

TECNOLOGIE PER LA PRODUZIONE ENERGETICA DA BIOMASSA (TERMICA E TERMOELETTRICA)

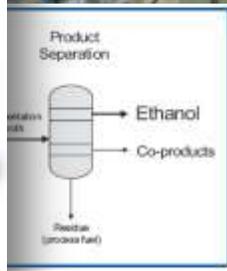
David Chiaramonti

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FIRENZE
Facoltà di Ingegneria





In partnership with
DIBA and F&M



C.R.E.A.R. CENTRO RICERCA
ENERGIE ALTERNATIVE E RINNOVABILI



David Chiamonti

Sommario

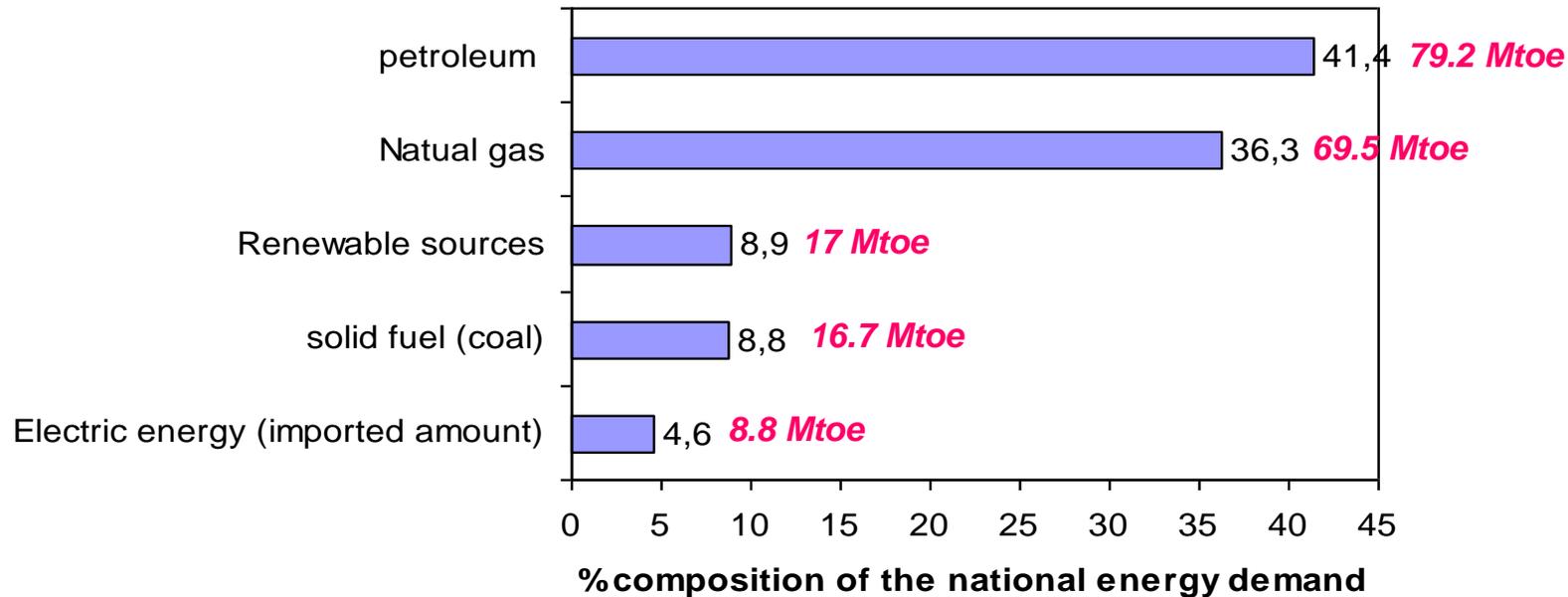
- Italia: potenziale
- Richiami ai processi di combustione, pirolisi e gassificazione di biomassa
- Esempi di installazioni
- Lo scenario futuro: i nuovi Decreti sulle Rinnovabili

ITALIA – Domanda Nazionale di Energia

Popolazione ~ 60 ML = 0.9 % mondo

Domanda complessiva di energia: 180-190 Mtoe ~ 1.6 % mondo

Emissioni CO₂ : 482Mt/a = 2% mondo e 14% Unione Europea



Source: Ministry for economic development - 2008

- Fornitura di energia ancora basata su fonti fossili ed importazioni
- Fonti Rinnovabili: contributo ancora modesto (ma significativo) rispetto ai consumi

Piano Nazionale di Azione – PNA – En.Rinnovabili

Consumi finali lordi di energia e obiettivi per le energie rinnovabili

	2005			2008			2020		
	Consumi da FER [Mtep]	Consumi finali lordi (CFL) [Mtep]	FER / Consumi [%]	Consumi da FER [Mtep]	Consumi finali lordi (CFL) [Mtep]	FER / Consumi [%]	Consumi da FER [Mtep]	Consumi finali lordi (CFL) [Mtep]	FER / Consumi [%]
Elettricità	4,846	29,749	16,29%	5,040	30,399	16,58%	9,112	31,448	28,97%
Calore	1,916	68,501	2,80%	3,238	58,534	5,53%	9,520	60,135	15,83%
Trasporti	0,179	42,976	0,42%	0,723	42,619	1,70%	2,530	39,630	6,38%
Trasferimenti da altri Stati	-	-	-	-	-	-	1,144	-	-
Totale	6,941	141,226	4,91%	9,001	131,553	6,84%	22,306	131,214	17,00%
Trasporti ai fini dell'ob.10%	0,338	39,000	0,87%	0,918	37,670	2,44%	3,419	33,975	10,06%

Fonte: MSE, 2010

Azioni PNA - Bioenergia

2005

Biomassa

2020

0.4 Mtoe

Elettricità

1.8 Mtoe

1.65 Mtoe

Energia termica

5.5 Mtoe

0.2 Mtoe

*Biocombustibili
per Trasporti*

2.5 Mtoe

2.25 Mtoe

TOTALE BIOMASSA

9.8 Mtoe (44% Tot Rinn)

6.94 Mtoe

TOTALE Rinnovabili per

22.3 Mtoe

sostituzione 17 % al 2020

Generazione di calore

- *Pettenella, Aprile 2011:*
- % famiglie italiane che utilizzano combustibili vegetali per produrre energia • **22,3%** (Gerardi-Perrella; Indagine ENEA-ATESIA)
 - % famiglie che utilizzano legna come **fonte principale** per il riscaldamento • **11,7%** (Indagine multiscopo ISTAT)

➔ Offerta - Criticità delle stime: vari problemi su qualità fonti statistiche

- Dati ufficiali disponibili ma sottostimati (foresta e fuori foresta)
- Dati parziali, presenza di autoconsumo e sui alternativi (sottoprodotti lav.ind.)
- Dati parziali, usi alternativi (Rilegno)
- Dati ufficiali disponibili, usi alternativi (Importazione)

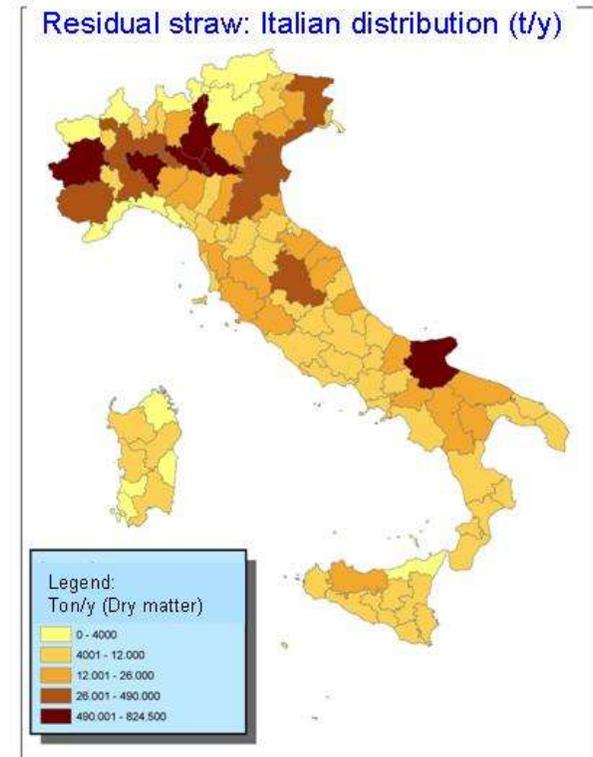
➔ Domanda – Anche qui problemi dati statistici disponibili (distinguendo tra consumi resid, reti telerisc., e grandi impianti EE)

➔ Al 2020 le biomasse dovrebbero coprire il **58 %** del calore rinnovabile, il **20 %** della generazione elettrica e l'**84 %** nei trasporti

⇒ Grande sottostima utilizzo (ISTAT e PAN)

➔ PAN: da 4.6 Mm³ a 18-22 Mm³ (3-5 volte). Stima (Pettenella 2011): **6.7 MTEP**. Target PAN (**5.2 MTEP**) già raggiunto?

Biomass	Mtoe
Residual straw	6
Pruning	2
Forests	0.9
MSW (organic fraction)	0.6
bovine and swine manure	0.9
animal slaughter wastes	0.03
dedicated crops	4
Firewood	2
TOTAL	15



Source: I.De Bari, ENEA National Atlas

http://www.enea.it/attivita_ricerca/energia/sistema_elettrico/Censimento_biomasse/SchedaCB.html

→ Thermochemical SNG Energy Potential (resid.straw+pruning+dedicated crops+forests=14.9 MTOE): ~10.4 MTOE

→ Lignocellulosic ethanol or chemicals (14.9 MTOE): ~3.7 MTOE + Lignin (Chemical or heat and power)

Combustione

- Processo di ossidazione completa della biomassa

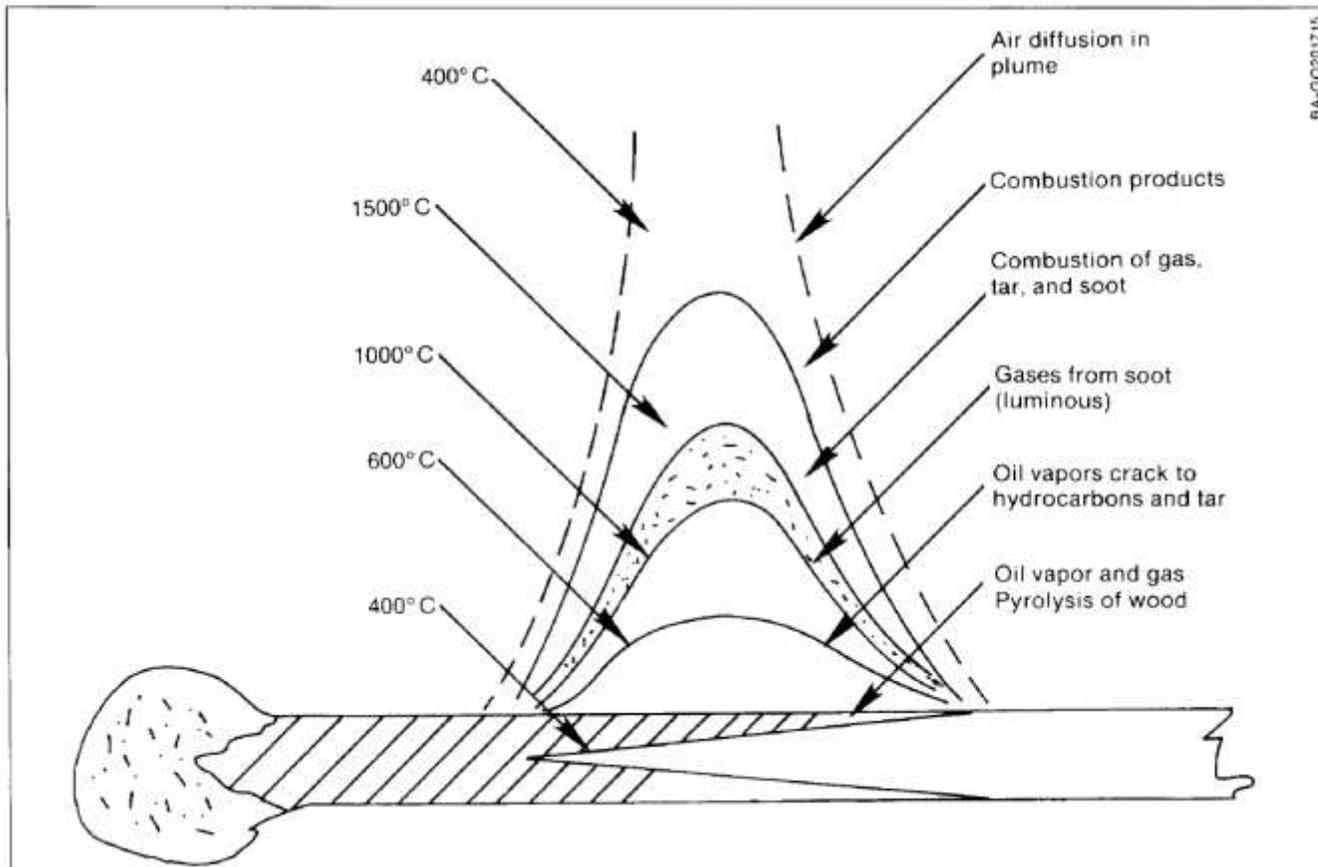
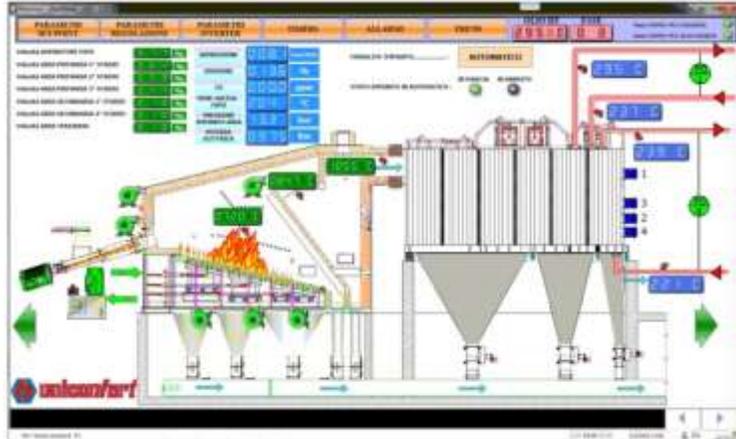


Fig. 4-2. Pyrolysis, gasification, and combustion in the flaming match

Esempio di impianto di piccola scala - Combustione



BIOGENERA VIGLIANO BIELLESE

SCHEDA IMPIANTO

- POTENZA UTILE INSTALLATA	: 2.093 kWt
- CONSUMO DI BIOMASSA annua	: 8.000 Ton
- LUNGHEZZA TELERISCALDAMENTO	: 650 m
- VOLUME LOCALI RISCALDATI	: 110.000 mc
- ENERGIA ELETTRICA EROGATA netta	: 220 kWel
- CO2 EVITATA annua	: 1250 Ton
- GASOLIO RISPARMIATO annuo	: 140.000 litri
- FABBISOGNO ELETTRICO ANNUALE DI	: 550 Famiglie

Fonte: F.Ili Boscaro SrL, Agrienergie 2012



LA CENTRALE



Thermochemical Conversion Technologies

Pyrolysis

Gasification

Liquefaction

(Co)-combustion

Charcoal

Liquid/Oil

Fuel Gas

Heat

Barbecue

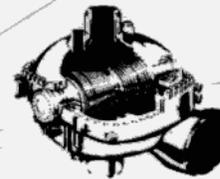
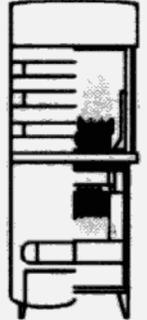
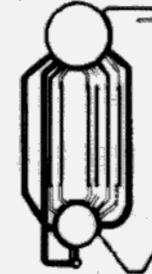
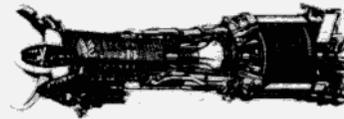
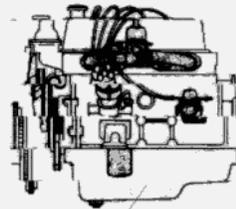
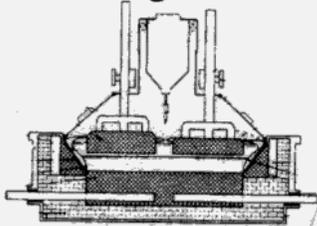
Metallurgical Industry

Engine

Gas Turbine

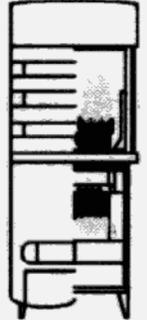
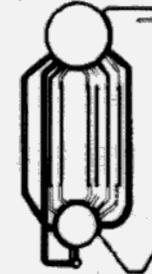
Boiler

Stove



Generator

Steam Turbine

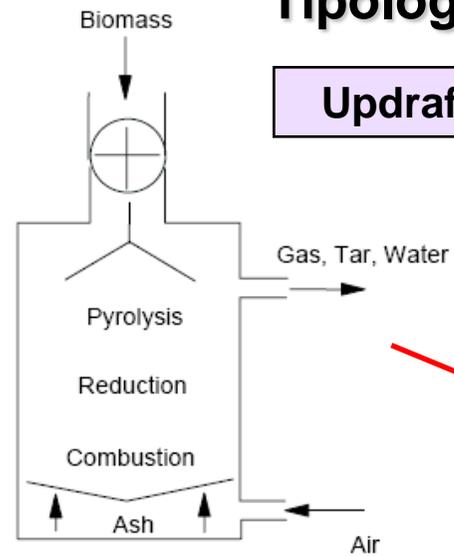


Vehicle

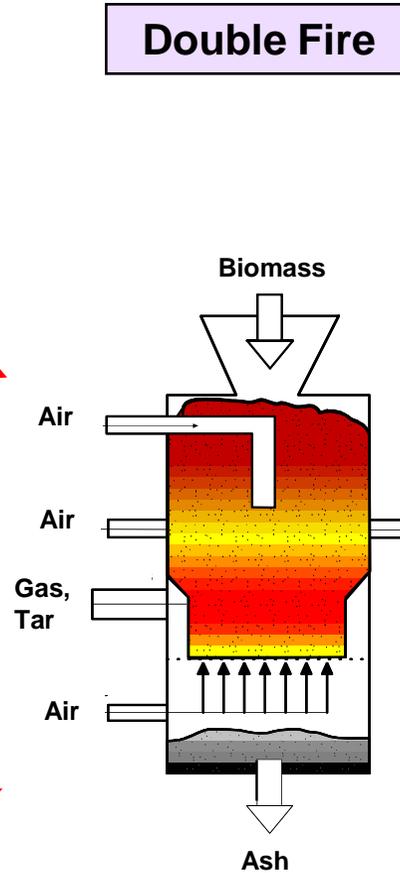
Electricity

District Heating

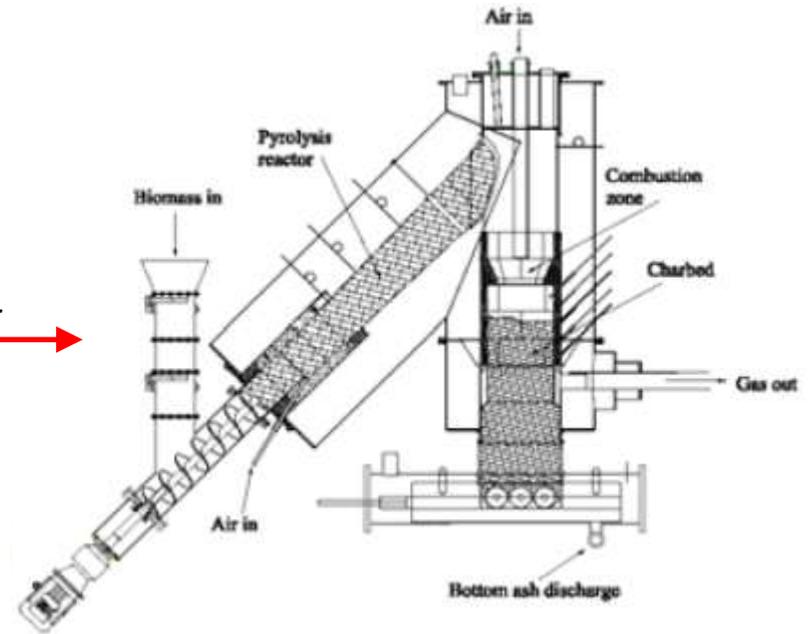
Tipologie principali di Gassificatori a Letto Fisso



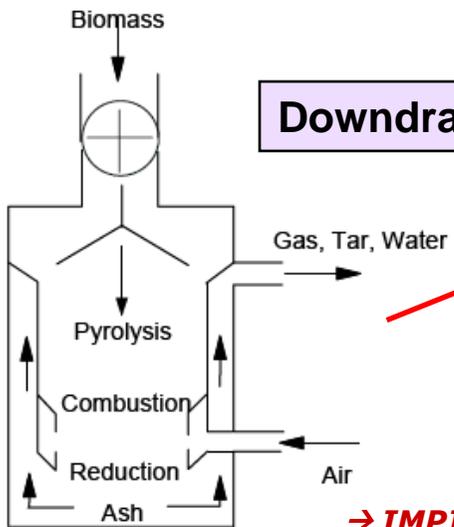
Updraft



Double Fire



Two/Three Stage



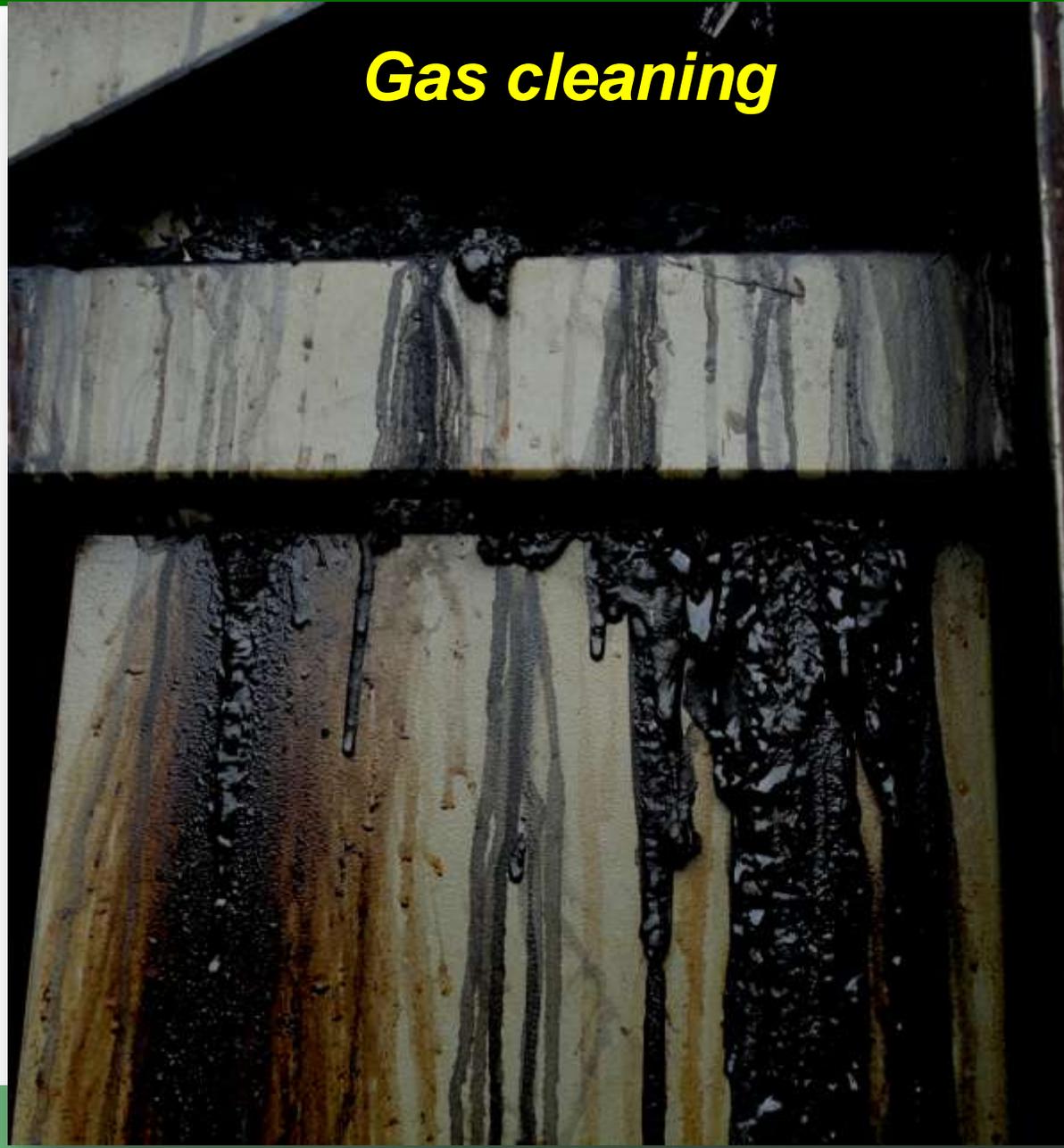
Downdraft

Fonte: H.Hofbauer, Wien University, 2007

→ **IMPIANTI DI PICCOLA TAGLIA O PER SOLA GENERAZIONE DI CALORE**

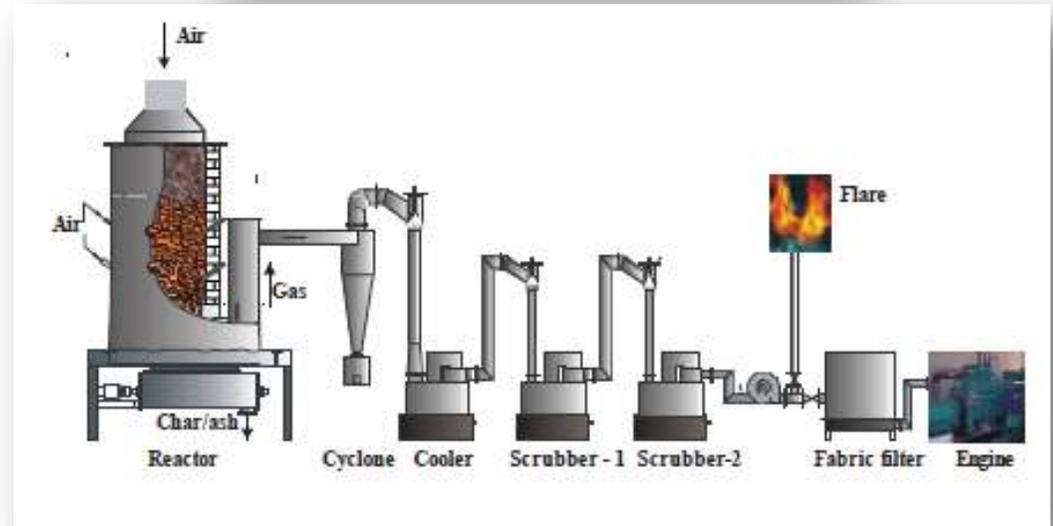
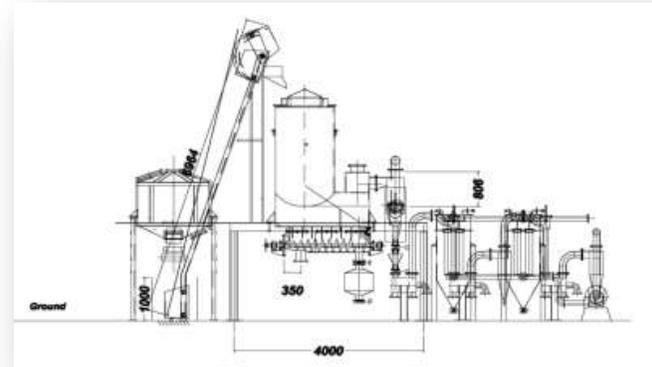
- Il sistema di pulizia deve essere visto come un unico elemento con l'impianto di gassificazione
- La scelta dell'impianto di gassificazione deve essere compatibile con la destinazione (utilizzo) del gas
 - ⇒ Generazione di calore
 - ⇒ Fornaci, grandi caldaie, co-combustione
 - ⇒ Motori Stirling
 - ⇒ Motori a gas
 - ⇒ Turbine e Gas
 - ⇒ Produzione di combustibili di sintesi
 - ⇒ Celle a Combustibile

Gas cleaning



PRINCIPALI CONTAMINANTI E METODI DI RIMOZIONE

Contaminante	Esempio	Problemi	Metodo di pulizia
Particolato	Ceneri, particelle di char, materiale inerte (se letto fluido)	Erosione	Filtraggio, scrubbing
Metalli alcalini	Composti di Na e K	Corrosione a caldo	Raffreddamento, condensazione, filtrazione, adsorbimento
Azoto (dal combustibile)	Principalmente NH ₃ ed HCN	Formazione di NO _x	Scrubbing, SCR (riduzione catalitica selettiva)
Tars	Aromatici refrattari	Intasamento filtri, difficoltà di combustione, depositi all'interno dell'impianto, avvelenamento catalizzatori	Cracking termico o catalitico, rimozione
Zolfo, cloro	H ₂ S, HCl	Corrosione, emissioni, avvelenamento catalizzatori	Scrubbing con dolomite o calce, assorbimento

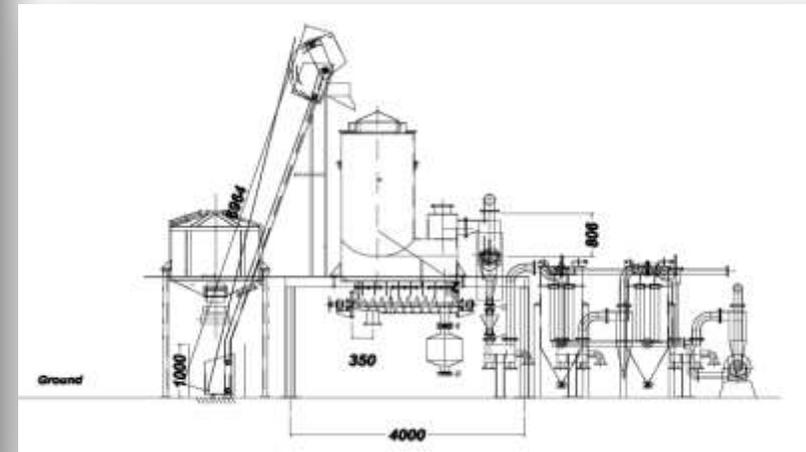


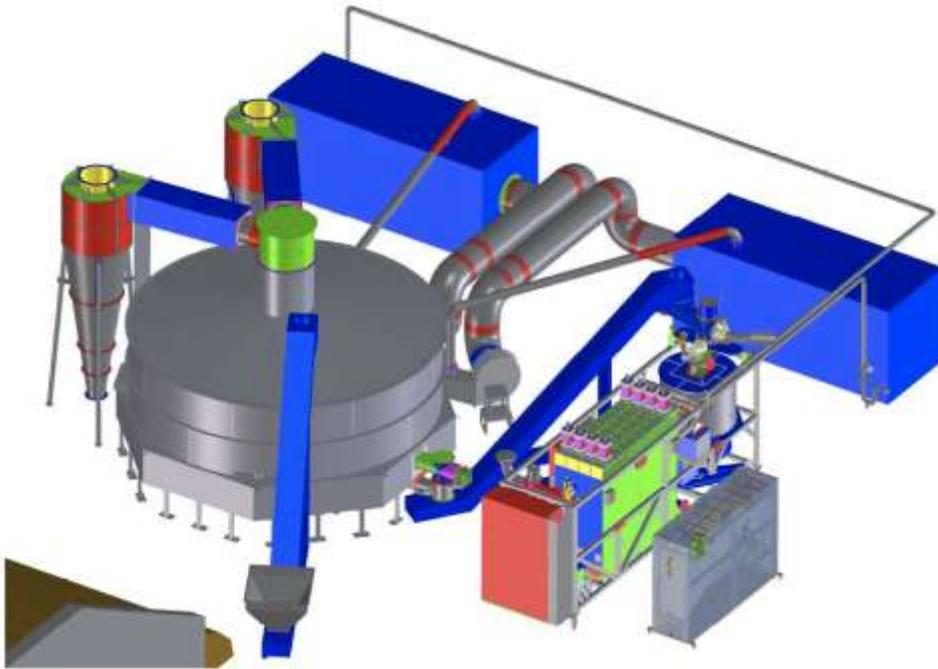
Obiettivi

- ✓ Standard EU
- ✓ Dimostrazione prestazioni e test di lungo periodo
- ➔ **START-UP:** Marzo 2012 (India), Giugno 2012 (Italia)



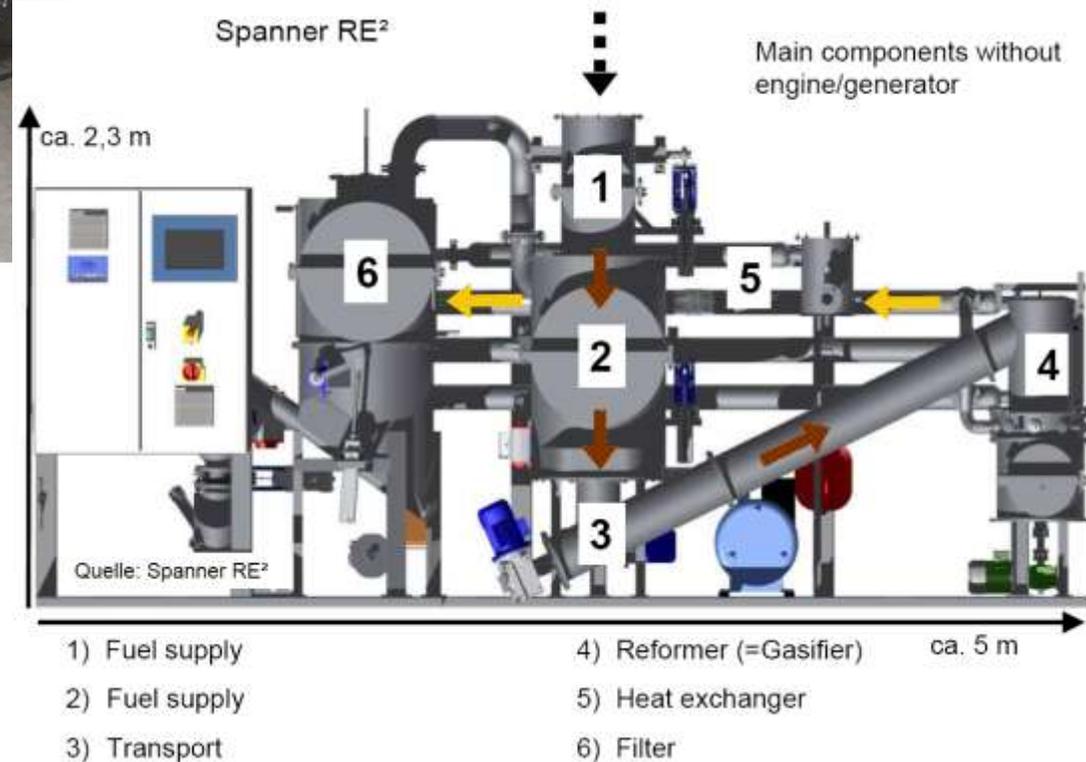
- 70 kWe gross – 54 kWe net
- Range: up to 2 MWe
- Heat: biomass drying
- Automatic operation
- EU Standard







30 kW_{el}, Joos Concept





200 kW_{el} Updraft Fixed bed, parallel flow, pellet,

Burkhardt GmbH, 92360 Mühlhausen

Numerosi altri

- Gassificatori con cogeneratori bi-fuel (pellet e OV)
- Gassificatori a letto fluido

Criticità

- I BP si reggono su ore di funzionamento per nr di anni → affidabilità e mantenimento delle prestazioni fattore chiave
- Il sistema basato su gassificazione utilizza il calore per essiccare la biomassa in ingresso → ridotto margine per ulteriore cogenerazione

I nuovi Decreti Incentivanti

- Premi per bioenergie (€/MWh), Art 8:
- ✓ *Cogen Alto Rend (CAR)*
- ✓ *30 se telerisc*
- ✓ *10 se ulteriore riduzione emissioni serra rispetto ad obiettivi*
- ✓ *20 se biomasse di filiera (Tab 1-B)*
- ✓ *30 se emissioni secondo requisiti All 5*
- ➔ **REGISTRO**
- ✓ *Se $P > 50$ kWe obbligo iscrizione Registro*

Biogas	a) prodotti di origine biologica	1<P≤300	20	180	40		
		300<P≤600	20	160	40		
		600<P≤1000	20	140	40		
		1000<P≤5000	20	104	40		
		P>5000	20	91	40		
	b) sottoprodotti di origine biologica di cui alla Tabella 1 - A, e rifiuti diversi da quelli di cui alla lettera c)	1<P≤300	20	236	10		
		300<P≤600	20	206	10		
		600<P≤1000	20	178	10		
		1000<P≤5000	20	125	10		
		P>5000	20	101	10		
	c) rifiuti per i quali la frazione biodegradabile è riconosciuta forfetariamente ai sensi dell'Allegato 2	1<P≤1000	20	216	10		
		1000<P≤5000	20	109	10		
		P>5000	20	85	10		
	Biomasse	a) prodotti di origine biologica	1<P≤300	20	229	40	
			300<P≤1000	20	180	40	
1000<P≤5000			20	133	40		
P>5000			20	122	40		
b) sottoprodotti di origine biologica di cui alla Tabella 1 - A, e rifiuti diversi da quelli di cui alla lettera c)		1<P≤300	20	257	10		
		300<P≤1000	20	209	10		
		1000<P≤5000	20	161	10		
		P>5000	20	145	10		
c) rifiuti per i quali la frazione biodegradabile è riconosciuta forfetariamente ai sensi dell'Allegato 2		1<P≤5000	20	174	10		
		P>5000	20	125	10		
		Bioliquidi sostenibili		1<P≤5000	20	121	40
				P>5000	20	110	40

Biomasse di filiera

Contingenti Annuali (registro)

	2013	2014	2015
	MW	MW	MW
Eolico onshore	50	50	50
Eolico offshore	0	0	0
Idroelettrico	70	70	70
Geotermoelettrico	35	35	35
Biomasse di cui all'articolo 8, comma 4, lettere) a e b), biogas, gas di depurazione e gas di discarica e bioliquidi sostenibili	145	145	145
Biomasse di cui all'articolo 8, comma 4, lettera c)	30	0	0

ANNUALI
Cardo mariano (<i>Silybum marianum</i>)
Facelia (<i>Phacelia</i> spp)
Chenopodio (<i>Chenopodium</i> spp)
Loiessa (<i>Lolium</i> spp)
Erba medica (<i>Medicago sativa</i>)
Rapa Invernale (<i>Brassica rapa</i>)
Ricino (<i>Ricinus communis</i> L.)
Saggina spagnola (<i>Phalaris arundinacea</i> L.)
Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)
Sorgo da fibra sudangrass ((<i>Sorghum bicolor</i> L)
Sulla (<i>Hedysarum coronarium</i> L.
Trifoglio (<i>Trifolium</i> spp)
Arundo donax (canna comune)
Cactacee spp
Cannuccia di palude (<i>Phragmites australis</i>)
Disa o saracchio (<i>Ampelodesmos mauritanicus</i>)
Ginestra odorosa (<i>Spartium junceum</i> L.)
Igniscum (<i>Fallopia sachalinensis</i>)
Kenaf (<i>Hibiscus cannabinus</i>)
Mischanthus spp
Tabacco energetico (<i>Nicotiana tabacum</i>)
Pennisetum spp
Canna d'Egitto) <i>Saccharum spontaneum</i>)
Canapa del Bengala (<i>Crotalaria juncea</i>)
Canapa da fibra (<i>cannabis</i> spp)
Topinambur (<i>Helianthus tuberosus</i>)
Senape abissina (<i>Brassica Carinata</i>)
Cardo (<i>Cynara cardunculus</i>)
POLIENNALI ARBOREE
Acacia (<i>Acacia</i> spp)
Eucalipto (<i>Eucalyptus</i> spp)
Olmo siberiano (<i>Ulmus pumila</i> L.)
Ontano (<i>Alnus</i> spp.)
Paulownia (<i>Paulownia</i> spp)
Pioppo (<i>Populus</i> spp)
Platano (<i>Platanus</i> spp)
Robinia (<i>Robinia pseudoacacia</i>)
Salice (<i>Salix</i> spp)

SOTTOPRODOTTI UTILIZZABILI NEGLI IMPIANTI A BIOMASSE E BIOGAS

1. Materiali sottoprodotti di origine animale non destinati al consumo umano - Reg. Ce 1069/2009

- classificati di Cat. 3 (con specifiche previste nel regolamento stesso):
 - ✓ carcasse e parti di animali macellati non destinati al consumo umano per motivi commerciali;
 - ✓ prodotti di origine animale o prodotti alimentari contenenti prodotti di origine animale non più destinati al consumo umano per motivi commerciali o a causa di problemi di fabbricazione o difetti che non presentano rischi per la salute pubblica o degli animali;
 - ✓ sottoprodotti di origine animale derivanti dalla fabbricazione di prodotti destinati al consumo umano, compresi ciccioli, fanghi da centrifuga o da separatore risultanti dalla lavorazione del latte;
 - ✓ sangue che non presenti alcun sintomo di malattie trasmissibili all'uomo o agli animali;
 - ✓ tessuto adiposo di animali che non presenti alcun sintomo di malattie trasmissibili all'uomo o agli animali;
 - ✓ rifiuti da cucina e ristorazione;
 - ✓ sottoprodotti di animali acquatici;
- classificati di Cat. 2 (con specifiche previste nel regolamento stesso per l'impiego in impianti di biogas: qualora l'autorità competente ritenga che non presentino rischi di diffusione di malattie trasmissibili gravi dopo la trasformazione preliminare o senza trasformazione preliminare)
 - ✓ stallatico (escrementi e/o urina di animali, guano non mineralizzato, ecc.);
 - ✓ tubo digerente e suo contenuto.

2. Sottoprodotti provenienti da attività agricola, di allevamento, dalla gestione del verde e da attività forestale

- effluenti zootecnici;
- paglia;
- pula;
- stocchi;
- fieni e trucioli da lettiera.
- residui di campo delle aziende agricole;
- sottoprodotti derivati dall'espianto;
- sottoprodotti derivati dalla lavorazione dei prodotti forestali;
- sottoprodotti derivati dalla gestione del bosco;
- potature, ramaglie e residui dalla gestione del verde pubblico e privato.

3. Sottoprodotti provenienti da attività alimentari ed agroindustriali

- sottoprodotti della trasformazione del pomodoro (bucchette, bacche fuori misura, ecc.);
- sottoprodotti della trasformazione delle olive (sanse, acque di vegetazione);
- sottoprodotti della trasformazione dell'uva (vinacce, graspi, ecc.);
- sottoprodotti della trasformazione della frutta (condizionamento, sbucciatura, detorsolatura, pastazzo di agrumi, spremitura di pere, mele, pesche, noccioli, gusci, ecc.);
- sottoprodotti della trasformazione di ortaggi vari (condizionamento, sbucciatura, confezionamento, ecc.);
- sottoprodotti della trasformazione delle barbabietole da zucchero (borlande; melasso; polpe di bietola esauste essiccate, pressate fresche, pressate insilate ecc.);
- sottoprodotti derivati dalla lavorazione del risone (farinaccio, pula, lolla, ecc.);
- sottoprodotti della lavorazione dei cereali (farinaccio, farinetta, crusca, tritello, glutine, amido, semi spezzati, ecc.);
- sottoprodotti della trasformazione dei semi oleosi (pannelli di germe di granturco, lino, vinacciolo, ecc.);
- pannello di spremitura di alga;
- sottoprodotti dell'industria della panificazione, della pasta alimentare, dell'industria dolciaria (sfridi di pasta, biscotti, altri prodotti da forno, ecc.);
- sottoprodotti della torrefazione del caffè;
- sottoprodotti della lavorazione della birra.

Emissioni in atmosfera – imp.combustione biomasse

➤ Media mensile, $O_2 = 11\%$

Inquinante	Valori (mg/Nm ³)			
	PTN ≤ 6 MWt	6 < PTN ≤ 20MWt	20 < PTN ≤ 50 MWt	PTN > 50 MWt
NO _x (espressi come NO ₂)	200	180	180	100
NH ₃ ⁽¹⁾	5	5	5	5
CO	350	150	100	50
SO ₂	200	200	100	25
COT	-	20	10	5
Polveri	30	20	10	5

PTN = Potenza Termica Nominale

(1) Nel caso di utilizzo di una tecnica di abbattimento ad urea o ammoniaca (SCR, SNCR), negli impianti ove è previsto il controllo in continuo degli ossidi di azoto, dovrà essere installato lo specifico analizzatore di NH₃.

RE-CORD & TÜV-Italia

- **RE-CORD** (con CREAR) sta analizzando varie tipologie di impianti di conversione termochimica (obiettivo di medio termine: censimento, progetto BIOSEA-MIPAF)
- In partnership con **TÜV-Italia**, si propone di offrire un servizio di **analisi e valutazione delle prestazioni** di impianti a biomassa, e di **monitoraggio** (periodico, continuo)
- ✓ **Obiettivo**: *coprire una criticità propria del settore dei piccoli impianti a biomassa, replicando quanto già normalmente avviene per impianti di taglia superiore (due diligence)*
- ✓ **Metodo**: *analisi indipendente e trasparente, verifica prestazioni energetiche e ambientali), verifica mantenimento delle stesse nel tempo.*



Le prospettive dei biocarburanti nel trasporto urbano

Terra Futura 2012
Firenze – Fortezza da Basso
Sala della Scherma
25 maggio 2012

Il Progetto BIODIET, supportato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare nell'ambito del "Bando per il finanziamento di progetti di ricerca finalizzati ad interventi di efficienza energetica e all'utilizzo delle fonti di energia rinnovabile in aree urbane", ha come oggetto la ricerca sperimentale per lo studio di un miscela ottimale di diesel e bioadditivi derivati da biomassa lignocellulosica da utilizzare nei trasporti in aree urbane.

Il programma di lavoro del progetto BIODIET prevede di affiancare alla fase di studio della miscela una fase di sperimentazione del biocombustibile attraverso test da banco su motori diesel, con l'obiettivo di produrre un eco-diesel in cui i bio-derivati sono additivati al diesel tradizionale al fine di conseguire una sensibile riduzione delle emissioni di gas serra ed altri gas inquinanti di particolare interesse per le aree urbane.

All'attività di ricerca e sperimentazione è affiancata un'approfondita fase di analisi dell'impronta ambientale del sistema, dei carichi energetici e ambientali e degli impatti potenzialmente associati al processo in esame attraverso la metodologia LCA (Life Cycle Assessment), e il calcolo delle emissioni associate al prodotto.

Il convegno presenta lo stato dell'arte e delle conoscenze in materia, evidenziando lo stato di avanzamento delle attività ed i risultati raggiunti, le tempistiche e le prospettive di sviluppo del prodotto, e vuole rappresentare un momento di discussione sulla tematica dell'utilizzo dei biocarburanti e sulle prospettive di utilizzo in ambito urbano per il trasporto pubblico e privato delle persone.

Evento nell'ambito del Progetto BIODIET - Sviluppo e test di derivati liquidi da biomasse ligno-cellulosiche come bioadditivi del diesel per la riduzione delle emissioni inquinanti nelle aree urbane.

Agenda del Convegno

09:30 – 10:00: Registrazione partecipanti

10:00 – 10:30: Apertura lavori

Matteo Renzi
Sindaco di Firenze

Corrado Clini
Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

10:30 – 12:00: Il Progetto Biodiet

Biocombustibili in Europa e nel mondo: caratteristiche, quantitativi, sostenibilità
David Chiamonti - Consorzio RE-CORD Università di Firenze / Spike Renewables srl
Il progetto BIODIET: Obiettivi, partner, metodologia e risultati attesi
Claudia Castelli - Mossi & Ghisolfi / Chemtex
La fase di sperimentazione e le prove su motori da banco del biocombustibile additivato
Guido Saracco - Politecnico di Torino - Dipartimento di Scienza dei Materiali e Ingegneria Chimica
LCA e Carbon Footprint del bioprodotto: metodologia e primi risultati
Aldo Iacomelli - E-Cube srl

12:00 – 13:30: Tavola rotonda – Il ruolo dei biocombustibili per la mobilità in aree urbane: stato dell'arte, esperienze, prospettive per una produzione ed utilizzo sostenibile in Italia

Moderatore: Elisabetta Guidobaldi – giornalista, ANSA

Partecipano:

Corrado Clini - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Anna Rita Brammerini - Assessore all'ambiente e all'energia Regione Toscana
Andrea Bairati - Mossi & Ghisolfi
Guido Saracco - Politecnico di Torino
Aldo Iacomelli - E-Cube srl
David Chiamonti - Consorzio RE-CORD Università di Firenze / Spike Renewables srl
Federico Vecchioni - AgriVenture, Gruppo Intesa

Evento nell'ambito del Progetto BIODIET - Sviluppo e test di derivati liquidi da biomasse ligno-cellulosiche come bioadditivi del diesel per la riduzione delle emissioni inquinanti nelle aree urbane.



Università degli Studi di Firenze



David Chiaramonti
david.chiaramonti@re-cord.org
david.chiaramonti@unifi.it



Renewable Energy Consortium for Research and Demonstration
Consorzio per la Ricerca e la Dimostrazione sulle Energie Rinnovabili

Tel. +39 055 4796436 Fax +39 055 4796342 info@re-cord.org www.re-cord.org

Sede Legale e area sperimentale: Consorzio RE-CORD
presso Azienda Agricola Villa Montepaldi Srl
Università degli Studi di Firenze - Via di Mucciana 25
50026 San Casciano Val di Pesa (Firenze) - P.IVA 06099990480

Sede Operativa: CREAR, presso Dipartimento di Energetica "Sergio Stecco"
Via Santa Marta 3, 50139 Firenze
e Spike Renewables Srl, Viale Manfredo Fanti 217, 50137 Firenze

Laboratorio: Viale Kennedy 184, 50038 Scarperia (Firenze) lab@re-cord.org



Grazie per
l'attenzione



Ricerche e servizi per le Rinnovabili