



Motergbio

Una nuova tecnologia
al servizio dell'ambiente



MotergBio Partners



Scientific Partners



TEAM

ARCHIMEDE PEOPLE



Dr. Eng. Gianluca Tumminelli
Chief Executive Officer
E-mail address: tumminelli@archimede-srl.com



Eng. Angelo Caci
Head of Business Development Dept.
E-mail address: caci@archimede-srl.com



Eng. Gaetano Tuzzolino
Technical Director
E-mail address: gtuzzolino@archimede-srl.com



Eng. Calogero Gattuso
R&D Area Manager
E-mail address: gattuso@archimede-srl.com

INDUSTRIAL PARTNERS



Eng. Michele Ladogana
AUNO s.r.l.
E-mail address: m.ladogana@aunoitaly.com



Mauro Gregori
sas Automation s.r.l.
E-mail address: mauro.gregori@sasautomation.it

SCIENTIFIC PARTNERS



Prof. Eng. Alberto Brucato
DIID – UNIPA
E-mail address: alberto.brucato@unipa.it



Prof. Eng. Giuseppe Caputo
DIID – UNIPA
E-mail address: giuseppe.caputo01@unipa.it



Prof. Eng. Franco Grisafi
DIID – UNIPA
E-mail address: franco.grisafi@unipa.it



Dr. Eng. Francesca Scargiali
DIID – UNIPA
E-mail address: francesca.scargiali@unipa.it

LA TECNOLOGIA

La tecnologia MOTERG-BIO è un processo innovativo per lo smaltimento ed il recupero energetico dei rifiuti.

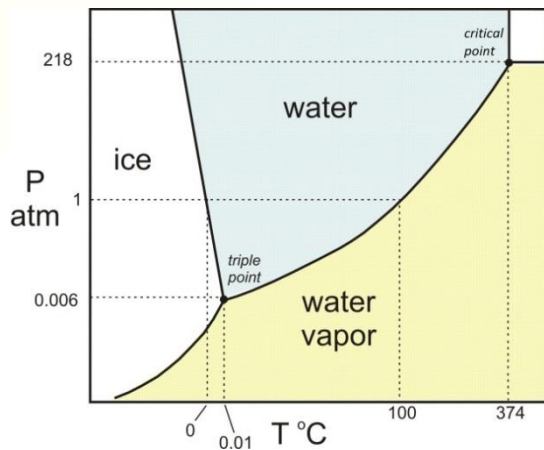
- Consente il trattamento di qualsiasi tipologia di rifiuto (rifiuti urbani ed industriali, pericolosi e non, liquidi, solidi e gassosi)
- Rispetta l'ambiente con zero emissioni di elementi inquinanti in atmosfera quali NOx, SOx, particolati, diossine, etc.
- Produce combustibili
- Produce energia elettrica

La chiave della tecnologia è un processo originale che si svolge all'interno di un reattore integrando, in un'unica apparecchiatura di processo, due tecnologie già note separatamente in letteratura ovvero gassificazione e ossidazione in acqua supercritica. Ciò consente di ottenere la termodistruzione dei rifiuti e la contemporanea produzione di metano, idrogeno e acqua per irrigazione e usi civili o industriali.

In un solo impianto possiamo avere:

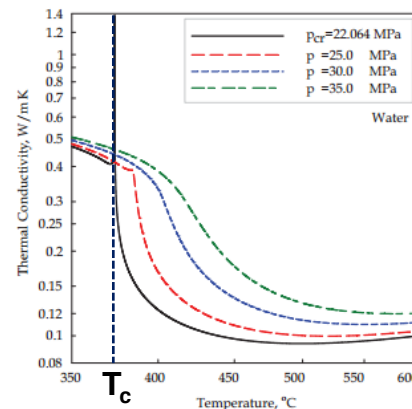
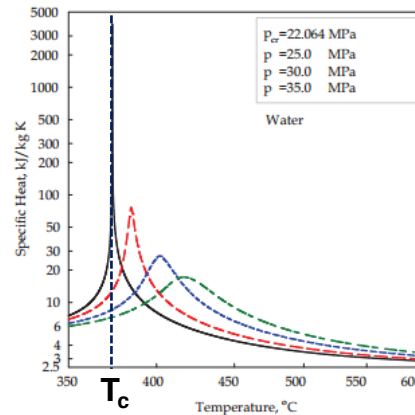
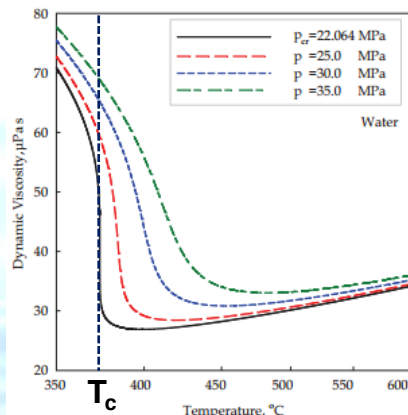
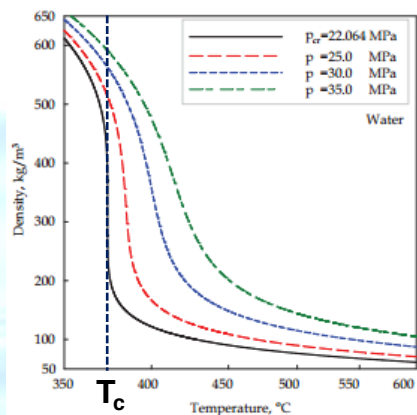
- Smaltimento dei rifiuti
- Trattamento e bonifica delle acque inquinate
- Approvvigionamento di combustibili
- Produzione di energia elettrica

L'ACQUA SUPERCRTICA



Caratteristiche dell'acqua supercritica ($T_c=374^\circ\text{C}$, $P_c=218\text{ atm}$)

- Nessuna distinzione tra liquido e gas
- Bassa costante dielettrica e basso prodotto ionico
- Buon solvente per composti organici
- Cattivo solvente per specie polari (i sali precipitano)
- Fluido favorevole come ambiente di reazione
- Numerose applicazioni industriali



PROCESSI INDUSTRIALI BASATI SULL'ACQUA SUPERCRITICA



Ossidazione in acqua supercritica (SCWO)

- Condizioni di processo: $T > 700^{\circ}\text{C}$, $P > 220$ bar
- L'acqua agisce come **mezzo di reazione**, come l'azoto in una normale combustione in aria
- L'acqua fornisce **inerzia termica**, cioè contribuisce a tenere basse le temperature
- **Tipiche applicazioni esistenti**: trattamento di rifiuti nocivi (es. composti industriali pericolosi, rifiuti militari, gas nervino, napalm, *rif. impianti General Atomics*), completa distruzione di rifiuti organici, idrolisi per il riciclo di materiali, sintesi di nanoparticelle o altri composti evitando formazione di composti dannosi, etc.

- **Reazione generica di ossidazione:**



* sali innocui di Me, S, N, X

- **Pro**: processo pulito, eco-compatibile ed efficiente per lo smaltimento dei rifiuti
- **Contro**: severe condizioni di processo, ambiente ossidante, alto costo dei materiali, processo fortemente esotermico, grande quantità di energia da asportare continuamente

PROCESSI INDUSTRIALI BASATI SULL'ACQUA SUPERCRITICA



Gasificazione in acqua supercritica (SCWG)

- Condizioni di processo: $T > 550^{\circ}\text{C}$, $P > 220$ bar
- L'acqua reagisce come **comburente**, come l'ossigeno in una normale combustione in aria
- L'acqua si comporta anche come **mezzo dissolvente** per i composti organici
- **Tipiche applicazioni esistenti**: trattamento fanghi fognari (*rif. depuratore Parigi*), conversione di rifiuti organici in bio-combustibili quali idrogeno e metano, valorizzazione energetica della biomassa o di effluenti ad alto contenuto di umidità

- **Reazione generica di gasificazione**:



* sali innocui di S, N, X

- **Pro**: processo efficace per il trattamento di composti organici e produzione di idrogeno e metano, non necessita di processi di essiccamento a monte, gestione semplice dei precipitati inorganici
- **Contro**: severe condizioni di processo, ambiente riducente e corrosivo, processo endotermico, energia necessaria per condurre le reazioni di gasificazione, processo sporco con possibile produzione di sottoprodotti solubili in acqua (es. fenoli, aldeidi, chetoni, acidi carbossilici)

Accoppiamento di processo tra SCWG e SCWO

Richiesta di brevetto al MI.S.E. n. 102015000011686 (brevettabilità concessa)

I principali contro e limitazioni di un processo diventano soluzioni a quelli dell'altro

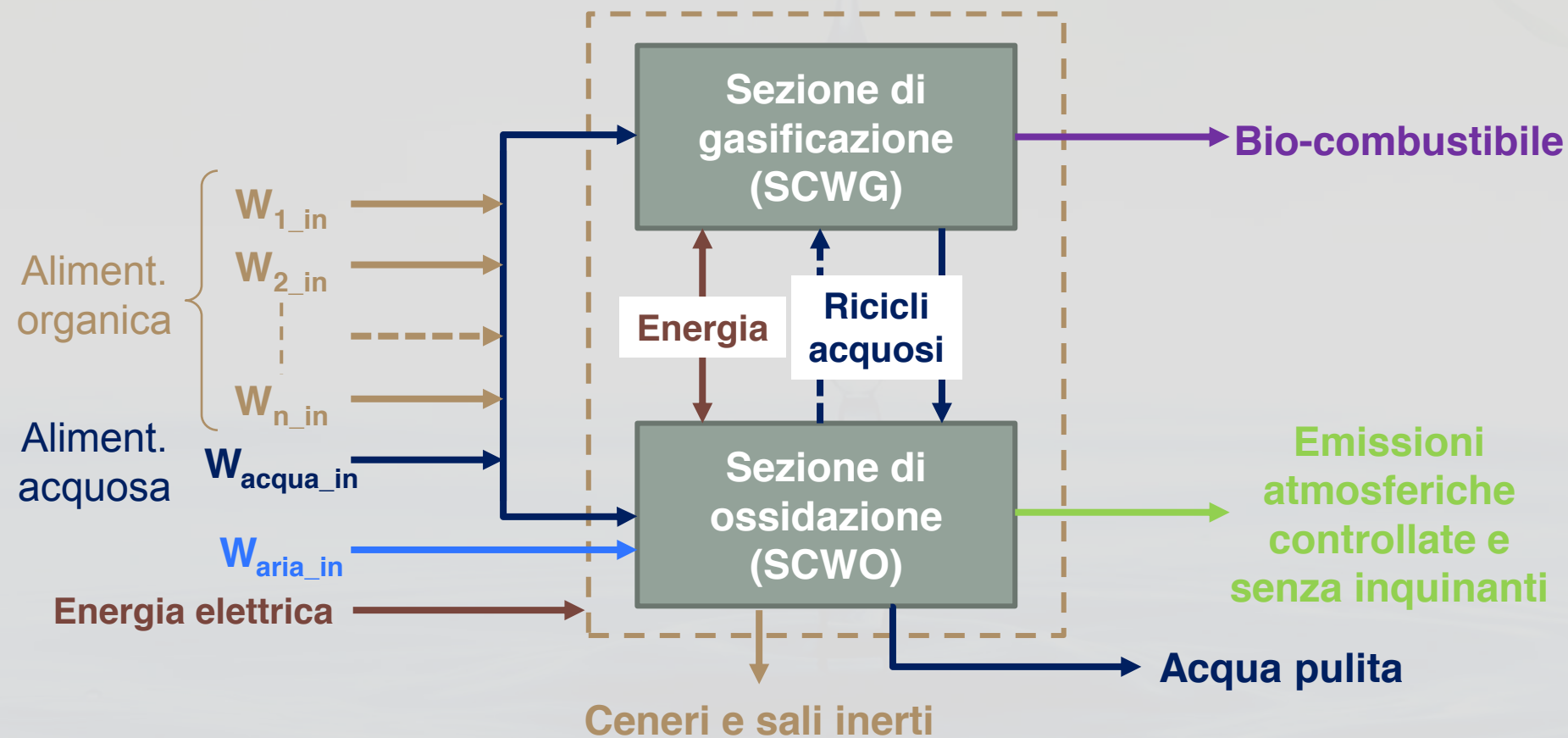
Vantaggi della tecnologia

- L'energia termica sviluppata dalle reazioni di ossidazione è **istantaneamente asportata** dalle reazioni di gasificazione
- Possibilità di incrementare la percentuale di carica organica in ingresso sia all'ossidazione che alla gasificazione, **fino al 25%** (il processo SCWO lavora con appena il 5% di organico)
- La **frazione acquosa** uscente dalla sezione di gasificazione è **riciclata** alla sezione di ossidazione, cosicché ogni composto solubile in acqua sia completamente ossidato a CO₂
- Il biossido di carbonio è l'**unico composto gassoso** emesso in atmosfera
- **Nessuna emissione di inquinanti**
- **I metalli pesanti e tutti gli eteroatomi sono ossidati** al loro massimo stadio di ossidazione e facilmente rimossi sottoforma di sali inerti e sicuri
- Possibilità di processare **qualsiasi tipo** di rifiuto solido, liquido, gassoso, anche **pericoloso**
- Produzione eco-compatibile di **bio-combustibili, CO₂ liquida* e acqua pulita**
- Semplice **modularità di impianto**
- **Apparecchiature industriali standard** per le operazioni unitarie di pre-trattamento, separazione e post-trattamento, tutte realizzabili in comuni acciai inossidabili

TECNOLOGIA MOTERG-BIO



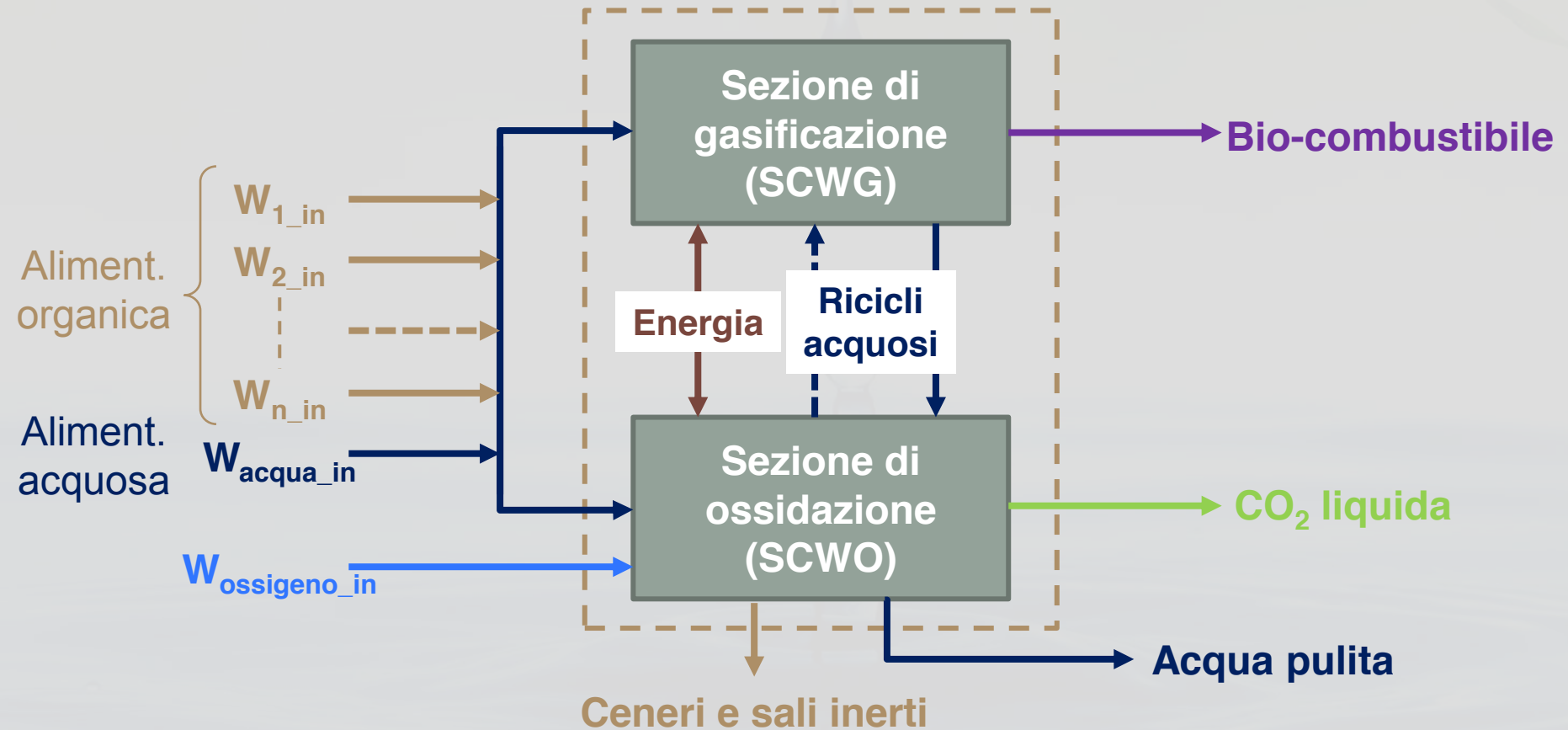
Diagramma a blocchi schematico (alimentazione ad aria)



TECNOLOGIA MOTERG-BIO



Diagramma a blocchi schematico (alimentazione ad ossigeno)



Rifiuto trattato

L'alimentazione all'impianto è composta da:

- una “**carica carboniosa organica**”, fino al 25% del totale: secco non riciclabile o qualsiasi altro tipo di rifiuto pericoloso contenente carbonio, come esplosivi, o rifiuti speciali pericolosi come gli IOP (Inquinanti Organici Persistenti), solventi, vernici, oli...
- una “**carica acquosa inorganica**”, non meno del 75% del totale: acque inquinate, acque di miniera, acque di scarto industriali, percolati di discarica, acque di estrazione da pozzi petroliferi, acque contaminate da tensioattivi organici persistenti TOP, metalli pesanti (es. cadmio, mercurio, manganese, arsenico, cromo, vanadio), composti solforati-clorurati-azotati-fosforati, amianto, medicinali, pet-coke, liquami industriali, erbicidi, diossine...

- ✓ Qualsiasi corrente liquida o gassosa e qualsiasi rifiuto (anche solido) solubile in acqua è adatto alla gasificazione: esso viene disperso in acqua liquida in condizioni ambiente, pompato e riscaldato fin sopra al punto critico dell'acqua e gasificato a idrogeno e metano.
- ✓ Qualsiasi solido e qualsiasi composto non-miscibile in acqua è adatto alla ossidazione: esso viene tritato fino a dimensioni dell'ordine di 10 μm , sospeso in acqua in condizioni ambiente in un recipiente agitato, pompato e riscaldato fin sopra al punto critico dell'acqua e ossidato a CO_2 .

Produzione

A seconda delle condizioni di processo, i prodotti dell'impianto possono essere:

- bio-metano con purezza superiore al 97%;
- acqua per irrigazione, usi civili ed usi industriali;
- idrogeno (in alternativa al bio-metano);
- anidride carbonica liquida (se si usa ossigeno come comburente).

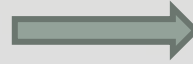
Potenziali utilizzatori

Potenziali utilizzatori della tecnologia MOTERG-BIO sono:

- proprietari e/o operatori di discarica;
- gestori di servizi di raccolta differenziata, trattamento e smaltimento dei rifiuti;
- multi-utility e società municipali;
- industrie chimiche e farmaceutiche;
- compagnie attive nel settore Oil&Gas e produttori di combustibili;
- produttori di energia;
- settore navale.

Cuore e innovazioni della tecnologia

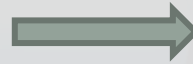
1. Conversione chimica



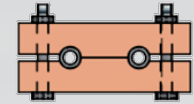
Reattore di Ossidazione e
Gasificazione in acqua
supercritica a pareti raffreddate
e protette e a teste fredde



2. Scambio termico



Scambiatore di calore
a blocchi di rame per
alte pressioni e alte
temperature



NB: qualsiasi altra apparecchiatura (es. pre-trattamento, separazione e post-trattamento) è tecnologia industriale tradizionale e commercialmente disponibile!

Riepilogo caratteristiche reattore Moterg-Bio

- resistenza chimica agli ambienti ossidanti;
- resistenza chimica agli ambienti riducenti;
- resistenza chimica alla corrosione;
- resistenza termica alle alte temperature;
- resistenza meccanica alle alte pressioni.

Indici di prestazione

Dal momento che non sono disponibili dati cinetici affidabili e genericamente validi per i processi di ossidazione e di gasificazione, gli unici parametri caratteristici delle prestazioni del processo sono il **tempo di permanenza** nel reattore e la **temperatura media di esercizio**.

Il tempo di permanenza minimo per l'ossidazione (da letteratura) è $\tau_{\text{oxi}} > 30$ s a $T > 600^\circ\text{C}$

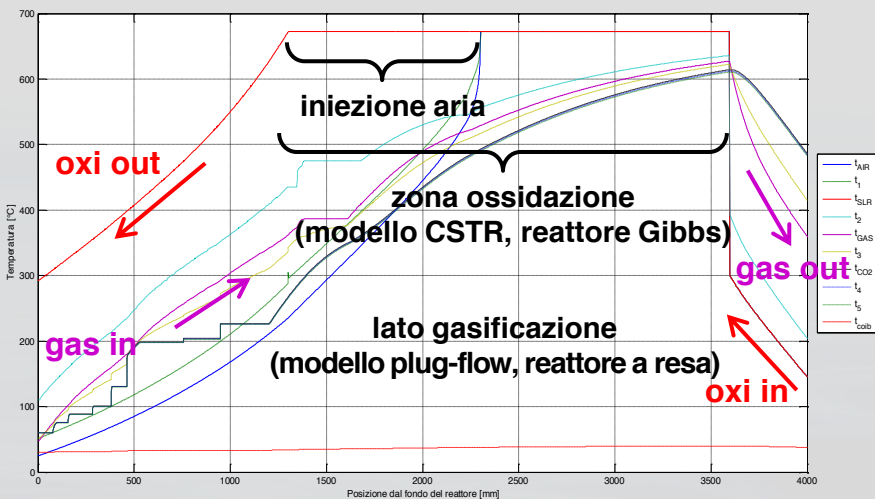
Il tempo di permanenza minimo per la gasificazione (da letteratura) è $\tau_{\text{gas}} > 120$ s a $T > 550^\circ\text{C}$

Il tempo minimo di permanenza richiesto e la temperatura minima di esercizio dipendono fortemente dalla natura e composizione della corrente da gasificare.

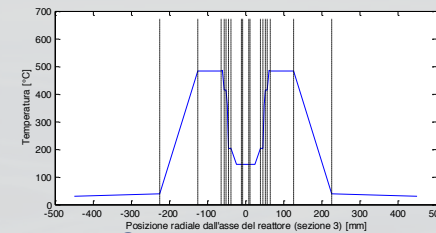
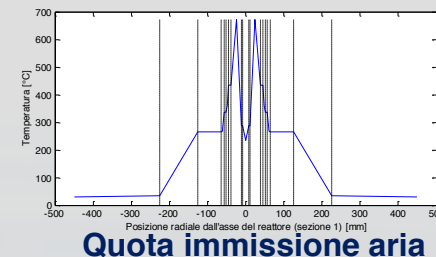
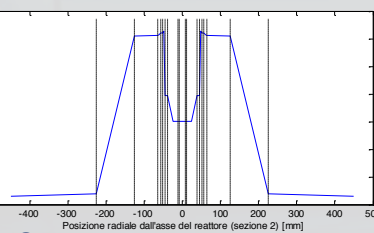
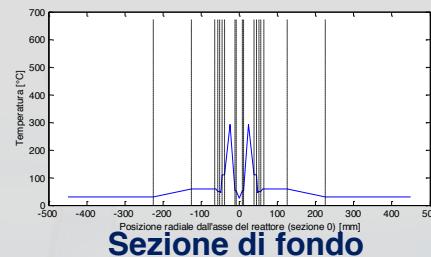
Modello matematico del reattore Moterg-Bio

- implementato su MATLAB® con un algoritmo di risoluzione auto-prodotto;
- proprietà termiche e di trasporto reperite dal database Aspen Plus®;
- tiene conto del trasporto di calore per convezione naturale e forzata, conduzione e irraggiamento;
- computa il profilo termico e stima il calore scambiato tra le correnti;
- stima il tempo di residenza e la temperatura media di esercizio delle correnti;
- zona di reazione lato ossidazione modellata come CSTR, lato gasificazione modellata come plug-flow.

Profili termici assiali computati



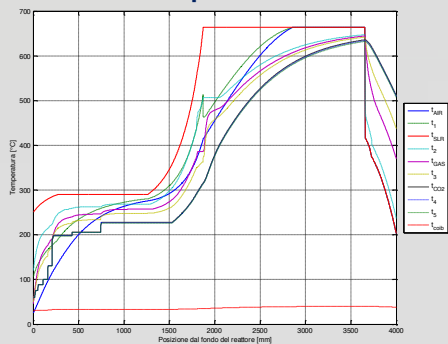
Profili termici radiali computati



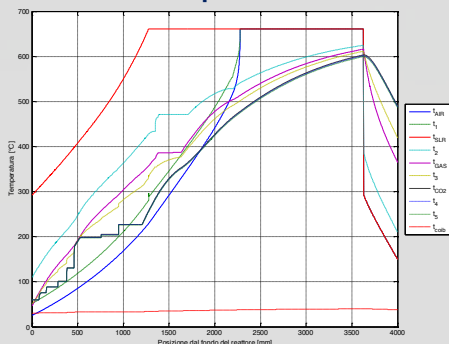
Analisi di sensitività basata sul modello matematico

simulazioni al variare della portata in ingresso (rapporti tra portate costanti, **modalità progetto**)

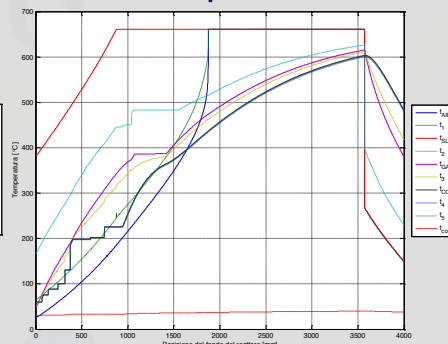
fp=1



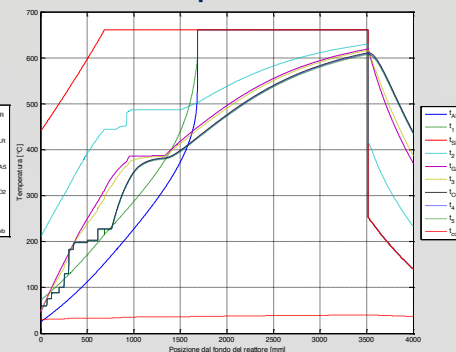
fp=4



fp=8

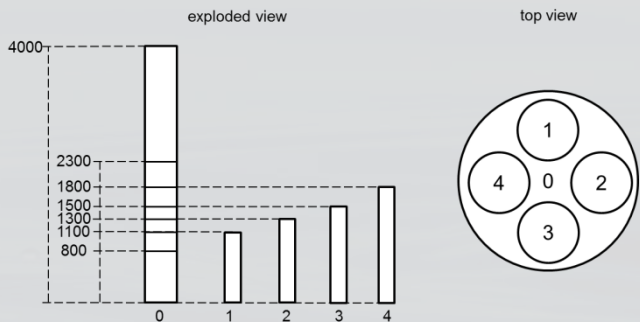


fp=12



Profili assiali temperatura vs. posizione nel reattore

Punti di iniezione dell'aria



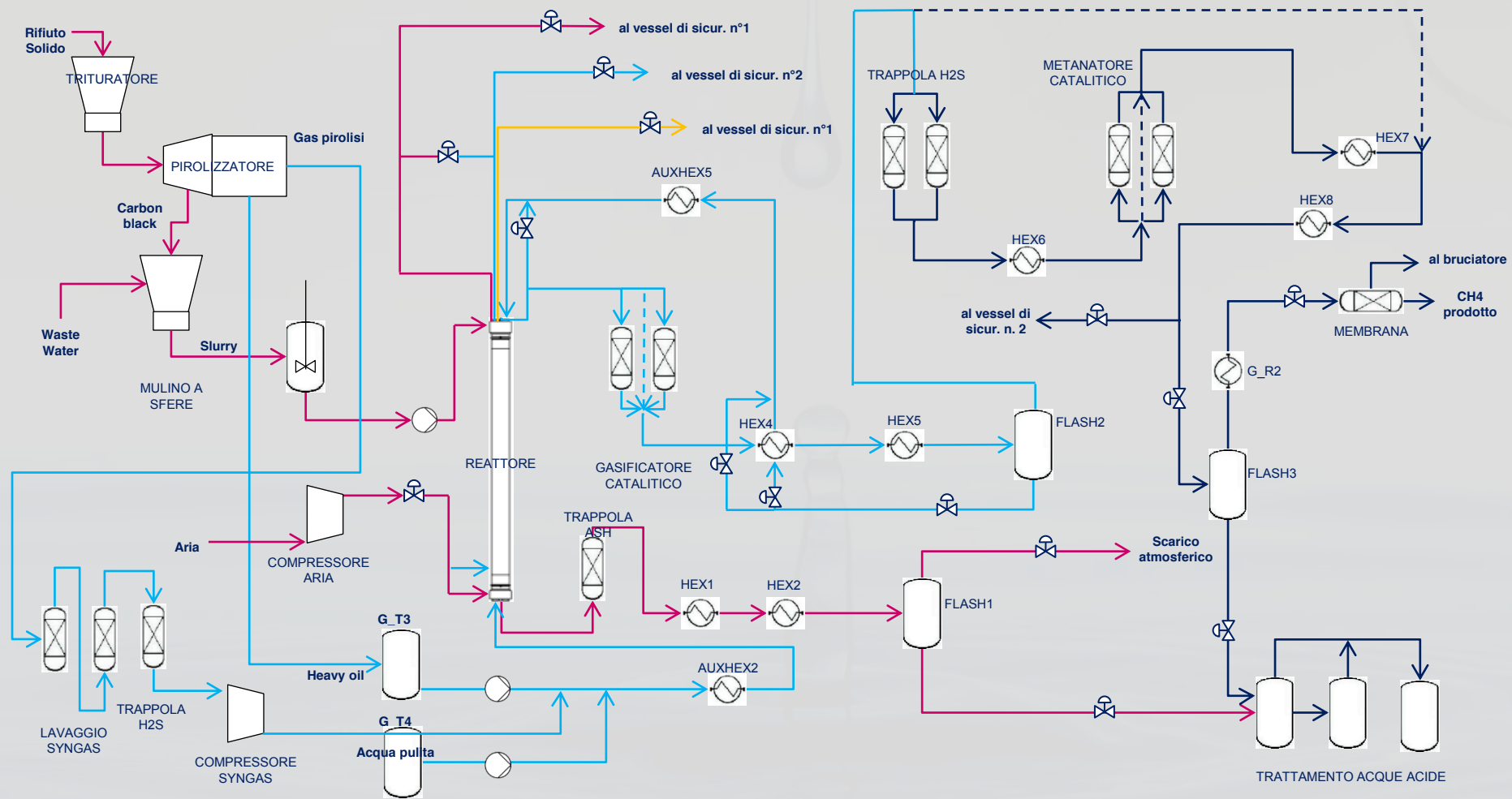
Mode #	Flowrate range	Air supply	Holed length, mm	First hole quota, mm
1	fp<1.5	only tube 4	500	1800
2	1.5 < fp < 2.5	tubes 3 e 4	800	1500
3	2.5 < fp < 4.5	tubes 2, 3 e 4	1000	1300
4	4.5 < fp < 6.5	tubes 1, 2, 3 e 4	1200	1100
5	6.5 < fp < 12	main tube (0) + tubes 1, 2, 3 e 4	1500	800

Risultati dell'analisi di sensitività: tempo di permanenza
simulazioni al variare della portata in ingresso (rapporti tra portate costanti, **modalità verifica**)

fp	L1, mm	L2, mm	L3, mm	Q1, W	Q2, W	Q3, W	τ_{oxi}	τ_{gas}
1	1800*	1808	392	137	387	88	260	248 s @ 558°C
2	1500*	2093	407	102	432	93	141	130 s @ 559°C
3	1300*	2246	454	82	446	101	98	92 s @ 548°C
4		2296	404	76	440	89	74	62 s @ 550°C
5	1100*	2557	343	61	458	74	67	49 s @ 525°C
6		2479	421	61	467	94	52	43 s @ 550°C
7	800*	2817	383	40	489	80	60	34 s @ 525°C
8		2766	434	41	496	93	44	32 s @ 531°C
9		2712	488	42	503	105	37	42 s @ 530°C
10		2710	490	49	509	107	33	27 s @ 552 °C
12		2617	583	43	522	126	26	22 s @ 570°C

I regimi di esercizio a basse portate assicurano resa di gasificazione superiore all'85%

DIAGRAMMA DI FLUSSO DEL PROCESSO



IMPIANTO DIMOSTRATORE MOTERG-BIO



MOTERG BIO PLANT	
PANORAMICA SUI RIFIUTI TRATTATI	
<u>ALIMENTAZIONE IN INGRESSO (A): Carica organica carboniosa (≈25% del totale alimentazione impianto)</u>	
frazione secca non riciclabile proveniente da raccolta differenziata (A1)	piccoli oggetti di uso domestico (nastro adesivo, penne...), carta carbone, carta oleata, carta plastificata, forchette, coltelli, cucchiai di plastica, sottovasi, bacinelle, materiali in plastica non di imballaggio, giocattoli, appendiabiti in plastica, mozziconi di sigaretta (spenti), cassette audio e video, floppy disc, cd, pannolini ed assorbenti igienici, cosmetici, tubetti di dentifricio, cerotti, cotone idrofilo, sacchetti dell'aspirapolvere, stracci sporchi...
combustibile derivato da rifiuto (CDR) e combustibile solido secondario (CSS)	derivati dalla lavorazione dei rifiuti urbani non pericolosi e speciali non pericolosi
rifiuti chimici speciali pericolosi e non	oli, solventi, vernici, farmaci, pesticidi, fertilizzanti, diserbanti, insetticidi, pet-coke, carbon black, toner stampanti, plastiche e polimeri contaminati, gomme, pneumatici, scarti industriali, rifiuti ospedalieri...
rifiuto solido urbano (RSU)	tal quale
<u>ALIMENTAZIONE IN INGRESSO (B): Carica inorganica acquosa (waste water ≈75% del totale alimentazione impianto)</u>	
percolati di discarica	acque contaminate in genere
acque industriali	acque di cartiera
acque di lavaggio	acque di sentina
acque di miniera	acque da industria del pellame
acque di estrazione da giacimenti	acque dalle tipografie litografiche

IMPIANTO DIMOSTRATORE MOTERG-BIO



DATI SULLE PRODUZIONI			
		Processo ad aria	Processo ad ossigeno
grado di purezza metano	%	>97	
produzione di metano	Nm ³ /t carica organica in ingresso (A)	452	508
	Nm ³ /t rifiuto totale in ingresso (A+B)	198	172
resa in metano	% rispetto al secco non riciclabile (A1)	53,9	55,7
	% rispetto alla carica organica in ingresso (A)	32,0	36,0
	% rispetto al rifiuto totale (A+B)	14,0	12,2
efficienza energetica di recupero in metano	kWh metano prodotto per kWh organico in ingresso, al netto dei consumi elettrici*	46,9	55,7
produzione di CO₂	Nm ³ /t rifiuto totale in ingresso (A+B)	-	350

* stimato avendo assunto i seguenti poteri calorifici medi: metano 50 MJ/kg, carica organica in ingresso 33 MJ/kg

INCENTIVI	
sulla produzione di metano	a seguito recepimento da parte del Governo Italiano dei criteri di ammissibilità in rete del biometano valore incentivo ≈ 0,70 €/m ³

IMPIANTO DIMOSTRATORE MOTERG-BIO



Impianto dimostratore costruito presso Dittaino (Enna):

capacità massima ~600 t/anno

Inizio commissioning e start-up ad aprile 2017

Dopo un periodo di test di circa tre mesi, l'impianto sarà trasferito presso aree dell'università di Palermo per una campagna prove della durata di un anno



DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE (DIETRO MANIFESTAZIONE DI INTERESSE)

- Presenti diapositive powerpoint (*Italiano e Inglese*)
- Sintesi e vantaggi della tecnologia MOTERG-BIO (*Italiano e Inglese*)
- Brochure commerciale con scheda tecnica (*Italiano e Inglese*)
- Business plan (*Italiano e Inglese*)
- Rassegna stampa
- Frontespizio delle domande di brevetto e delle concessioni di brevettabilità (*Italiano*)
- Fotorendering 3D dell'impianto dimostratore e di alcune apparecchiature di processo

DOCUMENTAZIONE TECNICA



DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE DIETRO FIRMA NDA

- Relazione tecnica sulla modellazione matematica del reattore dimostratore Mo.T.Erg.Bio (*Italiano*)
- Relazione tecnica sulla modellazione e simulazione del processo dimostratore Mo.T.Erg.Bio (*Italiano*)
- Relazione tecnica sull'analisi di sensitività basata sul modello del reattore dimostratore Mo.T.Erg.Bio (*Italiano*)
- Report correnti e layout processo relativi a differenti condizioni di regime dell'impianto dimostratore
- Relazione tecnica sulla modellazione e simulazione del processo industriale Mo.T.Erg.Bio (*Italiano*)
- Report correnti e layout processo relativi a differenti scenari di alimentazione dell'impianto industriale
- Tabella riepilogativa delle produzioni e delle rese dell'impianto industriale

ULTERIORE DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE DIETRO FIRMA NDA E MOTIVATA RICHIESTA

- Relazione generale di presentazione, con progetto e dimensionamento delle apparecchiature di processo e descrizione del P&ID dell'impianto dimostratore di smaltimento di rifiuti
- Relazione tecnica sulle verifiche meccaniche ai fini della certificazione PED delle apparecchiature dell'impianto dimostratore
- Relazione tecnica sulla sicurezza di processo e sull'analisi HAZOP dell'impianto dimostratore
- Relazione tecnica sul monitoraggio e controllo di processo, con lista I/O, dell'impianto dimostratore
- Relazione sull'impianto elettrico e schemi elettrici dell'impianto dimostratore
- Bill of Materials (B.o.M.) dell'impianto dimostratore
- Rendering 3D dello skid e disegni esecutivi delle apparecchiature dell'impianto dimostratore
- Manuale d'uso dell'impianto: procedure di avvio, spegnimento, esercizio e manutenzione dell'impianto dimostratore
- Script MATLAB ed eseguibile Visual Basic per la simulazione dell'esercizio del reattore dimostratore
- Files di simulazione di processo Aspen Plus dell'impianto dimostratore e dell'impianto industriale
- Bozza di ipotetico scale-up del reattore dalla scala dimostrativa alla scala industriale

Il progetto dell'impianto industriale è stato commissionato a KT/Maire Technimont