



FONDAZIONE
PER LO SVILUPPO
SOSTENIBILE

Sustainable Development Foundation

La digestione anaerobica

Matrici trattate, sviluppo impiantistico e bilancio economico

Forum delle imprese per lo Sviluppo Sostenibile

Ing. Alessandro CANOVAI

Workshop Gruppo Compost

Il compostaggio: le problematiche e le potenzialità del settore

Il trattamento del biowaste

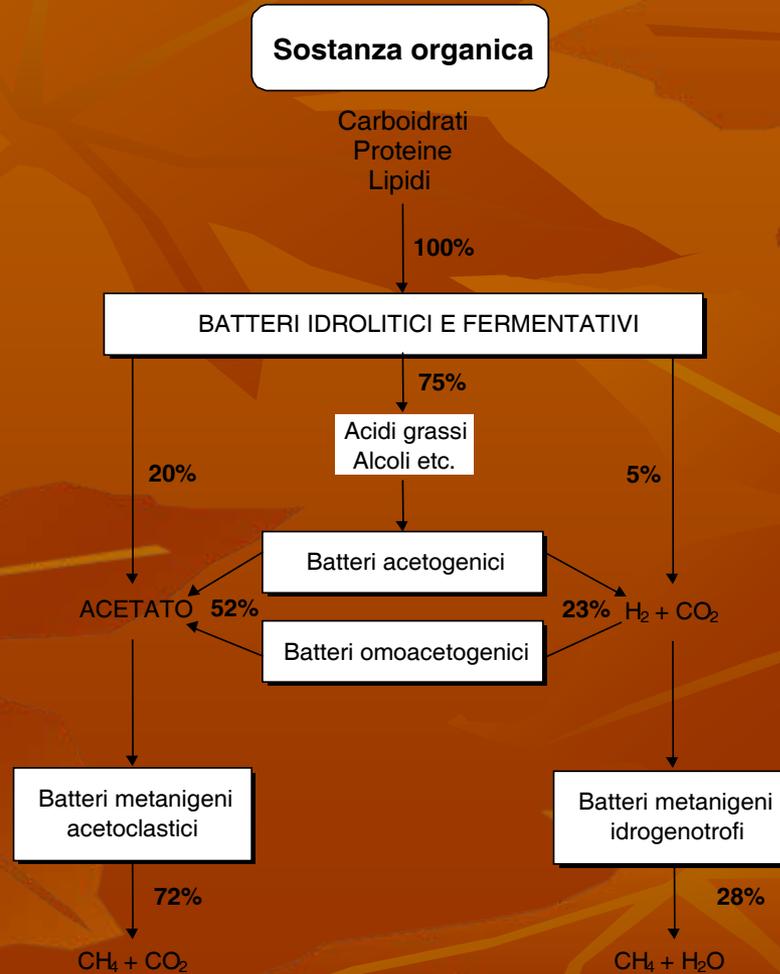
- Il BIOWASTE, separato dal flusso dei rifiuti urbani mediante raccolta differenziata o separazione meccanica e non più smaltibile tal quale in discarica, viene avviato a trattamento biologico in impianti dedicati.
- Il trattamento biologico può avvenire in condizioni aerobiche (COMPOSTAGGIO) o anaerobiche (DIGESTIONE) o in impianti che prevedono entrambe le fasi

Trattamento anaerobico

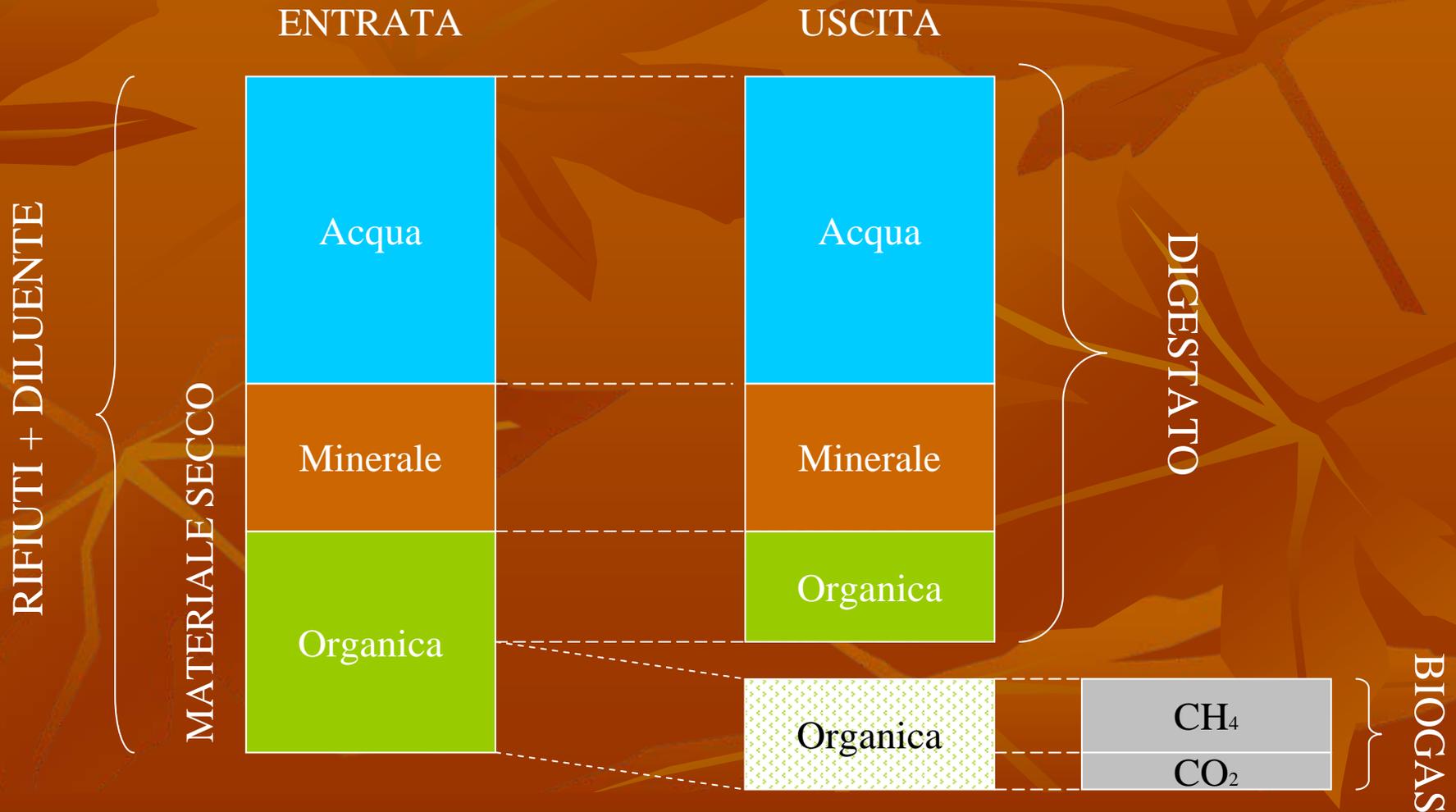
La digestione

- La digestione anaerobica è un processo biologico per mezzo del quale, in assenza di ossigeno, la sostanza organica viene trasformata in biogas (energia rinnovabile) costituito principalmente da metano e anidride carbonica.
- La percentuale di metano nel biogas varia a secondo del tipo di sostanza organica digerita e delle condizioni di processo, da un minimo del 50% fino all'80% circa.
- Il PCI del biogas varia da 4500 a 6500 kcal/Nm³

Il processo biologico di digestione anaerobica



Trasformazione del substrato nel digestore



Biowaste avviabili alla digestione anaerobica

- Liquame effluente da allevamenti suinicoli
- Liquame effluente da allevamenti bovini
- Deiezioni avicole (pollina)
- Residui colturali
- Scarti e reflui dell'agroindustria
- Scarti organici della macellazione
- Fanghi da impianti di depurazione
- Frazione organica dei rifiuti urbani
- Colture energetiche NON Biowaste



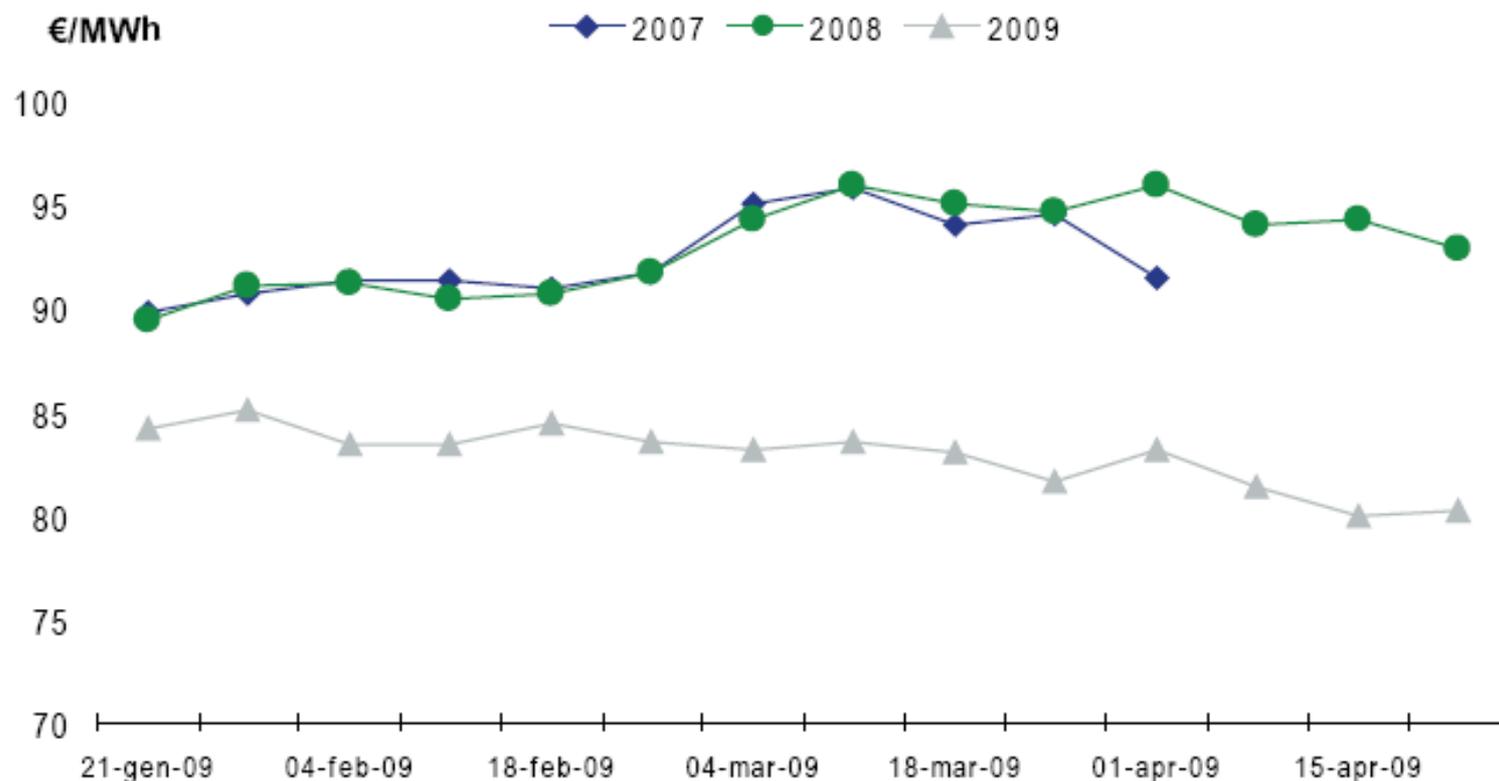
Produzione indicativa di biogas

	m ³ biogas / t SV(*)
Deiezioni animali (suini, bovini, avi-cunicoli)	200 - 500
Residui colturali (paglia, collietti barbabietole, ecc.)	350 - 400
Scarti organici agroindustria (siero, scarti vegetali, lieviti, fanghi e reflui di distillerie, birrerie e cantine, ecc.)	400 - 800
Scarti organici macellazione (grassi, contenuto stomacale ed intestinale, sangue, fanghi di flottazione, ecc.)	550 - 1000
Fanghi di depurazione	250 - 350
Frazione organica rifiuti urbani	400 - 600
Colture energetiche (mais, sorgo zuccherino, ecc)	550 - 750
<i>(*) Solidi volatili: frazione della sostanza secca costituita da sostanza organica.</i>	

Valore economico energia prodotta

- Ai sensi del decreto attuativo del Ministero dello sviluppo Economico del 2 gennaio 2009 si ha:
 - Per impianti con produzione $\leq 1\text{MW}$ il riconoscimento di una tariffa omnicomprensiva di 0,22 €/kWh prodotta
 - Per impianti con produzione $>1\text{Mw}$ il riconoscimento del prezzo di acquisto dell'energia elettrica da parte della rete (o valorizzazione autoconsumo) oltre al valore di mercato dei Certificato Verde

Il mercato dei certificati verdi



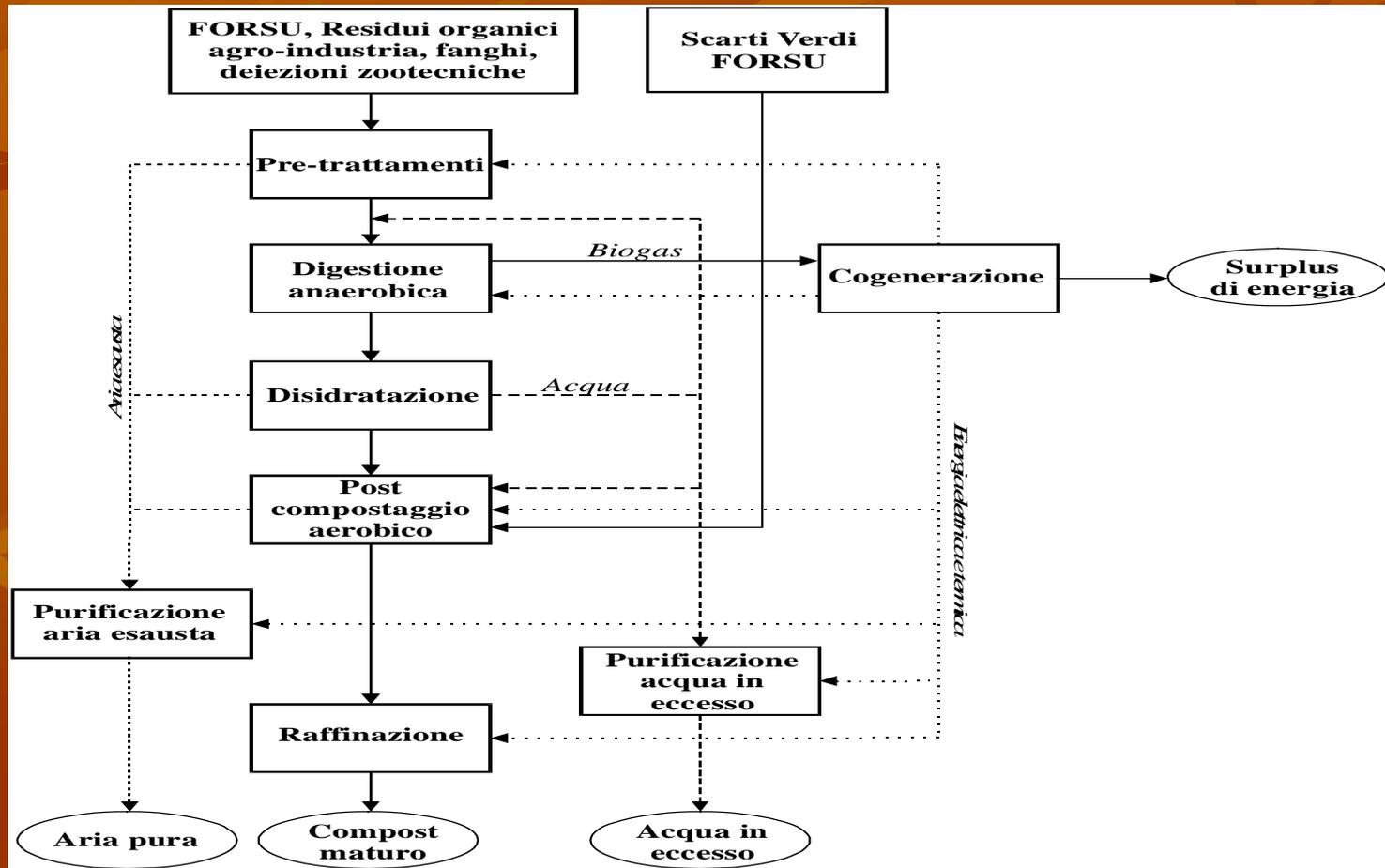
Fonte: GME

Figura 2: Andamento prezzi CV 2007, 2008 e 2009 a confronto. Prezzi IVA esclusa³.

La CO-DIGESTIONE

- E' una pratica standard in Europa
- Consiste nel sottoporre a digestione anaerobica reflui zootecnici e scarti organici
- La co-digestione consente di:
 - Compensare le fluttuazioni stagionali in massa della singola tipologia di biowaste
 - Evitare la concentrazione eccessiva di sostanze inibenti il processo biologico (ad es. la pollina ha elevate concentrazioni di ammoniaca, un eccesso di concentrazioni di olii o di grassi comporta la formazione di schiume, gli scarti da agroindustria possono avere un'eccessiva concentrazione di inerti)
- Le prospettive di sviluppo della co-digestione sono nel trattamento della frazione organica da raccolta differenziata

Schema di flusso



I pretrattamenti

- Dipendono dalla qualità del Biowaste
- Sono necessari per:
 - Massimizzare la produzione di biogas
 - Ridurre gli interventi manutentivi sui digestori
 - Omogeneizzare la miscela
 - Regolare il contenuto di umidità
 - Regolare la temperatura della miscela per accelerare l'avvio del processo

I pretrattamenti

- Dilacerazione dei contenitori di raccolta entro cui vengono conferiti i rifiuti con rompisacco
- Separazione metalli con deferrizzatori
- Separazione inerti e plastiche con vagli o separatori a umido
- Riduzione dimensionale (< 50mm)
- Miscelazione o idropolpatura
- Riscaldamento dell'acqua di diluizione o della miscela con scambiatori di calore
- Nel caso di trattamento della FOU o della FORSU si ricorre a pressatura-spremitura che consente di separare il liquido spremuto e la parte solida disidratata

Pressatura



Hydropulper - spremitura



Interior and exterior views of the hydropulper used to transform biomass solids into slurries.



spremitura

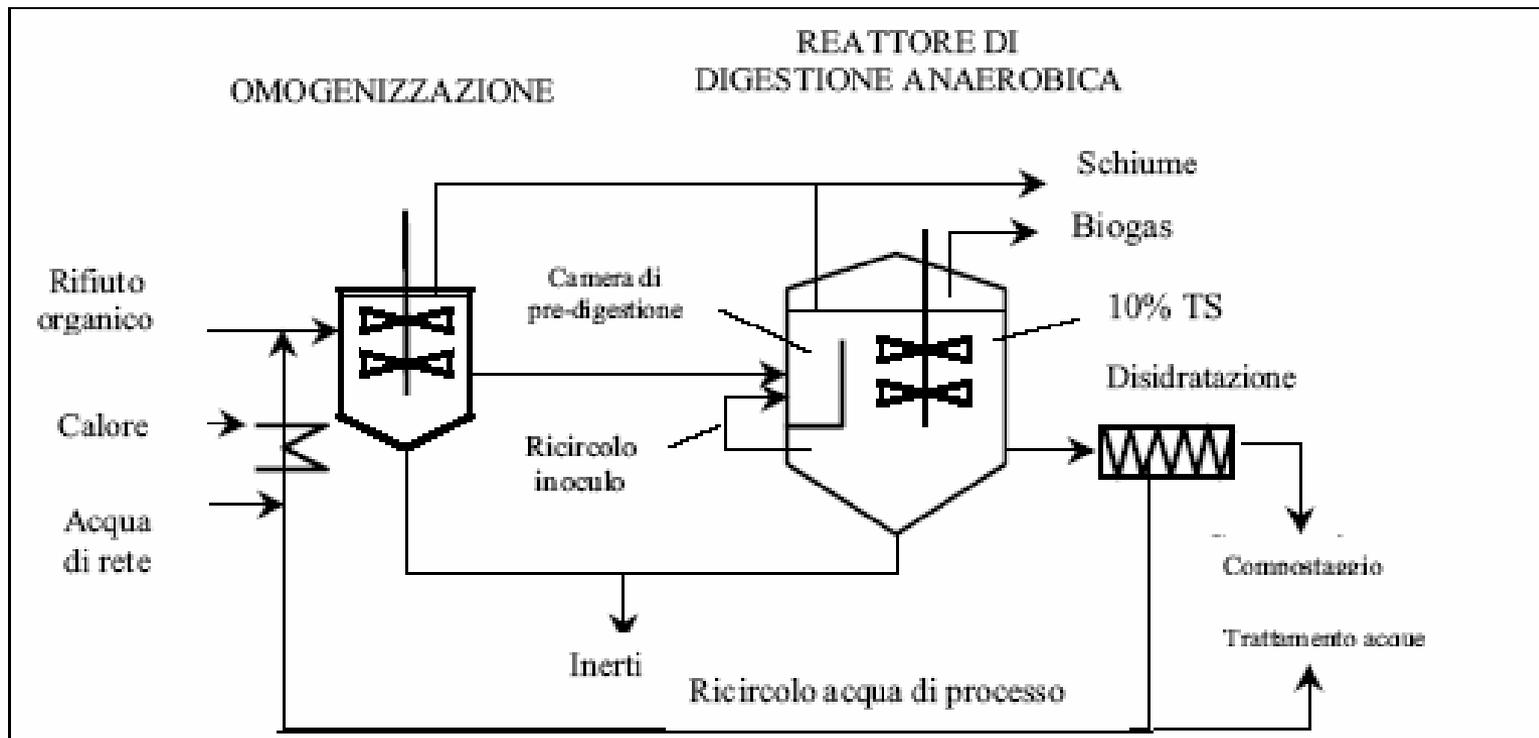


Reattori di digestione anaerobica

- A una o due fasi (con separazione della fase idrolitico-fermentativa da quella metanigena)
- Mesofila (circa 35°C) o termofila (circa 55°C)
- In continuo o batch
- Il processo in scala industriale si classifica in base alla concentrazione di solidi che caratterizza il rifiuto organico trattato:
 - Processi WET $[ST] < 10\%$
 - Processi SEMI-DRY $10\% < [ST] < 20\%$
 - Processi DRY $20\% < [ST] < 40\%$

Processo WET

- Processo in continuo monostadio



Processo WET

■ Vantaggi

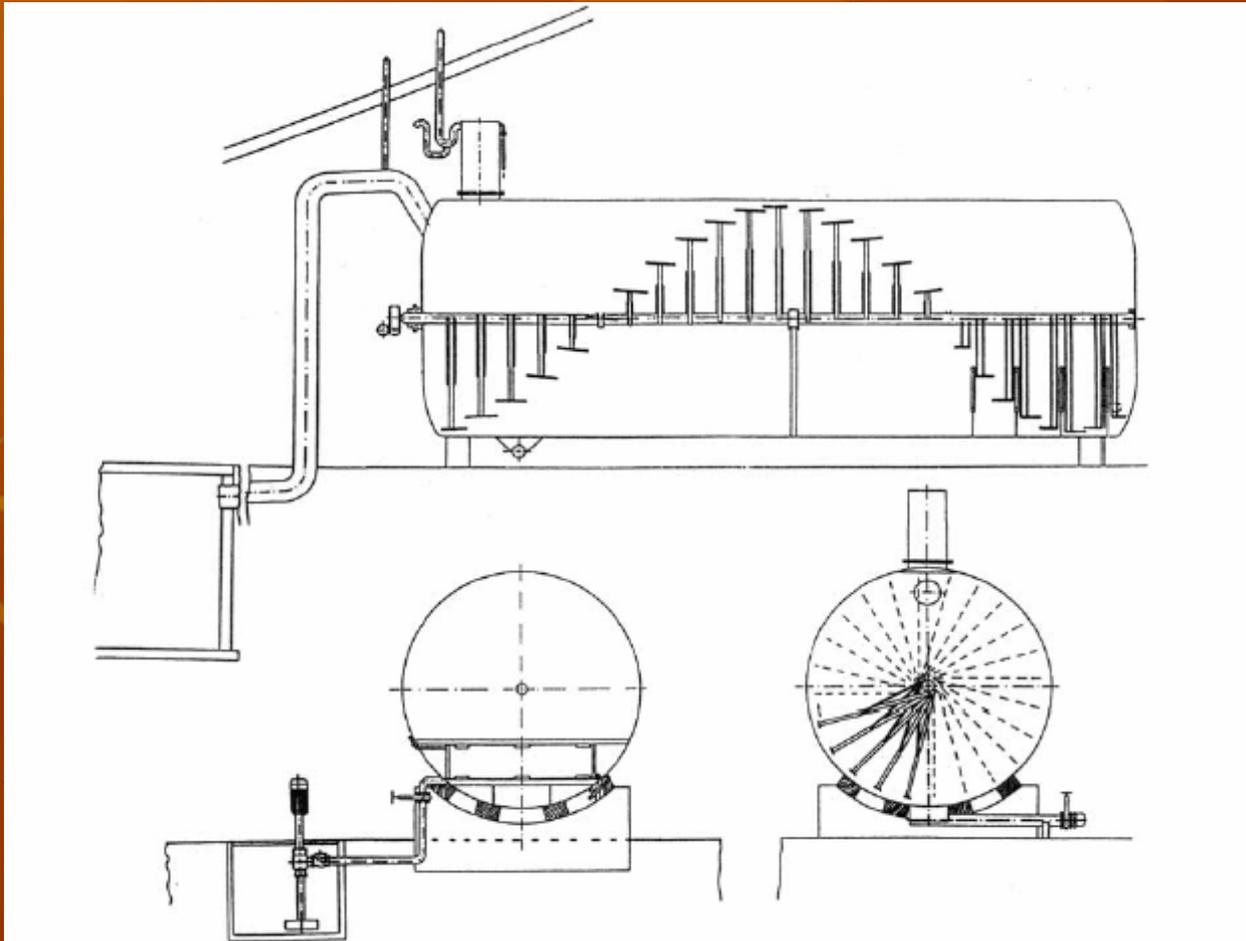
- TECNOLOGICO (Buona conoscenza ed esperienza nel campo del processo, applicabilità in co-digestione con rifiuti liquidi ad alto contenuto in sostanza organica)
- BIOLOGICO (Diluizione dei picchi di concentrazione di substrato e/o sostanze tossiche influenti il reattore)
- ECONOMICO (Spese ridotte per i sistemi di pompaggio e miscelazione, ampiamente diffusi sul mercato)

■ Svantaggi

- pretrattamenti di preparazione del rifiuto complessi
- elevati costi d'investimento per i pretrattamenti
- produzione di elevate quantità di acque di processo
- Perdita di sostanza organica nei pretrattamenti
- forte sensibilità ad eventuali shock per la presenza di sostanze inibitorie e carichi organici variabili

Processo SEMI - DRY

- Processo in continuo monostadio



Processo SEMI - DRY

■ Vantaggi

- TECNOLOGICO (Semplicità sistemi di pompaggio e miscelazione, possibilità di trattare il rifiuto da raccolta differenziata senza particolari pre-trattamenti)
- BIOLOGICO (Diluizione dei picchi di concentrazione di substrato e/o sostanze tossiche influenti il reattore)
- ECONOMICO (Spese ridotte per i sistemi di pompaggio e miscelazione)

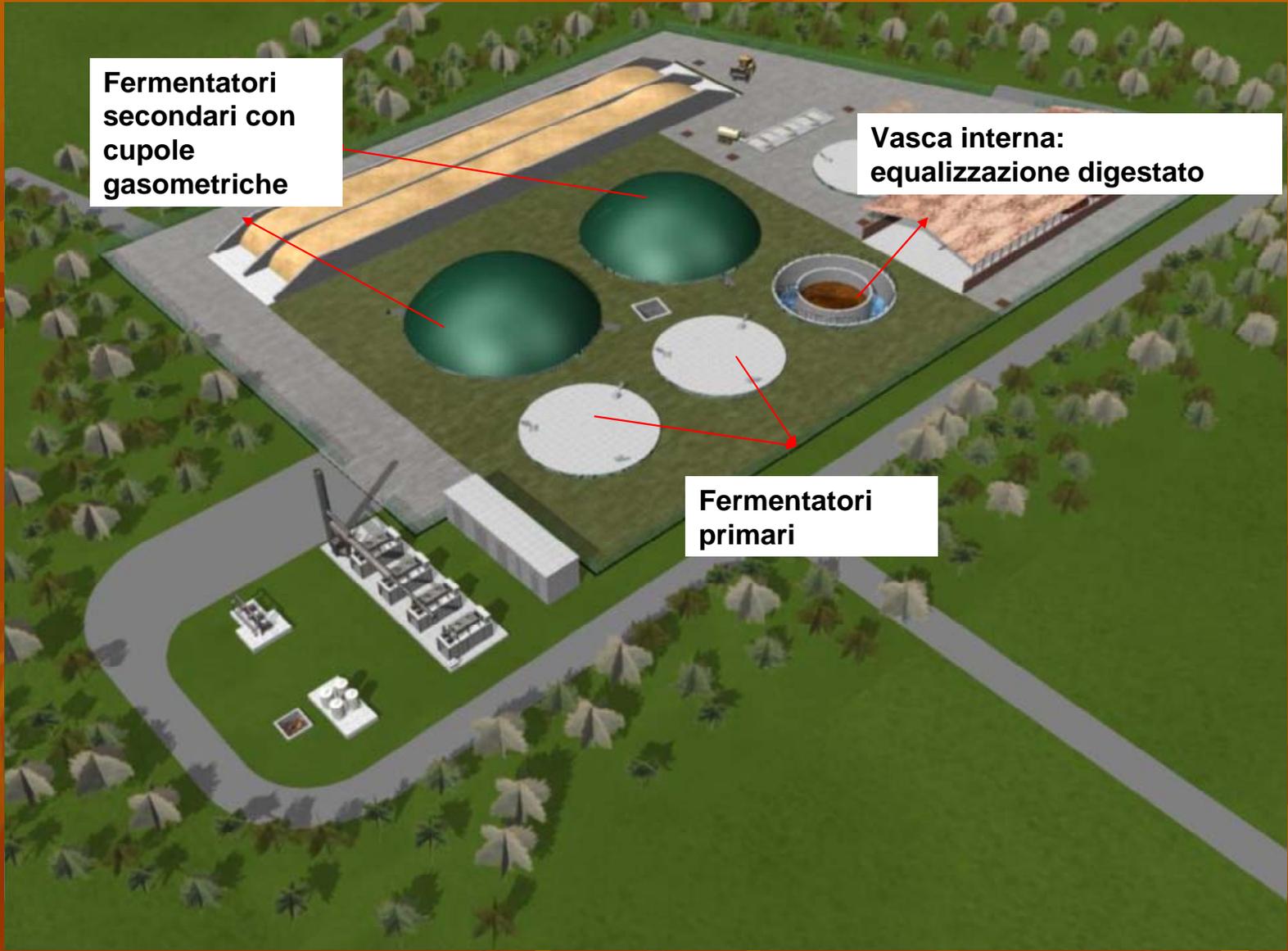
■ Svantaggi

- pretrattamenti di preparazione del rifiuto complessi per RSU
- abrasione parti meccaniche
- produzione di elevate quantità di acque di processo
- Perdita di sostanza organica nei pretrattamenti
- sensibilità ad eventuali shock per la presenza di sostanze inibitorie e carichi organici variabili

**Fermentatori
secondari con
cupole
gasometriche**

**Vasca interna:
equalizzazione
digestato**

**Fermentatori
primari**



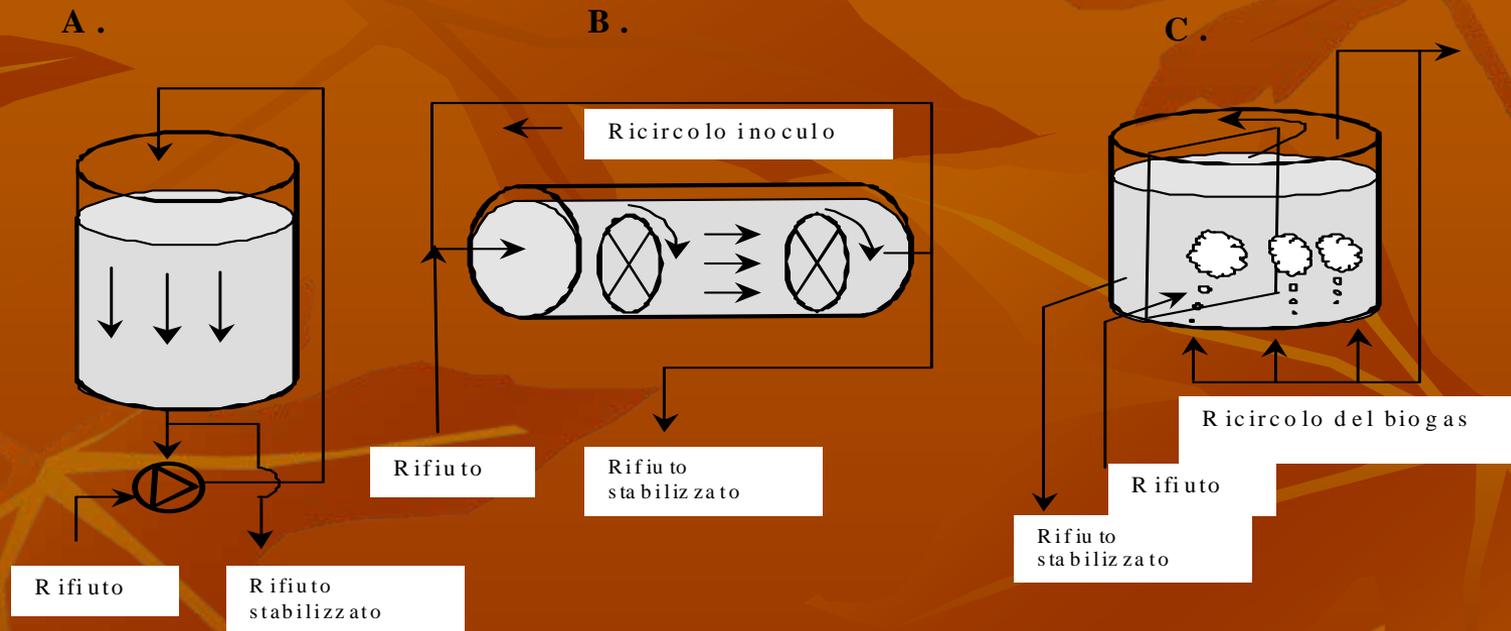






Processo DRY

■ Processo in continuo monostadio



A: miscelazione con ricircolo dell'effluente

B: miscelazione con agitatori meccanici

C: miscelazione con iniezione dal fondo di biogas

Processo DRY

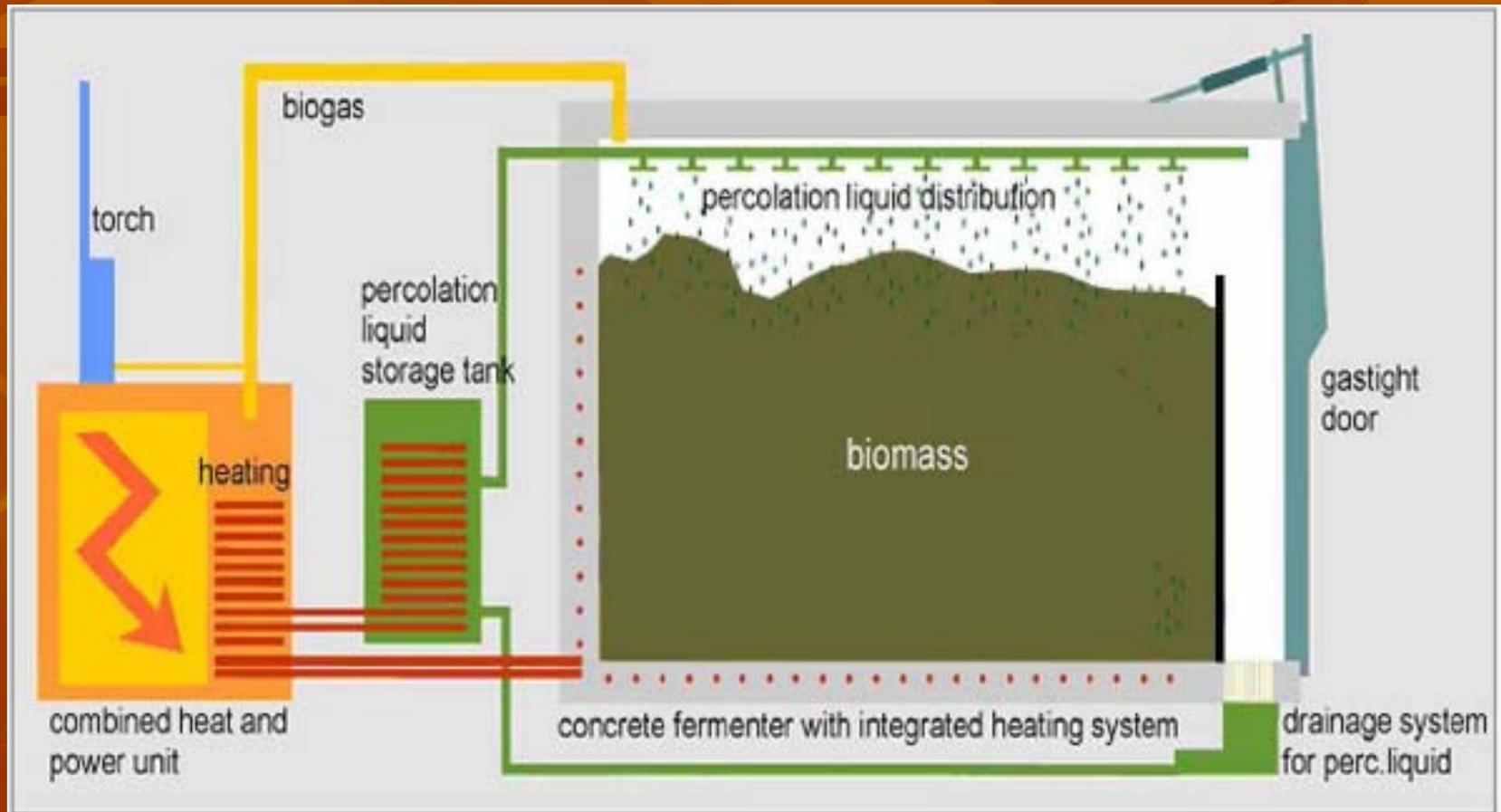
- Vantaggi
 - TECNOLOGICO (Possibilità di trattare il rifiuto da raccolta differenziata senza particolari pre-trattamenti, robustezza e resistenza a inerti e plastiche, ridotte dimensioni de digestori)
 - BIOLOGICO (Bassa perdita di sostanza organica nei pretrattamenti, elevati carichi organici applicabili)
 - ECONOMICO (Costi minimi per il pretrattamento e il digestore, scarso utilizzo di acqua, minimi costi di trattamento per l'eluato)
- Svantaggi
 - Minima possibilità di diluire sostanze inibitorie o carichi organici eccessivi
 - Impossibilità di trattamento per rifiuti con [solidi] < 20%

Digestore con processo DRY



Processo DRY

- Processo monostadio batch



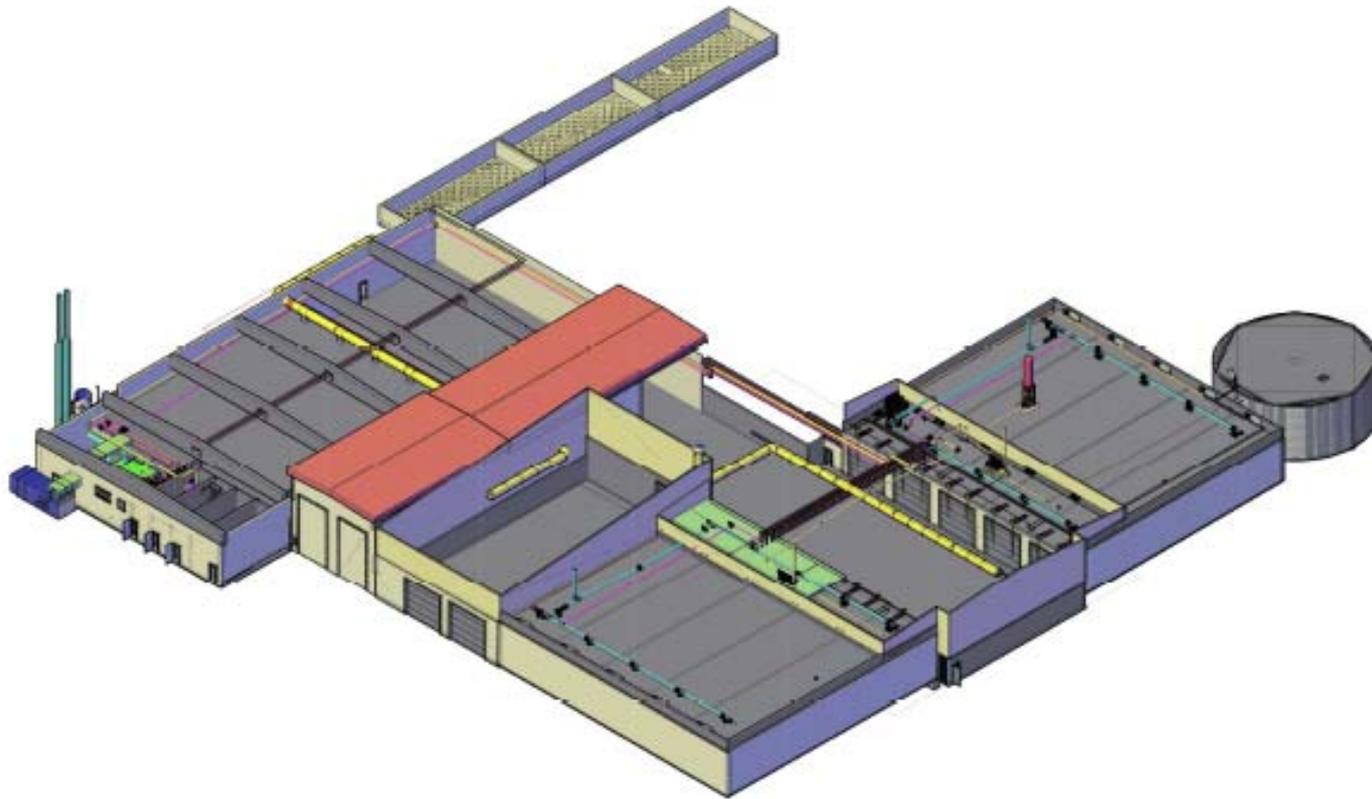
Processo DRY



Processo DRY



Processo DRY



I post trattamenti

Trattamento del biogas

- Il biogas contiene elementi corrosivi (idrogeno solforato e composti organici alogenati); inoltre il contenuto di CO₂, azoto e acqua ne abbassano il PCI.
- Il biogas viene sottoposto a trattamento di deumidificazione (con gruppo frigorifero), desolforazione (con scrubber, carbone attivo o adsorbenti), rimozione della CO₂ (adsorbimento o membrana)

Cogenerazione

- Il biogas viene utilizzato in cogeneratori per gli autoconsumi energetici e termici dell'impianto.

Parametro	Valore minimo (kWh/t di rifiuto)	Valore massimo (kWh/t di rifiuto)
Resa in biogas	70 Nm ³ /t di rifiuto	140 Nm ³ /t di rifiuto
% metano	55%	60%
Potere calorifico del biogas	385	840
Elettricità generata (efficienza = 30%)	116	252
Elettricità da esportare (70% di efficienza di conversione elettrica)	81	176
Calore recuperato per la cogenerazione (70%)	189	412
Calore esportato per la cogenerazione (80% di quello recuperato)	151	329

Composizione del biogas

Componenti	Percentuale
Metano (CH ₄)	55 - 65
Anidride carbonica (CO ₂)	35 - 45
Idrogeno solforato (H ₂ S)	0.02 – 0.2
Vapore d'acqua	A saturazione
Idrogeno, ammoniaca	tracce
Ossigeno, azoto	tracce

Cogeneratore a biogas



Generatore a biogas



I post trattamenti

Disidratazione del digestato

- Al termine del processo biologico si deve portare il digestato ad un tenore di secco di circa il 45%
- In base al tipo di processo utilizzato si usa
 - Processo wet & semi-wet: Centrifuga o nastro pressa
 - Processo dry: Pressa a vite
- L'eluato che si ottiene da tale fase viene parzialmente (per evitare accumulo di sostanze inibenti) ricircolato nella fase di preparazione della miscela
- **Trattamento dell'eluato**
 - La parte di eluato che non viene ricircolata deve essere avviata a trattamento in impianti di depurazione

Disidratazione

Digestato disidratato



I post trattamenti

Trattamento dell'eluato

- La parte di eluato che non viene ricircolata deve essere avviata a trattamento in impianti di depurazione



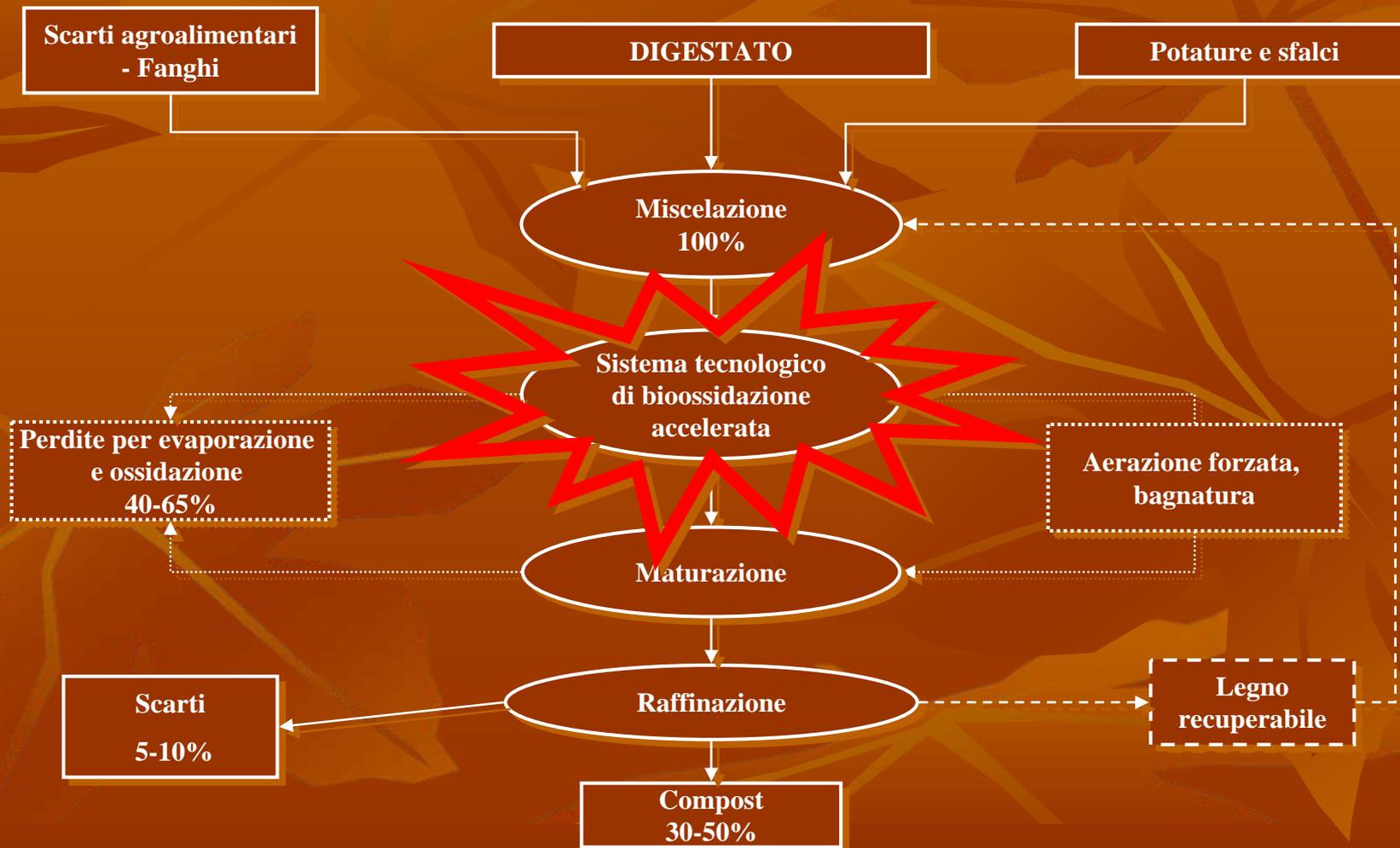
Caratteristiche eluato

Prova	Metodo	Data Prove Inizio / Fine	U.M	Risultato
Residuo a 105°C	Interno - mep-c-122 (gravimetrico)	11/02/2008 12/02/2008	% (p/p)	3,6
Residuo a 650°C	Interno - mep-c-123 (gravimetrico)	11/02/2008 15/02/2008	% (p/p)	1,1
Azoto ammoniacale	Interno - mep-c-138 (Kjeldahl)	14/02/2008 20/02/2008	% (p/p) ss	7,94
Azoto nitrico	Interno - mep-c-135 (potenziometrico)	15/02/2008 15/02/2008	mg/kg ss	468
Azoto totale	Interno - mep-c-138 (Kjeldahl)	12/02/2008 13/02/2008	% (p/p) ss	2,6
Carbonio organico	Interno - mep-c-136 (volumetrico)	14/02/2008 14/02/2008	g/kg ss	380
Carbonio fulvico	Metodi di analisi dei compost - Reg. Piemonte - C.6.3		%	
Carbonio umico	Metodi di analisi dei compost - Reg. Piemonte - C.6.3		%	
Conducibilità	Interno - mep-c-135 (potenziometrico)	14/02/2008 14/02/2008	µS/cm	2610
sulla sospensione al 10% pH	Interno - mep-c-134 (potenziometrico)	14/02/2008 14/02/2008	unità pH	8,6
sulla sospensione al 10% Nichel	EPA 3050B - 1996 + EPA 6010B - 1996	12/02/2008 18/02/2008	mg/kg ss	10
Rame	EPA 3050B - 1996 + EPA 6010B - 1996	12/02/2008 18/02/2008	mg/kg ss	336
Rapporto C/N	Interno - mep-c-166 (calcolo)	20/02/2008	%	14,6
Salinità	Metodi di analisi dei compost - Reg. Piemonte - C.5	20/02/2008	meq/100g	906
Zinco	EPA 3050B - 1996 + EPA 6010B - 1996	12/02/2008 18/02/2008	mg/kg ss	591

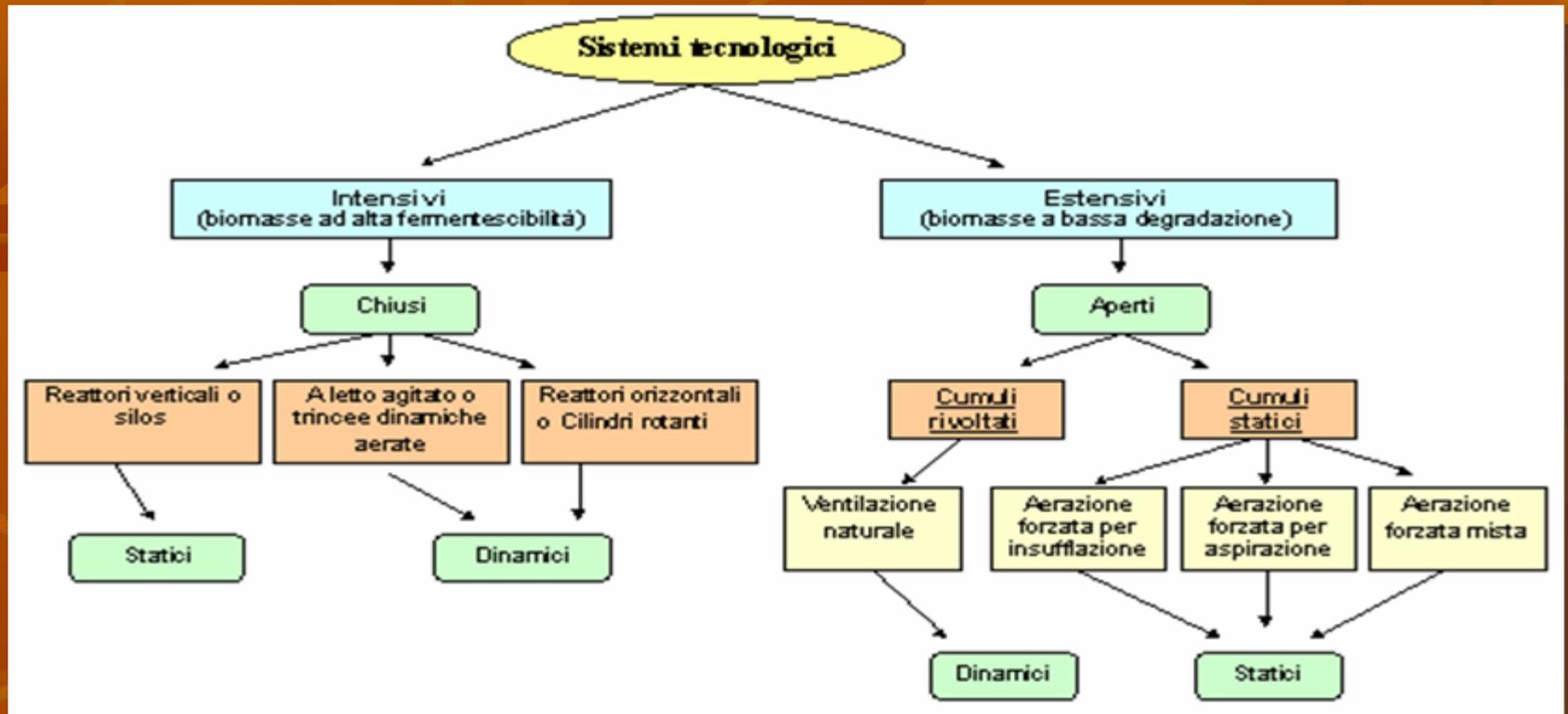
BIOSTABILIZZAZIONE - COMPOSTAGGIO

- Per completare la stabilizzazione del biowaste al termine della fase di metanizzazione è necessaria una fase di stabilizzazione aerobica
- Il processo di compostaggio è un processo aerobico di decomposizione della sostanza organica che avviene in condizioni controllate e che permette di ottenere un prodotto biologicamente stabile, in cui la componente organica presente un elevato grado di evoluzione

Schema di processo - compostaggio



Sistemi tecnologici di compostaggio



I sistemi più utilizzati sono intensivi, chiusi, con aerazione forzata, statici (biocelle) o dinamici (corsie dinamiche e bacini con sistemi di rivoltamento)

Biocelle



Bacini con rivoltamento a coclee



Sistemi a corsie dinamiche



Biocella dinamica



Un esempio

FASE RICEZIONE FORSU E STRUTTURANTE				
	Volume	kg/anno	Ugg.	th
Quantitativo di FORSU in ingresso	23.077	310	74,44	12,10
Quantitativi F.O. spremuta	0	310	0,00	0,00
Quantitativi liquidi ricircolo	0	310	0,00	0,00
Quantitativi al digestore	0	310	0,00	0,00
Quantitativo di strutturante previsto	6.923	310	22,33	3,63
Quantità complessiva di rifiuti alimentati all'impianto	30.000	310	96,77	15,74
FASE STABILIZZAZIONE ANAEROBICA NEL DIGESTORI				
	Volume	kg/anno	Ugg.	th
Quantitativo di miscela in ingresso alla fase anaerobica	12.000	310	38,71	6,29
FASE ACT AEROBICA NELLE BIOCELLE				
	Volume	kg/anno	Ugg.	th
Quantitativo di miscela in ingresso alla fase aerobica	22.691	310	73,20	11,90
FASE 1ª MATURAZIONE SU PLATEA AREATA				
	Volume	kg/anno	Ugg.	th
Quantitativo di compost in ingresso alla 1ª maturazione	20.219	310	65,22	10,61
FASE 2ª MATURAZIONE SU PLATEA				
	Volume	kg/anno	Ugg.	th
Quantitativo di compost in ingresso alla 2ª maturazione	18.803	310	60,66	9,86
STOCCAGGIO COMPOST SU PLATEA AL CHIUSO				
	Volume	kg/anno	Ugg.	th
Quantitativo di compost in ingresso allo stoccaggio	12.344	310	39,82	6,47

Un esempio

COMUNE DI SALERNO
PROGETTO ESECUTIVO IMPIANTO TRATTAMENTO FINALE FORSU PROVENIENTE
DA RACCOLTA DIFFERENZIATA CON TRATTAMENTO INTEGRATO ANAEROBICO -
AEROBICO E VALORIZZAZIONE ENERGETICA
QUADRO ECONOMICO

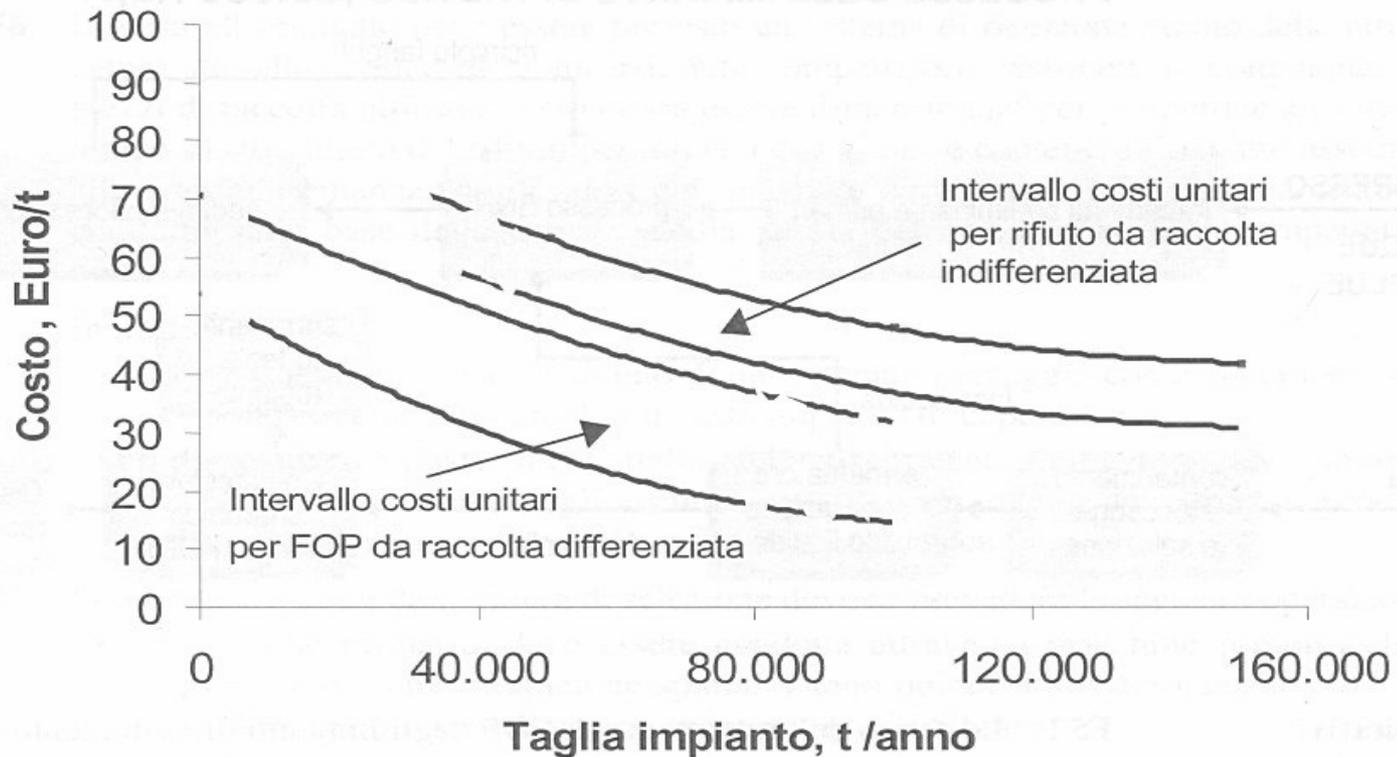
A		LAVORI	
a1	Lavori a corpo		€ 16.744.130,00
a2	Oneri sicurezza di tipo generale (ponteggi, recinzioni, etc.)		€ 48.060,00
a3	Importo lavori a base d'asta		€ 16.792.190,00
a4	Oneri di sicurezza da incidenza sulle lavorazioni		€ 212.956,00
a5	Somma Oneri di sicurezza non soggetti a ribasso (a2+a4)		€ 261.016,00
B	SOMME A DISPOSIZIONE DELLA STAZIONE APPALTANTE		€ 8.202.810,00
b1	lavori in economia previsti in progetto ed esclusi dall'appalto		€ 0,00
b2	Forniture		€ 100.000,00
b3	Rilievi, accertamenti e indagini		€ 25.000,00
b4	Allacciamenti ai pubblici servizi		€ 60.000,00
b5	Imprevisti		€ 485.206,32
b6	Acquisizione di aree		€ 3.423.563,55
b7	Acquisizione di immobili		€ 0,00
b8	Accantonamento di cui all'art. 133 del D. Lgs. n. 163/2006		€ 167.921,90
b9	Spese generali		
b9.1.1	Spese di progettazione definitiva ed esecutiva		€ 751.759,80
b9.1.2	Spese tecniche relative alla direzione lavori e coordinamento sicurezza in fase di esecuzione		€ 644.950,86
b9.2.1	Spese per attività di consulenza o di supporto		€ 40.000,00
b9.2.2	Spese di cui all'art. 92 c. 5 D.Lgs. N. 163/2006 (50% dell'1,5% di a3)		€ 125.941,43
b9.3	Spese per Commissione giudicatrice		€ 10.000,00
b9.4	Spese per pubblicità		€ 14.000,00
b9.5	Spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche; spese per verifiche ordinate dalla D.L.; Collaudo tecnico amm.vo, statico e specialistici		€ 220.000,00
b10.1	Iva sui lavori ed imprevisti con aliquota 10% (a3+ b5)		€ 1.727.739,63
b10.2	Iva con aliquota al 20% su (b2+b3+b4+b8+b9.1.1+b9.1.2+b9.2.1+b9.3+b9.4+b9.5)		€ 406.726,51

TOTALE PROGETTO € 24.995.000,00

Un esempio

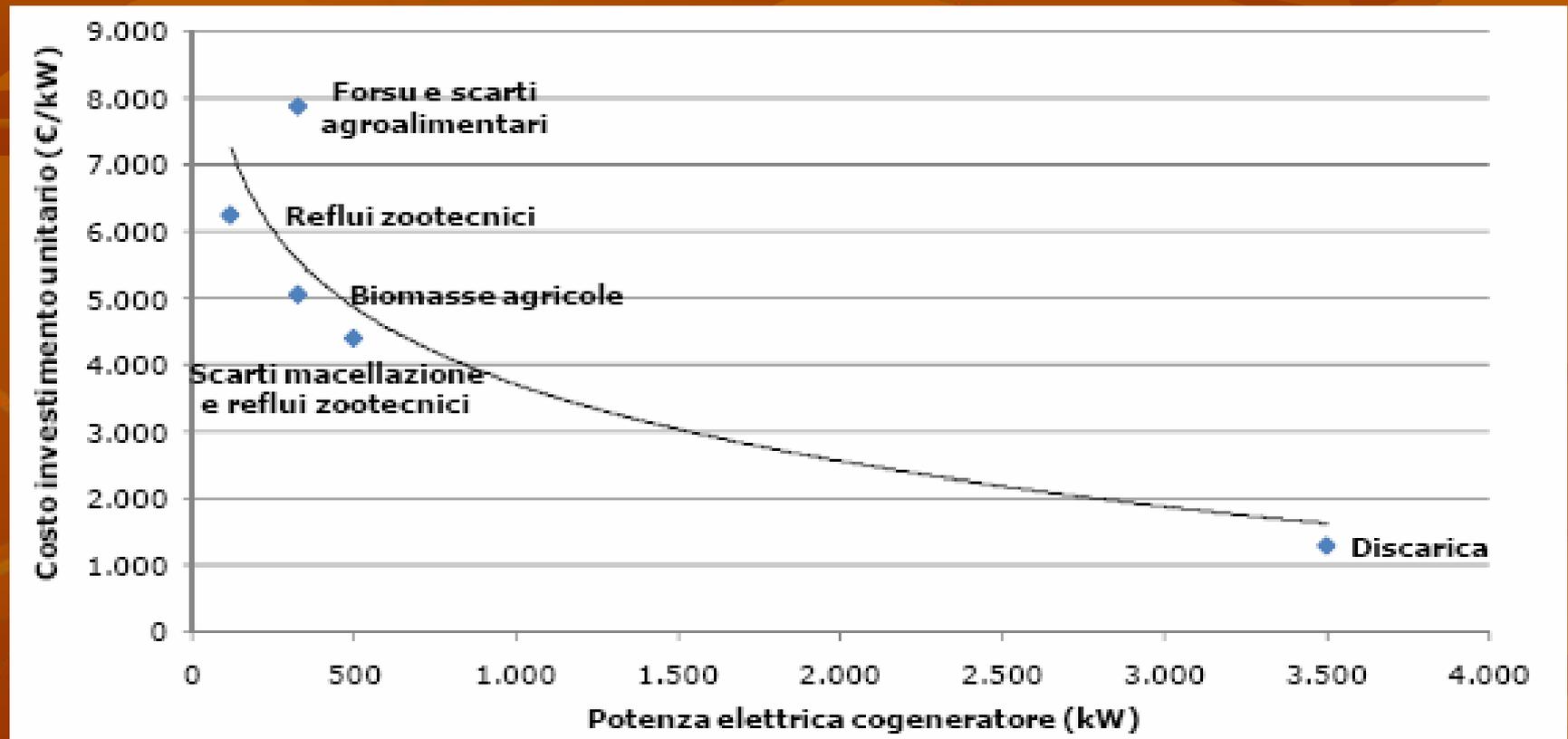
		<u>Riepilogo CATEGORIE</u>		
001	Dotazioni Generali	750'686,28	85'272,53	11,359
002	Sistema di estrazione e trattamento aria	1'497'477,13	485'377,17	32,413
003	Sistema di trattamento e valorizzazione	3'517'249,84	846'295,02	24,061
004	Sistema di produzione Biogas	1'423'460,86	291'546,56	20,482
005	Area stoccaggio materie prime	502'501,84	59'389,38	11,819
006	Area ricovero mezzi d'opera	431'987,77	50'362,71	11,658
007	Palazzina Servizi	304'945,73	72'082,89	23,638
008	Edificio Industriale	5'963'492,95	1'043'502,13	17,498
009	Sistemazioni esterne	511'753,24	121'382,05	23,719
010	Cabina Elettrica	117'488,65	11'587,24	9,862
011	Rete Antincendio	186'355,11	34'987,99	18,775
012	Rete di smaltimento acque di processo e lavaggio	108'871,26	29'778,24	27,352
013	Rete acqua industriale	16'800,70	6'080,28	36,191
014	Rete acqua potabile	25'422,37	6'571,39	25,849
015	Rete di smaltimento acque di prima pioggia	413'736,27	70'084,07	16,939
016	Rete di smaltimento acque meteoriche di copertura	124'312,06	19'445,77	15,643
017	Rete di smaltimento acque nere	140'462,90	12'443,06	8,859
018	Generali	533'604,20	124'677,93	23,365
019	Bonifica Ordigni Bellici	99'874,60	51'376,07	51,441
020	Riutilizzo terre da scavi	73'646,24	0,00	0,000
Totale CATEGORIE euro		16'744'130,00	3'422'242,48	20,438

Costi sistema anaerobico



NOTA: L'analisi dei costi qui rappresentata è determinata sulla base di una filiera di trattamento che prevede le seguenti sezioni: linea di pre-trattamento dei rifiuti conferiti, sezione di digestione anaerobica a fase unica, post trattamenti di disidratazione, stadio di post-compostaggio dei fanghi ispessiti effluenti dal digestore. Vengono inoltre considerate le seguenti voci di costo: costi di investimento (ammortamento in 12 anni al 4% di interesse); costi di gestione (personale, manutenzione impianto, consumi, smaltimento residui); recupero economico derivante dall'utilizzo del biogas prodotto (tariffa da 50 a 150 Euro/MWh); sia per rifiuto differenziato che indifferenziato, per diverse capacità di trattamento (da 10.000 fino a 150.000 t/anno). Non sono invece contemplati nel bilancio i costi di raccolta e trasporto dei rifiuti.

Relazione costo unitario / potenza installata



La mitigazione degli impatti e dei gas serra

La produzione controllata del biogas negli impianti di digestione anaerobica determina i seguenti vantaggi :

- riduzione di emissioni di metano
- riduzione (per via indiretta) delle emissioni di altri gas serra
- riduzione delle emissioni di composti organici volatili non metanici e del livello di odore
- la sostituzione di combustibili fossili con combustibili da fonti rinnovabili

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



Via Mercalli, 80 ROMA

www.secitspa.it

Tel. 06809162518