



Area: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente

Progetto B.1.1 : Energia elettrica da biomasse: sviluppo di sistemi per la produzione di energia elettrica e l'upgrading dei biocombustibili

Gassificazione con acqua in condizioni supercritiche

Unità Tecnica Tecnologie Trisaia

Roma, 25 giugno 2015



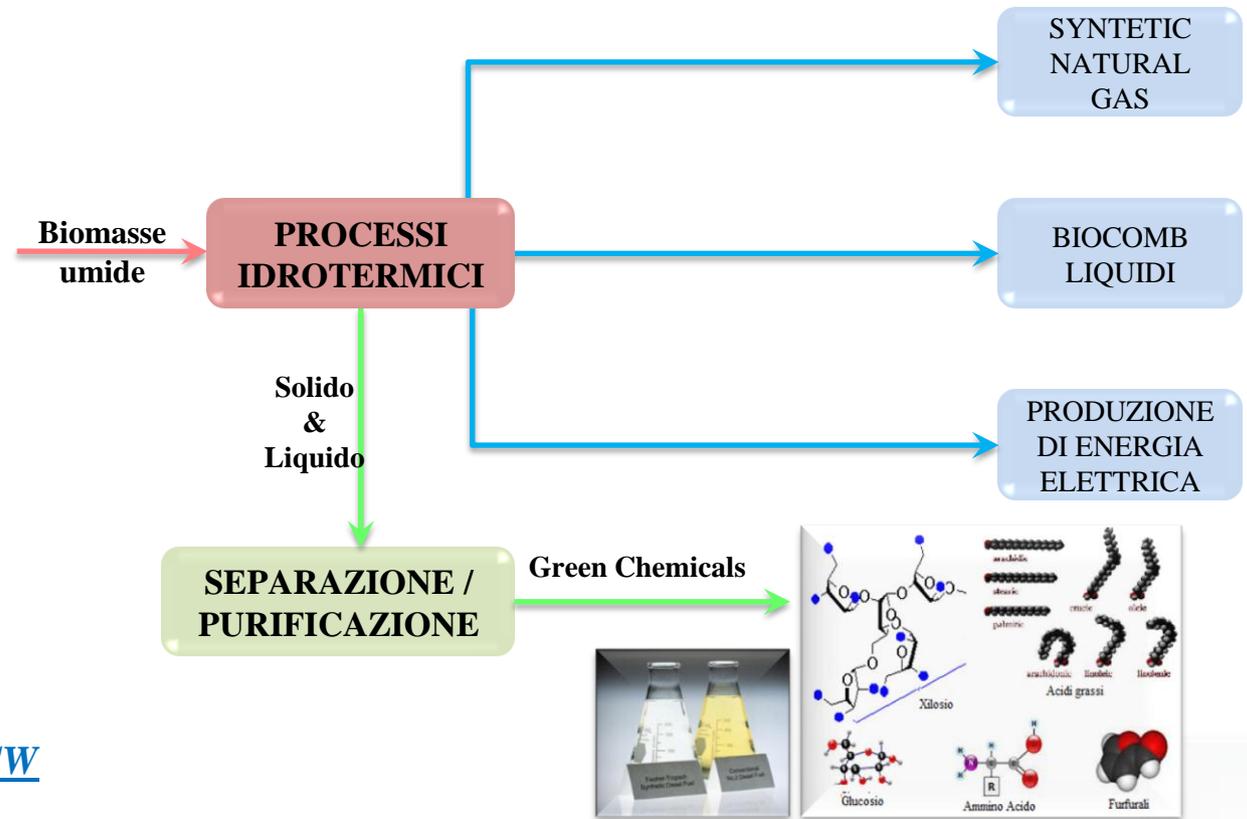
Usi Finali per i prodotti ottenibili da trattamenti idrotermici delle biomasse

Vantaggi del processo SCW

- La presenza di acqua in forma supercritica, promuove le reazioni di idrolisi, agevolando la possibilità di attaccare strutture polimeriche quali la lignina riducendo ad oligomeri più facilmente processabili;
- La SCW è un reagente a tutti gli effetti infatti fino al 50% dell'idrogeno prodotto proviene dall'acqua attraverso le reazioni di riforma del metano e monossido di carbonio
- Produce un syngas molto pulito

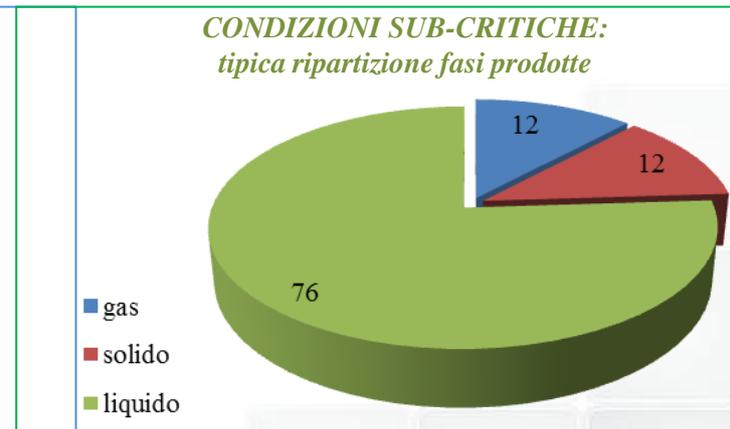
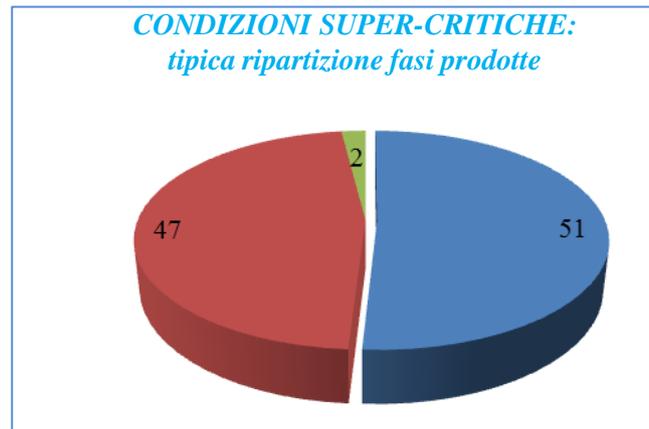
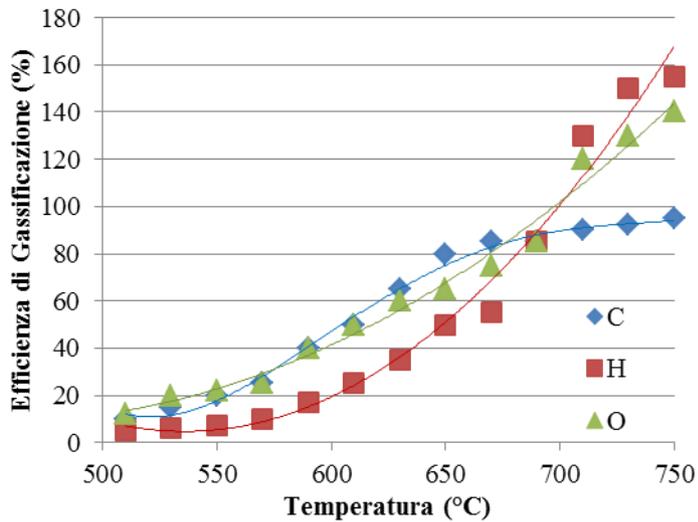
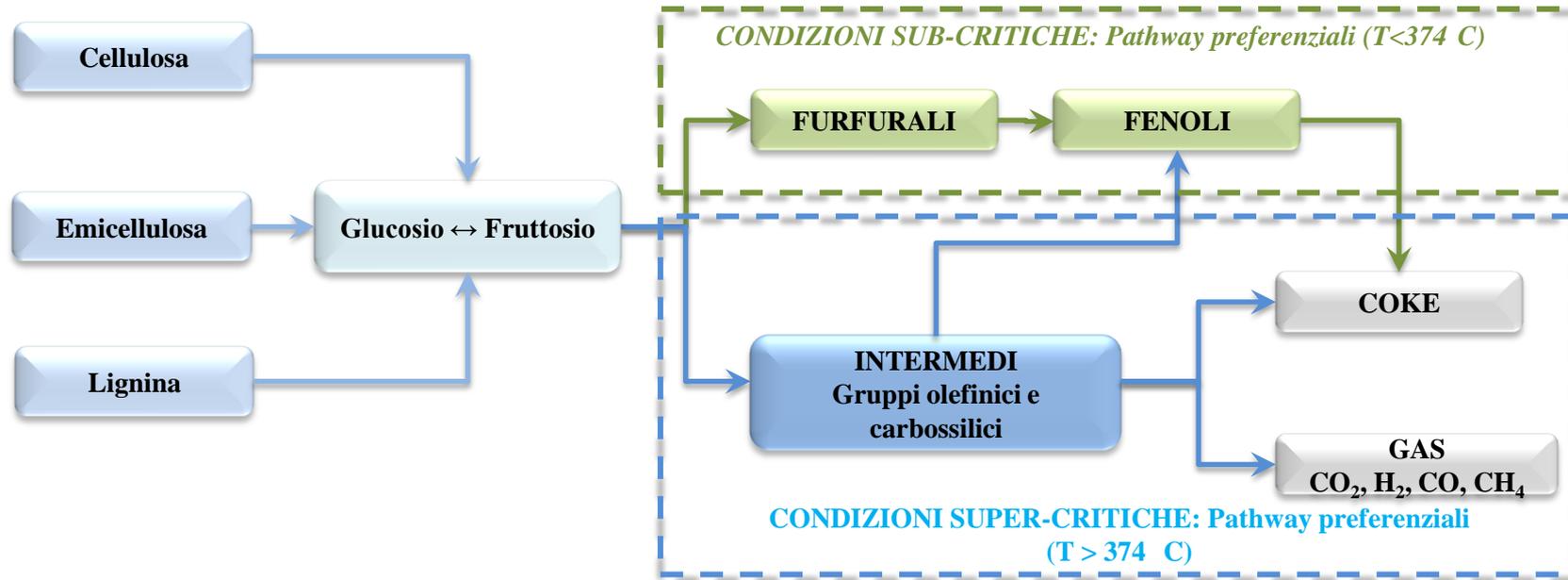
Usi finali del syngas ottenuto dal processo SCW

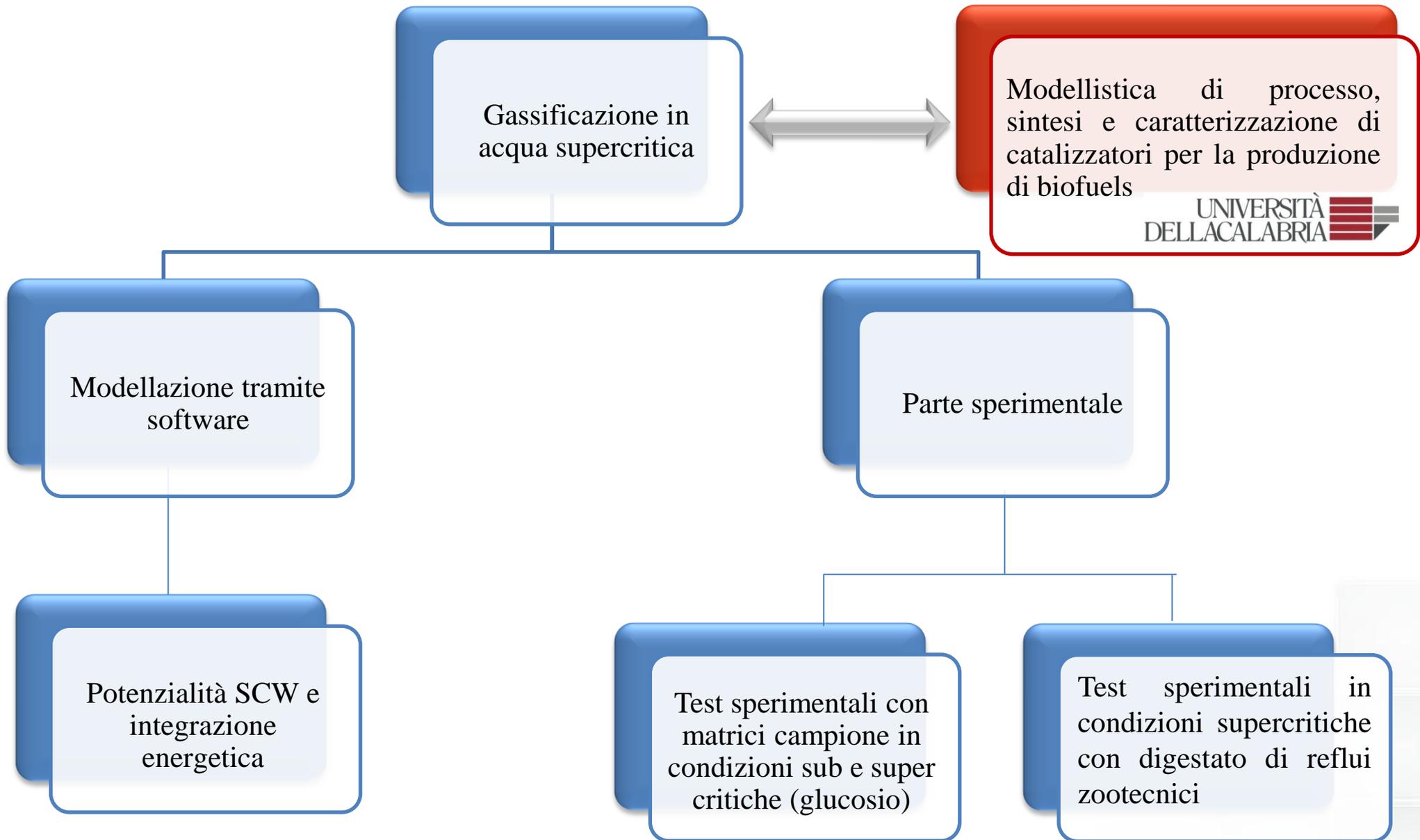
- Facilità di rimozione della CO₂ essendo il syngas già pressurizzato
- Elevatissima purezza del syngas in idrogeno
- Pulizia del syngas senza necessità di cleaning energivori
- Utilizzo del syngas tal quale (H₂/CO₂) in processi catalitici per la produzione di biocombustibili liquidi
- Qualificazione energetica dei fanghi di depurazione



Sub-task a.3: Prove sperimentali di gassificazione con acqua in condizioni supercritiche (SCW) di biomasse ad elevato tenore di umidità

Pathway di Reazione delle Biomasse gassificate con acqua in condizioni near-critiche







Alimentazione : Digestato da reflui zootecnici

- ❑ Processo in continuo
- ❑ Condizioni operative: 550 C – 250 bar
- ❑ Prove condotte variando la portata in alimentazione



Pompa a siringa
1-300 bar

Reattore
plug flow



Condensatore e separatore di fase

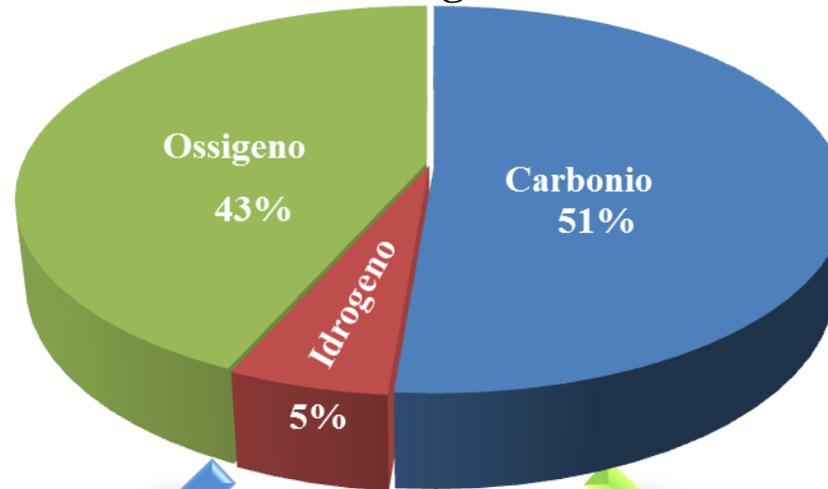


Specie	% wt
Carbonio	1.35
Idrogeno	0.14
Ossigeno	1.14
Azoto	0.13
Ceneri	1.84
Acqua	95.4

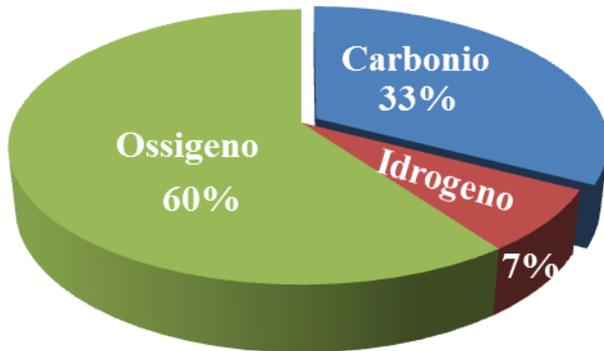
Evidenze Sperimentali – Ripartizione tra le fasi

Condizioni Operative:
550 C – 250 bar

Contenuto organico iniziale



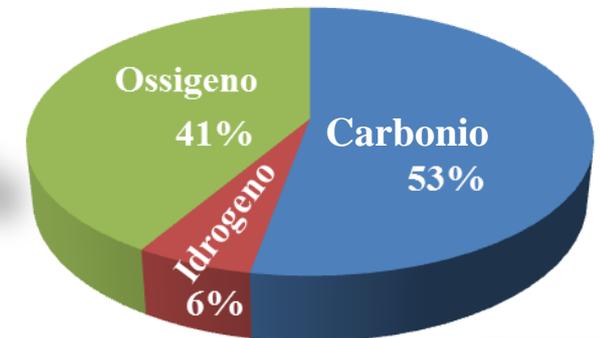
Fase gassosa



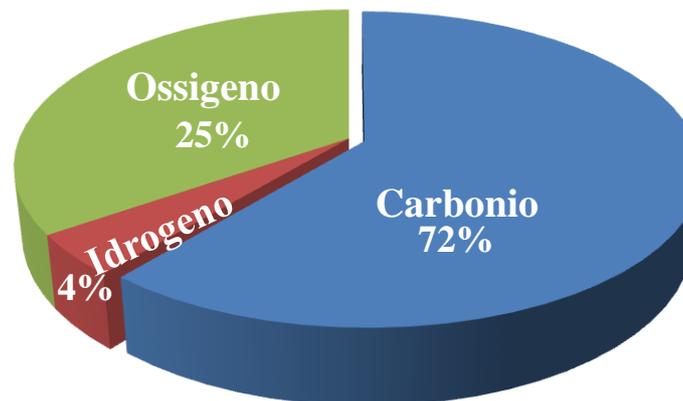
49 % wt dell'organico alimentato

Fase liquida

2 % wt dell'organico alimentato



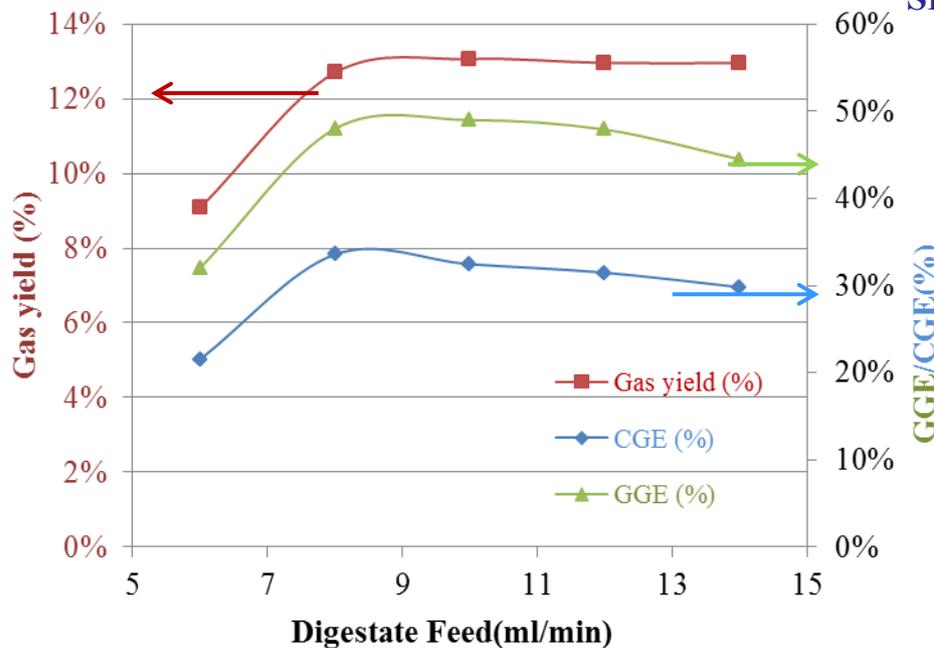
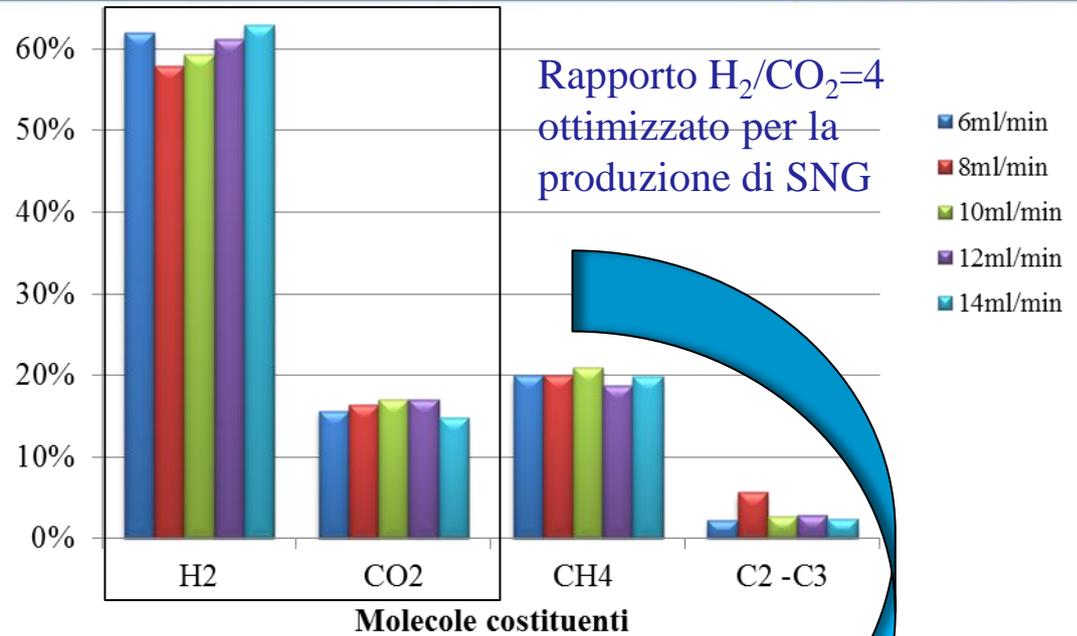
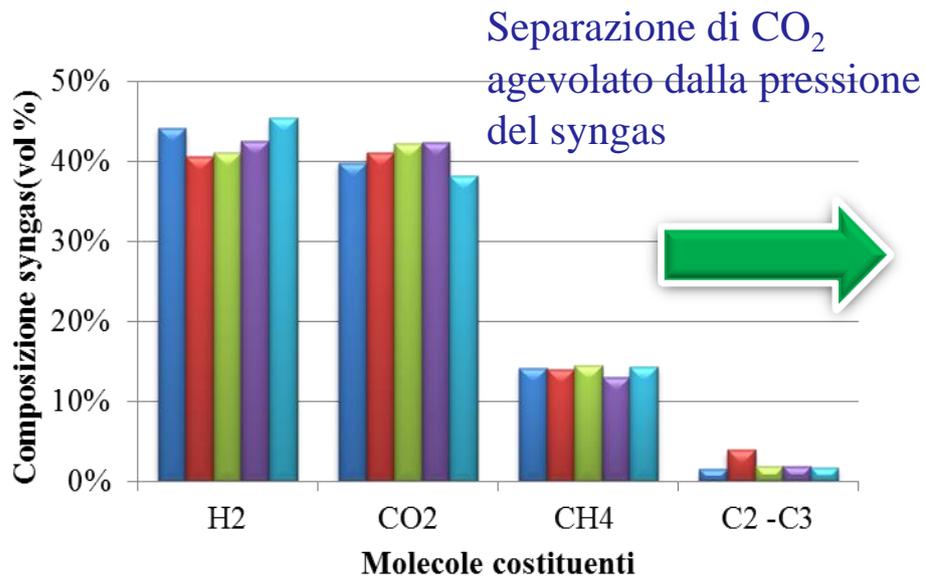
Fase solida



49 % wt dell'organico alimentato

Specie	Concentrazione [ppm]
Glucose	13 - 139
Xylitol	5,6 - 39
Formic acid	7,4 - 136
Acetic Acid	26 - 157
Hydroquinone	0 - 2,5
5-HMf	0 - 5,8
2-Furaldehyde	0,3 - 0,5
Catechol	10,7 - 31
4HBA	0 - 15
Syringaldehyde	182 - 279
Totale	335 - 633

Evidenze Sperimentali – il syngas ottenuto



SINOTTICO UNITA' di METANAZIONE



$$\text{Gas Yield, } GY = \frac{\text{mole of syngas product}}{\text{Digestate feed (dry kg)}}$$

$$\text{Carbon Gasification Efficiency, } CGE = \frac{\text{mass of carbon in the syngas (g)}}{\text{mass of carbon feed (g)}}$$

$$\text{Global Gasification Efficiency, } GGE = \frac{\text{mass of syngas (g)}}{\text{mass of organic feed (g)}}$$

Potenzialità ed integrazioni del processo di gassificazione SCW



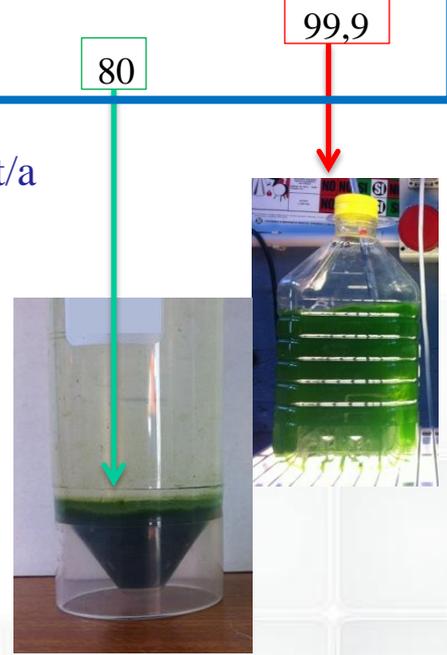
Matrici gassificabili in SCW	Contenuto in acqua (% wt)
Baby food	80-90
Fanghi di depurazione civile	80
Rifiuti della lavorazione di patate	80
Fanghi da digestione anaerobica FORSU	80
Lignina	50-80
Microalghe	99,9

POTENZIALE FORSU: 11 Mt/a

10 Mt/a di digestato



8 Mt/a di frazione liquida



Scenedesmus Dimorphus

Reazioni di Sabatier:

- $CO + 3H_2 \leftrightarrow CH_4 + H_2O$
- $CO_2 + 4H_2 \leftrightarrow CH_4 + 2H_2O$
- Reazione esotermica
- Reattore catalitico a stadi adiabatici

BIOMASS GASIFICATION IN ESERCIZIO IN ITALIA

Task 33: Thermal gasification of biomass

Task 33: Thermal Gasification of Biomass

Home About Contact Print

IEA Bioenergy

- General Description
- Ongoing Tasks

Thermal Gasification Facilities

Thermal Gasification Facilities - DATABASE

Task Description

Participants

Publications

- BMC
- Biomass resources
- Biomass feeding
- CHP
- Co-firing
- Tars
- Product gas cleaning
- Synthesis gas applications

Country Reports

Meeting Minutes & Presentations

Future Task Meetings

Newsletter

Technology

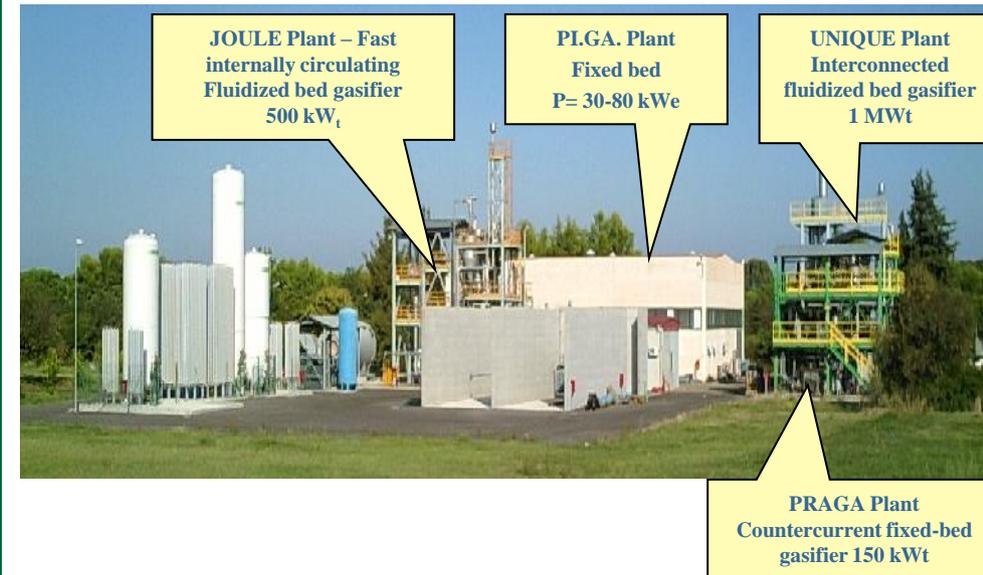
Technology	Type	Status
<input type="checkbox"/> co-firing	<input type="checkbox"/> pilot	<input type="checkbox"/> planned
<input type="checkbox"/> CHP	<input type="checkbox"/> demo	<input type="checkbox"/> announced
<input type="checkbox"/> synthesis	<input type="checkbox"/> commercial	<input type="checkbox"/> under construction
<input type="checkbox"/> other innovative		<input type="checkbox"/> under commissioning
		<input type="checkbox"/> operational
		<input type="checkbox"/> on hold
		<input type="checkbox"/> stopped

Company (Project)

- ARBRE Energy Limited (AEL) (IGCC ARBRE Energy Eggborough)
- Abengoa ()
- Ace Ethanol (Sweetwater) ()
- Aerni Pratteln (CHP Pratteln)
- Agnion Technologies GmbH (CHP Agnion Biomasse Heizkraftwerk Pfaffenhofen)
- Algenol ()
- AltAir Fuels ()
- American Process ()
- American Process ()
- Andritz-Carbona (Skive CHP plant)
- ArboCultura GmbH (Urbas Berlin)
- Autogasnord ()
- Azienda Agricola Isca di Calvello (Urbas Calvello)
- Azienda Agricola San Vittore ()
- Azienda Tessile Parmense (GAS 1000)
- Azienda agricola Camardo ()
- BET Bionic Fuel Technologies AG (OET)

DISCLAIMER:
The Task 33 / Thermal Gasification of Biomass, also known as the Task 33 / Thermal Gasification of Biomass, functions within a framework created by the International Energy Agency (IEA). Views, findings and publications of Task 33 / Thermal Gasification of Biomass do not necessarily represent the views or policies of the IEA Secretariat or of all its individual member countries.

IMPIANTI di GASSIFIAZIONE – DIVERSE TECNOLOGIE – CR ENEA Trisaia



NEW GASIFICATION PLANTS REALIZED

Location	kW(Power-Thermal)	Company	Type
Borgosesia(VC)	850 _{el} +1060 _{th}	Pyroxitalia – P850	Commercial plant - CHP
Lasa(BZ)	850 _{el} +1060 _{th}	Pyroxitalia – P850	Commercial plant - CHP
Mondovì(CN)	995 _{el} +1200 _{th}	Pyroxitalia – P995	Commercial plant - CHP
Ora(BZ)	2X200 _{el}	Motus Energy	Commercial plant - CHP
Trens(BZ)	5X200 _{el}	Motus Energy	Commercial plant - CHP
Accettura(MT)	30 _{el}	Stigliano	Demo plant

Biomasse
Lignocellulosiche



Pretrattamento di Steam
Explosion



Processi Fermentativi



Distillazione

RECUPERO ENERGETICO DAGLI SCARTI DELLA PRODUZIONE DI ETANOLO DI 2ND GENERAZIONE VIA GASSIFICAZIONE

Attività presentata nell'ambito del Workshop IEA in Italia organizzato da ENEA "Thermal biomass gasification in small scale"

IN ITALIA DALLA SOSTITUZIONE del 10% DEI COMBUSTIBILI LIQUIDI CON ETANOLO DI 2ND GEN STIMA UNA PRODUZIONE di CIRCA 7,5 Mt/a di LIGNINA

 **LIGNINA, Fibre non convertite, Lieviti ed enzimi 20-50% DM**

 30% wt
ETANOLO

 Borlanda



Impianto di Produzione di Etanolo di 2nd gen. da 40.000 t/a in Italia, Piemonte Crescentino -Vercelli

Sub task d3: Comunicazione e diffusione dei risultati

Workshop IEA in Italia



Tests were carried out using lignin as feedstock and operating the gasification at the following conditions and atmospheric pressure:

	Lig1	Lig2	method
Bulk density, kg/m ³	382	378	ASTM E873
Particle density, kg/m ³	710	707	Vol. displacement (in house)
HHV MJ/kg	18.5	19.5	ISO 1928
LHV MJ/kg	17.9	18.5	(a)
Proximate Analysis			
Fix Carbon, %	21.6	24.6	ASTM D 3172
Volatile, %	64.7	68.7	ASTM D 3175
Ash, %	13.73	6.77	ASTM D 1102 (600°C)
Ultimate Analysis			
C %	48.0	50.5	UNI EN 15104
H %	5.45	5.83	UNI EN 15104
N %	2.7	0.69	UNI EN 15104
O %	34.9	37.8	(b)
Cl %	0.075	0.041	UNI EN 15289
S %	0.14	0.077	UNI EN 15289

(a) Calculated from HHV on the basis of H content. (b) Calculated by difference: 100-%(SiO₂+metals+C,H,N,S,Cl)

	Lig1		Lig2	
	Air	Air+ Steam	Air	Air + Steam
Gasification medium	Air	Air+ Steam	Air	Air + Steam
Feed, kg h ⁻¹	22.5	22.5	21.0	21.0
Moisture in feed, %	6.8	6.8	7.0	7.0
Air flow (IN), kg h ⁻¹	29.56	29.3	29.04	28.5
Steam flow (IN), kg h ⁻¹	-	6.1	-	7.4
ER	0.267	0.265	0.25	0.25
S/Lig	-	0.34	-	0.42

	Lig1	
	Air	Air+steam
Raw gas composition		
CO, vol%	29.3	17.6
H ₂ , vol%	15.9	21.3
CH ₄ , vol%	2.3	1.7
CO ₂ , vol%	9.3	17.02
Performance parameters		
Superficial velocity (gasifier), m s ⁻¹	0.175	0.190
Specific gasification rate, kg h ⁻¹ m ⁻²	297	297
Efficienza di gassificazione		75%

Sezione di upgrading

Filtri

Generatore di vapore

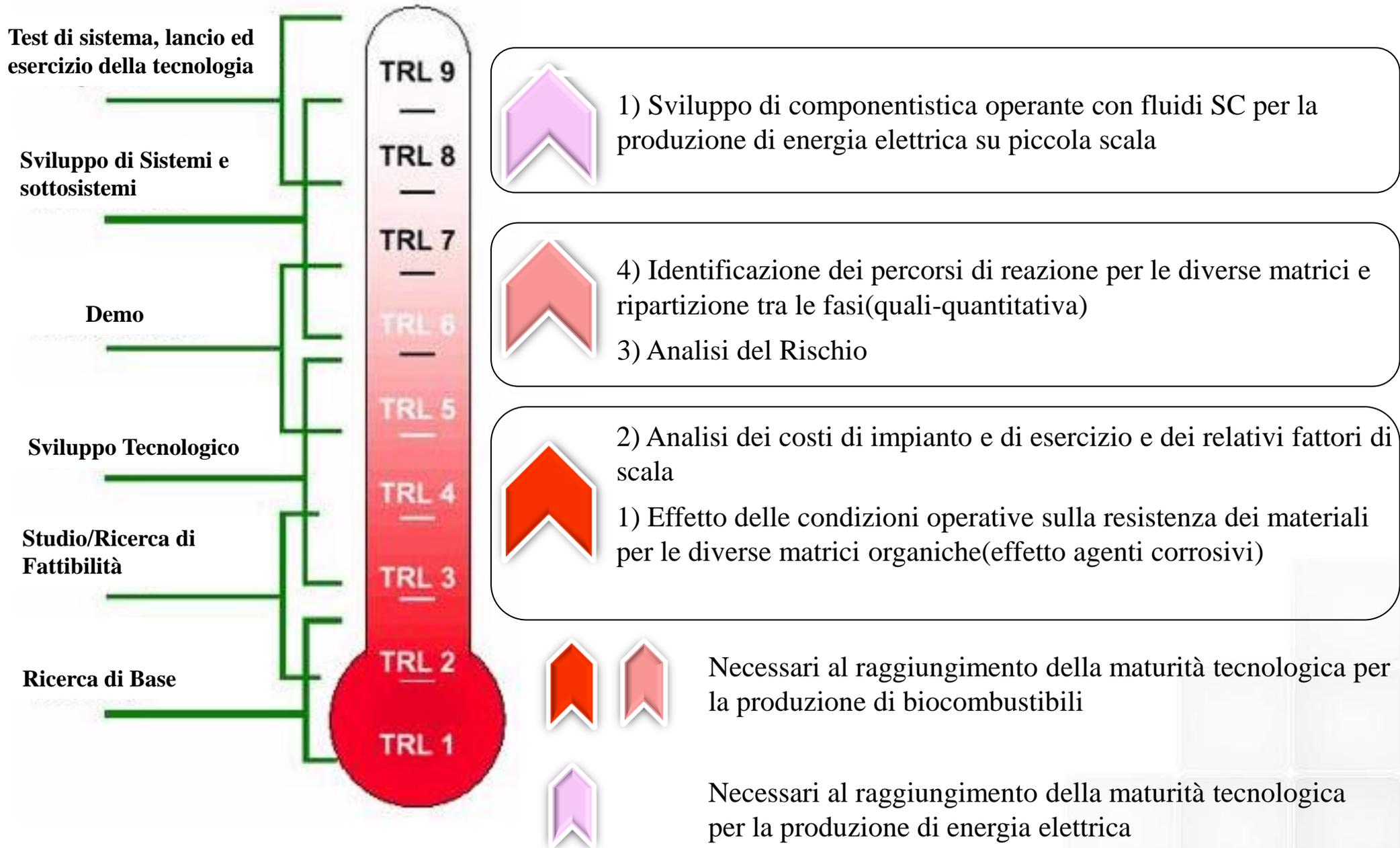
Surriscaldatore

Scrubber

Gassificatore

IMPIANTO di GASSIFICAZIONE A LETTO FISSO da 200 kW_{th} – ENEA CR Trisaia

Conclusioni





1° Premio al concorso “Technology for Human Beings” della Prysmian Group per una borsa di studio presso l’azienda del valore di 15.000 euro – Febbraio 2015



Il concorso si rivolgeva ai corsi di laurea magistrale in Ingegneria e Fisica, con l’obiettivo di **individuare tecnologie che potessero avere un impatto sociale positivo** nel proprio ambito di applicazione e **sostenere gli studi su tecnologie innovative e sostenibili applicabili negli ambiti in cui il Gruppo opera**, dando così un’opportunità economica e formativa a quei giovani che si distinguono in questi settori

Domenico Macrì: Laurea magistrale in Ingegneria chimica **“Gassificazione in continuo di biomasse in acqua supercritica: modellazione termodinamica ed analisi su impianto bench scale”**- Università della Calabria - ENEA

Alcuni output della ricerca:

- ❑ Molino, A., Migliori, M., Nanna, F. **Glucose gasification in near critical water conditions for both syngas production and green chemicals with a continuous process.** Fuel, Vol. 115, 2014, Pages 41-45;
- ❑ Molino, A., Iovane, P., et al. **Pressure and time effect over semi-continuous gasification of zootechnical sludge near critical condition of water for green chemicals production** Fuel, Vol. 136, 2014, Pages 172-176;
- ❑ Chianese, S., Rauch, R., Hofbauer, H., Molino, A. **Hydrogen from the high temperature water gas shift reaction with an industrial Fe/Cr catalyst using biomass gasification tar rich synthesis gas.** Fuel Processing Technology, Vol. 132, 2015, Pages 39-48;
- ❑ Molino, A., Braccio, G. **Synthetic natural gas SNG production from biomass gasification - Thermodynamics and processing aspects.** Fuel, Vol.139, 2015, Pages 425-429;
- ❑ Molino, A.; Nanna, F.; Iovane, P. **Experimental test with polymeric membrane for the biogas purification from CO₂ and H₂S.** Fuel, Vol. 135, 2014, Pages 352 – 358;
- ❑ Molino, A.; Nanna, F.; Iovane P. **Low pressure biomethane production by anaerobic digestion (AD) for the smart grid injection.** Fuel, Vol. 154, 2015, Pages 319 – 325.

Grazie per l'attenzione

Per info:

PhD Chem Eng

Antonio Molino

National task Leader IEA BioEnergy Agreement - Task33: Thermal Gasification of Biomass

Tel: 0835974736

Mail: antonio.molino@enea.it

<http://www.enea.it/>

<http://www.ieatask33.org/>

<http://www.trisaia.enea.it/>