



***Multigenerazione a legna
opportunità per l'ambiente
e per il mondo rurale***

ReESCO

Renewable Energy Service Company

ing. Mario Ciasca

Gennaio 2007

Le biomasse vegetali

- Residui agroindustriali e forestali

(Paglia, lolla di riso, residui della lavorazione del legno e delle cartiere, ecc.)

- Colture a scopo energetico

(Piante oleaginose, sorgo, miscantus, cardo, euforbia, ecc.)

- Short Rotation Forestry

(Robinia, eucalipto, salice, ecc.)

Caratteristiche delle biomasse

		Paglia	Olivo	Quercia	Pino	Gusci di mandorla	Sansa	Lolla di riso	Sorgo
Umidità	% p.	8,4	10,6	10,4	11,1	11,2	51,4	9,96	8,9
Ceneri	% p.	8,2	0,79	4,0	6,1	1,76	2,1	20,6	3,5
Analisi Elementare									
C	% p.	45,1	49,9	50,2	41,8	45,6	52,0	34,9	49,2
H	% p.	5,4	6,5	6,4	5,3	5,3	6,6	5,5	5,8
N	% p.	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4	0,7	0,1	1,2
O	% p.	49,3	43,4	43,3	52,7	48,7	40,7	59,5	43,8

Potere calorifico delle biomasse

TIPOLOGIE DI BIOMASSE	POTERE CALORIFICO (kcal/kg sost.secca)
ramaglie cedue di valore	4.100
ramaglie cedui dolci	4.000
altri cedui: tutta la produzione	4.000
scarti da fustaie resinose	4.200
scarti da fustaie latifoglie	4.100
residui tagli fustaie varie	4.100
ripulitura cesse linee elettriche	4.200
cure forestali castagneti	4.000
materiale risulta vigneti	4.300
materiale risulta oliveti	4.200
materiale risulta frutteti	4.300
materiale risulta vivai	4.300
recupero paglia	3.950
biorifiuti-potature	3.950
biorifiuti-erba fresca	575
biorifiuti foglie secche	4.337
scarti lavorazione legno	4.100
DATI DI CONFRONTO	
rifiuti solidi urbani	2.500
carbone	7.400
petrolio greggio	10.000
gas naturale	8.250

Utilizzazione delle biomasse

Vantaggi

- Fonte di Energia Rinnovabile
- Immagazzinabile-Stoccabile
- Può essere convertita in combustibili solidi, gassosi o liquidi
- Numerose tecnologie di conversioni ben sviluppate e note
- Tecnologie di conversione disponibili in un ampio campo di potenze a differenti livelli di sofisticazione
- Produzione del combustibile e tecnologie di conversione indigene nei PVS
- Non emette (emissioni nette) CO₂
- Creazione di un maggior numero di posti di lavoro rispetto ad altri sistemi ad energia rinnovabili della stessa taglia

Svantaggi

- Bassa densità energetica
- La produzione genera competizione nell'uso del territorio
- Sistema di gestione (logistica) complesso per assicurare la costante fornitura della risorsa
- Problemi di trasporto, stoccaggio e movimentazione a causa della bassa densità
- Produzione soggetta a variazioni legate alle condizioni ambientali/meteo
- Alcune tecnologie di conversione non sono ancora completamente sviluppate
- Produzione non costante durante l'anno
- La produzione può richiedere elevati volumi di fertilizzanti ed irrigazione
- Contenuto di umidità variabile

Potenzialità Italiana

15 Mton/a di legna residuale utile

20-25 Mtep (1 Mtep = 7,3 Mbarili di petrolio)

2.000 Mw x 8.760 h/a al 35% rendimento

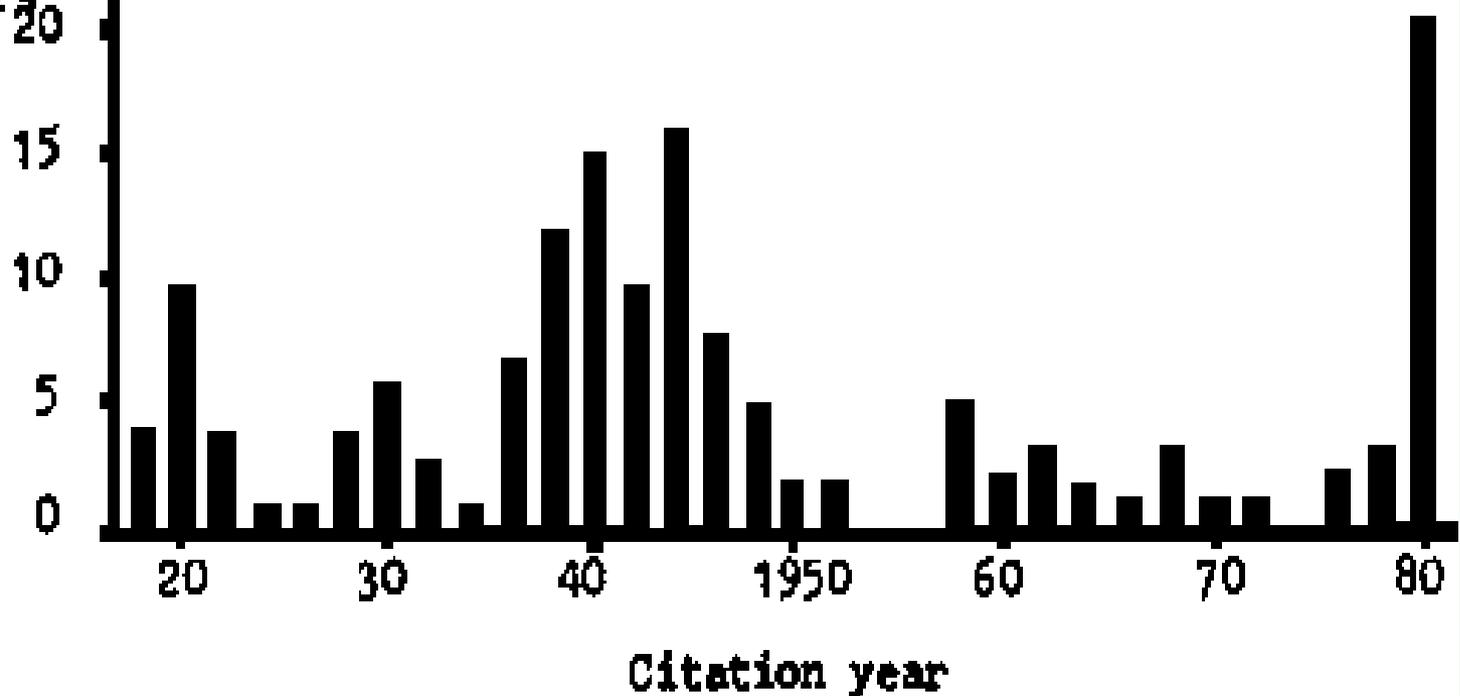
**1 Mtep corrisponde a 11.628 GWh
(produzione ENEL 2001 266.000 GWh)**

Storia della gassificazione

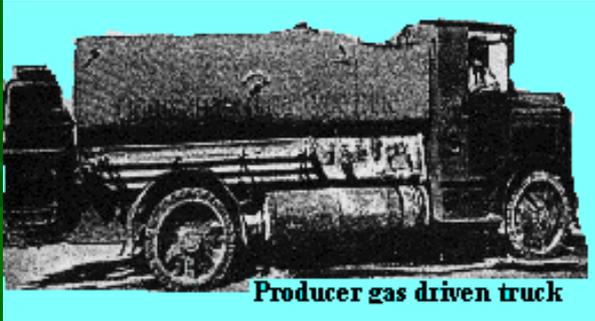
- 1699 Dean Clayton ottenne gas da esperimenti sulla pirolisi del carbone
- 1788 Robert Gardner fu autore del primo brevetto sulla gassificazione
- 1792 Prima conferma dell'uso di gas di gasogeno. Murdoc usò il gas per l'illuminazione di una stanza della sua casa. Da allora e per molti anni, il gas fu usato per l'illuminazione, per la cucina e per il riscaldamento
- 1804 Fourcroy scoprì il gas d'acqua per reazione dell'acqua con carbone incandescente
- 1840 Costruzione del primo gassificatore commerciale in Francia
- 1861 Primo reale salto nello sviluppo della tecnologia con l'introduzione del gassificatore Siemens considerato la prima unità di vero successo
- 1878 I gassificatori cominciano ad essere usati con successo accoppiati a motori per la produzione di energia
- 1900 Prima esibizione a Parigi di un gassificatore accoppiato con un motore da 600 Hp. Successivamente vennero messi in servizio motori fino a 5.400 Hp
- 1901 J.W. Parker guidò un veicolo per passeggeri con motore a gas di gasogeno
- 1901 – 1920 Vennero costruiti e venduti innumerevoli sistemi gasogeno – motore per produrre energia meccanica ed elettrica
- 1930 La Germania accelera gli sforzi per convertire i veicoli esistenti a gas di gasogeno per rendersi indipendente dai combustibili di importazione. Francia ed Inghilterra trovano più conveniente utilizzare motori a gas nelle proprie colonie, ricche di legno, che non motori a benzina
- 1939 In Svezia risultano registrati 250.000 veicoli. Il 90% utilizzano gas di gasogeno. Contemporaneamente risultano in servizio 20.000 trattori, sempre a gas di gasogeno
- 1945 La benzina ed il gasolio cominciano ad essere abbondanti: comincia a declinare la tecnologia della gassificazione
- 1951 – 1970 La gassificazione viene considerata tecnologia obsoleta
- Dopo il 1970 Ritorna l'interesse specialmente nell'ottica di sviluppo della piccola generazione di energia

Citazioni della voce "Gassificazione del Legno" nei C.A.

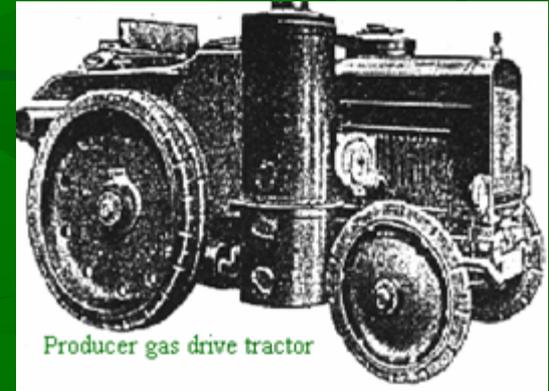
No. of
citations
per 2 years



Galleria storica



1930



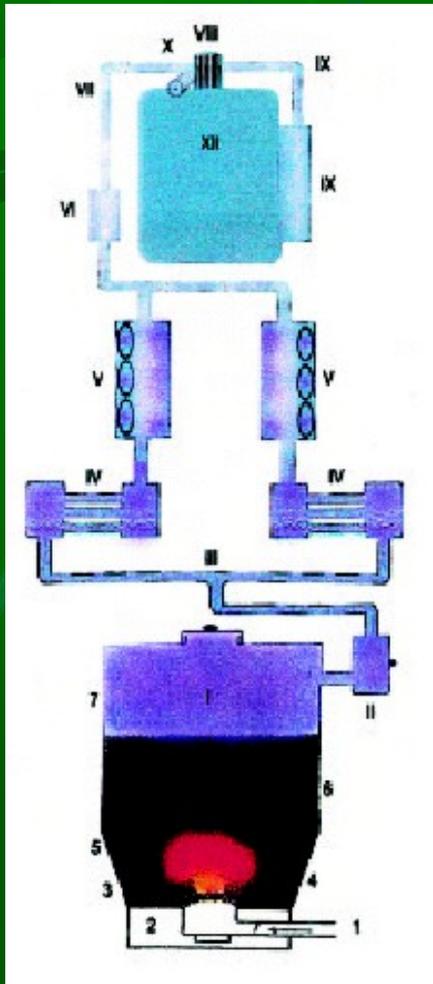
1970



Picture of a Massey Ferguson 1100 farm tractor converted to wood gas operation

Picture of a Scania L8050 truck converted to wood gas operation

Alfa Romeo 1750 a gasogeno



X Mille Miglia 1936



Esperienze italiane

Principali gasogeni prodotti negli anni 1930-40

- | | | |
|--------------|---------------------|----------------|
| ▪ Aurora | Ceretti | - Villadossola |
| ▪ Bologna | D.Neri | - Bologna |
| ▪ Ciclope | S.Prisco - Roma | |
| ▪ Dux | Tallero | - Torino |
| ▪ Excelsior | S.Gasogeni | - Roma |
| ▪ Ferragutti | M.Ferragutti | - Roma |
| ▪ Nostrum | DeAndreio | - Torino |
| ▪ Oberti | O,M.S.A. | - Milano |
| ▪ Petracci | O.Petracci | - Fermo |
| ▪ Principe | S.CEVAA | - Torino |
| ▪ Sarasini | Sarasini - Casumaro | |
| ▪ Soterna | Soterna | - Milano |
| ▪ Torino | S.A.Gasogeni | - Torino |

Contaminazioni del gas di gasogeno

Contaminante

Costituzione

Effetto

Particolato

Ceneri ed incombusti

Deposizione - abrasione

Composti alcalini

Ossidi e sali di sodio e potassio

Incrostazioni – corrosione
Avvelenamento catalizzatori

Composti contenenti azoto

NH_3 - HCN

Formazione di NO_x
nella combustione

Zolfo

H_2S - SO_x

Avvelenamento catalizzatori
Inattivazione fuel cells

Catrami

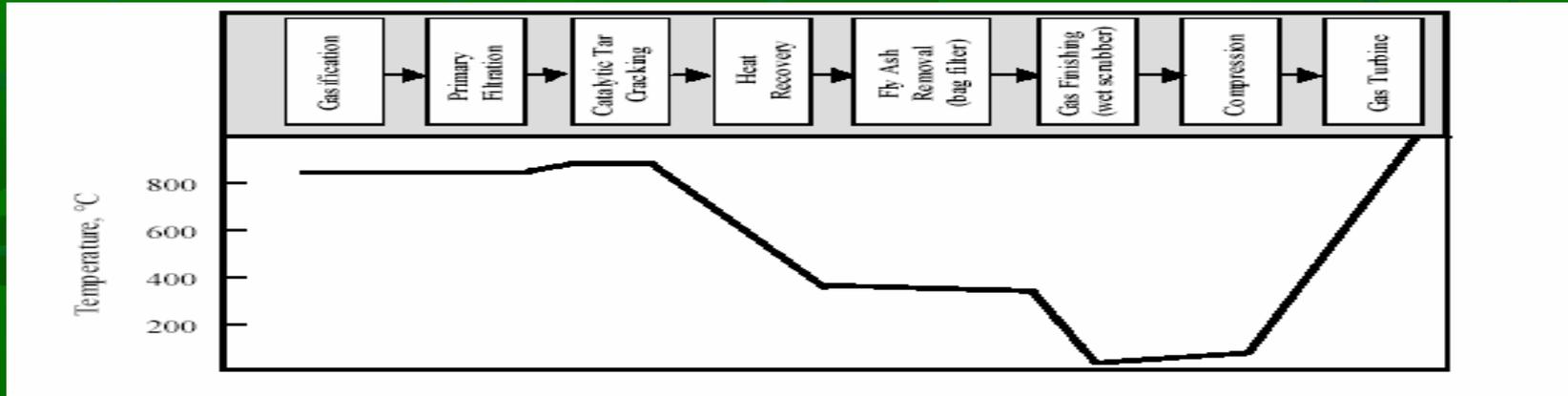
Composti ossigenati ad alto peso molecolare

Incrostazioni

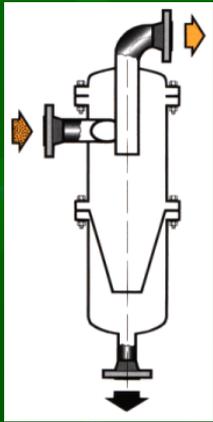
Qualità richieste al gas di Gasogeno

Componente	U.D.M.	Motore Endotermico	Turbina
Particolato:			
>20 μ	mg/Nm ³		0,1 max
10 - 20 μ	mg/Nm ³	10 max	1,2
5 - 10 μ	mg/Nm ³		10 - 15
<5 μ	mg/Nm ³		40 - 100
Metalli alcalini	mg/Nm ³	---	0,1 max
Acido cloridrico	mg/Nm ³	20 max	0,5 max
Zolfo	mg/Nm ³	400 max	1 max
Ammoniaca	mg/Nm ³	11 max	---
Catrami o oli residui	mg/Nm ³	10 max	50 max

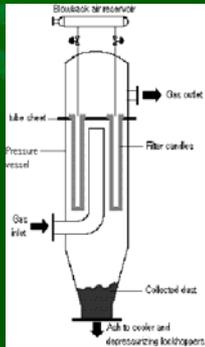
Purificazione dei gas nei grandi gassificatori



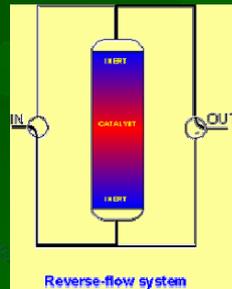
Purificazione di un gas. Progetto ARBRE (UK). 8 MW_e



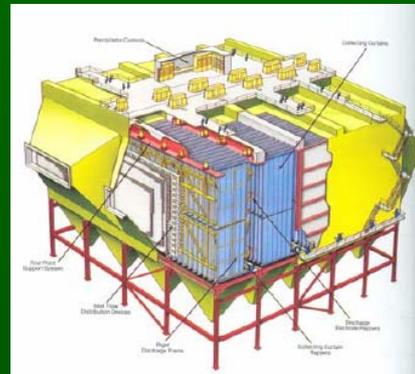
Ciclone



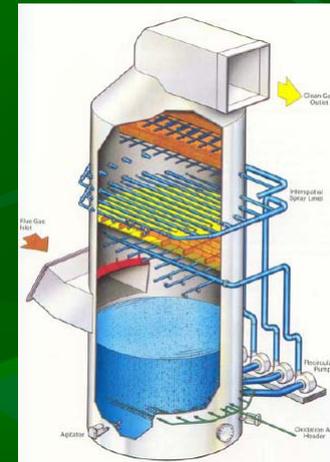
Filtro a candela



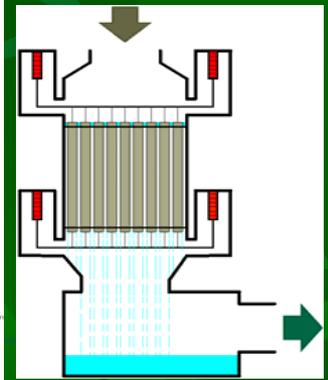
Reattore



Filtro a maniche



Scrubber



Filtro elettrostatico

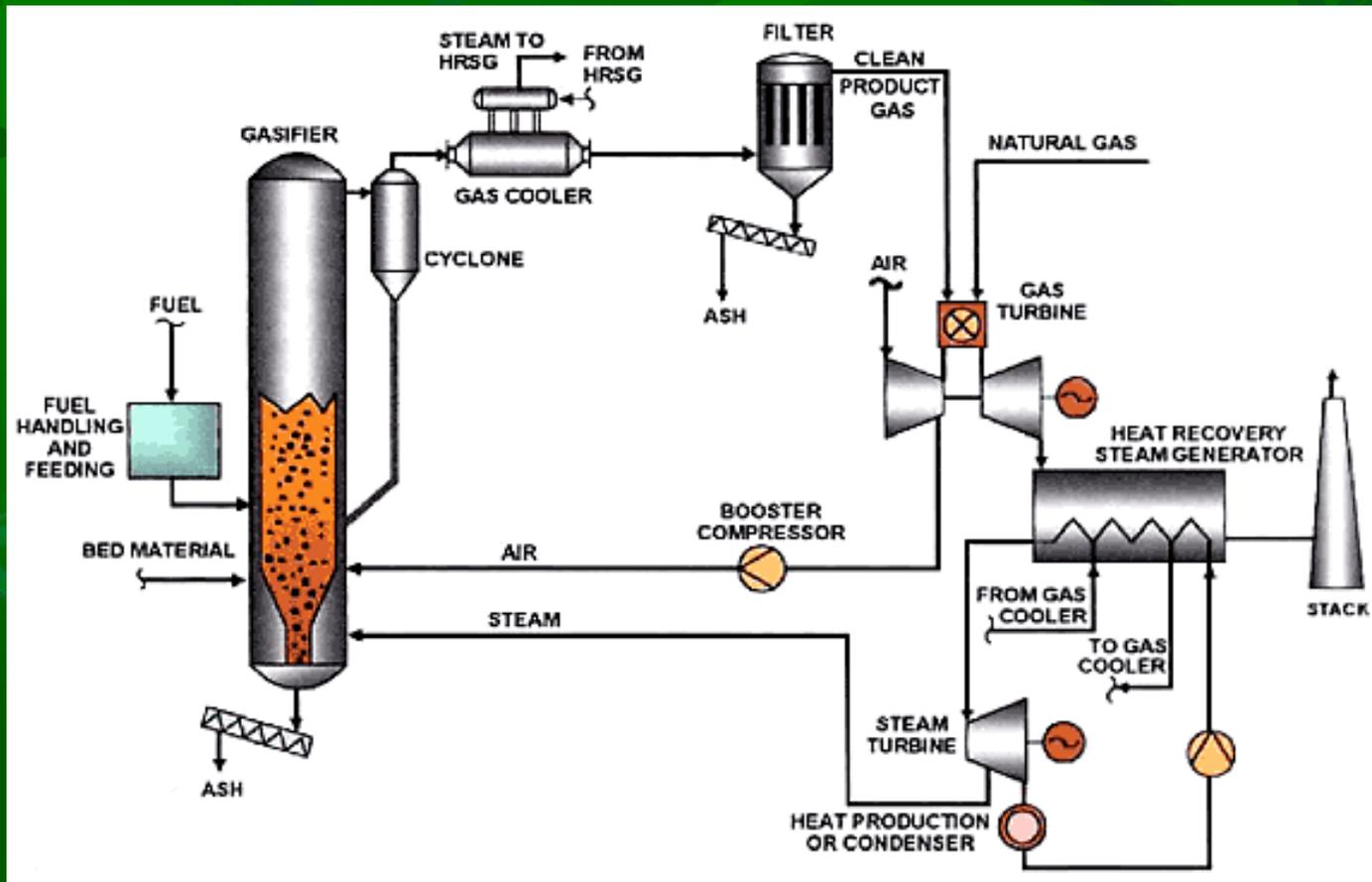
Utilizzo del gas per la produzione di calore

- La maggior parte dei gassificatori commerciali che operano nel mondo sono dedicati a questa applicazione
- Con il gas è possibile raggiungere temperature più elevate che non bruciando direttamente la biomassa
- Sono sufficienti specifiche ampie per quanto riguarda la purezza ed il potere calorifico del gas
- Per la produzione del gas su piccola e media scala sono preferiti gassificatori updraft per la loro semplicità ed efficienza.
- Per applicazioni più importanti, i gassificatori a letto fluido risultano i più adatti
- Le applicazioni su piccola scala riguardano l'uso domestico, piccole e medie imprese artigiane. Su grande scala il gas viene impiegato nell'industria metallurgica, ceramica, della carta, nella produzione di cemento e della calce e per la produzione di energia elettrica

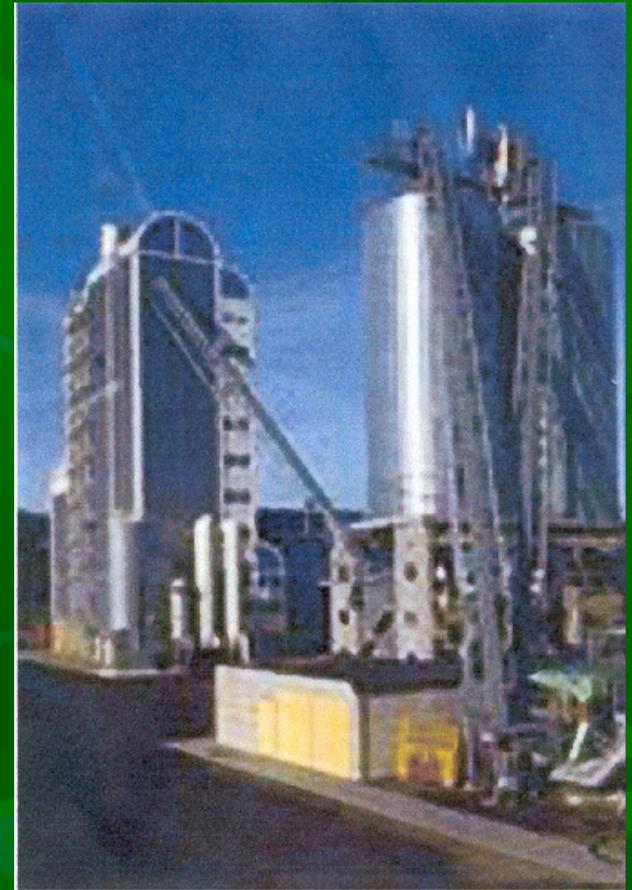
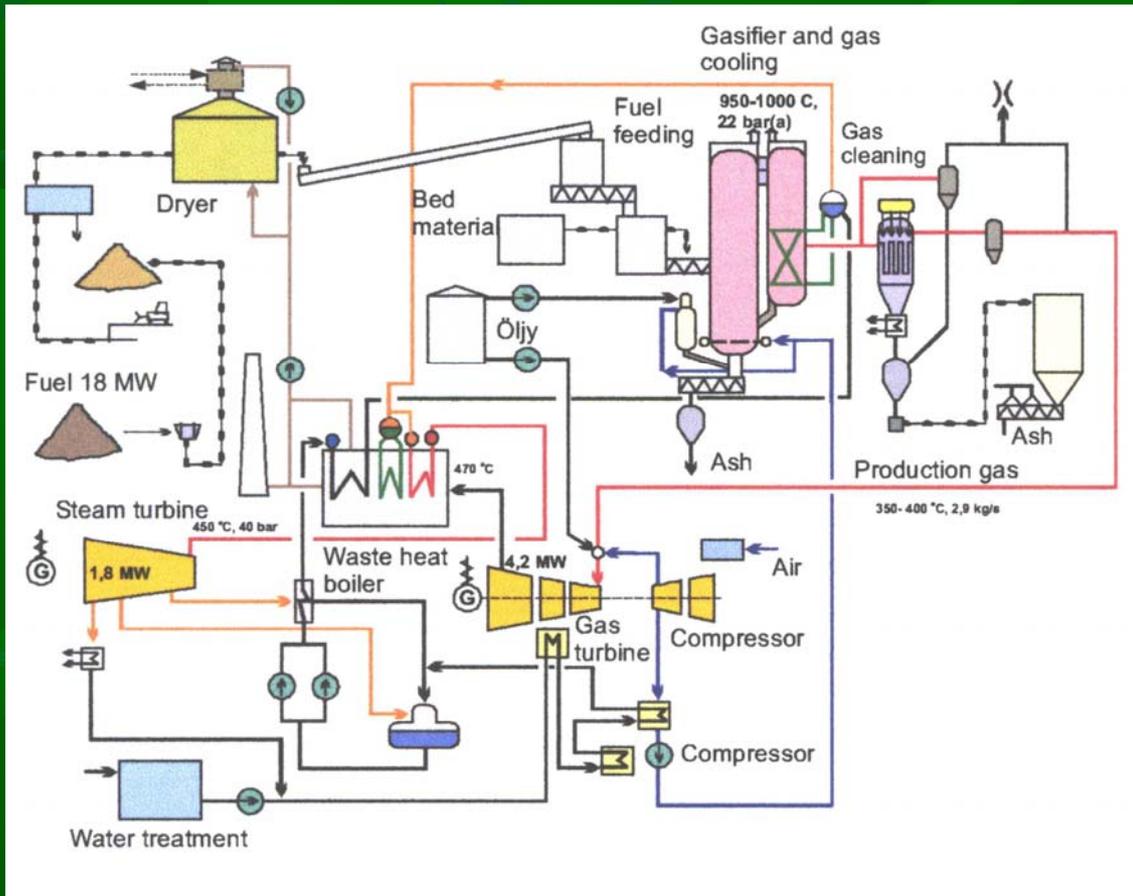
Utilizzo del gas nelle turbine

- L'orientamento attuale è verso impianti a ciclo combinato con processo atmosferico o pressurizzato
- L'alta efficienza di questi impianti copre il maggior costo del combustibile e la diseconomia di scala (taglia media delle centrali a biomassa 10-60MW)
- Rendimento: 40-60% con gassificatori pressurizzati, 30-40% con gassificatori atmosferici
- Il maggiore ostacolo è la purificazione dei gas
- Investimenti: 2500-3500 €/kW
- Costo produzione energia elettrica: 0,06-0,12 €/kWh

Schema di un impianto IGCC



L'Impianto di Varnamo

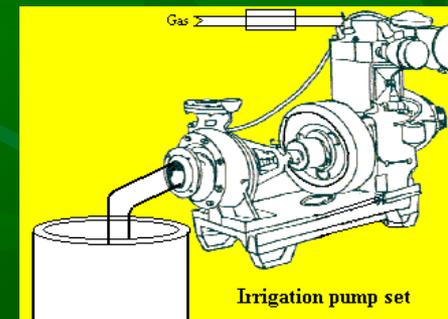


Impiego del gas nei motori

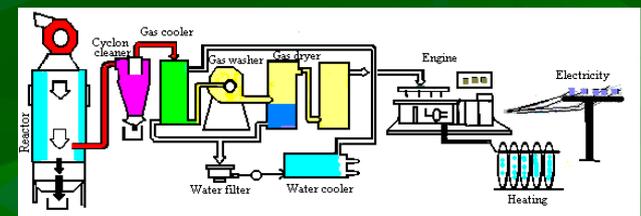
□ Autotrazione



□ Produzione energia meccanica



□ Produzione di energia cogenerata



Tipologie di motori

□ Motori a ciclo Otto



□ Motori Stirling



□ Motori a vapore

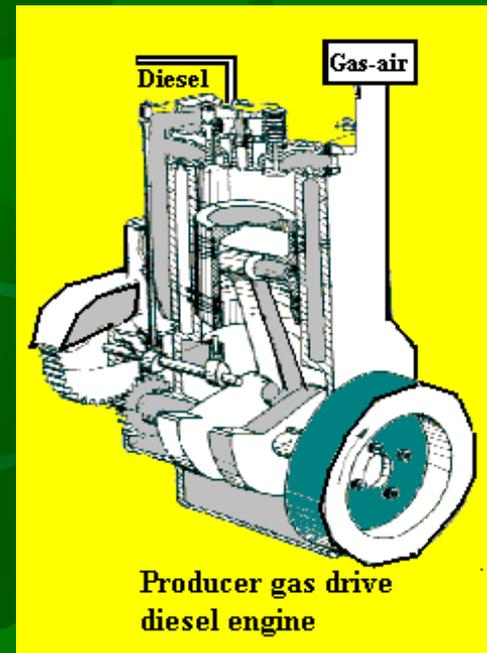


Motori a ciclo Otto

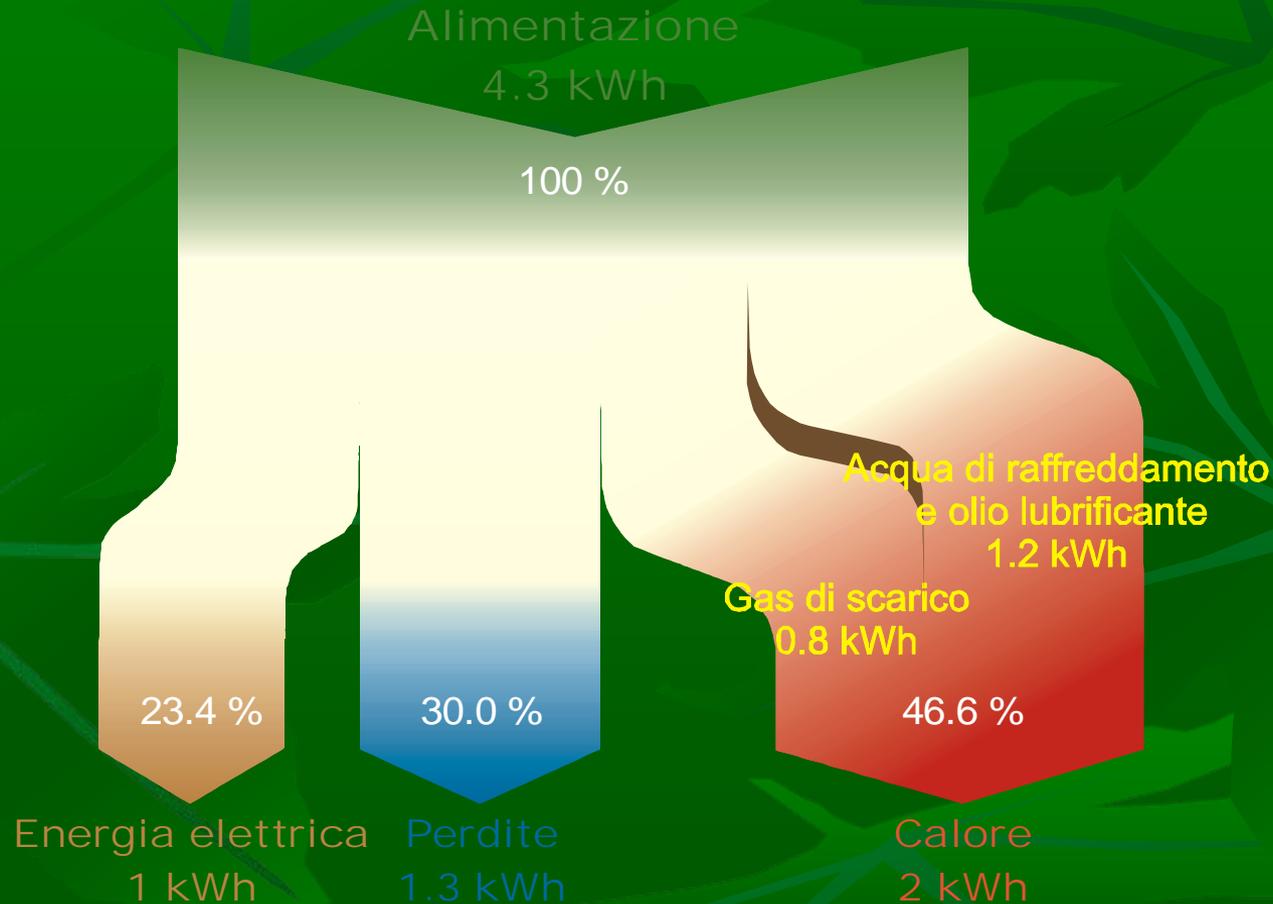
Sono derivati dai motori Diesel con le seguenti modifiche:

- Diminuzione del rapporto di compressione
- Sostituzione degli iniettori con le candele
- Sostituzione della pompa di iniezione con uno spinterogeno
- Installazione di un carburatore costituito essenzialmente da una valvola di miscelazione gas-aria

Con questa operazione il rendimento originario del motore si abbassa notevolmente



Cogenerazione Bilancio energetico



Gassificatore Commerciale

Descrizione

Il gassificatore comprende:

- Un generatore di gas tipo downdraft,
- Un recuperatore di distillato pirolegnoso,
- Un recuperatore di calore,
- Un sistema di lavaggio con acqua,
- Un complesso sistema di filtrazione di buona efficacia

Motorizzazione:

- Gruppo elettrogeno a scoppio

Potenze fornite:

- 70 – 400 kW (4 modelli)



Costruttore: Martezo (Francia)

Trigeneratore a legna



Composto da :



Costruttore: Net s.r.l (Italia)

Gassificatore “tar free” di scarti legnosi

- Un generatore di gas tipo downdraft,
- Un recuperatore di distillato pirolegnoso,
- Un raffreddatore ad acqua sigillata,
- Un *demister* ad argilla espansa ed acqua
- Un abbattitore di umidità a segatura di legno

Gruppo di trigenerazione

- Un gruppo elettrogeno
- Un gruppo caldo/freddo a pompa di calore od assorbimento

Motorizzazioni

- A scoppio commerciali in versione a gas di legna
- In sviluppo motori a vapore
- In analisi microturbine a gas di legna

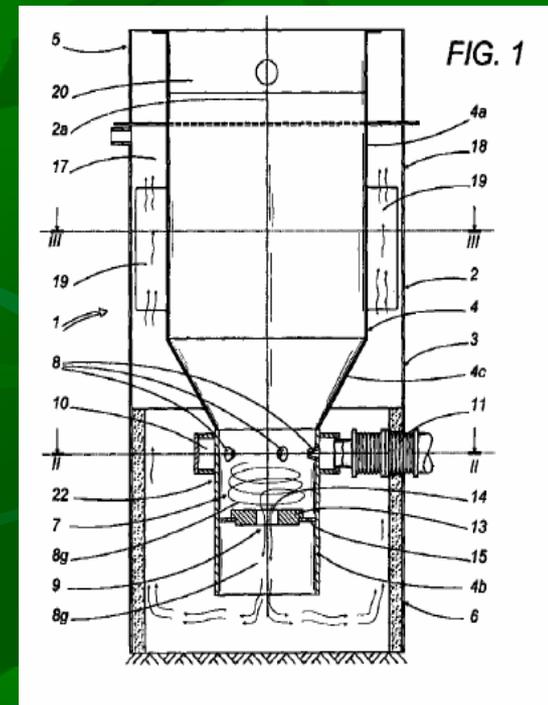
Potenze 10 - 200 kWel 20 – 400 kWth

“Non pulire il gas sporco, produci gas pulito”

Il Brevetto “Tar Free”



- Il gassificatore NET è l'unico a pieno standard motoristico con tar&dust < 2ppm
- E' l'unico che permette di usare legna umida vergine (50% H₂O)
- La gassificazione “tar free” NET permette di alimentare in cogenerazione gruppi elettrogeni e pompe di calore commerciali



Specifiche tecniche del trigeneratore



Gassificatore

Alimentazione

Umidità

Dimensioni legna raccomandate

Gassificazione

Potere calorifico del gas

Scarti di legno

15 ÷ 50 %

6 x 6 x 6 cm

Letto fisso *downdraft*

1100 ÷ 1300 kcal/m³

Cogeneratore elettrico, caldo, freddo

Motore

Tensione

cos φ

Frequenza

Range di potenza

Diesel modificato

380 V trifase

0,8

50 Hz

10 ÷ 100 kW elettrici

20 ÷ 200kW calorie/frigorie

1,3/1,5 kg per 1 kWh_{el} + 2 kWh_{th}

Consumi di scarti legnosi

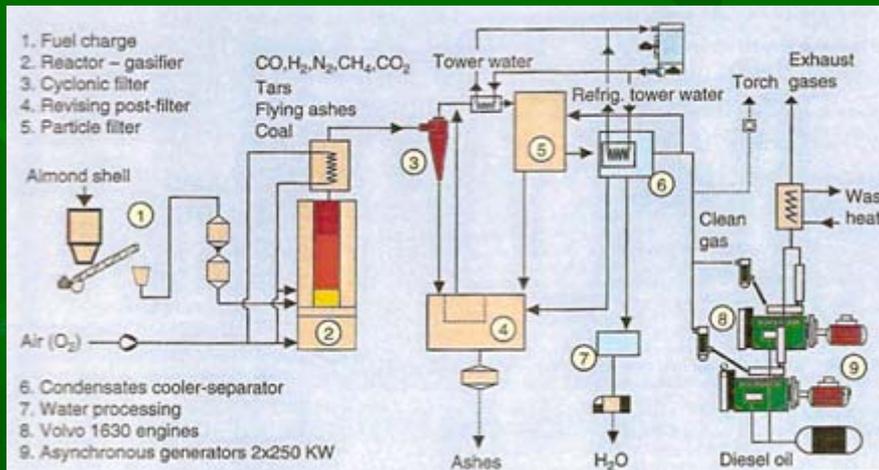


nelle energie da gassificazione del legno

- 1982 - Unità da 10 kW per ENEA (Ente Nazionale Energie Alternative), Roma, ITALY.
- 1983 - Unità da 15 kW per CASSA del MEZZOGIORNO, Vieste, ITALY.
- 1984 - Unità da 30 kW per AGIP s.p.a., Ronciglione, ITALY.
- 1986 - 3 Unità SES S.p.A. GE 15 (15 kW) per Thai National Energy Administration, THAILAND.
- 1987 - 6 Unità GE 15 (15 kW) and 3 GE 30 (30 kW) SES s.p.a. per Indonesian Ministry of Forestry, INDONESIA.
- 1988 - 3 Unità GE 30 (30 kW) SES S.p.A. per Ministry of Scientific and Technical Research, SENEGAL.
- 1989 - 1 GE 20 (20 kW) and 1 GE 80 (80 kW) SES S.p.A. per ENEA, Roma, ITALY.
- 1989 - 1 GE 40 (40 kW) SES S.p.A. per UNIDO United Nations Industrial Development Organization Harare, ZIMBABWE
- 1991 - INDONESIA - Progettazione di una unità pilota di fabbricazione di gasogeni a legna più un gasogeno da 60 KW
- 1994 - CINA POPOLARE - Analisi e Memorandum of Understanding con CSSC (China State Science Committee) per una fabbrica pilota di gasogeni per lo sviluppo rurale nazionale
- 1996 - Accordi industriali di sviluppo per la prototipazione e brevettazione di gasogeni innovati secondo NET
- 1997 - Realizzazione e test di due gasogeni innovati da 30 e 12 KWel quest'ultimo in dual fuel gasolio-gas di legna
- 1998 - Deposito di Brevetto Europeo EP 0 955 350 A1
- 1999 - Business e Market Plan industriali e di prodotto. Analisi del trasferimento tecnologico ai PVS
- 2000 - Relazione al Congresso di Siviglia SUBJECT: 5 . Biomass Market in the Heat and Electricity Sector
TITLE: an innovating full engine compatible fixed bed gasifier
- 2000 - Analisi dei mercati: Forestazione, PMI, Servizi energetici
- 2000 - Cogeneratore 30 KW containerizzato per testing itineranti della logistica e del servizio energetico
- 2001 - Attivazione della Filiera Legno-Energia
- 2001 - Business & Market Plan di **ReEsco**© Renewable Energy Service Company
- 2001 - Partnership industriali, logistiche, di servizio a valore aggiunto. Costituzione della NEC New Energy Company
- 2001 - Pianificazione dello sviluppo energetico regionale in Basilicata, Abruzzo, Molise, Puglia, Calabria, Piemonte
- 2002 - Attivazione della filiera di servizi energetici **ReEsco**© - Renewable Energy Service Company
- 2002 - MIUR: Master ENERGIE con Università di Basilicata. Provincia di Potenza: AGENDA 21 progetto ENEPOLIS.
- 2003 - Costituzione del Business Angel 4NRG per il supporto allo sviluppo della rete **ReEsco**©
- 2005 - MKT Plan della filiera Legno - Energie
- 2006 - Master Plan della microgenerazione distribuita a Biomasse Vegetali - Sviluppo della sistemistica di trigenerazione

Impianto NET da 30 kWel

Irrigazione a scarti di mais in Senegal



Valutazione economica Cogeneratori a legna "Tar Free" da 40 e 180 kWel



Potenza installata	kW	40	180
Vita utile	a	20	20
Utilizzo impianto	h/a	6.000	6.000
Consumi Biomassa	ton/a	360	1.620
Produzione elettrica	kWh/a	240.000	1.080.000
Produzione termica	kWh/a	480.000	2.160.000
Investimento	€	120.000	540.000
Ammortamento decennale	€	12.000	54.000
Oneri di capitali (5 %)	€	6.000	27.000
Lavoro	€	12.000	24.000
Manutenzione (2 %)	€	2.400	10.800
Biomassa (66 €/t)	€	23.760	106.920
Costi totali	€	56.160	222.720
Risparmio elettrico (0,15 €/kWh)	€	36.000	195.408
Risparmio termico (0,10 €/kWh)	€	48.000	216.000
Rientro dell'investimento	a	4,5	2,8
		INOLTRE	
Certificati verdi (0,122 €/kWh el)	€	29.280	131.760



Stato dell'Arte

- Le installazioni sugli autoveicoli sono praticamente scomparse; persistono realizzazioni a scopo amatoriale. Solo in Svezia resta attivo un filone di ricerca per scelta strategica.
- La maggior parte dei gassificatori commerciali è utilizzata per la produzione di calore. Migliaia di gassificatori di modeste capacità sono in esercizio nella sola India e Cina. Grandi impianti commerciali, con questa finalità, sono previsti a breve nei Paesi Occidentali (Bioneer, PRM Energy, Foster Wheeler, Lurghi, Umwelt, BGL).
- Un numero imprecisato di microgeneratori, ma che si ritiene cospicuo, è rappresentato da piccole installazioni per la produzione di energia elettrica o meccanica diffusi soprattutto nei Paesi in via di sviluppo in modo spesso poco efficiente rispetto alla vita motoristica.
- La tecnica della micro-cogenerazione, per questioni di impatti ambientali e di costo delle energie, sta riacquistando interesse anche nei Paesi occidentali ma ad oggi pochissimi produttori si affacciano sul mercato con applicazioni di preserie. In Europa si contano non più di 13 impianti precompetitivi.
- Le grandi installazioni di generazione elettrica, dell'ordine delle decine di MWe, che utilizzano per lo più cicli combinati, sono attualmente allo stato di dimostrazione o di progetto. In Europa si contano almeno 6 progetti in fase di completamento.
- Attualmente nel *Gasifier Inventory* (BGT-IER. www.gasifier.org) sono registrati un centinaio di installazioni e circa 60 case produttrici di gassificatori.

Situazione in Italia

▪Ricerca e sviluppo:

ENEA, ENEL, UNINA, UNIVAQ, UNISS,

▪Industrie:

NET s.r.l., CCT (gruppo Marcegaglia) , Ansaldo, Technimont,,

Progetti di ricerca e sviluppo:

Biomass Gasification and Fuel Cell coupling.....(Coordinatore UNIVAQ)

PANACEA (Coordinatore ISMA)

▪Impianti pilota:

ENEA – 2 Gassificatori downdraft 15 – 80 kWe di realizzazione SES s.r.l. (tecnica NET s.r.l.)

Greenpower CCT – 1 Gassificatore updraft (54 kWe)

NET s.r.l – 4 Gassificatori downdraft (12 kWel, dual fuel, 30 kWel – 30kWel shelter)

Progetti dimostrativi ed impianti commerciali:

Bioelettrica s.p.a - Energy Farm Project (14 MWe) (Coordinatore Bioelettrica, Progetto THERMIE)

SAFI, Greve in Chianti (3,5 MWe)

AMGA, Legnano (500kWe)

Ansaldo Ricerche, Genova (3 MWt)

Rossano Energia s.p.a., Rossano (4,2 MWe)

Conclusioni

- I Gassificatori, nel passato hanno ricoperto un ruolo importantissimo quando gli attuali combustibili erano di difficile approvvigionamento e costosi.
- Dalla fine della Seconda Guerra Mondiale agli inizi degli anni 70, c'è stato un quasi totale abbandono di questa tecnologia e purtroppo molto del sapere si è perduto.
- Le crisi petrolifere, ma soprattutto l'esigenza di limitare l'aumento dell'Anidride Carbonica nell'atmosfera, ricorrendo ad una quota di energie alternative, alla quale le biomasse possono dare un forte contributo, ha creato l'occasione per un nuovo sviluppo in termini moderni di questa tecnologia.
- Per i grandi impianti di gassificazione per produrre energia elettrica il concetto IGCC appare il più promettente, ma necessita ancora di test e verifiche in quanto la tecnologia è fortemente innovativa e presenta elevati rischi tecnici e finanziari.
- L'approvvigionamento della biomassa in grande quantità e a costi accettabili (per un impianto da 10 MW occorrono 80-100 000 t/a di biomassa) può rappresentare un ulteriore vincolo.
- Le applicazioni di microgenerazione (da pochi kW ad 1 MW) sembrano di più facile realizzazione e cominciano ad apparire sul mercato i primi impianti commerciali.
- Il mondo agricolo ed agroindustriale potrebbe trarne vantaggio in quanto:
 - ha disponibilità di biomasse residuali nell'azienda stessa che spesso creano problemi di smaltimento,
 - esistono gli spazi dove collocare l'impianto,
 - molte aziende agricole, specialmente del Mezzogiorno, non sono collegate alla rete elettrica nazionale,
 - sono prevedibili risparmi rispetto alla tariffa elettrica,
 - il surplus di energia può essere venduto al gestore della rete nazionale e beneficiare dei *Certificati Verdi*