss)	Punto di fusione delle ceneri (°C)
Abete rosso (con corteccia)	18,8	0,6	1.426
Faggio (con corteccia)	18,4	0,5	1.340
Pioppo (SRC)	18,5	1,8	1.335
Salice (SRC)	18,4	2,0	1.283
Corteccia di conifere	19,2	3,8	1.440
Legno di vite (cippato)	19,8	3,4	1.450
Miscanto	17,6	3,9	973
Paglia di frumento	17,2	5,7	998
Granella di triticale	16,9	2,1	730
Panello di colza	21,2	6,2	-

COS'É MEGLIO FARE PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA

- ***Legno***

Il legno può essere bruciato sotto forma di cippato o pellet. Considerando che ha già una buona densità non è economico pellettizzarlo. Pellettizzare il legno è dispendioso in termini di energia soprattutto nella fase di rottura della fibra a causa della sua durezza.

La migliore soluzione è bruciare cippato in una caldaia a griglia

- legno fresco (umidità > 30%) deve essere bruciato in una **caldaia a griglia mobile**

- legno parzialmente essiccato (umidità <30%) può essere bruciato in una **caldaia a griglia fissa**

- ***Altri materiali***

Per una buona combustione di biomasse agricole o pollina, è preferibile essiccarle e pellettizzarle. In questo modo è possibile avere un buon controllo della combustione, con un combustibile stabile ad alta densità facile da stoccare e da movimentare.

Pellettizzare questi materiali non richiede molta energia, perché sono normalmente molto teneri.

- ***Gusci e noccioli di frutta***

Questi materiali hanno già una buona densità

quindi possono essere bruciati direttamente

TECNOLOGIE DISPONIBILI PER LA COMBUSTIONE DELLE BIOMASSE

- ***CALDAIE A GRIGLIA***

  Le caldaie possono essere classificate nelle seguenti categorie

  In funzione del fluido:

  - **Caldaie ad acqua calda** Temperatura 95 °C pressione fino a 2Bar
  - **Caldaie ad acqua surriscaldata** Temperatura 150°C pressione fino a 12Bar
  - **Caldaie a vapor saturo** Temperatura >180°C pressione fino a 24Bar
  - **Caldaie ad olio diatermico** Temperatura olio >250°C bassa pressione

Nota: Il costo delle caldaie ad acqua e a vapore sale con la pressione

Il costo delle *Caldaie ad olio diatermico* è molto superiore al costo delle *Caldaie ad acqua o a vapore*

TECNOLOGIE DISPONIBILI PER LA COMBUSTIONE DELLE BIOMASSE

In funzione del tipo di griglia:

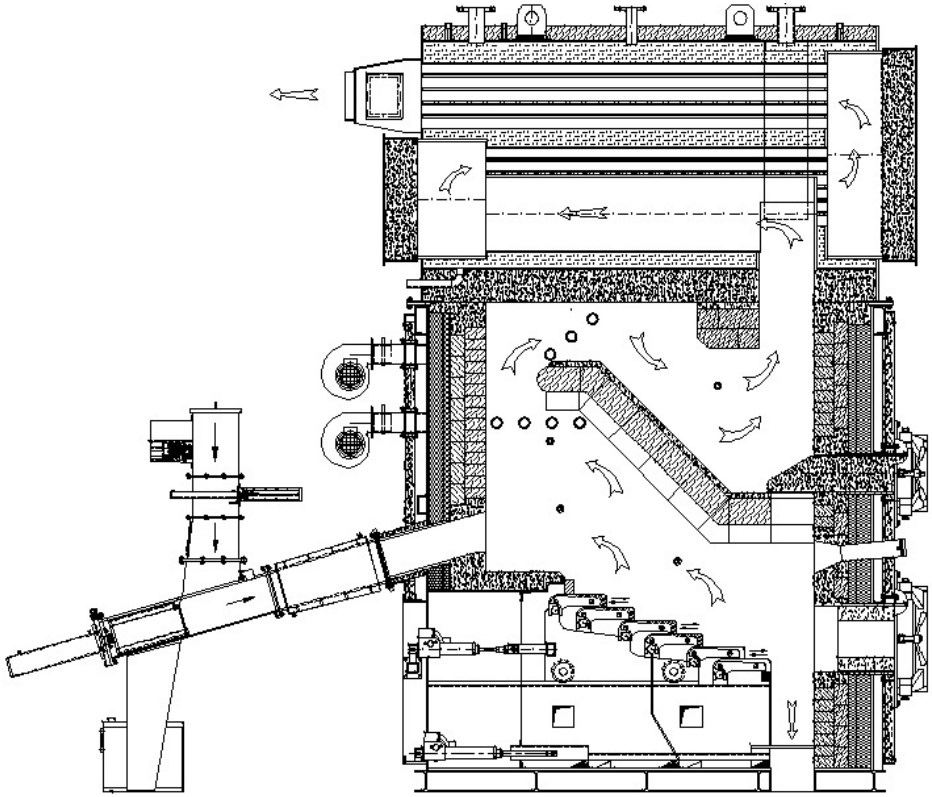
- **caldaie a griglia fissa**

  Combustibile con umidità < 30%

- **caldaie a griglia mobile**

  Legno fresco (umidità > 30% fino al 55%) combustibili poco densi, paglia, stocchi di mais, canne ecc.

TECNOLOGIE DISPONIBILI PER LA COMBUSTIONE DELLE BIOMASSE
Esempio di caldaia a 5 giri di fumo



- assicurano un elevato tempo di permanenza dei fumi nello scambiatore

- permettono alta efficienza della caldaia con emissioni ridotte

TECNOLOGIE DISPONIBILI PER LA COMBUSTIONE DELLE BIOMASSE

GASSIFICATORI

Le biomasse vegetali sono costituite principalmente da Carbonio (C), Idrogeno (H) ed ossigeno (O). Riscaldando la biomassa tra i 700÷900°C in una camera in difetto di ossigeno, si ha un rilascio Syngas che è composto principalmente da Idrogeno e Monossido di Carbonio e che ha un buon potere calorifico.

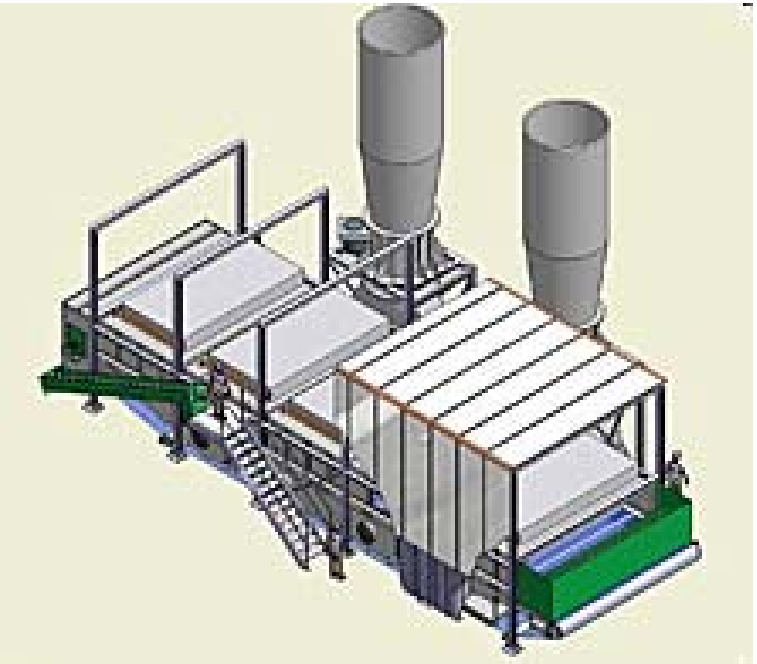
Il Syngas prodotto può essere utilizzato in modi differenti. Molti tentativi sono in atto nel mondo per alimentare motori a combustione interna o turbine a gas mediante il Syngas da gassificazione, ma tutte queste tecnologie sono al momento poco affidabili e costose, principalmente a causa dei catrami presenti nel Syngas.

L'uso più sicuro del Syngas, per il momento, è bruciarlo in una caldaia che, bruciando un combustibile gassoso, è molto più piccola e semplice di una caldaia a griglia. Assomiglia ad una caldaia a gasolio o a gas.

TECNOLOGIE DISPONIBILI PER LA COMBUSTIONE DELLE BIOMASSE

Produzione di pellet: essiccatori di biomassa

- Essiccatori a nastro



- Essiccatori rotativi

TECNOLOGIE DISPONIBILI PER LA COMBUSTIONE DELLE BIOMASSE

Produzione di pellet: pellettizzatori

TECNOLOGIE DISPONIBILI PER LA COMBUSTIONE DELLE BIOMASSE

Bruciatori piro-gassificatori per pellet e altri materiali ad alta densità (noccioli e gusci)

Questa tecnologia permette di bruciare il pellet o altri materiali ad alta densità in due fasi differenti:

- **Pyro-gassificazione (produzione di Syngas)** in un bruciatore specifico

- **Combustione del Syngas in una piccola caldaia** simile ad una a gasolio o a gas

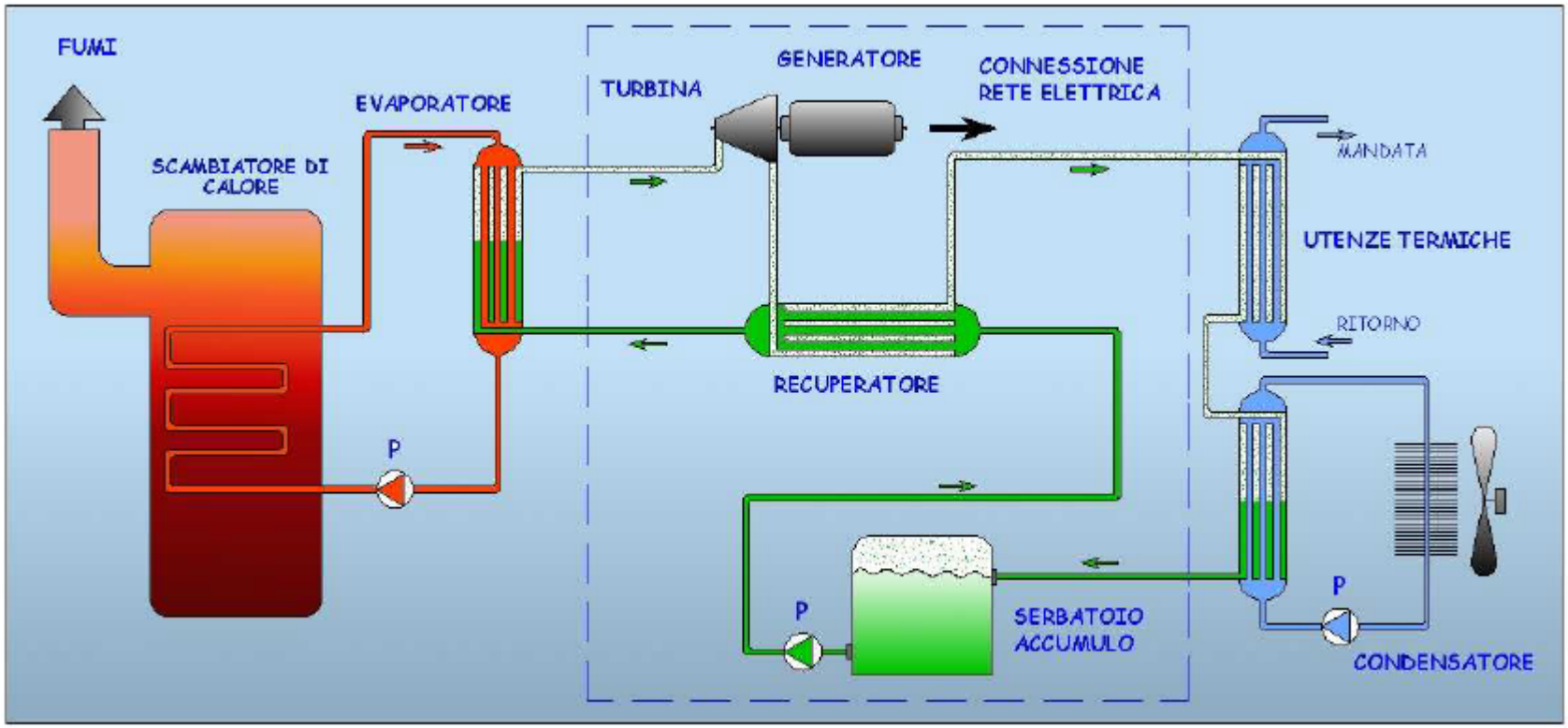
1) Bruciatore, 2) Caldaia

Ingeco®
Clean Energy Systems

La tecnologia ORC (Organic Rankine Cycle)

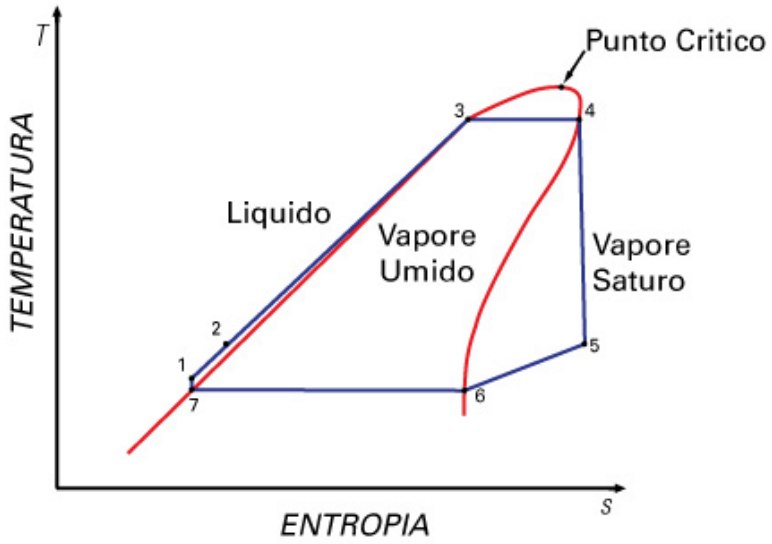
PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

E LA COGENERAZIONE



TECNOLOGIA ORC – Ciclo termodinamico

Il fluido motore liquido (fluido organico) viene prelevato dal serbatoio di accumulo [7], pompato alla pressione di esercizio [1] e inviato, attraverso il recuperatore, verso l'evaporatore [2-3-4].
Dopo essere stato vaporizzato [3-4], i vapori del fluido motore vengono espansi attraverso una turbina [4-5], parzialmente raffreddati nel recuperatore [5-6] e inviati ad un eventuale scambiatore di calore con l'impianto termico quindi interamente condensati nel condensatore [6-7].
Il fluido motore raffreddato viene pompato di nuovo verso lo scambiatore, chiudendo il ciclo



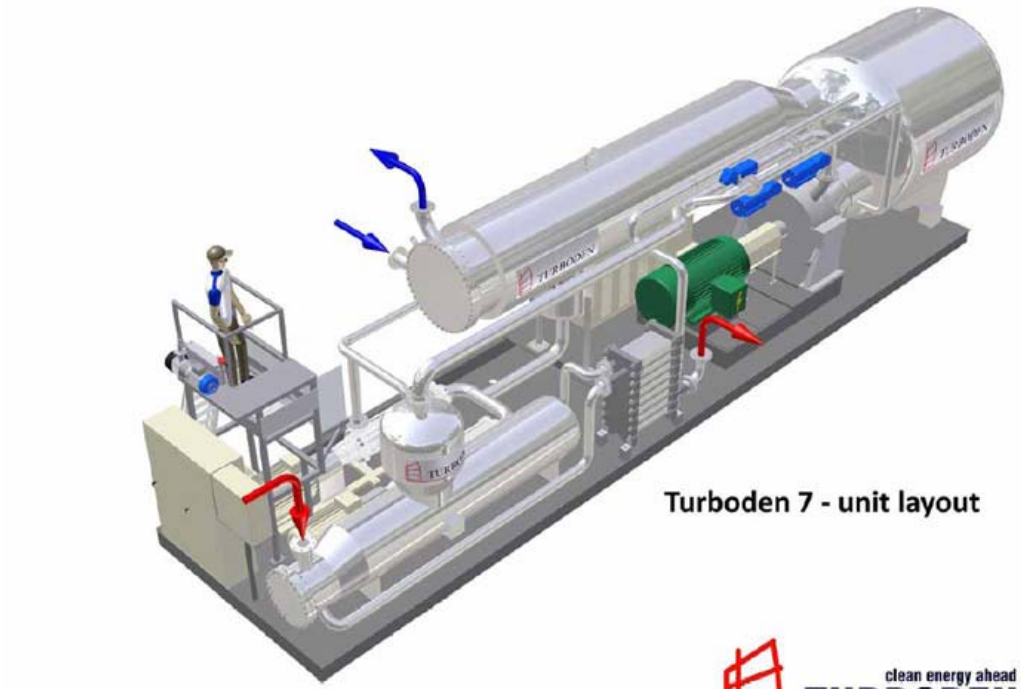
TECNOLOGIA ORC per impianti di grossa taglia (>800KW)

ESEMPIO Turboden

Il fluido di lavoro è un idrocarburo (infiammabile) , la temperatura superiore del ciclo è intorno ai 300°C.

E' richiesta una caldaia ad olio diatermico.

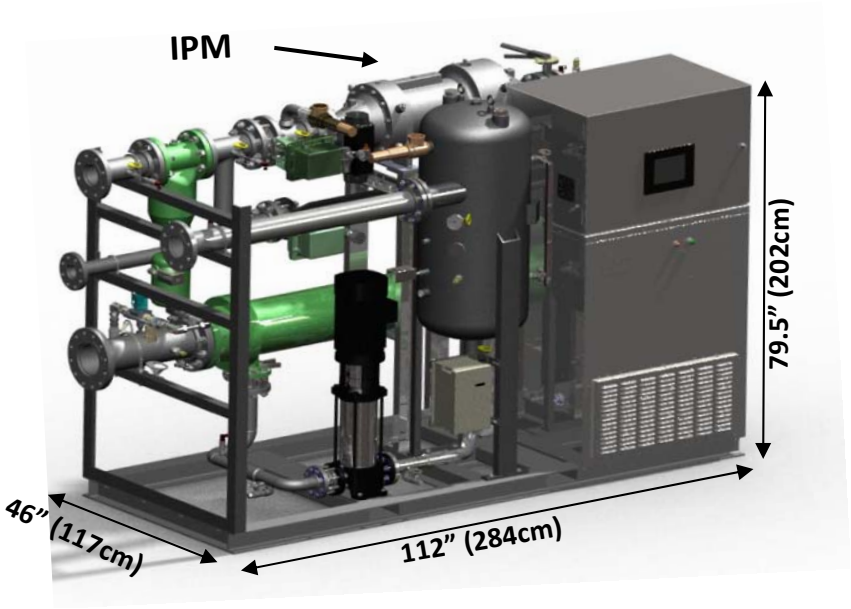
In condensazione produce acqua a 80°C
Molto utilizzati per impianti di teleriscaldamento con reti estese (Pth > 4MWth).



Turbogeneratore ORC
TURBODEN

TECNOLOGIA ORC per impianti di piccola taglia (<500KW)

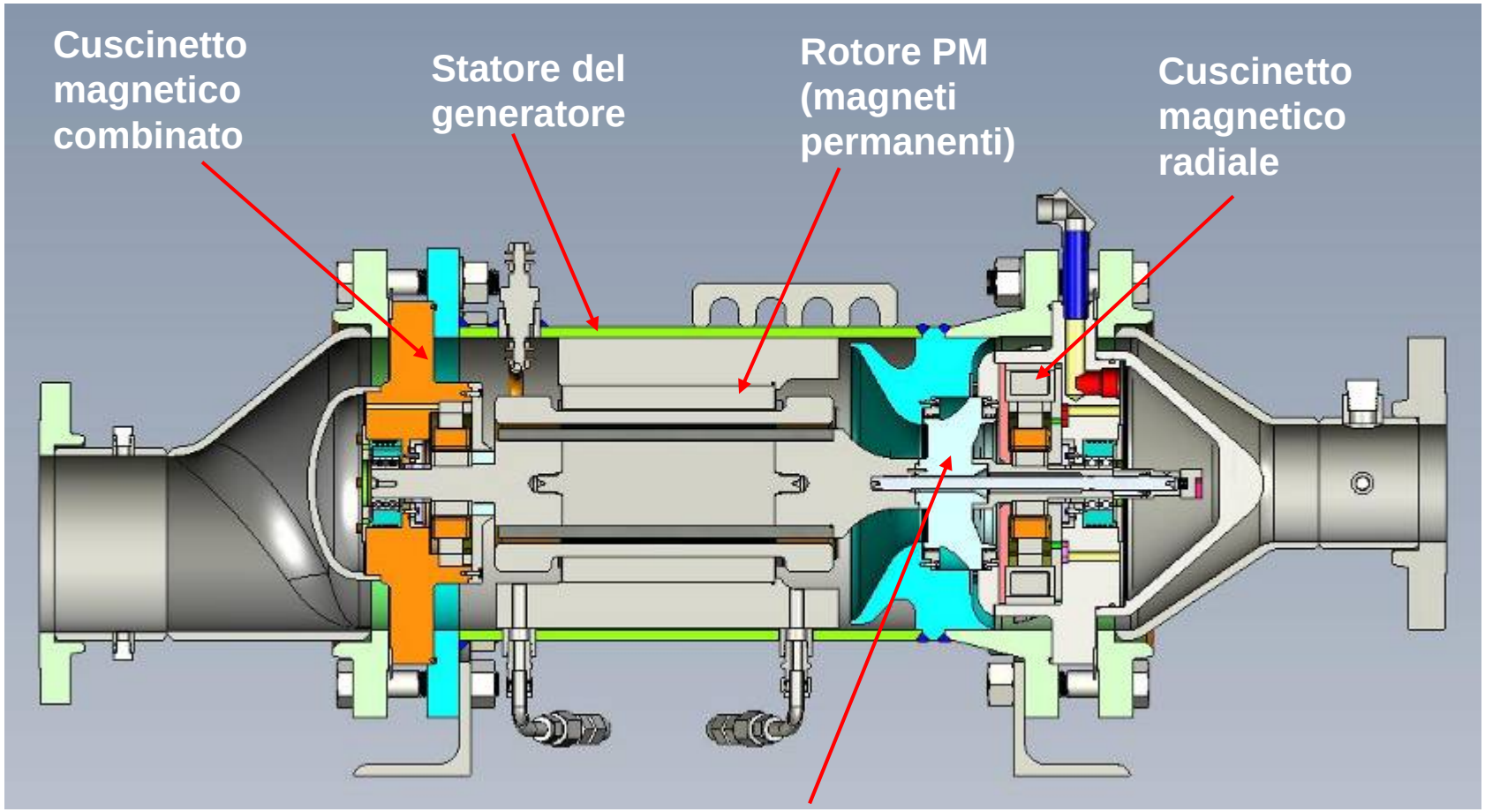
ESEMPIO Clean Cycle 125 General Electric



Caratteristiche

- Fluido di lavoro non tossico né infiammabile
- Compatto, prodotto standard di serie
- Cuscinetti magnetici che aumentano l'efficienza e non richiedono manutenzione

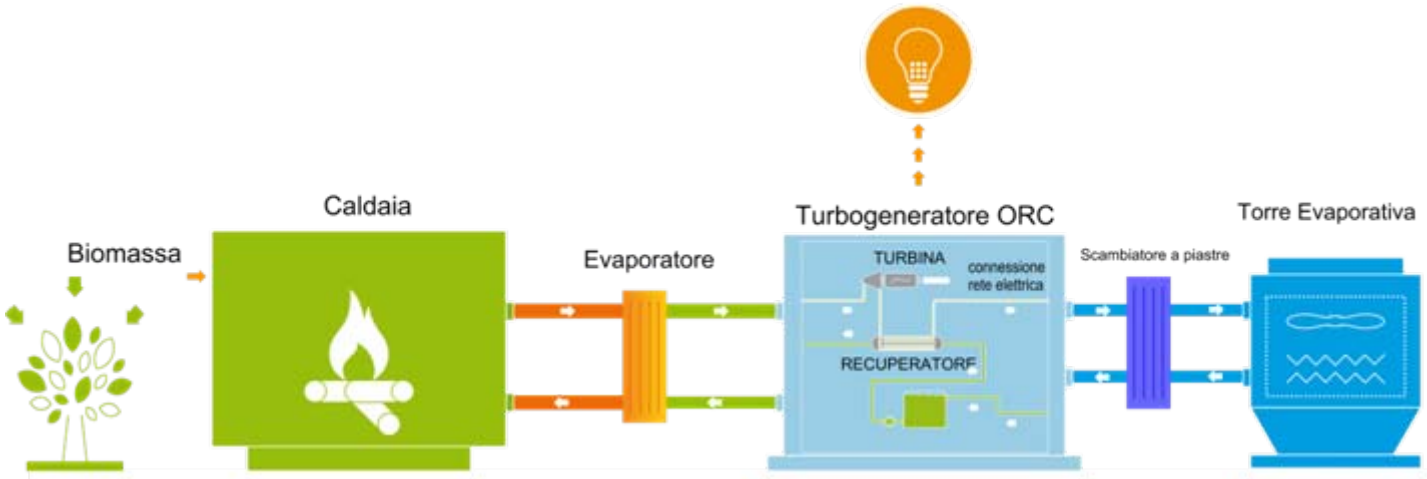
VISTA IN SEZIONE DEL GRUPPO TURBINA GENERATORE



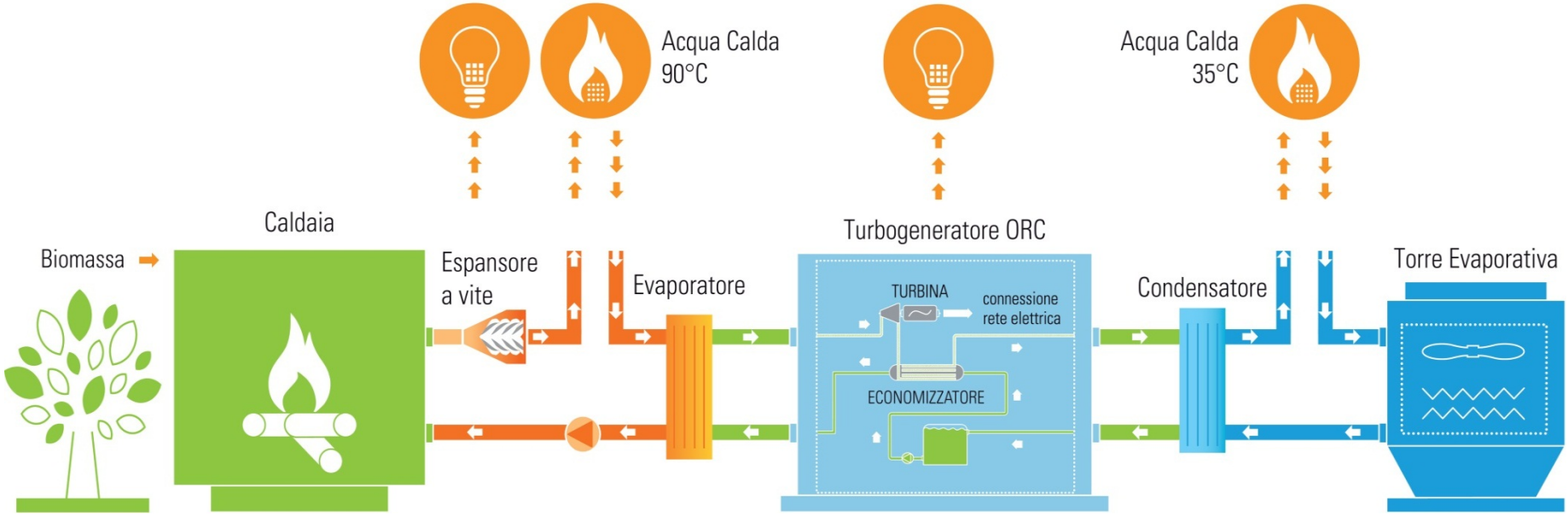
Girante incorporata su albero comune

Vantaggi dell'ORC di piccola taglia

- Ideale per piccoli impianti di produzione distribuiti sul territorio (100÷400 KW) che utilizzano biomasse locali limitando i costi di trasporto
- Possibilità di utilizzare caldaie ad acqua surriscaldata o a vapore che costano circa 1/3 delle corrispondenti ad olio diatermico
- Eventuale utilizzo del residuo termico per serre, piscine o riscaldamento radiante



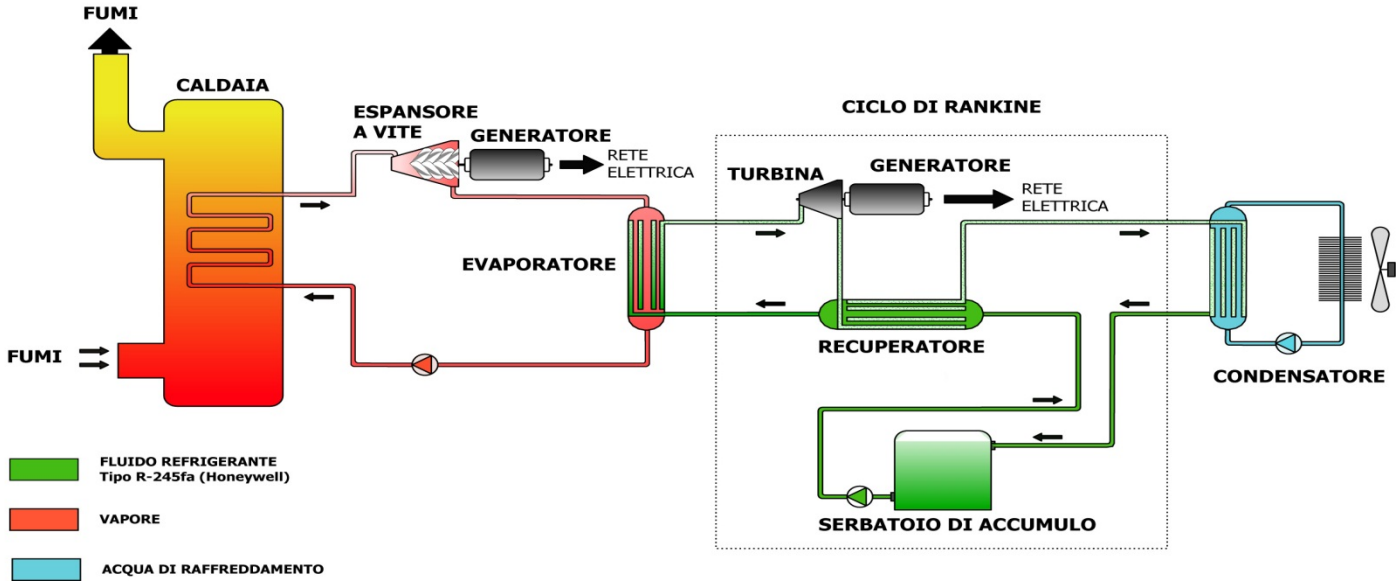
Ciclo combinato ad alto rendimento Vapore - ORC



Ciclo combinato ad alto rendimento Vapore - ORC

Il sistema è composto da:

- **Caldaia alimentata a biomassa che produce vapore a 20Bar**
- **1° stadio di generazione con espansore di vapore a vite da 20 Bar a 5 Bar funzionante anche a vapor saturo o condensante**
- **2° stadio di generazione con ORC a partire dal vapore a 5 Bar 150°C**



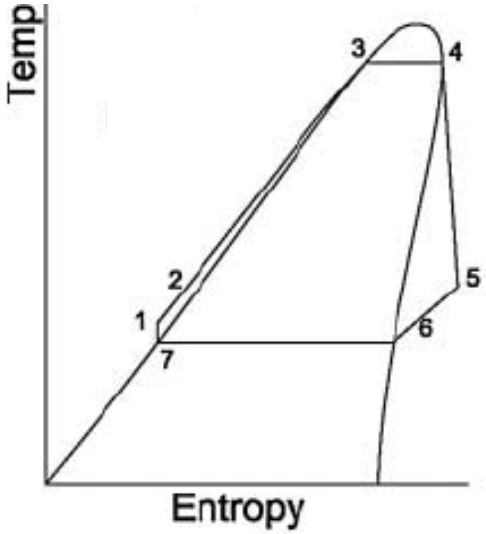
Ciclo combinato ad alto rendimento Vapore - ORC

Vantaggi del vapore sulle alte temperature

- **No rischi di degradazione della molecola a contatto delle pareti dello scambiatore**
- **Temperatura abbastanza alta a pressione non troppo elevata 20Bar a 210°C, con elevata energia specifica**
- **Caldaia a vapore meno costosa di una ad olio diatermico, fino a 24Bar può essere realizzata a tubi di fumo con costi contenuti.**

Vantaggi dell'ORC sulle basse temperature

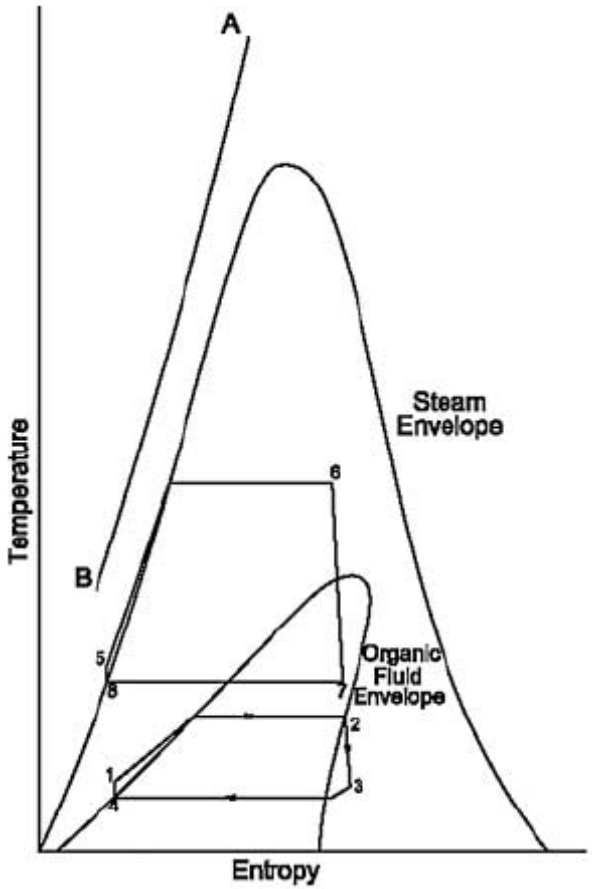
- **Pressioni abbastanza elevate a temperature relativamente basse (18Bar a 120°C) con elevata energia specifica**
- **Condensa a temperatura ambiente a pressione assoluta >1Bar (non occorre il vuoto)**
- **No rischio di condensazione in turbina per la caratteristica del fluido organico**



Ciclo combinato ad alto rendimento Vapore - ORC

Caratteristiche

- **Con un espansore di vapore a vite si può lavorare con vapor saturo con titolo < 100% perché è una macchina lenta**
- **Il calore di condensazione del ciclo a vapore diventa il calore di evaporazione del ciclo ORC**
- **Ciclo non critico grazie alle suddette caratteristiche, non richiede il presidio continuo**
- **Gestione automatica dei generatori (semplici)**



Vantaggi:

- **Elevato rendimento >20%**
- **Taglia minima intorno ai 320KW netti**
- **Costi di investimento limitati**
- **Gestione facile e basso livello di manutenzione**

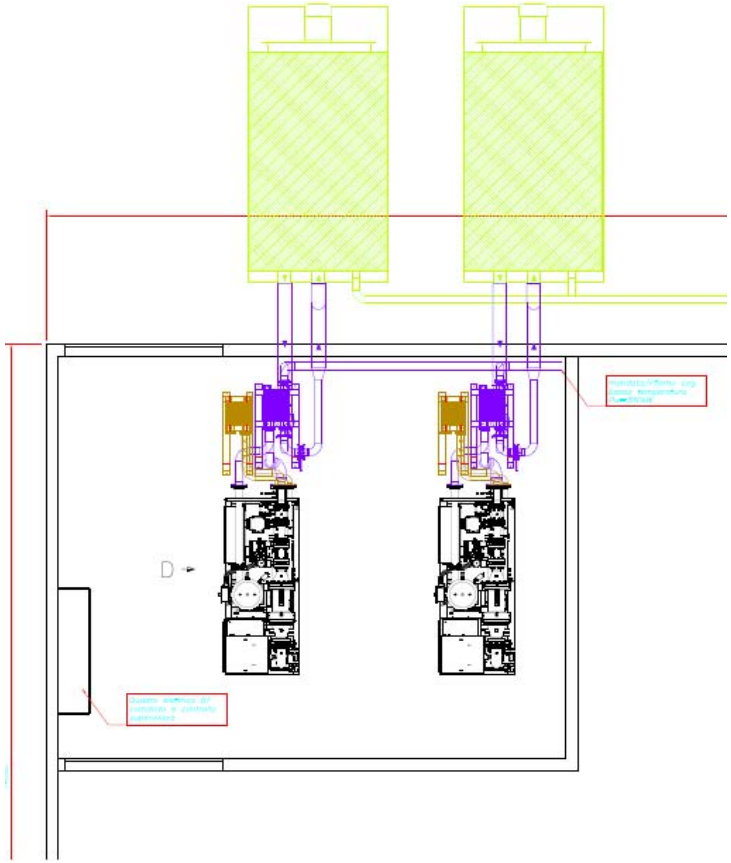
Esempi già realizzati

L'Impianto della ditta F.lli BOSCARO di Vigliano Biellese

L'impianto è stato creato per valorizzare la biomassa di scarto derivante dalla raccolta delle potature e scarti agricoli, che precedentemente andavano in discarica

Funzionalità:

- **Riscaldamento capannoni industriali**
- **Generazione energia elettrica**
- **Discarica evitata**



L'Impianto della ditta F.lli BOSCARO di Vigliano Biellese

Configurazione

- **Caldaia a cippato a griglia mobile**
- **N° 2 Clean Cycle 125**
- **N° 2 Torri evaporative**

L'Impianto della ditta IANNUCCI di Bernalda (MT)

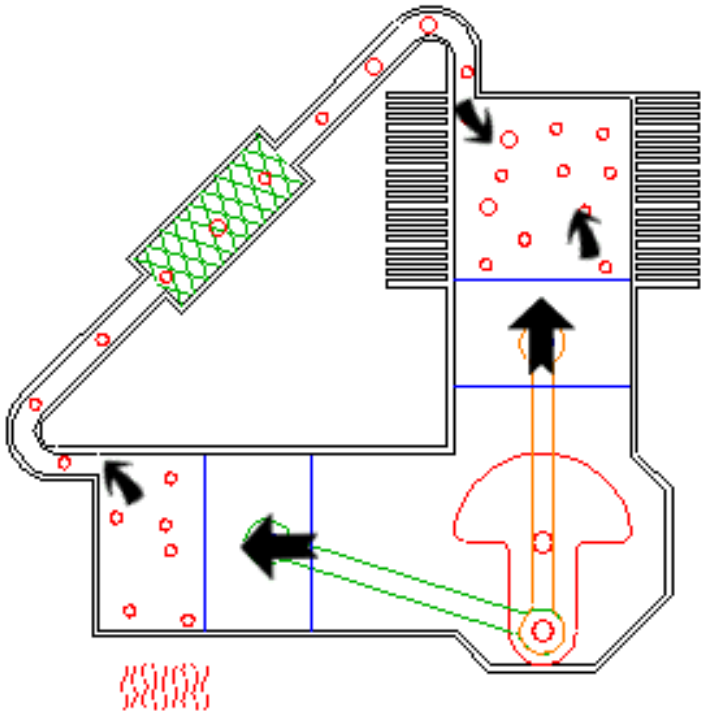
Configurazione

- **Caldaia ad acqua surriscaldata 150° C**
- **N° 3 Clean Cycle WHG125**
- **N° 3 Torri evaporative**
- **Assetto cogenerativo per riscaldamento serre**

La tecnologia STIRLING

PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

E LA COGENERAZIONE



Altre tecnologie

ESEMPIO STIRLING DENMARK

Caratteristiche

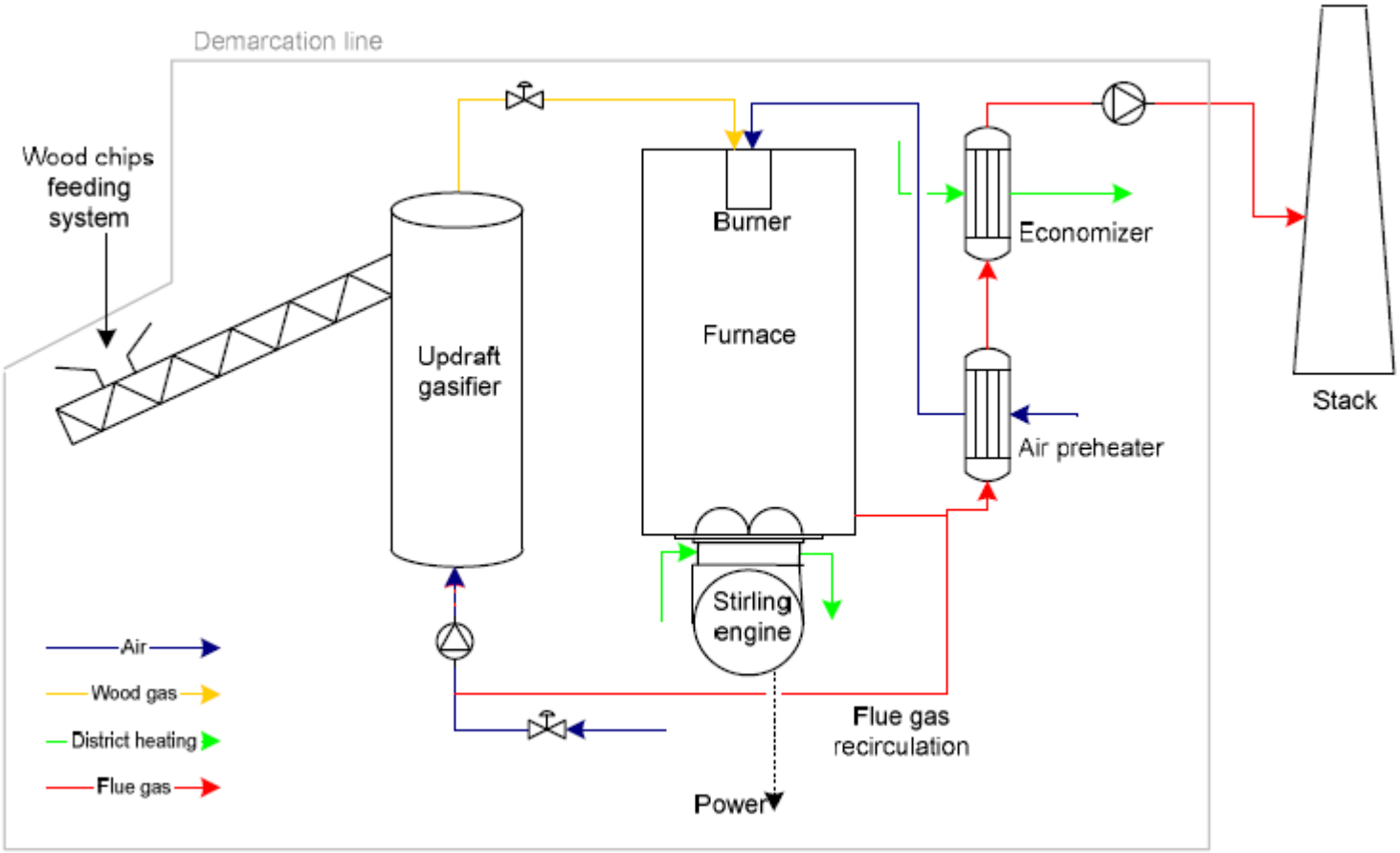
- **Potenza elettrica 35KW**
- **Potenza termica richiesta 200KW**
- **Rendimento lordo 17,5%**
- **Potenza termica resa 140KW**
- **Consumo circa 70Kg/h (con umidità 45%)**

Limiti

- **Tecnologia costosa (circa 7000 €/KW)**
- **Punto debole lo sporcamento dello scambiatore sulla testa del motore**
- **Molta manutenzione, richiesto lo smontaggio del motore ogni 6 mesi (costo circa 10.000 €/anno per unità)**

Altre tecnologie

ESEMPIO STIRLING DENMARK



Ingeco®
Clean Energy Systems

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

alessandro.dorigati@ingeco-enr.it

alessandro.dorigati@progecoweb.it