

L'uso energetico della biomassa forestale nei territori montani

Antoniotto Guidobono Cavalchini
Università degli Studi di Milano



Antoniotto Guidobono Cavalchini Udine
maggio 2010

007



Monte Bianco
4810 s.l.m.

1kWh = 3600 kJ = 3600 kNm ≈ 100 kg • 3600 m

~ 3600 m



1kWh costa 0,15-0,18 € se elettrico; 0,09 € se termico da gasolio; 0,06 € se termico da biomassa

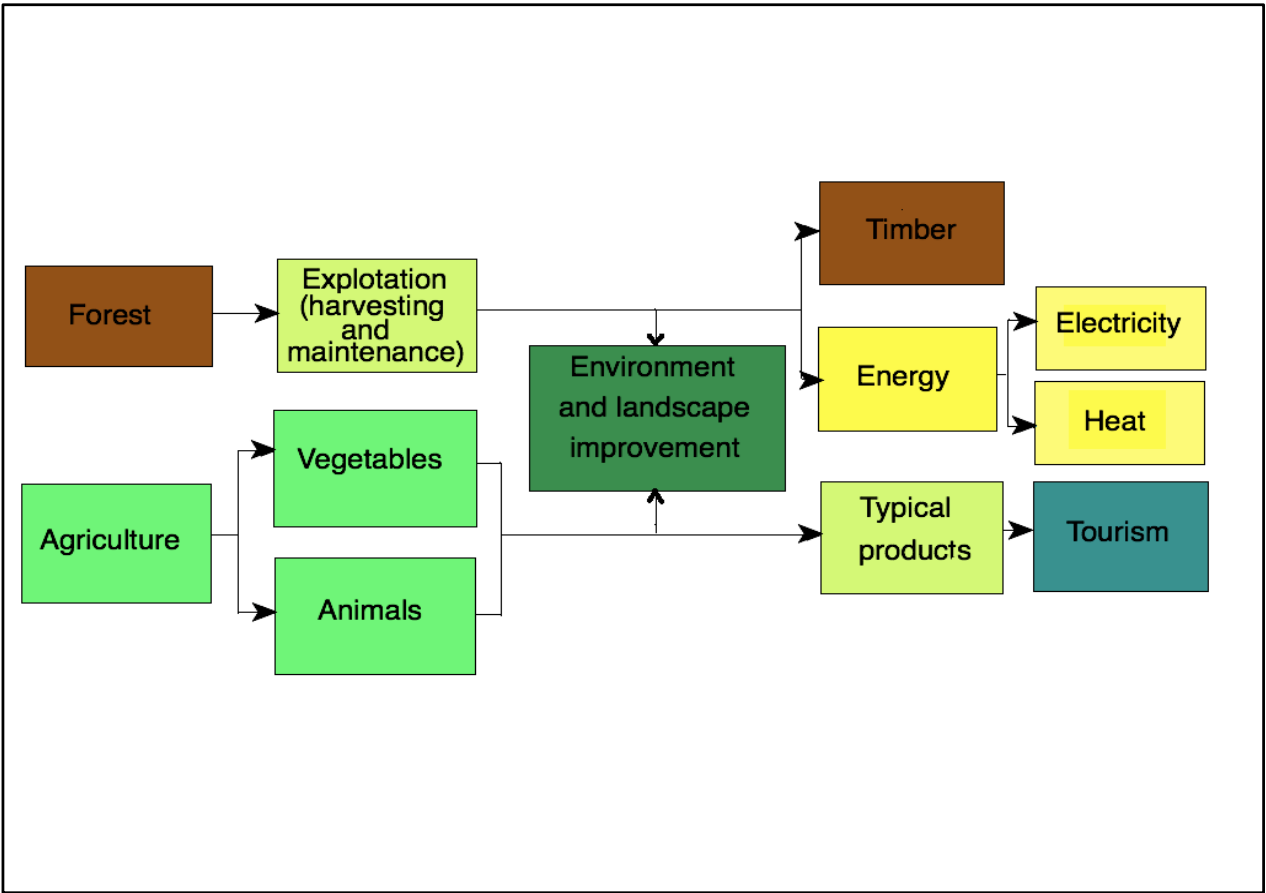
Alpinista + sacco
= 75 + 25 = 100 kg

Courmayeur
1224 s.l.m.

Valenza della Biomassa in montagna

- Per migliorare bilancio CO₂:
- Per attivare Good practises per la foresta con finalità
 - paesaggistiche e ricadute positive per il turismo;
 - ambientali: l'assorbimento di CO₂ , infatti, varia in funzione della specie vegetale, dello stadio fenologico, ma molto anche delle condizioni di sviluppo e dell'input energetico per la coltura (che, però, non interessa le foreste);
- Per produzione:
 - Di legname da opera;
 - Di biomassa a scopi energetici
 - **Per mantenere il presidio antropico attivando manodopera specializzata**

Valenza della Biomassa in montagna



I boschi nelle valli del Giarolo

Tipo forestale	Superficie (ha)		Provvigioni unitarie (m ³ /ha)	
	Val Borbera	Val Curone	VBorbea	VCurone
Ceduo di castagno	3.827	1.227	183	111
Ceduo misto di castagno	1.531		265	
Querceti di roverella	4.120	6.592	71	75
Boschi di cerro	1569		129	
faggete	2.624	1.735	222	240
ostrieti	4.709	1.222	75	95
Boschi di robinia	555	708	110	153
altri	1.500	1.800		
totale	20.411	13.315		

BIOMASSA LEGNOSA DISPONIBILE

Superficie a macchiatico positivo	ha	24.000
Prelievo a macchiatico positivo	m ³	2.250.00
Turnazione	anni	25
Prelievo annuo	m ³	90.000
Prelievo effettivo	%	30
Prelievo effettivo annuo	m ³	27.000

Disponibilità, accessibilità (PFT, IPLA)

Prelievo potenziale a fini energetici “innovativi” (60% dell’effettivo) = ~ 16.000 m³ /anno

Pari a ~ 10.000 t/anno,

e a ~ 40 GWh/anno

Antoniotto Guidobono Cavalcini Udine

maggio 2010

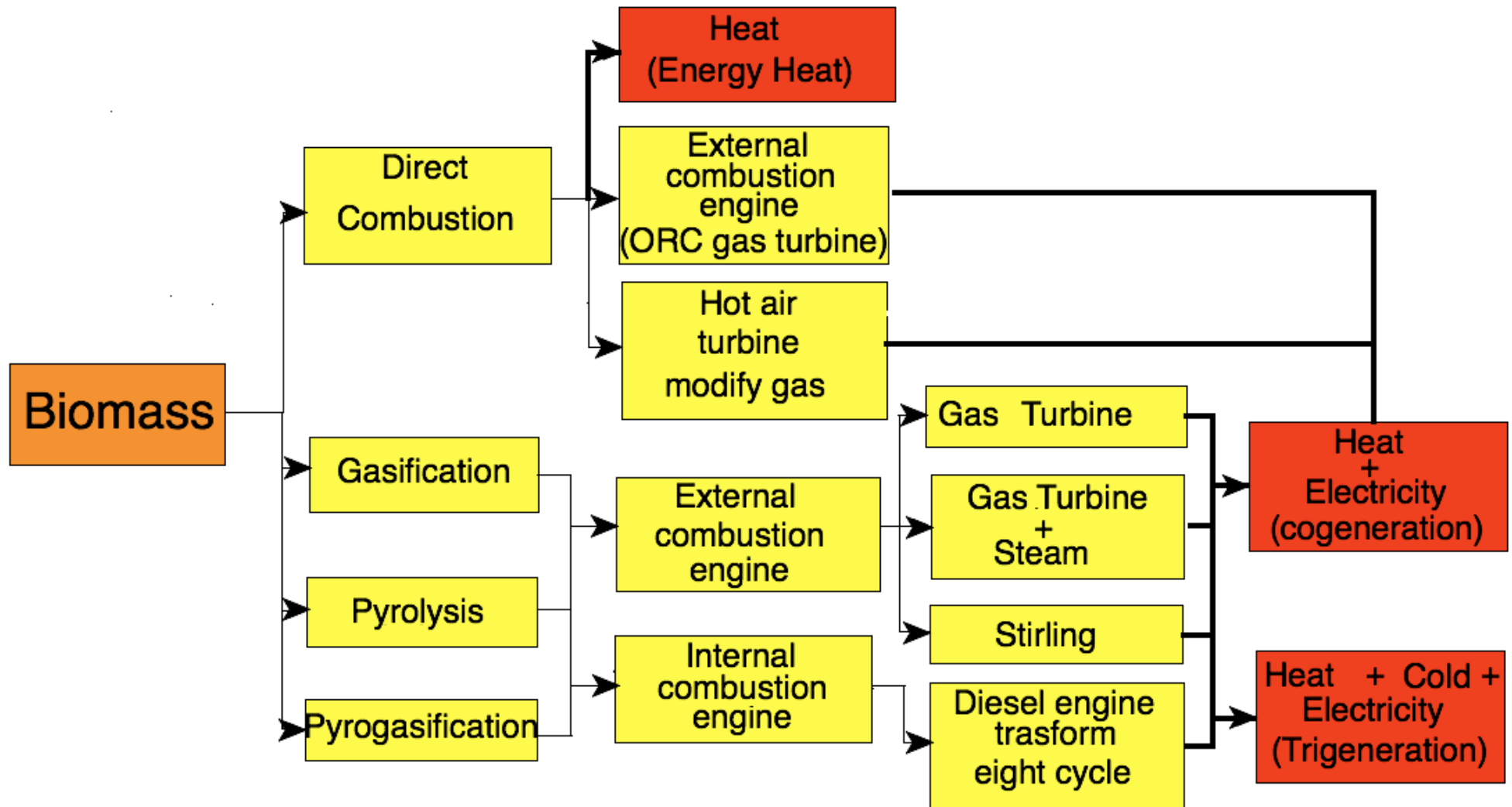
Potenzialità

- Teoricamente, quindi, Val Borbera e Val Curone potrebbero alimentare una centrale della potenza di 5 MW complessivi ($E_t + E_{el}$), o di una potenza elettrica di 1 MW.
- Ma le problematiche sono numerose e complesse!

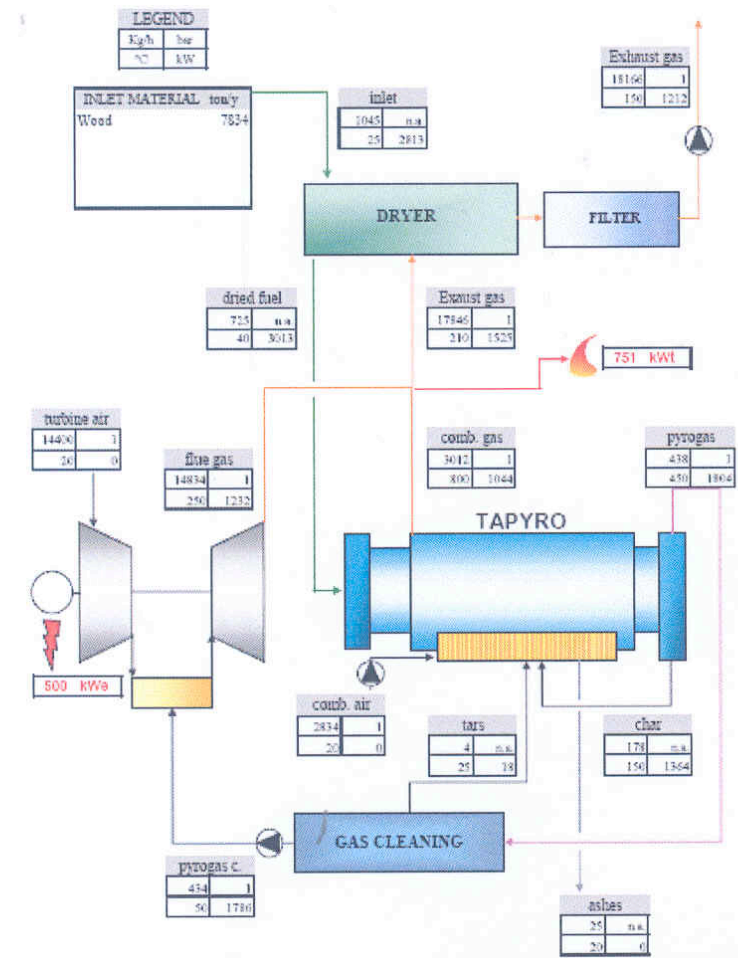
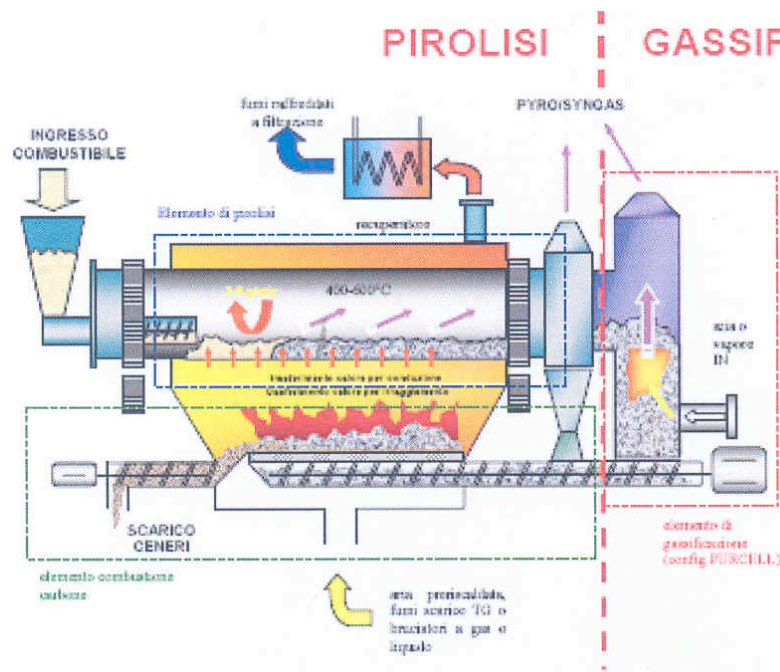
Le problematiche

criticità	soluzione
Viabilità forestale	Investimenti (elevati), intervento pubblico
Disponibilità di manodopera specializzata	Formazione
Mancanza di macchine e attrezzature efficaci	Investimenti elevati, incentivi pubblici
Massa critica	Forme associative, consorzi forestali
Logistica e gestione	Taglia impianti contenuta

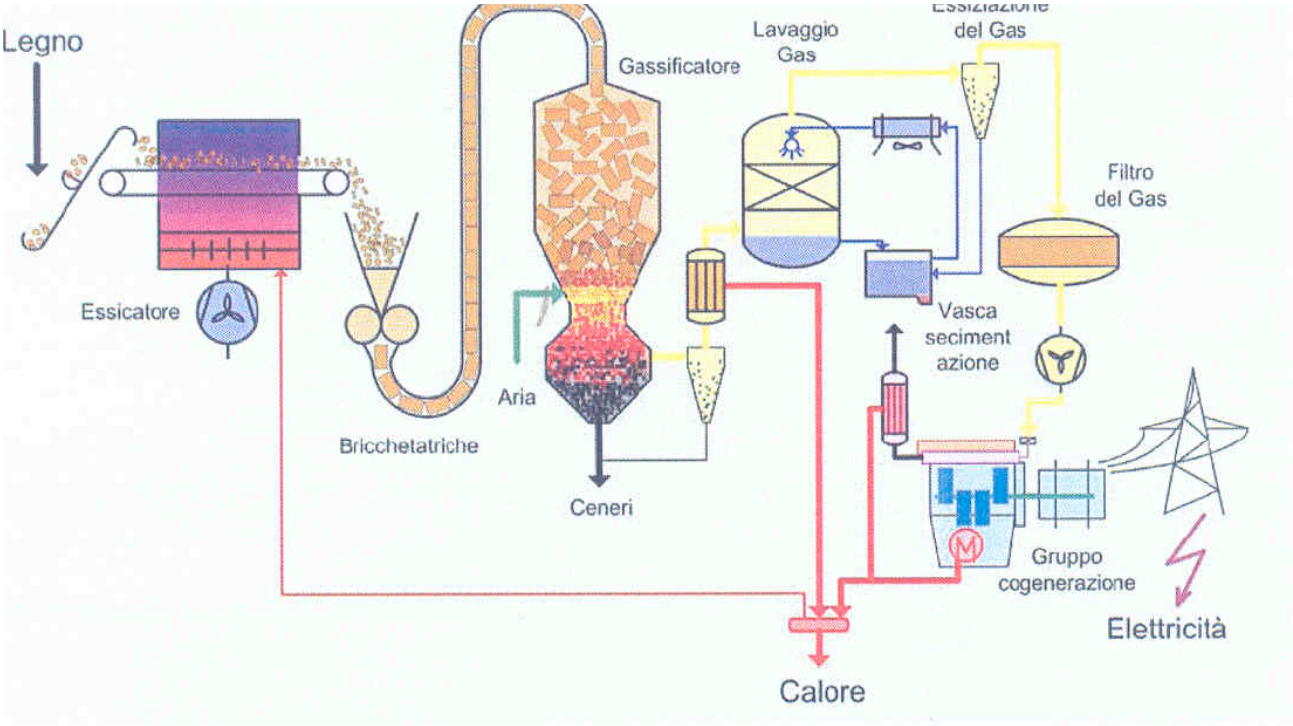
La cogenerazione da biomassa



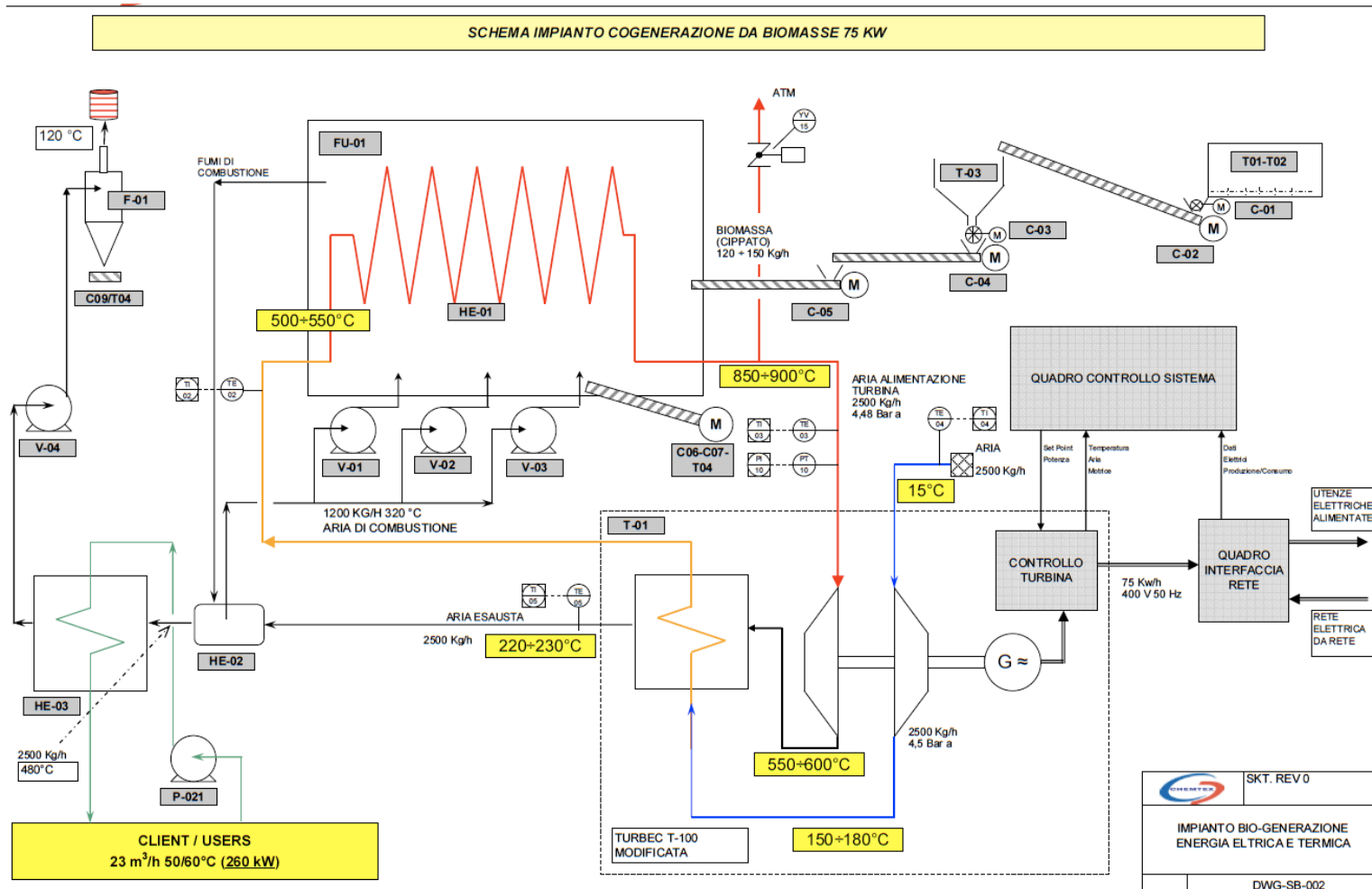
Gassificazione e turbina a syngas



Gassificazione e motore endotermico



Turbina ad aria calda



Ciclo Stirling a syngas

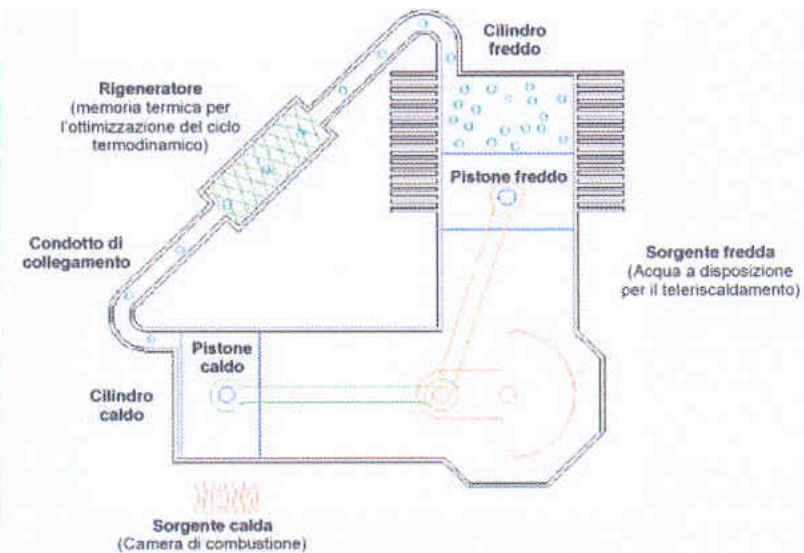
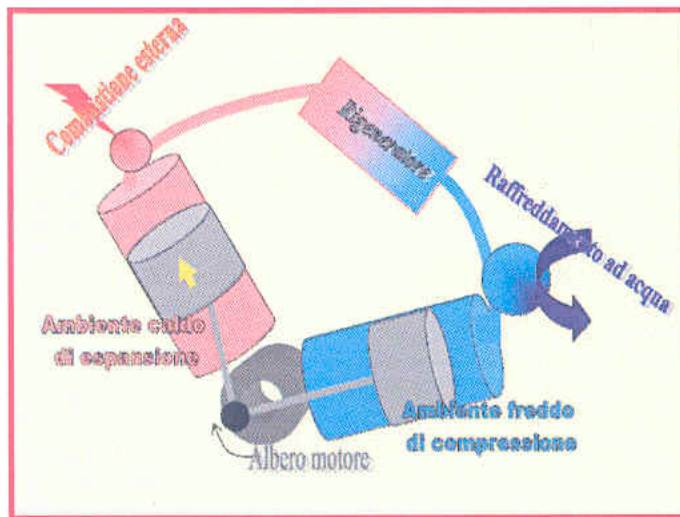
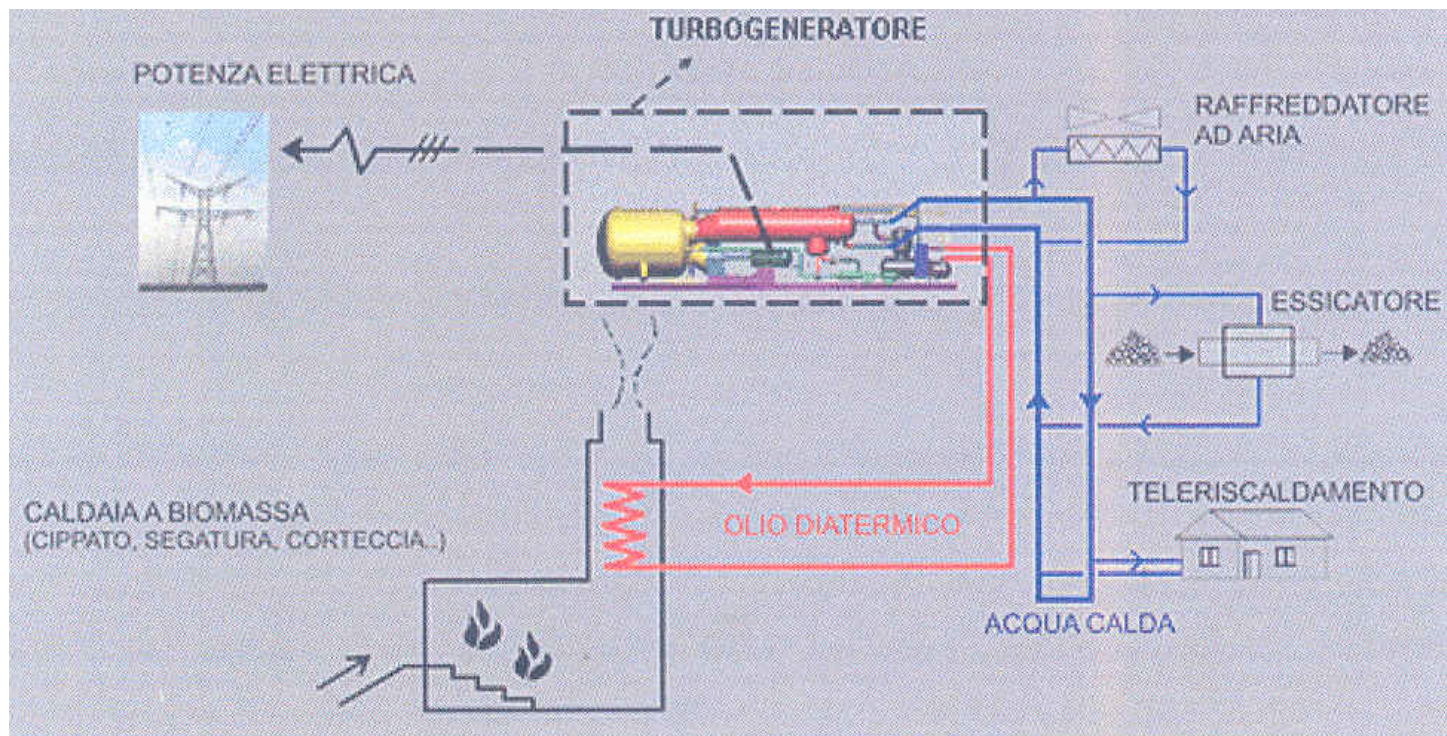


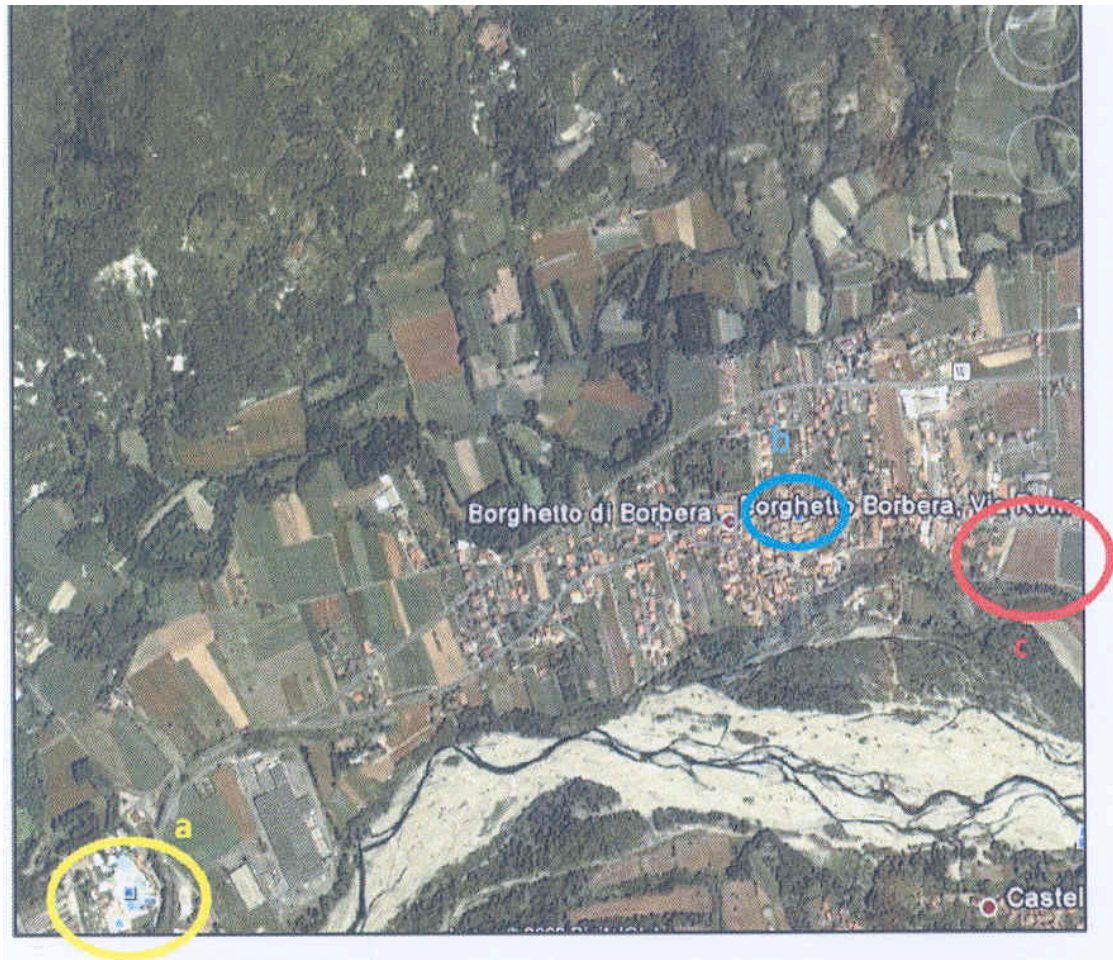
fig. 10 Schema di funzionamento di un motore Stirling configurazione a



I sistemi di gassificazione

Sistema di contatto	Schema	Caratteristiche	Limitazioni
<p>Letto fisso <i>downdraft</i> (equicorrente) solido e gas verso il basso</p> <p>Livelli molto bassi di catrame</p> <p>Moderato livello di particolati</p>		<p>Semplice, robusto</p> <p>Alta conversione del carbonio</p> <p>Basso trascinamento di ceneri</p> <p>Alto tempo di residenza solidi</p>	<p>Limitata possibilità di <i>scale-up</i></p> <p>Bassa capacità specifica</p> <p>Alta umidità della biomassa</p> <p>Deposito di ceneri sinterizzate</p>
<p>Letto fisso <i>updraft</i> (controcorrente) solido verso il basso, gas alto</p> <p>Livelli molto alti di catrame</p> <p>Moderato livello di particolati</p>		<p>Semplice, robusto</p> <p>Possibilità di <i>scale-up</i></p> <p>Alta efficienza termica</p> <p>Alto tempo di residenza solidi</p>	<p>Bassa capacità specifica</p> <p>Alta umidità della biomassa</p> <p>Deposito di ceneri sinterizzate</p>
<p>Letto fluido bollente</p> <p>Solido inerte nel reattore</p> <p>Basso livello di catrame</p> <p>Alto livello di particolati</p>		<p>Buon controllo temperatura</p> <p>Possibilità di <i>scale-up</i></p> <p>Alta capacità specifica</p> <p>Possibile uso di catalizzatore</p>	<p>Scarsa scelta di biomassa</p> <p>Perdita di carbone nelle ceneri</p>
<p>Letto fluido circolante</p> <p>Particolati separati e riciclati</p> <p>Basso livello di catrame</p> <p>Alto livello di particolati</p>		<p>Buon controllo temperatura</p> <p>Possibilità di <i>scale-up</i></p> <p>Alte portate di reazione</p> <p>Alta conversione del carbonio</p> <p>Costruzione semplice</p>	<p>Non possibile uso di catalizzatore nel letto</p>
<p>Letto fluido trascinato</p> <p>Alimentazione fine trasportata da gas ad alta velocità</p> <p>Niente inerti solidi</p> <p>Basso livello di catrame</p> <p>Molto alto livello di particolati</p>		<p>Molto buona la possibilità di <i>scale-up</i></p> <p>Alta conversione del carbonio</p>	<p>Pretrattamento costoso</p> <p>Pratico solo oltre 10 t/h</p> <p>Scorie di ceneri</p> <p>Scarsa scelta di biomassa</p>
<p>Doppio letto fluido</p> <p>Pirolisi nel I reattore</p> <p>Combustione del catrame nel II reattore che riscalda il letto del I reattore</p> <p>Alto livello di catrame</p> <p>Alto livello di particolati</p>		<p>Medio potere calorifico usando solo aria</p> <p>Possibile uso di catalizzatore</p>	<p>Progetto complesso, costoso</p> <p>Pratico solo oltre 5 t/h</p> <p><i>Scale-up</i> possibile, ma complesso</p>

Localizzazioni possibili



Localizzazioni possibili



Producibilità di E_t e di E_{el}

Soluzione	6 mesi operativi (400 h)			η (%)	12 mesi operativi (8000 h)			η (%)
	E_t (MWh)		E_{el} (MWh) prodotta		E_t (MWh)		E_{el} (MWh) prodotta	
	prodotta	utilizzata			prodotta	utilizzata		
Stirling (potenza: 30 kW_{el} -112 kW_t)	450	282	120	59	900	282	240	38
Endotermico (potenza: 65 kW_{el} -100 kW_t)	400	282	250	71	800	282	500	52

Sintesi delle diverse soluzioni

Solution		Plant size (kW _{el})	el (%)	Complexity	Reliability	Cost* (€x10 ³ /kW _{el})
Direct combustion	Orc	>400	15-18	Mean	Good	4-6.0
	Hot air turbine	>75	20-22	Mean	Good	6-8.0
Gassification	Gas turbine	>250	17-20	Mean	Good	6.0
	Stirling	>30	15-18	High Mean	Good	6.0
	Eight cycle	>30	20-25	High Mean	Satisfactory	3.0-4.5
	Diesel	>50	20-25	High Mean	Satisfactory	3.0-4.5

Producibilità di E_t e di E_{el} e ritorni economici

Solution	Earn [€]					
	6 months of operation [4,000 h]			one year of operation [8,000 h]		
	E_t^*	E_{el}^{**}	Total	E_t^*	E_{el}^{**}	Total
Stirling engine	34,500	33,600	68,100	37,950	67,200	105,150
Endothermic engine	34,500	50,400	84,900	37,950	100,800	138,750

Solution	6 months of operation [4,000 h]				η_{tot} [%]	one year of operation [8,000 h]			η_{tot} [%]
	E_t [MWh]		E_{el} produced [MWh]	E_t [MWh]		E_{el} produced [MWh]			
	Produced	Used		Produced			Used		
Stirling engine [Power: 30kW _{el} ; 110 kW _t]	440	300	120	58	880	330	240	40	
Endothermic engine [Power: 45 kW _{el} ; 105 kW _t]	420	300	180	62	840	330	360	44	

Consumo di biomassa e ritorni ambientali

Solution	6 month of operation [4,000 h]		one year of operation [8,000] h	
	Dry matter [t]	CO2 reduction [t]	Dry matter [t]	CO2 reduction [t]
Stirling engine [30 kWel]	150	185	300	370
Endothermic engine [45 kWel]	170	200	340	400

Conclusioni

- Creare le condizioni necessarie: infrastrutture, associazionismo, formazione professionale;
- Taglia piccola (< 500 kW totali)
- Impianti di elevato rendimento complessivo,
- impianti di elevato rendimento elettrico;
- Ottimizzare l'uso della biomassa, ovvero l'uso della parte termica;
- Impianti affidabili.

- Grazie per l'attenzione!