



Problemática actual y futura de los purines

prof. dr. Marco G. Mari
Universidad de Pavia (Mantova)
facultad de Ingeniería



I LIQUAMI ZOOTEKNICI

L'elevata produttività e la marcata specializzazione della zootecnia intensiva hanno definito, negli ultimi anni, una naturale accelerazione del processo di concentrazione degli allevamenti a livello territoriale, con un conseguente aumento dei rischi di impatto ambientale.

In realtà le potenzialità negative dei liquami zootecnici derivano non tanto dalle loro caratteristiche intrinseche, ma da scorrette modalità di gestione ed uso.

Il liquame, infatti, opportunamente trattato, stoccato e distribuito in quantità ben determinate in funzione dei fabbisogni delle colture e del tipo di terreno, può diventare un fertilizzante di notevole utilità per le nostre produzioni agricole.

Affinché possa essere effettuato un impiego adeguatamente corretto ed efficace dei reflui zootecnici è necessario avere le conoscenze specifiche di base, nonché tutti i riferimenti di carattere tecnico ed operativo, senza i quali l'allevatore, oltre ad andare incontro a sempre maggiori costi di smaltimento, potrebbe ritrovarsi in una posizione di inadempienza rispetto alla normativa vigente.



La distribuzione per strisciamento consente buona precisione e riduzione delle emissioni.

CARATTERISTICHE E DISTRIBUZIONE DEL CARICO ANIMALE SUL TERRITORIO

Il liquame suinicolo presenta caratteristiche sostanzialmente differenti a seconda delle tipologie dell'allevamento e precisamente del fatto che si tratti o meno di allevamento a ciclo chiuso, o specializzato in una fase del ciclo di vita degli animali. Inoltre incidono sulla natura degli effluenti le metodologie adottate per l'alimentazione e la rimozione e l'allontanamento delle deiezioni.

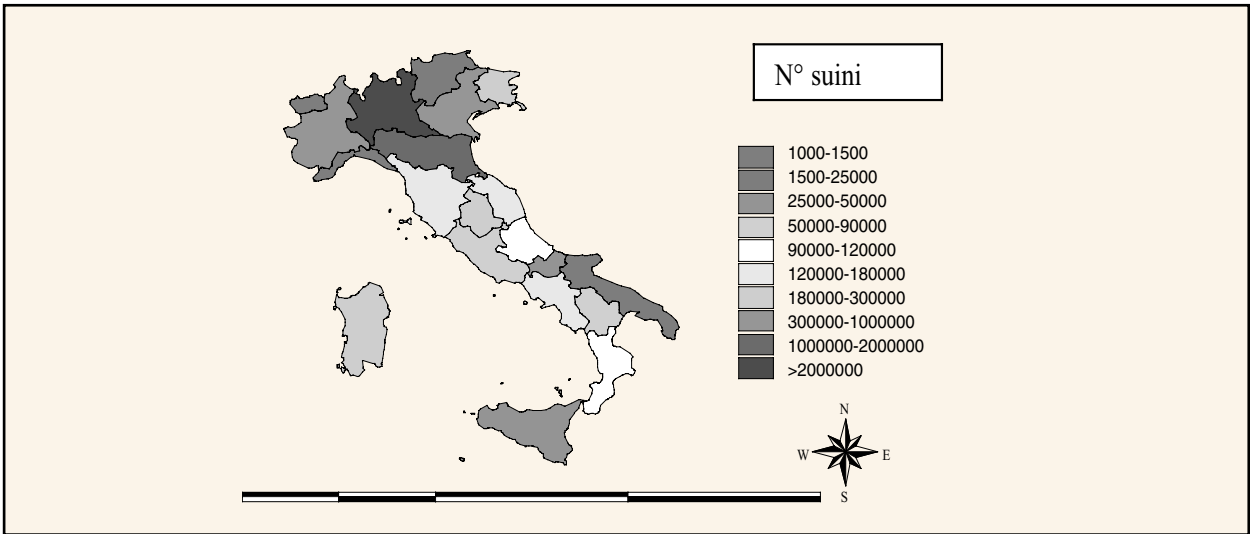
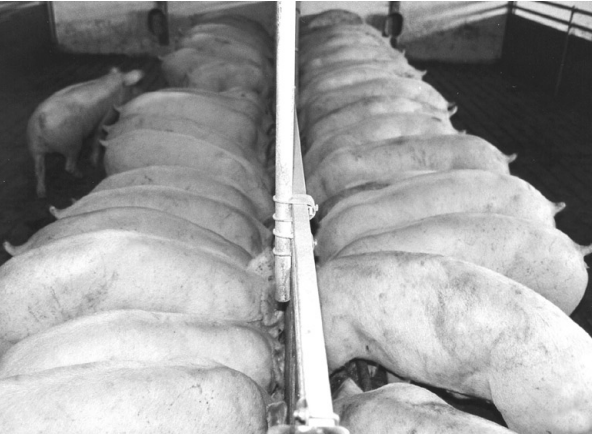
Queste differenze vanno ad incidere notevolmente sui volumi avviati ai successivi trattamenti e sulle caratteristiche dell'effluente ed è quindi opportuno fare riferimento ai dati relativi ai carichi espressi in funzione del peso vivo presente in azienda.

Categoria di animali	Peso vivo (kg)	Deiezioni (kg/d)
Suinetti	6-30	2,0-3,0
Suini in accrescimento	30-80	
- alimentazione a secco		4,0
- alimentazione umida 2,5:1		4,0
- alimentazione umida 4:1		7,0
- alimentazione a siero		14,0
Suini all'ingrasso	80-160	10-13
Scrofe in asciutta	—	8,0
Scrofe con suinetti di 3 settimane	—	15,0

Produzione di deiezioni di varie categorie di suini alimentati con brode a diversa diluizione.



Le forme di distribuzione dell'alimento (secco o in broda) e la sua composizione influenzano la quantità ed il tenore di azoto dei liquami.



DETERMINAZIONE DELLA PRODUZIONE DEGLI EFFLUENTI

Conoscere quanto liquame e/o letame viene prodotto nella propria azienda è un'esigenza per ogni allevatore, all'origine della quale si possono riconoscere le seguenti ragioni:

- necessità di dimensionare la capacità di stoccaggio, sia in relazione agli adempimenti di legge, sia in relazione alle esigenze poste dal calendario aziendale di utilizzazione;
- necessità di impostare correttamente i piani di concimazione;
- necessità di verificare se i volumi di liquami prodotti si discostano eccessivamente da quelli calcolabili indirettamente: in caso di macroscopici valori in eccesso occorrerà ricercarne le cause e porvi rimedio;
- necessità di dimensionare in maniera corretta gli impianti di trattamento dei liquami.

Quantità di deiezioni prodotte

Il volume, come del resto le caratteristiche delle deiezioni prodotte, dipende da un insieme di fattori, alcuni dei quali in grado di incidere in maniera significativa quali, ad esempio:

- lo stadio fisiologico e lo stadio di crescita per l'animale;
- il loro regime alimentare.

CARATTERISTICHE CHIMICHE DEGLI EFFLUENTI ZOOTECNICI

La determinazione delle caratteristiche chimiche degli effluenti zootecnici risulta necessaria a fini diversi ed in particolare:

- per la corretta utilizzazione dei liquami, del letame e degli altri materiali palabili nella fertilizzazione delle colture;
- per l'individuazione delle tecniche di trattamento e per il dimensionamento degli impianti.

Per quanto concerne il primo punto, l'adozione di corrette pratiche di fertilizzazione richiede la conoscenza del contenuto di elementi nutritivi e della loro forma chimica, al fine di stimarne la disponibilità più o meno pronta e di stabilire i volumi di apporto. Inoltre, al fine di valutare preventivamente tanto gli



La determinazione del contenuto di azoto dei liquami attraverso kit rapidi di misura è essenziale per la loro corretta utilizzazione agronomica.

effetti positivi derivanti dalla somministrazione degli effluenti, quanto i possibili effetti negativi, risulta necessario determinarne il contenuto di sostanza organica, di macroelementi, di elementi quali rame e zinco. La scelta di mezzi adeguati per il trasporto e la distribuzione presuppone la conoscenza di altre caratteristiche chimico-fisiche, quali la concentrazione di sostanza secca e delle proprietà reologiche.

Quanto al secondo punto, la scelta e il dimensionamento dei sistemi di trattamento sono condizionati principalmente dal contenuto di sostanza secca, di sostanza organica, di solidi sospesi, di nutrienti e dalla biodegradabilità dell'effluente da trattare.



Controlli analitici più raffinati consentono una migliore valorizzazione dei reflui.

Parametro	Carico giornaliero
COD	5 kg/t PV
BOD5	2 kg/t PV
ST	5 kg/t PV
SV	70% ST
SST	70-80% ST
TKN	0,35 kg/t PV
% azoto ammoniacale	60%
P totale	0,1 kg/t PV

Alcuni parametri che caratterizzano le deiezioni suine.

Specie animali	Fosforo (kg/t p.v.)	Potassio (kg/t p.v.)	Rame (kg/t p.v.)	Zinco (kg/t p.v.)
Bovini da latte	33-42	93-138	0,1-0,3	0,6-0,3
Vitelloni	36-49	81-96	0,1-0,2	0,4-1,9
Vitelli carne bianca	60-85	54-124	0,1-0,2	1,4-2,7
Suini	46-60	89-114	0,5-1,6	1,2-2,0
Ovaiole in gabbia	99-134	99-198	0,2-0,8	2,2-2,8
Broiler	76-181	38-114	0,1-0,5	0,6-1,2

Caratteristiche chimiche di reflui di varie specie zootecniche allevate con diverse tipologie stabulative.

Tipo di allevamento	N escreto (kg/posto*a)			N al campo (kg/posto*a)			Emissioni N (%)		
	Murst	Gr. Interreg	ERM	Murst	Gr. Interreg	ERM	Murst	Gr. Interreg	ERM
BOVINI									
Vacche da latte (600 kg)	82	107,8	128	45	78	114	45	28	10
Rimonta vacche da latte (300kg)	37,3	50	65	25	35	58	33	30	10
Vacche nutrici	82	73	78	45	54,7	70	45	25	10
Bovini all'ingrasso (M e F) (Gallo)	43,2	55	63	29	38,5	57	33	30	10
Bovini all'ingrasso (Ristallo ISZ)		41			29			30	
Vitelli a carne bianca (140kg)		40			29,6				
SUINI									
Scrofe con suinetti fino a 25-35 kg		31,5	35		22,1	26,3	41	28	25
Grassi 35-160 kg (p.m. 100 kg)	18,98	13,2-13,9	13,5		9,5-10	10,1	41	28	25
AVICOLI									
Pollastre							45	30	30
Ovaiole	0,62	0,66	0,79	0,34	0,45	0,56	45	30	30
Broilers	0,29	0,34	0,51	0,16	0,24	0,36	45	30	30
Tacchini							45	30	30

Carichi di azoto prodotti da bovini, suini ed avicoli secondo diverse fonti europee.

I TRATTAMENTI E LA GESTIONE DEI REFLUI ZOOTECNICI

Da quanto fin qui esposto si evince chiaramente che il problema ambientale è destinato ad assumere nel futuro importanza crescente e sarà, sempre più, l'elemento condizionante le realizzazioni di nuovi insediamenti zootecnici o la ristrutturazione ed il potenziamento di quelli esistenti.

In questo quadro che vede, da un lato, l'esigenza di una sempre più attenta gestione del problema ambientale e, dall'altro, le necessità di contenere i costi gestionali, risulta di grande interesse per l'allevatore, l'adozione di trattamenti che riescano a far coniugare in modo corretto e conveniente le esigenze aziendali con quelle ambientali.

Lo stoccaggio

Il liquame è l'effluente d'allevamento non palabile costituito da una miscela di feci, urine e vari residui provenienti dai ricoveri. Ha necessità di essere opportunamente stoccato in relazione ad esigenze fondamentali:

- l'abbattimento della carica patogena;
- l'impossibilità di effettuare lo spandimento in certi periodi dell'anno per l'impraticabilità del terreno, la presenza di colture in stato avanzato di vegetazione o l'assenza, per un lungo periodo, di colture in grado di utilizzare l'azoto somministrato coi liquami.

In relazione a tali esigenze di carattere agronomico, organizzativo e igienico-sanitario, la legislazione vigente in Italia, nella disciplina specifica sull'utilizzazione dei liquami impone le seguenti regole:

- lo stoccaggio di liquami o acque di lavaggio destinati a utilizzazione agronomica deve essere effettuato in contenitori, la cui capacità complessiva rapportata alla potenzialità massima dell'allevamento e tenendo conto dell'ordinamento colturale, non può essere inferiore a 180 giorni, ad eccezione degli allevamenti bovini da latte per i quali è richiesto uno stoccaggio non inferiore a 120 giorni
- per gli allevamenti misti (bovini da latte e suini) nel caso in cui la rotazione colturale sia riferibile a quella degli allevamenti da latte, le vasche di stoccaggio devono avere una capacità non inferiore a 120 giorni;
- per i nuovi insediamenti e per quelli che necessitano di adeguamenti delle strutture di stoccaggio, deve essere previsto il frazionamento della

vasca di stoccaggio in almeno due sottobacini; - lo stoccaggio e la maturazione del letame deve avvenire su platea impermeabilizzata e munita di idoneo cordolo o cunetta di sgrondo su tre lati con altezza di metri 1 per il contenimento dei liquidi; la platea deve essere dimensionata per consentire un periodo di maturazione di almeno 90 giorni prima dell'impiego e la concimaia dovrà essere posta alla distanza di almeno 10 metri da fossi o corsi d'acqua.

La miscelazione

Il peso specifico delle frazioni solide sospese dei liquami è diverso; a ciò consegue, nella fase di stoccaggio, la stratificazione di una frazione densa di fondo, di una frazione intermedia chiarificata e di una frazione flottante, contenente solidi a basso peso specifico, che gradualmente si asciuga. A parte l'azoto ammoniacale e il potassio, che, essendo presenti in fase disciolta, sono uniformemente distribuiti nella massa, gli altri elementi della fertilità, in particolare il fosforo, seguono la disomogeneità di distribuzione dei solidi sospesi.



La miscelazione prima della distribuzione assicura una uniforme concimazione delle colture.

È opportuno intervenire con mezzi atti a contrastare tale tendenza alla stratificazione, al fine di ottenere un liquame di composizione uniforme per:

- facilitare il funzionamento di dispositivi di movimentazione, sia che si debbano trasferire i liquami tra contenitori di stoccaggio, sia che si debba procedere allo spandimento;
- favorire la distribuzione di liquami, soprattutto nel caso in cui si impieghino tubazioni di aduzione e mezzi dotati di ugelli di piccolo diametro;

- favorire lo svuotamento dei bacini nelle operazioni di spurgo;
- effettuare campionamenti rappresentativi dei liquami da sottoporre all'analisi chimica per determinarne il potere fertilizzante e calibrare le dosi di somministrazione;
- effettuare apporti omogenei di elementi della fertilità sulla superficie trattata con i liquami.

Per miscelazione e/o omogeneizzazione, s'intende una tecnica che, mediante l'impiego di apposite attrezzature e rispettando precise modalità operative, consente di ottenere un liquame di composizione uniforme. Nel caso di liquami tal quali sarebbe opportuno procedere periodicamente alla miscelazione durante tutto il periodo di stoccaggio. Si può ritenere adeguata una miscelazione effettuata per almeno 0.5-1 ora/settimana. Il consumo energetico risulta in tal modo assai modesto, 3-12 Wh/m³ di vasca alla settimana. È opportuno adottare per la miscelazione apposite attrezzature. La miscelazione mediante ricircolo con pompa di sollevamento o con immissione di aria in pressione o liquame da carbotte non risulta efficace se non in caso di bacini di dimensione inferiore a 200-300 m³. Le apparecchiature che permettono la maggiore elasticità di funzionamento e che meglio si adattano alle differenti geometrie e volumi dei bacini sono gli agitatori meccanici posizionati all'interno del bacino. La potenza installata richiesta ed i tempi di funzionamento dei miscelatori dipendono dal volume e dal contenuto di solidi sospesi nel liquame.

La separazione dei solidi

Nei liquami zootecnici sono presenti solidi sospesi, di varia granulometria che si possono ripartire, approssimativamente in particelle grossolane (dimensioni >0.1 mm) e in particelle fini (dimensioni <0.1 mm). L'applicazione delle tecniche di separazione consente di ottenere una frazione chiarificata ed una ispessita, di consistenza pastosa o palabile a seconda del dispositivo adottato, la cui gestione risulta, nella maggior parte delle situazioni aziendali, più razionale di quella del liquame tal quale. Sulla frazione chiarificata risultano infatti più agevoli:

- il pompaggio per l'uso fertilirriguo e per la rimozione idraulica delle deiezioni dai ricoveri;
- la miscelazione e la stabilizzazione, con riduzione delle potenze installate e, di conseguenza, dei consumi di energia elettrica, per le attrezzature di movimentazione (pompe, miscelatori) e di trattamento (aeratori);

- il convogliamento mediante tubazione e/o l'impiego di attrezzature per lo spandimento caratterizzate dalla presenza di ugelli di piccolo diametro.



Il separatore a compressione elicoidale garantisce un prodotto separato con un elevato tenore di S.T.

Anche la gestione agronomica dei liquami trae vantaggio dalla separazione in due frazioni a diverso contenuto di sostanza secca e di nutrienti. La frazione chiarificata può essere utilizzata nelle aree a minor distanza dai contenitori di stoccaggio: grazie alla riduzione del contenuto di azoto e fosforo ottenuta con la separazione, tale frazione può essere applicata con volumi superiori rispetto al liquame tal quale.



Il separatore a rulli pressori garantisce elevata produttività e bassi consumi energetici anche nei liquami ricchi di paglia.

Può inoltre essere destinata alle somministrazioni in copertura, sia perché la minore presenza di solidi in sospensione riduce sostanzialmente il fenomeno dell'imbrattamento fogliare, sia perché l'azoto è presente in prevalenza in forma minerale (azoto ammoniacale) ed è pertanto immediatamente disponibile per la nutrizione vegetale.

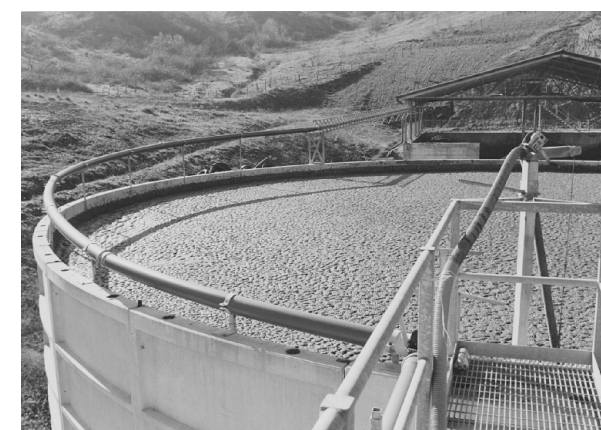
La frazione ispessita è caratterizzata, oltre che da una maggiore concentrazione di sostanza secca, di sostanza organica e di nutrienti, da una percentuale più elevata di azoto in forma organica e, quindi, a lento rilascio (tra il 65% e l'80% dell'azoto totale) rispetto al liquame tal quale. Grazie a tali caratteristiche si presta ad essere impiegata come ammendante prima delle lavorazioni principali dei terreni.

La separazione solido-liquido, oltre che per ottimizzare la gestione dei liquami in ambito aziendale, può avere una valenza positiva ai fini della compatibilità ambientale della zootecnia in aree ad elevata vulnerabilità.

La quota di nutrienti contenuta nella frazione solida può infatti essere trasferita a distanza, in aree non soggette a vincoli ambientali, con minori oneri rispetto alla movimentazione di liquami tal quali. Inoltre, nel caso di conferimento a terzi, tale frazione, opportunamente stabilizzata ed eventualmente valorizzata, risulta più facilmente richiesta.

La stabilizzazione

La stabilizzazione facilita il processo d'unificazione e comporta la mineralizzazione del contenuto di sostanza organica facilmente degradabile. Consentendo di raggiungere due obiettivi principali:



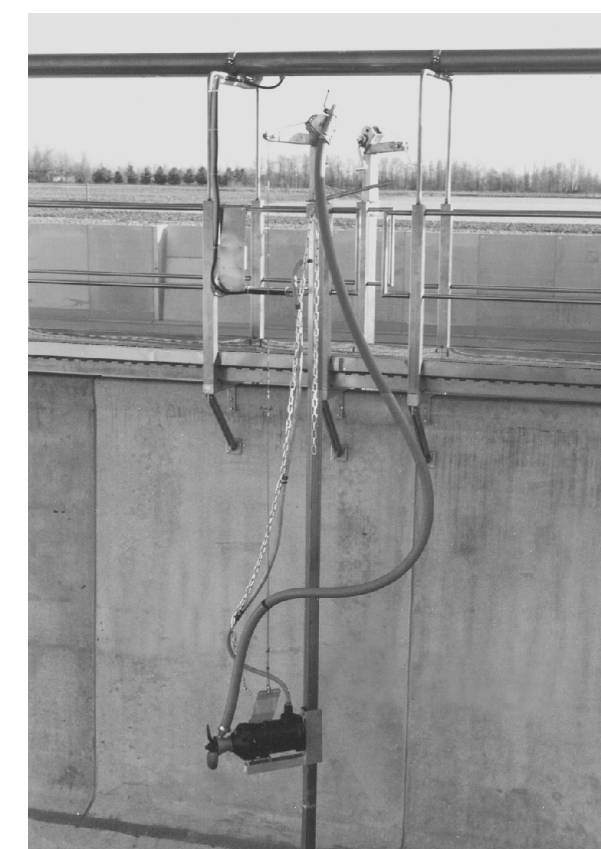
La stabilizzazione aerobica consente una buona fluidificazione e deodorizzazione del liquame.

- ridurre significativamente i processi putrefattivi a carico del materiale trattato, processi di decomposizione della sostanza organica, in genere anaerobici, che danno luogo alla formazione di composti maleodoranti;

- ridurre la concentrazione di microrganismi patogeni.

Il trattamento aerobico

L'insufflazione di aria nel liquame ha la funzione di favorire l'azione di batteri aerobici facoltativi che indirizzano la degradazione della sostanza organica verso la produzione di composti non maleodoranti. Per il controllo degli odori è sufficiente una parziale stabilizzazione che si ottiene instaurando nella massa dei liquami condizioni di ossigeno disciolto di poco superiori allo zero.



Il mixer-ossigenatore sommerso è l'apparecchiatura più adatta per i trattamenti aerobici di stabilizzazione.

Le macchine utilizzabili per il trattamento aerobico dei liquami zootecnici sono:

- aeratori superficiali;
- aeratori sommersi (a elica o eiettori);
- aeratori con eiettori verticali su circuito.

Tra queste attrezzature è importante scegliere quelle che:

- garantiscano un'ossigenazione più uniforme della massa alle diverse profondità (esigenza parti-

colarmente sentita per i liquami ad elevata sedimentabilità);

- limitino la formazione di aerosol;
- consentano di mantenere una temperatura dei liquami leggermente superiore a quella rilevata con gli aeratori di superficie.

Nella scelta e nel dimensionamento dei dispositivi di aerazione andranno presi in considerazione i seguenti fattori:

- caratteristiche dei liquami da ossigenare;
- caratteristiche dei bacini di aerazione;
- caratteristiche degli aeratori;
- potenza specifica.

Relativamente alle modalità di impiego degli aeratori le esperienze già maturate per i liquami zootecnici consigliano cicli di trattamento di 10-20 minuti all'ora sull'intero arco giornaliero, per un totale di 4-8 ore al giorno.

Tempi di trattamento prolungati sono richiesti per liquami nei quali si sono già attivati processi di degradazione anaerobica che sono all'origine dei cattivi odori; è quindi consigliabile, quando si deve ossigenare, ottimizzare e rendere più frequente la rimozione dei liquami dalle stalle, per impedirne il ristagno nelle fosse sottostanti il fessurato e/o nella rete fognaria. È consigliabile, inoltre, che il liquame, prima di qualsiasi trattamento di ossigenazione, sia sottoposto a separazione dei solidi sospesi.

La rimozione dei solidi grossolani mediante vagliatura consente una riduzione di circa il 20% della potenza richiesta per l'aerazione. La rimozione dei solidi fini mediante sedimentazione o con centrifuga e nastropressa aumenta ulteriormente l'efficienza dell'ossigenazione.

Il trattamento anaerobico

Il trattamento anaerobico in condizioni controllate porta alla degradazione della sostanza organica, alla stabilizzazione dei liquami e alla produzione di energia sotto forma di biogas, una miscela formata per il 60-70 % da metano e, per la quota restante, quasi esclusivamente da anidride carbonica. La digestione anaerobica del liquame non comporta riduzione significativa né del volume né del contenuto di azoto e fosforo. Un buon abbattimento degli odori, pressoché completo per quelli più sgradevoli, è ottenibile con impianti nei quali il processo di digestione anaerobica sia condotto in condizioni mesofile (30-35 °C) o termofile (50-55°C). Discreti risultati possono essere raggiunti anche con la digestione a temperature più basse, nell'intervallo 10-25°C, pur-



Il trattamento anaerobico può essere realizzato anche nei bacini esistenti grazie a speciali coperture galleggianti contrappesate ad acqua.

ché siano assicurati tempi adeguati di permanenza. L'abbattimento del carico organico carbonioso ottenibile in digestione anaerobica conferisce al liquame una sufficiente stabilità anche nei successivi periodi di stoccaggio: si ha un rallentamento dei processi degradativi e fermentativi con conseguente diminuzione nella produzione di composti maleodoranti.

La digestione anaerobica in mesofilia riduce solo in parte l'eventuale carica patogena presente nei liquami.

Operando in termofilia (oltre 55°C) è possibile, invece, ottenere l'effettiva igienizzazione del liquame. È da sottolineare però che il processo termofilo è più delicato rispetto a quello mesofilo, perché una diminuzione di temperatura, anche limitata, provoca l'instabilità del processo e la moria della flora batterica termofila. Tra i benefici della digestione anaerobica si riporta il miglioramento della qualità agronomica dei liquami. In questo senso può interpretarsi la trasformazione che si verifica nel processo dell'azoto che passa da organico a lento rilascio, in azoto ammoniacale prontamente disponibile per la nutrizione vegetale.

Tale modificazione può rappresentare un vantaggio per impieghi in presenza delle colture o in prossimità della semina; tuttavia può comportare perdite di maggiore entità per volatilizzazione nel corso dello spandimento ad accentuare il pericolo di percolazione di nitrati conseguenti a somministrazioni estive ed autunnali.

Non è poi apprezzabile il miglioramento della qualità della sostanza organica, in quanto la digestione anaerobica comporta principalmente mineralizzazione della frazione organica facilmente degradabile presente nei liquami.

Il trattamento anaerobico convenzionale (impianti mesofili ad alto carico) può essere convenientemente impiegato:

- nell'ambito del ciclo depurativo di reflui zootecnici, per la sola stabilizzazione dei fanghi primari e secondari di supero;
- per la stabilizzazione di liquami zootecnici tal quali, eventualmente sottoposti a trattamento preliminare di separazione dei solidi non biodegradabili, nell'ambito di singole realtà aziendali;
- previa un'accurata verifica dei bilanci energetici ed economici, per la stabilizzazione dei liquami in impianti interaziendali o consortili di potenzialità adeguata e che prevedano l'impiego ferririguo degli effluenti.

È consigliabile comunque che il liquame, prima di essere avviato al bacino coperto, sia sottoposto a un trattamento di vagliatura per rimuovere i solidi sospesi grossolani che potrebbero dar luogo a formazioni flottanti al di sotto della copertura, di ostacolo al buon funzionamento del sistema senza presenza di miscelatori.

Lo schema operativo più semplice consiste nel coprire, con un telo in materiale plastico, il bacino utilizzato per lo stoccaggio dei liquami zootecnici.

È questo uno schema che in genere comporta ampie superfici coperte e basse rese in termini di biogas recuperato per unità di superficie coperta.

Lo schema operativo più efficiente prevede la presenza di più bacini, dei quali il primo ha la funzione di sedimentatore/digestore, i successivi di stoccaggio.

La riduzione dell'azoto e del fosforo

I trattamenti precedentemente descritti comportano già delle riduzioni del contenuto di azoto dei liquami; escludendo la separazione, dove parte dell'azoto in forma organica si ritrova nella frazione solida, la vera e propria riduzione avviene per lo più per volatilizzazione della forma ammoniacale con conseguenti problemi per le emissioni in atmosfera.

Per realizzare una vera e propria riduzione è però necessario innescare un processo di "Nitrificazione-Denitrificazione", che comporta la liberazione di azoto gassoso in forma molecolare.

Un simile processo richiede la predisposizione di un impianto tecnologicamente adeguato e di sicuro interesse per le zone vulnerabili, in cui va controllato e ridotto da 340 a 170 kg/ettaro anno il carico



L'abbattimento dell'azoto tramite nitro-denitro è possibile grazie a particolari mixer sommergibili combinati con soffianti.

di azoto.

La depurazione biologica

La depurazione biologica dei liquami potrebbe apparire dal punto di vista ambientale la soluzione più interessante per un allevamento ubicato in area vulnerabile, portando alla riduzione del 80-85% dell'azoto prodotto dagli animali. Nella realtà la sostenibilità tecnica ed economica di questo trattamento è limitata a specifiche e particolari realtà aziendali.

Anzitutto, trattandosi di processo biologico, non è di facile gestione, soprattutto nel periodo invernale, in cui maggiori risultano i problemi legati all'abbattimento dell'azoto e ancor più quando ci si trovi a



Il trattamento depurativo può essere utilizzato per la riduzione parziale dell'azoto nelle zone vulnerabili.

dover operare con liquami ad elevato contenuto di sostanza secca.

Considerato, poi, che la normativa vigente pone solo dei limiti sulla qualità degli scarichi e non sulla quantità degli inquinanti scaricati, la depurazione di liquami con più del 4% di sostanza secca (livelli spesso superati nei nostri allevamenti) appare proibitiva, imponendo la realizzazione di impianti molto complessi, e conseguentemente costosi, e costi di gestione fuori dal campo della sostenibilità economica. La depurazione viene pertanto vista finora come estremo rimedio cui ricorrere per un allevamento in aree con carico zootecnico molto elevato, con terreni insufficienti o situati a notevole distanza dal centro aziendale, non solo con impianti a scala consortile, ma anche a scala aziendale.

Il compostaggio dei solidi

Il compostaggio è un processo controllato di decomposizione ossidativa della sostanza organica operato da microrganismi aerobi; rispetto ai processi naturali conosciuti che portano ad esempio alla formazione di letame e lettiera di bosco. È caratterizzato da una maggiore velocità di trasformazione e da una notevole produzione di calore che assicura la distruzione dei germi patogeni e dei semi delle erbe infestanti eventualmente presenti,



Il trattamento di compostaggio in platea richiede l'uso di speciali carri trituratori andanatori.

garantendo un sufficiente grado di igienizzazione del prodotto.

Il prodotto ottenuto (compost) ha un elevato valore agronomico, soprattutto se confrontato con i reflui zootecnici tal quali:

- con il compostaggio si ottiene infatti un prodotto caratterizzato da un contenuto di sostanza secca del 60-70%, stabilizzato e non maleodorante,

te, ciò implica una riduzione in peso (il peso del prodotto finale rappresenta il 25-30% di quello iniziale), un minor volume occupato, una più omogenea struttura fisica, una gestione semplificata e agevole (è stoccabile in cumulo e convenientemente trasportabile a distanza);

- la sostanza organica presente è stabilizzata e parzialmente umificata; risulta, quindi, convenientemente impiegabile in pieno campo, anche a diretto contatto con le radici, per migliorare



Gli impianti fissi di compostaggio consentono di ridurre considerevolmente i tempi del processo.

rare il tenore di sostanza organica dei terreni e quindi la loro fertilità;

- fornisce le migliori garanzie di igienizzazione, grazie alle elevate temperature che si raggiungono nel corso del processo;
- pur essendo ammendante, in funzione del materiale di partenza (refluo bovino, suino o avicolo), può apportare una discreta quantità di nutrienti;
- grazie alle caratteristiche fisico-chimiche che gli sono proprie, trova impiego come substrato di coltivazione nel settore ortoflorovivaistico e anche in settori extragricoli, nel recupero di aree degradate, nella realizzazione di manti erbosi, quali parchi, campi sportivi, ecc.

Per tali caratteristiche può trovare una collocazione all'esterno dell'area di produzione del refluo zootecnico e rappresentare pertanto una soluzione quando si verifichi una situazione di eccedenza di liquami rispetto alla possibilità di utilizzazione agronomica in prossimità dell'allevamento.

Il compostaggio può essere applicato:

- a deiezioni tal quali solo se il contenuto di so-

stanza secca è superiore al 20-25% (pollina di ovaiole);

- a deiezioni miste a lettiera;
- a frazioni solide ottenute con dispositivi atti ad assicurare i valori di secco opportuni (almeno il 25%).

Tra le soluzioni d'impiantistica attualmente disponibili, le più idonee per una conveniente applicazione su scala aziendale o interaziendale sono:

- impianti semplificati per la trasformazione in cumulo, di tipo aperto. Sono utilizzabili per le frazioni solide di reflui suini, per miscele di deiezioni bovine con residui organici, per miscele di fanghi di depurazione di liquami zootecnici con residui vegetali, per polline preessiccate. Sono costituiti da una platea impermeabilizzata, correttamente dimensionata, attrezzata per il convogliamento e la raccolta dei percolati da riciclare sul materiale (in fase di attiva trasformazione). La platea ospita tanto la fase attiva del processo, durante la quale si facilita l'areeggiamento mediante periodici rivoltamenti, quanto la fase di maturazione. Lo stoccaggio dei compost prodotti prima dell'utilizzazione agronomica potrà prevedere ulteriori superfici di platea;
- reattori chiusi. Sono preferibili per il trattamento

di residui che liberano elevata quantità di ammoniaca e nei casi in cui risulta necessario ridurre drasticamente le emissioni ammoniacali, in quanto l'aria esausta può essere avviata a scrubber chimici o biologici.

Lo spandimento

Alla luce delle attuali esigenze di tutela ambientale, occorre ripensare i sistemi di produzione agraria,



Il liquame opportunamente trattato e stabilizzato può essere distribuito anche su colture in atto.



Il distributore-ripartitore di portata garantisce una elevata uniformità di prodotti distribuiti.

analizzando le singole tecniche colturali per verificare la compatibilità ambientale.

Si tratta, quindi di razionalizzare il processo produttivo, evidenziandone i punti deboli e studiando le strategie di intervento per migliorare la produttività globale del sistema e contenere l'impatto ambientale entro limiti accettabili.

Poiché tra le tecniche agronomiche la concimazione è quella che maggiormente incide sulle rese e sui redditi, è opportuna una verifica approfondita delle modalità con le quali è oggi attuata, dato che le situazioni di irrazionale conduzione sono ancora molto frequenti.

Nei sistemi agrari costituiti da un allevamento zootecnico in connessione anche soltanto residuale con una serie di colture avvicendate o perenni, gli effluenti zootecnici possono essere considerati sia come sottoprodotto dell'allevamento, sia come fattore di produzione vegetale. I due aspetti trovano un'adeguata composizione qualora la disponibilità di terreni sui quali distribuire i liquami risulti commisurata al carico di sostanze fertilizzanti contenute negli effluenti dell'allevamento. È evidente che, man mano che la struttura dell'azienda zootecnica

diviene sempre più intensiva, i materiali organici residuati dell'allevamento acquistano sempre più il carattere di rifiuto da smaltire piuttosto che di sottoprodotto da utilizzare convenientemente. È in queste realtà produttive che si fanno più probabili i rilasci di nutrienti nell'ambiente e che, quindi, va curata in modo particolare l'utilizzazione agronomica degli effluenti. In Italia il carico massimo di azoto dei reflui zootecnici applicabile ai suoli adibiti all'uso agricolo è il seguente:

- per le aree non vulnerabili 340 kg di Azoto totale per ettaro e per anno
- per le aree vulnerabili 170 kg di Azoto totale per ettaro e per anno elevabili a 210 kg per i primi quattro anni di applicazione del regolamento

Da ciò si capisce che le tecniche di spandimento dovranno in ogni caso assicurare un'elevata utilizzazione degli elementi nutritivi, l'uniformità di applicazione dell'effluente e il contenimento della diffusione di aerosol verso aree non interessate da attività agricola, comprese le abitazioni isolate e le vie di traffico veicolare pubbliche.

Da molti anni ormai è avviato lo sviluppo di sistemi di produzione di energia elettrica basati sullo sfruttamento di fonti energetiche rinnovabili. Il biogas è una di queste fonti energetiche. Grazie alle nuove normative in materia di autoproduzione, al riconoscimento del valore ambientale dell'energia elettrica da fonti rinnovabili e ad una tecnologia ormai collaudata, è oggi possibile produrre biogas per la cogenerazione di calore ed elettricità a condizioni vantaggiose.



La cofermentazione di liquami zootecnici e di biomasse di origine vegetale ottimizza la produttività degli impianti.

IL PROCESSO BIOLOGICO DI DIGESTIONE ANAEROBICA

La digestione anaerobica è un processo biologico complesso, per mezzo del quale, in assenza di ossigeno, la sostanza organica viene trasformata in biogas (o gas biologico), costituito principalmente da metano e anidride carbonica. La percentuale di metano nel biogas varia a seconda del tipo di sostanza organica digerita e delle condizioni di processo, da un minimo del 50% fino all'80% circa. Affinché il processo abbia luogo è necessaria l'azione di diversi gruppi di microrganismi, in grado di trasformare la sostanza organica in composti intermedi, principalmente acido acetico, anidride carbonica ed idrogeno, utilizzabili dai microrganismi metanigeni che concludono il processo producendo il metano.

I microrganismi anaerobi presentano basse velocità di crescita e basse velocità di reazione e quindi occorre mantenere ottimali, per quanto possibile, le condizioni dell'ambiente di reazione. Nonostante questi accorgimenti, i tempi di processo sono relativamente lunghi se confrontati con quelli di altri processi biologici; tuttavia il vantaggio del processo è che la materia organica complessa viene convertita in metano e anidride carbonica e quindi porta alla produzione finale di una fonte rinnovabile di energia, sotto forma di un gas combustibile ad elevato potere calorifico.

L'ambiente di reazione, definito solitamente digestore (o reattore anaerobico), per permettere la crescita contemporanea di tutti i microrganismi coinvolti, dovrà risultare da un compromesso tra le esigenze dei singoli gruppi microbici. Il pH ottimale, ad esempio, è intorno a 7/7.5. La temperatura ottimale di processo è intorno ai 35°C, se si opera con batteri mesofili, o intorno a 55°C, se si utilizzano batteri termofili.

Partecipano al processo i seguenti gruppi di batteri:

- batteri idrolitici, che spezzano le macromolecole biodegradabili in sostanze più semplici;
- batteri acidogeni, che utilizzano come substrato i composti organici semplici liberati dai batteri idrolitici e producono acidi organici a catena corta, che a loro volta rappresentano il substrato per i gruppi batterici successivi;
- batteri acetogeni, produttori obbligati di idrogeno (OPHA: Obbligate Hydrogen Producing Acetogens), che utilizzano come substrato i prodot-

- ti dei batteri acidogeni dando luogo ad acetato, idrogeno ed anidride carbonica;
- batteri omoacetogeni che sintetizzano acetato partendo da anidride carbonica e idrogeno;
 - batteri metanigeni, distinti in due gruppi:
 - a) quelli che producono metano ed anidride carbonica da acido acetico, detti acetoclastici;
 - b) quelli che producono metano partendo da anidride carbonica e idrogeno, detti idrogenotrofi.

Mentre il metano viene liberato quasi completamente in fase di gas vista la sua scarsa solubilità in acqua, l'anidride carbonica partecipa all'equilibrio dei carbonati presenti nella biomassa in reazione. Le interazioni tra le diverse specie batteriche sono molto strette ed i prodotti del metabolismo di alcune specie possono essere utilizzati da altre specie come substrato o come fattori di crescita.

INFLUENZA DELLA QUALITÀ DEL LIQUAME DA TRATTARE SULLE RESE IN BIOGAS

La biodegradabilità complessiva dei liquami analizzata a livello della vasca di raccolta delle fognature può variare alquanto, tra il 60 e l'80%, in funzione sia dell'età del liquame che del tipo di alimentazione. Una ulteriore classificazione delle frazioni biodegradabili, permette di distinguere all'interno della frazione solubile tra una frazione disciolta prontamente biodegradabile (circa 20% dei SSV) ed una più lentamente biodegradabile, e all'interno della frazione sospesa tra una frazione sospesa facilmente idrolizzabile ed una lentamente idroliz-



L'alimentazione del digestore con liquame fresco garantisce la massima produttività all'impianto.

Stima delle quantità di biogas producibili con la fermentazione anaerobica a partire da diversi materiali residuali organici			
Tipo di materiale	Contenuto di s.s. (%)	Sost. Organica (% s.s.)	Resa di biogas m³/t sost. organica
Allevamenti			
liquame bovino	6-11	68-85	200-260
letame bovino	11-25	65-85	200-300
liquame suino	2,5-9,7	60-85	260-450
letame suino	20-25	75-90	450
liquame avicolo	10-29	75-77	200-400
letame avicolo	32,0-32,5	70-80	400
letame ovino	25-30	80	240-500
letame equino	28	75	200-400
Agricoltura			
insilato di mais	34	86	350-390
insilato d'erba	26-82	67-98	300-500
fieno	86-93	83-93	500
trifoglio	20	80	300-500
paglia	85-90	85-89	180-600
stocchi di mais	86	72	300-700
Agro-industria			
scarti distillaz. Mele	2,0-3,7	94-95	330
melasse	80	95	300
siero	4,3-6,5	80-92	330

Dall'applicazione dei valori riportati nella tabella precedente si possono, a livello esemplificativo, calcolare le seguenti rese in biogas ed energia in cogenerazione riferite ai valori medi per unità di prodotto:

Prodotto	Volume (m³)	Peso (t)	Biogas (m³)	Energia Elettrica (Kwh)	Energia Termica (Kwh)
liquame bovino	1	1	15	27	54
letame bovino	1	0,3	10,1	18	36
liquame suino	1	1	15,6	28	56
letame suino	1	0,3	23,5	42	84,6
liquame avicolo	1	1	44,5	80	160
letame avicolo	1	0,3	29,3	52	105
letame ovino	1	0,3	21,1	38	76
letame equino	1	0,3	18,9	34	68
insilato di mais	1	0,625	67,6	121	243
insilato d'erba	1	0,5	89	160	320
fieno	1	0,35	137,8	248	496
trifoglio	1	0,3	64	115	230
paglia	1	0,04	12	21	43
stocchi di mais	1	0,4	123,8	222	445
scarti mele	1	0,3	2,6	4,6	9,4
melasse	1	0,3	68,4	123	246
siero	1	1	15,3	28	56
scarti vegetali	1	0,4	14,5	26	52
buccetta di pomodori	1	0,4	29,8	53,6	107
scarti frantoi	1	0,5	357	642,6	1285
pastazzo di agrumi	1	0,3	36,8	65,8	131,7

zabile. I dati ricavati da prove di laboratorio a lungo termine, in condizioni normali del reattore anaerobico, con tempi di permanenza idraulica limitati, raggiungono livelli di trasformazione della sostanza organica in gas biologico variabili tra il 70 e il 90% della biodegradabilità massima in funzione dello stato del liquame. Bassi livelli di trasformazione in biogas possono essere imputabili a basse temperature, a tempi di ritenzione idraulica troppo corti (o a carichi organici troppo elevati) in funzione della temperatura di processo, a cattivi comportamenti idrodinamici del reattore con formazione di zone morte e flussi di by-pass tra entrata e uscita o alla presenza di sostanze inibenti o antibiotiche in elevate concentrazioni. Una ulteriore riduzione del 12.5% circa della sostanza organica trasformabile in biogas deriva dalle operazioni di pretrattamento dei liquami (vagliatura) necessarie per rimuovere i solidi più grossolani che possono provocare problemi di croste superficiali nei reattori non miscelati. Al fine poi di calcolare la resa in biogas, bisogna ricorrere all'analisi stechiometrica, da cui si ottiene

che per ogni g di COD distrutto si producono 0.35l di metano in condizioni standard (volume calcolato a 0°C e a pressione di 1 atmosfera assoluta). In realtà questo valore va corretto in quanto una frazione mediamente valutabile nel 5% del COD distrutto è utilizzato per la crescita cellulare della biomassa anaerobica responsabile del processo. Il fattore di conversione si abbassa pertanto a 0.33. Dato che il biogas è di solito misurato a temperatura e pressione diversa dalle condizioni standard, questo valore andrà moltiplicato per un fattore uguale a $(273 + T)/273$ ove T è la temperatura di misura in °C, e diviso per un fattore $(10.33 + P)/10.33$ ove P è la pressione di misura in mm di colonna d'acqua (il procedimento inverso andrà fatto se si vuole riportare una misura in condizioni di reattore ad una misura in condizioni standard). Spesso però come indicato in precedenza si stimano le rese di produzione di biogas con parametri più facilmente determinabili a livello zootecnico, e comunque correlati al COD, come la sostanza organica presente nei liquami.

PERCHÈ EFFETTUARE IL TRATTAMENTO ANAEROBICO DEI LIQUAMI

In un contesto di estrema e continua necessità energetica e di elevato rischio ambientale il trattamento anaerobico con recupero del biogas prodotto risulta oggi un sistema di grande interesse, in grado di offrire molteplici vantaggi:

1) Produzione di energia: il trattamento anaero-



L'utilizzo del biogas per l'alimentazione di cogeneratori assicura la disponibilità contemporanea di energia elettrica ed energia termica.

bico in condizioni controllate porta alla degradazione della sostanza organica e alla produzione di biogas. La cogenerazione di energia elettrica e calore mediante combustione del biogas risulta economicamente vantaggiosa sia per autoconsumo aziendale, sia per una cessione a terzi, incentivata dalle recenti normative sulla produzione di energia da fonti rinnovabili.

2) Abbattimento odori ed emissioni inquinanti (NH_3 e CH_4): le sostanze maleodoranti che eventualmente si formano durante il processo (acido solfidrico, mercaptani, ammoniaca) ven-



Lo stoccaggio del refluo stabilizzato anaerobicamente non pone particolari problemi relativamente alle diffusioni degli odori.

gono avviate con il biogas alla combustione.

3) Stabilizzazione dei liquami: l'abbattimento del carico organico carbonioso ottenibile in digestione anaerobica conferisce al liquame una sufficiente stabilità anche nei successivi periodi di stoccaggio; si ha un rallentamento dei processi degradativi e fermentativi con conseguente diminuzione nella produzione di com-



Un digestore anaerobico con cupola gasometrica in tessuto elastico EPDM.

posti maleodoranti.

4) Riduzione della carica patogena: la digestione anaerobica in mesofilia può ridurre parzialmente la eventuale carica patogena presente nei liquami. Operando in termofilia è possibile, invece, ottenere la completa igienizzazione del liquame



Una cupola gasometrica pressostatica realizzata con tessuto di fibre poliesteri spalmato PVC.

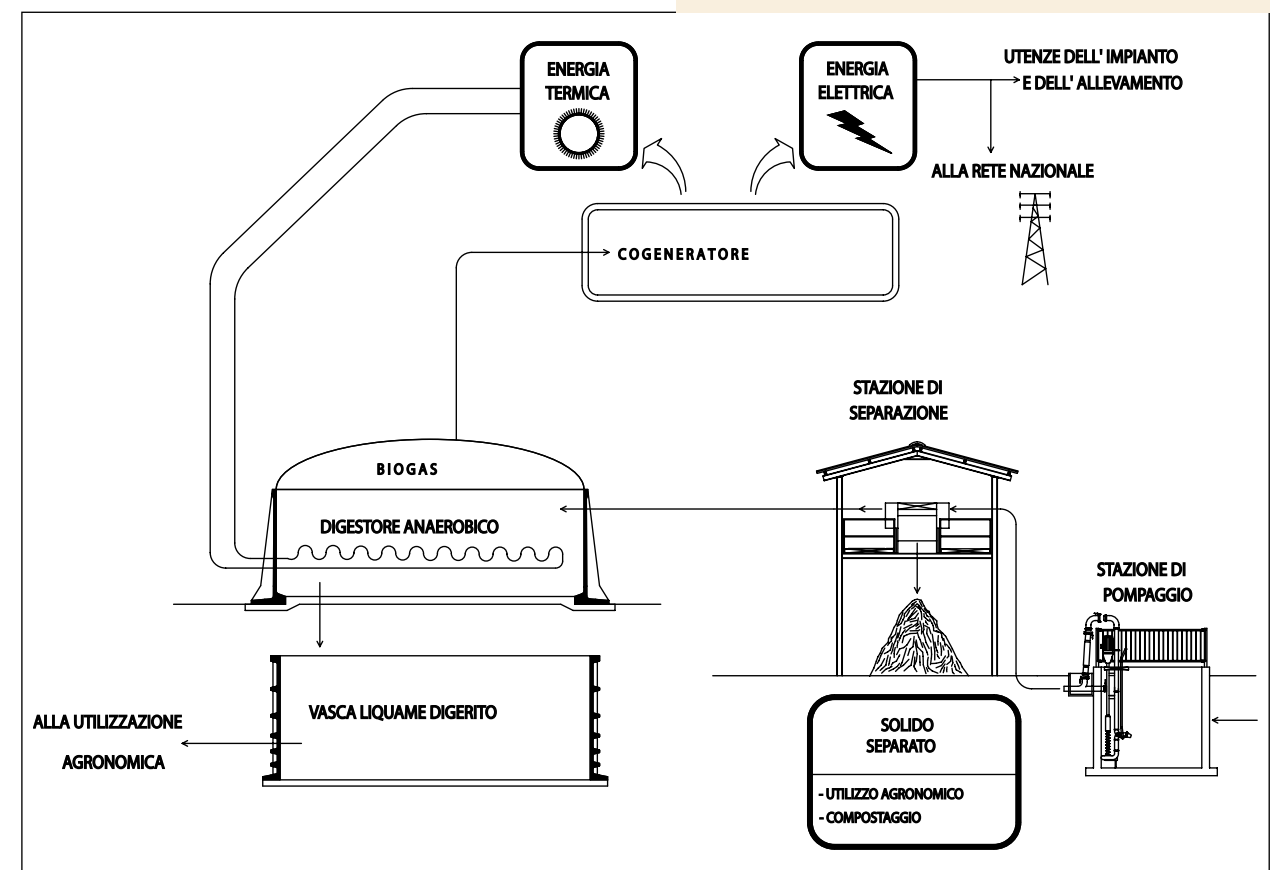
con la completa distruzione dei patogeni.

In sintesi si può affermare che gli impianti per il recupero del biogas forniscono alla collettività migliori condizioni igienico-sanitarie, grazie all'abbattimento degli odori e della carica batterica dei liquami sparsi sui terreni; consentono l'utilizzo di una fonte energetica rinnovabile per la produzione di energia termica ed elettrica e si inseriscono ottimamente in vari contesti paesaggistici garantendo un impatto ambientale praticamente nullo.

TIPOLOGIE E FUNZIONAMENTO DEGLI IMPIANTI DI BIOGAS

Gli impianti di Biogas di uso e applicazione più frequenti sono assimilabili a 3 distinte tipologie, aventi ciascuna peculiarità particolari e per questo adatte ciascuna a specifiche e differenti realtà aziendali:

1) Impianto a canale tipo plug-flow o flusso a pistone



L'impianto "plug-flow" è caratterizzato dalla massima semplicità realizzativa.



Un digestore "plug-flow" fuori terra con coibentazione esterna a cappotto per mantenere ottimale la temperatura di processo.

Caratteristiche principali: questo processo di digestione anaerobica può essere validamente utilizzato sia nel trattamento dei liquami zootecnici, sia nella stabilizzazione dei fanghi ottenuti dalla flottazione di reflui agro-zootecnici. Nel caso di utilizzo per liquami zootecnici, richiede una preventiva separazione dei solidi grossolani, non tecnicamente biodegradabili in tempi tecnici ragionevoli, utilizzando nel processo anaerobico solo la frazione liquida delle deiezioni. Il digestore pertanto è assolutamente privo di organi di miscelazione interni e si deve prediligere la conformazione a canale.



In presenza di impianti di grosse dimensioni è possibile realizzare il digestore a doppio canale.

Nel caso dei fanghi di flottazione non si avrà separazione delle fasi nel digestore. Nel caso dei reflui zootecnici tal quali l'effetto di separazione dei solidi sedimentabili rispetto alla frazione liquida del liquame, dovuto alla mancanza di agitazione nel digestore, provocherà un vantaggioso effetto di aumento dei tempi di ritenzione della frazione solida rispetto alla frazione liquida. Tale fenomeno, infatti,

consentirà di allontanare più velocemente dal digestore la frazione liquida, che contiene le sostanze prontamente disponibili per la digestione e di trattenere all'interno del digestore le molecole più complesse per un tempo superiore, consentendo ai batteri di demolirle e renderle comunque disponibili per la trasformazione in biogas. I solidi comunque raggiungeranno la sezione di uscita del digestore sfruttando l'effetto combinato dei moti di risalita provocati dal biogas e dalla presenza della serpentina di riscaldamento posizionata in prossimità del fondo del digestore, con il moto di avanzamento provocato dal posizionamento, nella sezione iniziale e finale del digestore, delle tubazioni di immissione e scarico del liquame fresco e dige-



L'interramento del digestore, quando possibile, ne consente un più agevole controllo.

rito.

A chi è adatto: sostanzialmente ad allevamenti di medie e grandi dimensioni che intendono produrre energia con lo scopo di utilizzarla quasi totalmente per i fabbisogni diretti e solo in caso di eventuale surplus cederla al gestore di rete.

Inoltre a chi in generale è costretto in modo sensibile alla riduzione dell'impatto ambientale indotto dalla propria attività zootecnica, attraverso la flottazione e depurazione biologica degli scarichi da destinare allo sversamento in corpi idrici superficiali.

Fasi del processo: al fine di ottenere la maggiore produzione possibile di biogas, è fondamentale che i liquami prodotti arrivino "freschi" al digestore; per questo si dovranno adottare tutti gli accorgimenti più opportuni per evacuare dai ricoveri zootecnici il più velocemente possibile i liquami prodotti in allevamento.



La disponibilità sul digestore di un notevole volume per lo stoccaggio del gas ne assicura un più razionale e completo utilizzo.

Il liquame prodotto viene convogliato ad una prevasca di raccolta e quindi trasferito, tramite opportuna stazione di pompaggio, al trattamento di separazione.

Il trattamento di separazione meccanica delle frazioni liquide dai solidi grossolani è quasi sempre necessario e serve per eliminare dal liquame le parti non biodegradabili nei tempi tecnici di digestione previsti, quali ad esempio i residui vegetali ed il pelo, che tendono ad affiorare per effetto della risalita del biogas ed a formare sulla superficie del liquame una crosta di materiale cellulosico intrecciato, che occupa volume utile e può provocare a lungo andare intasamenti del digestore.

La frazione solida separata a monte del digestore potrà essere compostata o accumulata e portata come ammendante sui terreni agricoli, mentre la frazione liquida, ricca di sostanze organiche, alimenterà il digestore, di norma a sezione trasversale rettangolare, a uno o più canali paralleli. La digestione anaerobica dei liquami è ottenuta all'interno di un apposito digestore mediante l'attività di batteri capaci di frantumare le molecole complesse con la formazione di metano, anidride carbonica, acqua e idrogeno solforato.

Le suddette attività biologiche sono condizionate da vari fattori quali: il pH, la temperatura ed il tempo di permanenza del liquame nel digestore.

Al diminuire della temperatura di digestione in particolare è necessario garantire un tempo di permanenza (HRT) del liquame nel digestore più elevato. Pertanto, in condizioni psicrofile, è opportuno prevedere un HRT di almeno 60 giorni, mentre in condizioni mesofile è possibile garantire un HRT di soli 18-20 giorni. Rispettando queste condizioni, le rese energetiche dell'impianto raggiungono ottimi risultati in qualsiasi stagione.

Per operare in condizioni termicamente controllate le pareti del digestore devono essere opportunamente isolate e l'interno del digestore è riscaldato e mantenuto ad alla temperatura di processo da uno scambiatore di calore posto in prossimità del fondo, realizzato con tubazioni in acciaio inossidabile nelle quali è fatta circolare acqua calda prodotta dalla combustione del biogas in cogenerazione. Il biogas prodotto è raccolto direttamente nella parte superiore del digestore mediante una copertura a cupola gasometrica ed eventualmente altre co-



Particolare interno di un digestore "plug-flow" con serpentina di fondo per il riscaldamento.



La distribuzione uniforme della serpentina per la circolazione dell'acqua calda assicura il riscaldamento omogeneo della massa.



Valvola di sicurezza a guardia idraulica, per evitare sovrappressioni nel gasometro.



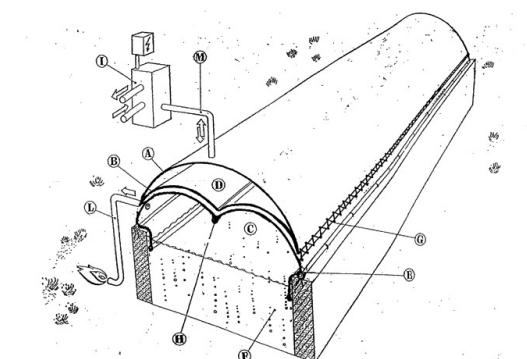
Speciali valvole tarate per la regolazione della pressione di lavoro della camera di compensazione.



Centralina di controllo e regolazione del sistema gasometrico pressurizzato ad aria.

perture raccogligas a cupola presso statica. La cupola gasometrica ha forma di semicilindro o calotta sferica ed è realizzata con tre membrane sovrapposte in tessuto di fibre poliesteri spalmato PVC e saldato con sistema elettronico ad alta fre-

quenza. La membrana più interna ha il compito di racchiudere il biogas in una camera a contatto con il liquame, quella intermedia è in contatto con l'esterno lungo i bordi laterali ed evita che il biogas possa eventualmente miscelarsi con l'aria contenuta nel volume racchiuso tra la membrana intermedia e quella più esterna, che rimane sempre gonfia. La camera dell'aria è mantenuta in pressione da una centralina di controllo e da valvole che, aggiungendo o sfogando aria, mantengono il biogas sempre alla pressione di 200 mm H₂O, indipendentemente dalla quantità di biogas contenuto. In tal modo l'alimentazione dei bruciatori è regolare e la membrana esterna è sempre tesa, con gli immagi-



Schema di cupola gasometrica pressostatica "Enea-Agrisilos" con stoccaggio del biogas e sovrastante camera di compensazione ad aria.

nabili benefici nei confronti di vento, acqua o neve.

Il sistema di copertura a membrana pressostatica conferisce inoltre i seguenti vantaggi:

- evita la costruzione separata di un gasometro;
- semplifica la manutenzione del digestore, essendo facilmente rimovibile;
- assicura un elevato grado di coibentazione della sommità del digestore;
- è adattabile a vasche esistenti;
- consente di immagazzinare il biogas già alla pressione di utilizzo dei bruciatori, evitando l'installazione di compressori per il gas;
- è resistente a neve e vento;
- rende possibile una gestione più flessibile degli utilizzatori di biogas grazie all'elevato volume racchiuso;
- favorisce infine la deumidificazione del gas contenuto, soprattutto nei mesi più freddi, mediante la condensa dell'acqua a contatto della

parete della cupola.

Attraverso una apposita condotta collegata con la copertura raccogligas del digestore, il gas prodotto e recuperato è avviato ad un impianto di cogene-



Cogeneratori in batteria dotati di cofano di insonorizzazione.



Cogeneratori dotati di quadro di controllo a "bordo macchina".

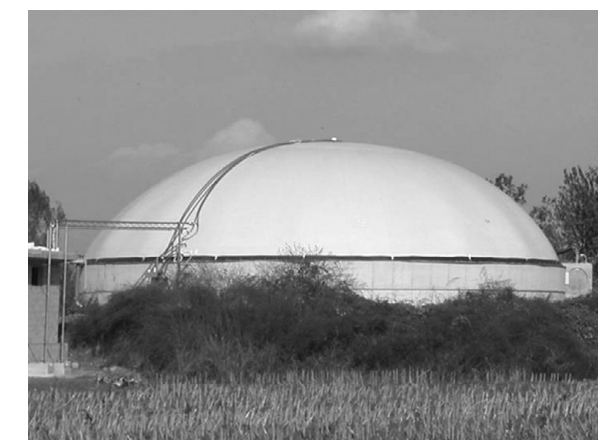
razione, che bruciando il biogas produce energia elettrica e calore. Parte del calore prodotto viene recuperato ed utilizzato per termostatare e mantenere in temperatura il digestore. Infine il liquame in uscita dal digestore, ormai stabilizzato e deodorizzato, sarà accumulato in uno o più bacini di stoccaggio in attesa dell'utilizzazione agronomica.



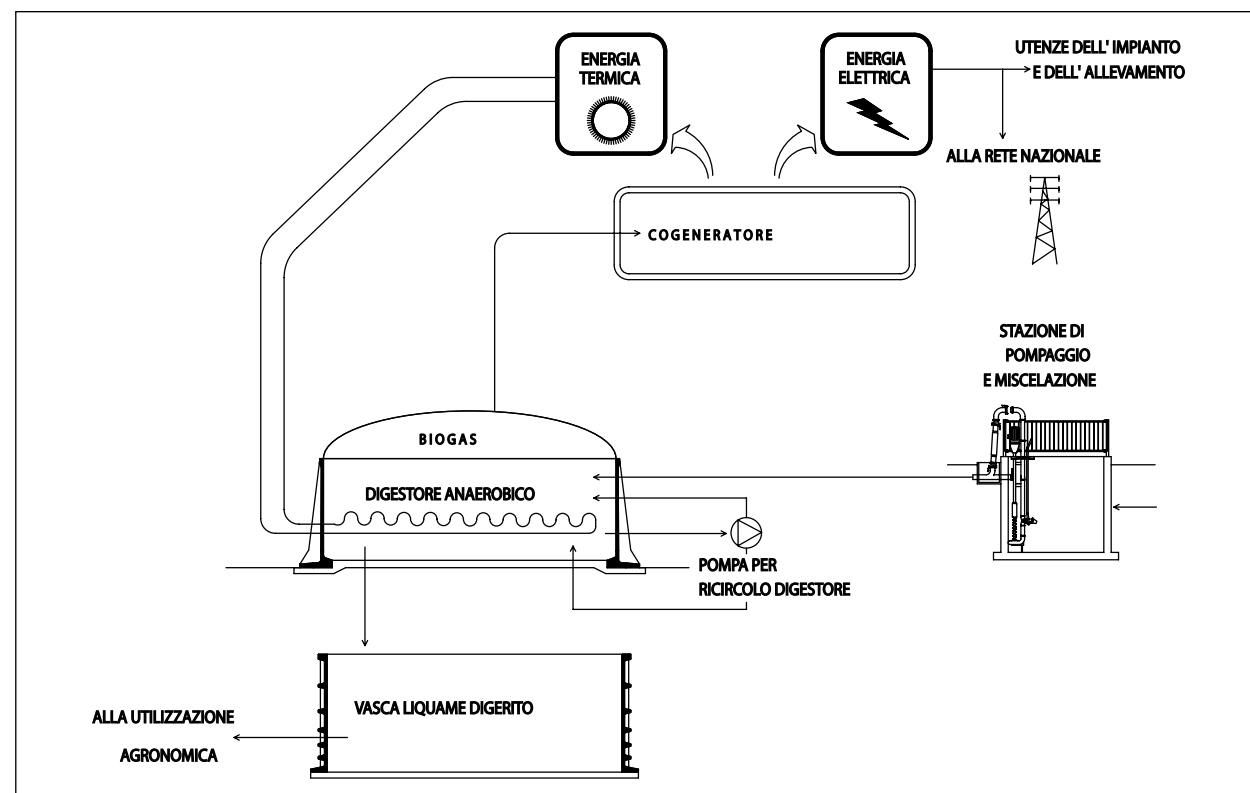
Digestore monostadio up-flow con cupola gasometrica pressostatica.

2) Impianto cilindrico tipo up-flow miscelato

Caratteristiche principali: questo processo di digestione anaerobica utilizza le deiezioni tal quali (frazione liquida + frazione solida), pertanto il digestore, che in questa tipologia di impianto è di forma



Il corretto controllo della pressione della cupola gasometrica assicura la stabilità al vento.



Schema impianto up-flow.

cilindrica, sarà dotato di impianto di miscelazione ad elica, di pompa di ricircolo esterna temporizzata e sistema di bocchette di fondo per ottenere la movimentazione del liquame e l'effetto up-flow e rompicrosta. Il digestore sarà alimentato giornalmente con liquame fresco, mentre il liquame digerito uscirà dopo un tempo medio di permanenza nella vasca di circa 20/25 giorni.



L'interramento del digestore può, entro certi limiti, sostituire la coibentazione.

A chi è adatto: ad allevamenti che vogliono gestire i liquami come unico prodotto omogeneo e trarre il maggiore rendimento in termini energetici e quindi economici; poiché grazie al mantenimento di tutta la frazione solida presente nelle deiezioni si incrementa la produzione di biogas.

È consigliabile anche ad allevamenti di modeste dimensioni, ma che hanno disponibilità nel tempo di biomasse da aggiungere e digerire assieme alle deiezioni.

Restano anche per questo impianto validi i notevoli vantaggi ambientali, ma si deve ricordare che: il liquame non separato deve essere gestito con idonee macchine nelle fasi di pompaggio; il digestore necessita di maggiori componenti elettromeccanici; l'impianto ha un'autoconsumo elettrico più elevato e l'eventuale aggiunta di sostanze contenenti azoto porta alla necessità di avere più terreno per il bilancio aziendale previsto dal piano di utilizzazione agronomica.

Fasi del processo: al fine di ottenere la maggiore produzione possibile di biogas, anche in questo caso è fondamentale che i liquami prodotti arrivino "freschi" al digestore; per questo si dovranno adottare tutti gli accorgimenti più opportuni per evacua-

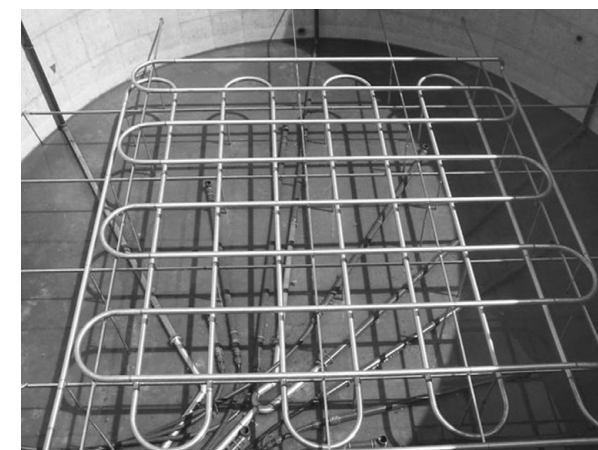


In presenza di modesti tenori di sostanza secca è possibile miscelare il digestore tramite il ricircolo della massa.



Sistemi di trattamento del biogas e smaltimento dell'energia termica in esubero.

re dai ricoveri zootecnici il più velocemente possibile i liquami prodotti in allevamento. Il liquame prodotto è convogliato ad una prevasca di raccolta, equalizzazione, miscelazione e sollevamento, provvista di mixer e pompa tritratrice, dove può essere aggiunta in dosi prestabilite una moderata quantità di biomassa per ottenere una miscela pompabile, con un contenuto di solidi non



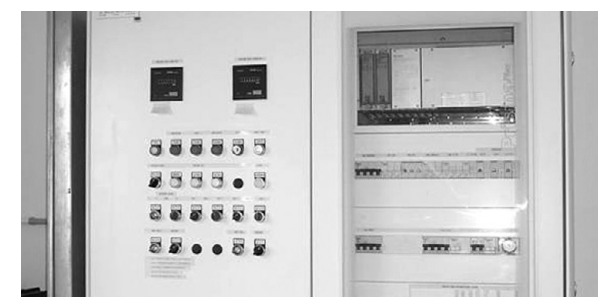
Lo sviluppo della serpentina per il riscaldamento della massa va dimensionato sulla base delle specifiche esigenze del processo.

superiore al 10%, che arricchisce di sostanza organica il liquame destinato ad alimentare il digestore.

La digestione anaerobica dei liquami tal quali con moderate quantità di biomasse, è ottenuta all'in-



Cogeneratori installati in coppia in idoneo locale tecnico.



Il controllo dei parametri di processo è un elemento essenziale per ottimizzarne il rendimento.

terno di un apposito digestore mediante l'attività di batteri capaci di frantumare le molecole complesse con la formazione di metano, anidride carbonica, acqua e idrogeno solforato.

Le suddette attività biologiche sono condizionate da vari fattori quali: il pH, la temperatura ed il tempo di permanenza del liquame nel digestore.

Nel caso di digestori Up-Flow, alimentati con miscela di liquami e biomasse, è opportuno garantire tempi di permanenza di almeno 30-40 giorni e temperature nel campo mesofilo o termofilo.

E' anche possibile dividere il volume di digestione in due reattori, uno primario ed uno secondario, adatti a far avvenire in modo più controllato le fasi acidogena e metanigena.

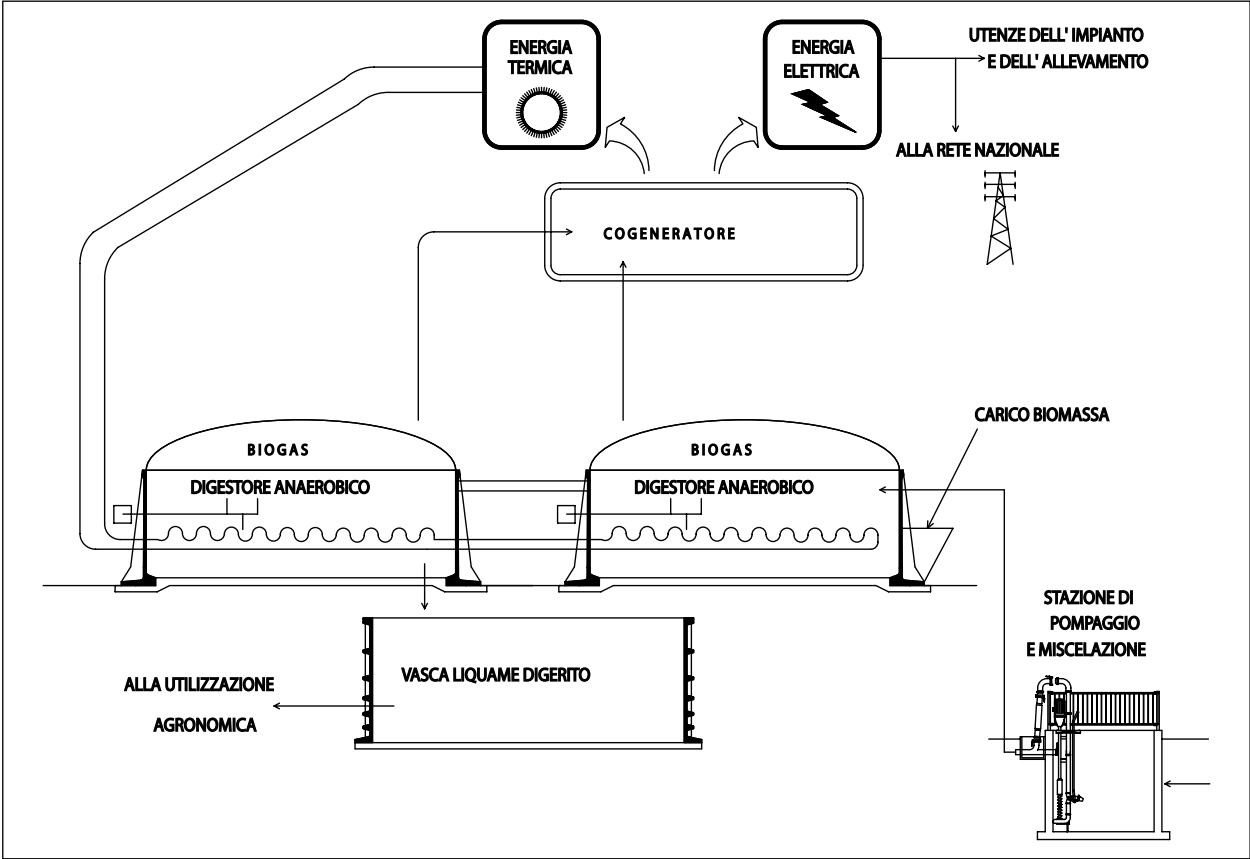
3) Impianto tipo super-flow per biomasse super dense

Caratteristiche principali: il processo di digestione anaerobica utilizza le deiezioni tal quali (frazione liquida + frazione solida), con immissione di opportuna biomassa anche in grandi quantità, oltre il limite di pompabilità. Di norma l'impianto preve-

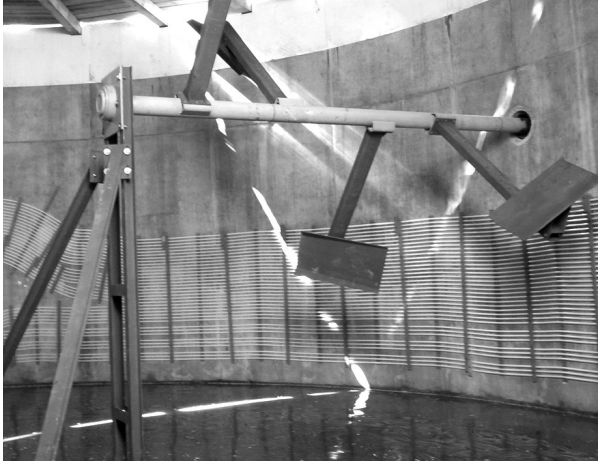


Una rampa di accesso posta a lato del digestore consente l'agevole inserimento di biomasse.

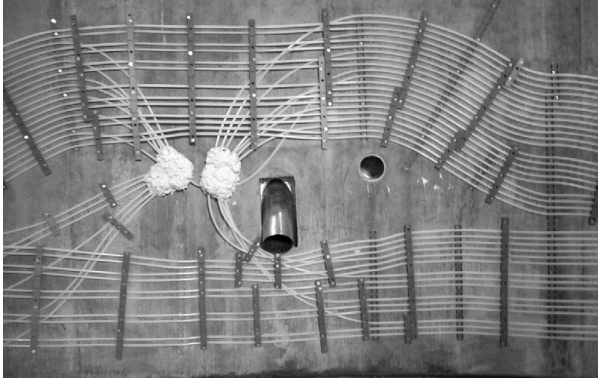
de due di gestori, uno primario e uno secondario. Il digestore primario di tipo cilindrico, è dotato di un particolare miscelatore ad asse orizzontale che garantisce la completa miscelazione dei liquami e della biomassa. Il digestore primario è alimentato costantemente con liquame fresco e biomassa secondo un piano di carico prestabilito in funzione delle composizioni e caratteristiche dei vari com-



Digestori posti in serie assicurano le migliori produzioni di biogas in impianti tipo super-flow.



L'efficienza della miscelazione è essenziale per poter raggiungere elevate densità nel digestore.



Il riscaldamento della massa è ottenibile tramite tubazioni fissate contro la parete del digestore.



Particolare della valvola di sovrappressione del gas.

plementi di apporto, mentre il liquame digerito uscirà dopo un tempo medio di permanenza nella vasca di circa 20 – 30 giorni per essere trasferito nel digestore secondario, a sua volta miscelato ed in grado di recuperare la residua quantità di biogas. Il tempo di permanenza nel secondo digestore risulta pari a circa 30 – 40 giorni per una permanenza media complessiva pari a circa 60 giorni.

A chi è adatto: ad aziende agricole e zootecniche che hanno disponibilità di terreni set- aside o comunque disponibilità di biomassa costante nell'arco dell'anno, grazie alla quale si incrementa notevolmente la produzione di biogas e quindi di ener-



Digestore con cupola gasometrica colma di biogas.

gia elettrica prodotta, massimizzando in tal modo il rendimento del processo.

Fasi del processo: al fine di ottenere la maggiore produzione possibile di biogas, è consigliabile che i liquami prodotti arrivino "freschi" al digestore primario e la qualità della biomassa sia integra nella



Tramoggia per dosare ed immettere la biomassa direttamente nel digestore.

sua struttura energetica.

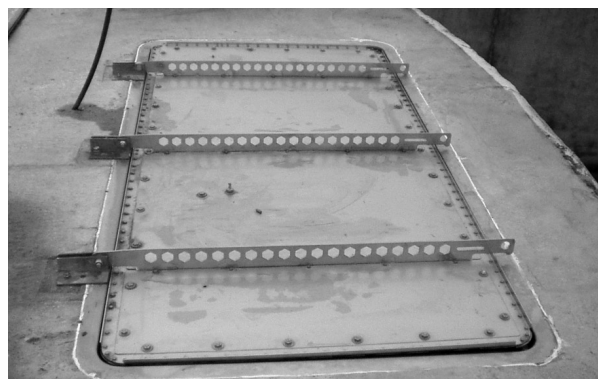
Il liquame prodotto è convogliato ad una prevasca di raccolta, equalizzazione, miscelazione e solle-



Cassone dosatore per automatizzare le operazioni di alimentazione del digestore.



Coclee laterali di miscelazione e coclea di fondo poste nella tramoggia di carico per l'immissione della biomassa.



Portelli a tenuta per consentire l'accesso al digestore per gli eventuali controlli e/o manutenzioni.

vamento, provvista di mixer e pompa tritratrice che omogeneizza e alimenta il liquame nel digestore primario cilindrico. Una particolare tramoggia munita di coclee di dosaggio opportunamente alimentata provvede al carico della biomassa, che mediante un programma specifico inserisce nel digestore il quantitativo necessario di materiali per garantire un buon funzionamento del processo di digestione.

Il biogas così prodotto in condizioni anaerobiche è raccolto direttamente nella parte superiore del o



Semplice sistema pneumatico utilizzato per il fissaggio del telo gasometrico in EPDM "Biolene".

dei digestori mediante una copertura gasometrica a cupola che avrà la forma di calotta sferica a volume variabile.

Attraverso una condotta collegata con la copertura raccogli gas dei digestori, il gas prodotto e recupe-



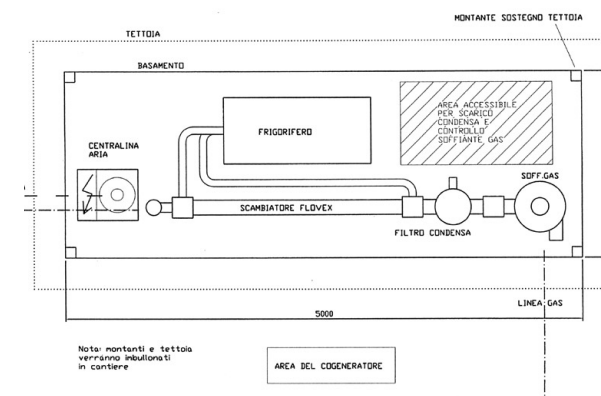
Tubazioni per la compensazione ed il prelievo del biogas.



Speciali oblò per il controllo visivo dell'interno del digestore.

rato è bilanciato, raffreddato, deumidificato, filtrato ed avviato ai gruppi di cogenerazione che bruciando il biogas producono energia elettrica e calore. Infine il liquame in uscita ormai stabilizzato e deodorizzato, sarà accumulato tal quale, o previa separazione, in uno o più bacini di stoccaggio in attesa dell'utilizzazione agronomica.

TRATTAMENTI E UTILIZZI



Il trattamento del biogas è essenziale per garantire il corretto funzionamento dei cogeneratori.

DEL BIOGAS

Depurazione del biogas

Nel biogas sono presenti piccole quantità di alcuni

composti che, a causa delle loro proprietà ossidanti o di incombustibilità, devono essere eliminati per favorire un buon processo di combustione mediante le seguenti tecniche:

filtrazione con filtri a ghiaia o sabbia, necessaria per eliminare i solidi in sospensione che sono es-



La ripresa del gas e la sua adduzione al cogeneratore può richiedere l'utilizzo di una specifica soffiante.



Raffreddamento e discreta essiccazione del biogas ottenuti senza alcun costo energetico con percorso interrato delle tubazioni.

senzialmente materiale organico, grassi ed eventuali schiume prima dell'aspirazione dei compressori di ricircolo o dei compressori ausiliari della caldaia e dei motori a gas;

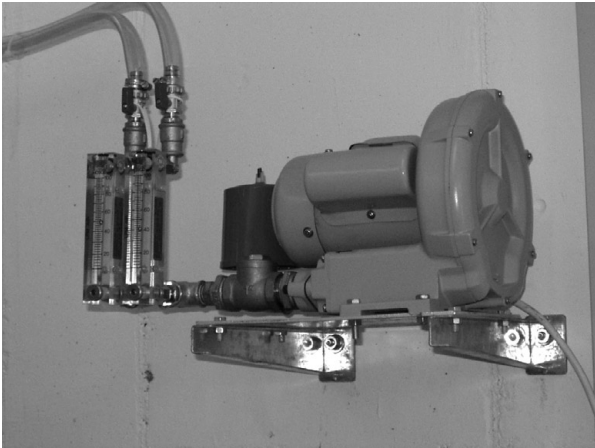
deumidificazione, la temperatura del biogas in uscita dal digestore è di almeno 35°C con un grado di umidità elevato che porta il vapore acqueo presente a condensare, per cui si predispongono lungo le tubazioni pozzetti di raccolta e spurgo delle condense. Ma per evitare la formazione di conden-

se in camera di combustione occorre eliminare in modo drastico l'umidità, utilizzando ad esempio un impianto di condensazione composto da un frigorifero

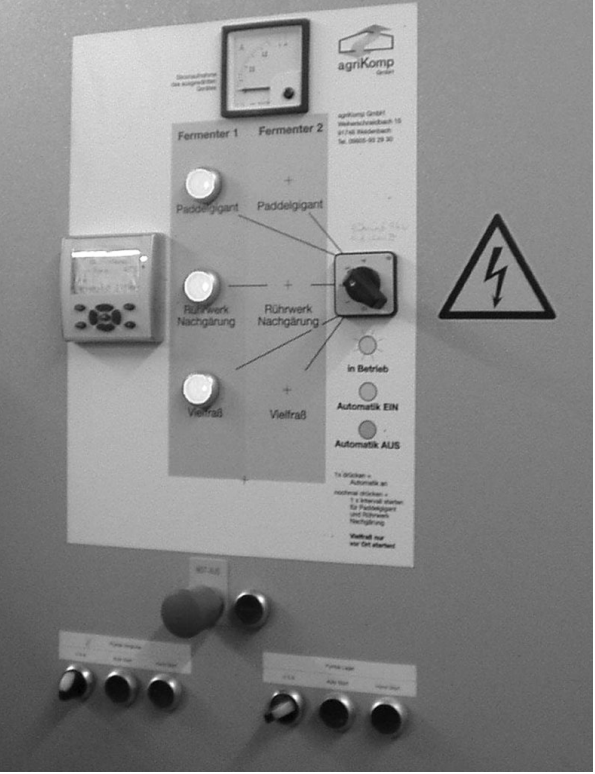


Impianto di deumidificazione del biogas con frigorifero.

fero ad espansione diretta, uno scambiatore a fascio tubiero acqua/biogas ed un filtro a coalescenza ove viene condensato il vapore che viene poi



Il dosaggio di piccole quantità d'aria nelle zone superiori del digestore assicura la desolforazione biologica del biogas.



I sistemi di controllo e di regolazione sono essenziali per garantire i migliori rendimenti dell'impianto.



Il trattamento del biogas si completa all'interno del locale tecnico con appositi filtri.

estratto mediante scarico automatico o manuale; desolforazione necessaria per abbattere i composti a base di zolfo può avvenire tramite filtri chimici riempiti con ossidi di ferro che provocano la precipitazione dei composti e quindi la loro estrazione; tramite torri di lavaggio che lavano il gas in controcorrente tramite un flusso di acqua e ossido ferrico; oppure mediante desolforazione biologica immettendo direttamente nel digestore una percentuale di aria, circa 5-10% del gas, per consentire a particolari ceppi batterici di innescare una reazione di precipitazione biologica dello zolfo.

Utilizzatori del biogas

Dopo aver subito i trattamenti necessari il biogas può essere utilizzato in due modalità:

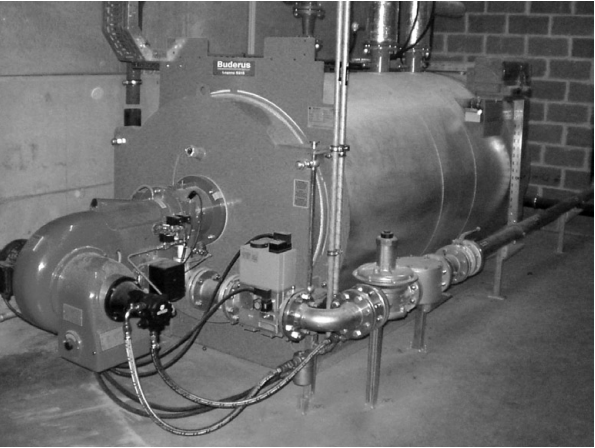
- a) per la produzione di solo calore;
- b) per la cogenerazione di energia elettrica e calore.

Combustione per la sola produzione di calore: si utilizzano impianti con tecnologie semplici, è sufficiente un comune generatore di calore a gas costituito da un bruciatore, nel quale affluiscono combustibile e comburente ed esce energia termica



Per una ottimizzazione dei rendimenti termici è indispensabile prevedere l'interconnessione dei circuiti.

sotto forma di fiamma e dallo scambiatore di calore, nel quale i prodotti della combustione cedono il calore prodotto ad un fluido termovettore. Il biogas viene trattato come il gas metano, mentre vengono realizzate modifiche al bruciatore per l'introduzione



Il biogas prodotto può essere bruciato direttamente in caldaie per la produzione di energia termica.

ne del gas, la miscelazione del combustibile con il comburente e l'utilizzo di materiali più resistenti alla corrosione per lo scambiatore di calore e il bruciatore stesso.

Cogenerazione per la produzione contemporanea di energia elettrica e calore: è la produzione contemporanea di calore ed energia meccanica subito trasformata in energia elettrica (tale metodo è un sistema unico integrato detto ad energia totale), partendo dalla stessa energia primaria. Questo sistema di produzione di energia permette un notevole risparmio energetico rispetto al caso di produzione separata delle stesse quantità di calore e di energia elettrica/meccanica; si può arrivare infatti a superare il 90% di rendimento (30% di rendimento elettrico e 60% di rendimento termico).

Si utilizzano due differenti tipologie di macchine:

- motori endotermici alternativi
- microturbine

Per la cogenerazione con motori endotermici alternativi si usano motori funzionanti a ciclo otto o a ciclo diesel modificato, costituiti dai seguenti componenti:

- motore endotermico alternativo, che oltre a produrre l'energia meccanica è anche il componente dove viene prodotta l'energia termica;
- alternatore, solitamente asincrono per la produzione di corrente elettrica alternata trifase;
- recuperatore di calore, composto da uno scam-



Un cogeneratore di elevata potenza.

biatore di calore che recupera il calore prodotto da tutto il sistema, sia dai gas di scarico sia dal circuito di raffreddamento del motore e dall'olio di lubrificazione;

- pannello elettrico, che permette l'utilizzo dell'energia elettrica prodotta e l'interfacciamento con la linea elettrica nazionale.



Gruppi di cogenerazione con microturbine preassemblate in batteria.

Per la cogenerazione con microturbine si utilizzano turbomacchine a gas innovative di derivazione aeronautica di piccole dimensioni, con i seguenti componenti principali:

- turbina a gas e recuperatore;
- sistema elettrico generatore di corrente;

- scambiatore di calore sui fumi di scarico;
- sistema di gestione e controllo.

I cogeneratori possono funzionare secondo le seguenti modalità:

- **in parallelo alla rete pubblica:** viene ceduta alla rete aziendale in collegamento alla rete esterna tutta l'energia prodotta dal motore che funziona a regime costante al massimo della potenza. L'energia magnetizzante è totalmente assorbita dalla rete, non esistono problemi su eventuali carichi di punta ed i controlli sull'energia elettrica prodotta sono relativi solamente alla tensione ed alla frequenza che devono es-



La cessione alla rete, per potenze superiori ai 50 kw, è di norma accettata solo in media tensione.

sere mantenute costanti. Un inconveniente di tale sistema si verifica in caso di mancanza di corrente elettrica nella rete pubblica, in quanto si spegne anche il cogeneratore;

- **in isola indipendente** dalla linea elettrica, tipico in luoghi in cui non vi è la linea pubblica, oppure nel caso in cui vengono individuate utenze separabili dalla rete aziendale, ad esempio



L'impiantistica elettrica condiziona l'efficienza e la sicurezza dell'impianto.

impianti di depurazione. È necessario avere un generatore autoeccitato con motorino di avviamento collegato a delle batterie. Tale soluzione ha il vantaggio di garantire la corrente elettrica in caso di mancanza di tensione nelle rete pubblica, ma presenta due inconvenienti ovvero la necessità di sovradimensionare il cogeneratore in quanto deve vincere gli spunti di avviamento delle varie utenze e la necessità di predisporre dei gruppi di continuità nel caso di presenza di circuiti elettronici o di apparecchiature che non possono essere spente in quanto all'avviamento viene a mancare la corrente per alcuni istanti;

- **in stand-by:** nel caso di funzionamento normale il cogeneratore è collegato in parallelo alla rete pubblica, in caso di mancanza di tensione il cogeneratore non si spegne ma continua a girare garantendo la corrente elettrica su linee privilegiate, sganciandosi automaticamente dalla rete,



Cogeneratore con il generatore di corrente esterno al cofano di insonorizzazione del motore.



Collettore e linee in ingresso e uscita dell'acqua dal gruppo di cogenerazione.

ma fornendo l'energia a seconda della richiesta dell'utenza; al momento della riattivazione della rete pubblica il sistema torna a connettersi tornando al funzionamento in parallelo.

LA SITUAZIONE IN EUROPA

In Europa la diffusione della digestione anaerobica è iniziata nel settore della stabilizzazione dei fanghi di depurazione e attualmente si stimano circa 2.000 digestori operativi, circa 400 impianti producono biogas trattando acque reflue industriali ad alto carico organico e 500 impianti recuperano biogas dalle discariche per rifiuti urbani.

Inoltre, sono 2.500 circa i di gestori anaerobici operanti sui liquami zootecnici nei paesi dell'UE, in particolare in Germania (circa 2.000), seguita da Danimarca, Austria, Italia e Svezia.



Cassone all'estremità della rampa, in grado di contenere tutta la biomassa da utilizzare nella giornata.

Negli ultimi anni sta crescendo anche l'utilizzo della digestione anaerobica nel trattamento della frazione organica raccolta in modo differenziato dei rifiuti urbani, in miscela con scarti industriali e con liquami zootecnici.

In Danimarca, in particolare funzionano attualmente 25 impianti centralizzati di codigestione che trattano annualmente circa 1 milione di tonnellate di liquami zootecnici e 325.000 tonnellate di residui organici industriali e da rifiuti urbani.

Relativamente agli aiuti e contributi per la realizzazione di impianti biogas nei paesi europei la situazione ad oggi è la seguente:

- Lussemburgo: viene erogata una sovvenzione pari al 60% del costo d'investimento ed è possi-

bile ricavare fino a 0.10 €/kWh per l'energia venduta;

- Belgio: non viene erogata alcuna sovvenzione per la costruzione, ma si parte da un ricavo base per la vendita dell'energia di 0.07 €/kWh, cui va aggiunto un bonus pari a 0.05 € per kWh termico ceduto per teleriscaldamento, raggiungendo un ricavo massimo totale sull'energia venduta pari a 0.12 €/kWh;
- Francia: l'energia immessa in rete è retribuita con soli 0.05 €/kWh, che spiega lo scarso interesse del settore agricolo;
- Olanda: attualmente l'energia immessa in rete ha un valore pari a 0.08 €/kWh, ma la normativa che dovrebbe entrare in vigore entro quest'anno prevede incentivi simili a quelli tedeschi;
- Germania: paese europeo nel quale la digestione anaerobica ha avuto il maggior impulso grazie a sovvenzioni che partono da un minimo del 25% del costo d'investimento e prezzi per l'energia elettrica da biogas garantiti per un periodo di 20 anni che sono riassumibili nella seguente tabella:

RICAVI	fino a 150 kw	da 150 a 500 kw	da 500 kw a 5 Mw
base	0.11	0.09	0.08
biomasse	0.06	0.06	0.06
teleriscaldamento	0.02	0.02	0.02
efficienza tecnologica	0.02	0.02	0.02
RICAVO MASSIMO POSSIBILE	0.21	0.19	0.18

La forte incentivazione alla produzione di biogas risulta tutta incentrata su obiettivi energetici, senza preoccuparsi dell'aspetto ambientale ed in particolare dell'impatto dei nitrati sul terreno che ne deriva, grazie anche alle minori concentrazioni zootecniche presenti rispetto all'Italia.

LA SITUAZIONE IN ITALIA

In Italia, in particolare nelle zone a forte vocazione zootecnica, la situazione è decisamente diversa: l'aspetto ambientale ed il carico di azoto in particolare assume notevole importanza e può giocare un ruolo fondamentale nel promuovere o limitare lo sviluppo del biogas "zootecnico". Diverse possono essere le motivazioni che spingono l'allevatore-agricoltore verso il biogas, connesse sia alle problematiche ambientali sia a quelle in rese energetiche, con la possibilità di utilizzare a questo scopo



La predisposizione di idonee passerelle è essenziale per operare in sicurezza.



Il riporto di un terrapieno a lato del digestore rende più agevole l'accesso al digestore.

anche le biomasse derivanti da superfici set aside, valorizzandole con colture *no food* quali silomais, siloerba, sorgosilo, ed altre.

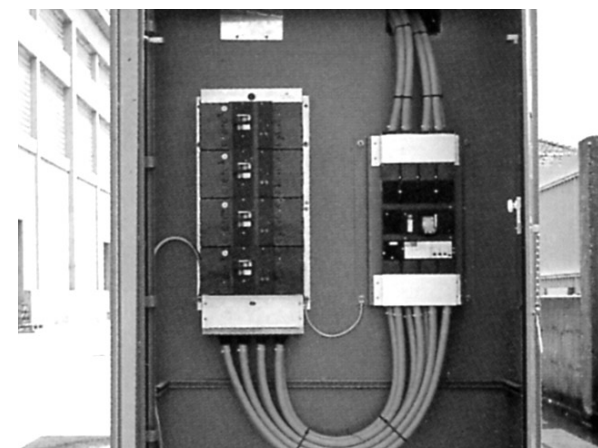
Un censimento condotto nel 1999 mostrava che 72 impianti di biogas funzionavano con liquami zootecnici in Italia. Cinque di questi sono impianti centralizzati e 67 sono impianti aziendali. La quasi totalità degli impianti è localizzata nelle regioni del nord (39 in Lombardia, 7 in Emilia Romagna, 12 in Trentino Alto Adige).

Dai dati relativi a fine 2004, gli impianti sono oltre 100, di cui circa 70 sono di tipo semplificato a basso costo, realizzati con cupola gasometrica di materiale plastico sulla vasca di stoccaggio dei liquami zootecnici.

La maggior parte degli impianti attualmente funzionanti sul nostro territorio sono stati concepiti e quindi dimensionati secondo il criterio di risparmio



L'installazione dei gruppi di cogenerazione in un locale relativamente ampio rende agevole le varie manutenzioni.



La cessione dell'energia alla rete è controllata con apparecchiature di sicurezza e misura.

energetico da parte dell'allevamento, utilizzando tutta l'energia prodotta nel processo di digestione per soddisfare e colmare le richieste energetiche dell'allevamento stesso e solitamente delle utenze domestiche annesse.

Per questo motivo si sono predisposti cogeneratori che funzionano "in isola" cioè senza la possibilità di interfacciarsi con la rete energetica nazionale per un'eventuale cessione di surplus di energia.

Attualmente lo sviluppo delle nuove tecnologie impiantistiche e la possibilità di digerire biomasse, che hanno migliorato e aumentato la capacità di produzione di biogas e le nuove normative energetiche che incentivano la produzione e quindi la vendita di energia da fonti rinnovabili, hanno modificato la concezione e la progettazione delle nuove tipologie impiantistiche.

Anche a fronte di una richiesta maggiore dei fabbisogni interni dell'allevamento si opta di norma per una connessione in parallelo alla rete, che consente di poter vendere il surplus di energia non autoconsumata. Ciò comporta ulteriori vantaggi facilmente monetizzabili, in quanto la vendita del surplus dell'energia e dei certificati verdi (validi in Italia per 8 anni) consente al proprietario di ricevere annualmente introiti, che a loro volta riducono e in alcuni casi dimezzano i tempi di ritorno dell'investimento rispetto alle vecchie tipologie d'impianto.

Le biomasse interessate	quantità
deiezioni animali	180.000 t/anno
scarti agro-industriali	12.000.000 t/anno
scarti di macellazione	2.000.000 t/anno
fanghi di depurazione	2-3.000.000 t/anno
frazione organica dei rifiuti urbani	9.000.000 t/anno
residui colturali	10.000.000 t SS/anno
colture energetiche	230.000 ha set a side

Di queste biomasse, disponibili attualmente sul nostro territorio, vengono sfruttate solamente in circa 120 impianti i fanghi di supero provenienti dai depuratori delle acque reflue urbane, in 7 impianti le frazioni organiche dei rifiuti urbani e in alcuni impianti gli scarti della lavorazione agro-industriale. In Italia la normativa e gli incentivi alla produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili dovrebbe dare un nuovo impulso allo sviluppo degli impianti di biogas; ne deriva la necessità di potenziare e razionalizzare i sistemi che sfruttano processi di codigestione anaerobica di biomasse di varia natura (di origine zootecnica e agroindustriale, colture energetiche e residui colturali, fanghi di depurazione e frazioni organiche derivanti da raccolte diffe-



Tramoggia per il carico diretto della biomassa al di sotto del livello del liquido in digestione.

renziate dei rifiuti urbani).

È auspicabile inoltre incentivare la realizzazione di sistemi integrati anaerobici/aerobici per il trattamento congiunto dei reflui e dei rifiuti organici urbani e di altre biomasse.

L'inserimento in fermentatore di sostanze vegetali ad alto contenuto di sostanza secca comporta problematiche tecniche da affrontare in modo specifico sin dalla fase di progetto, sia per quanto riguarda le attrezzature di carico della biomassa, sia per l'esigenza di sistemi di triturazione e miscelazione opportuni.



Rifornimento diretto di una tramoggia con biomassa prelevata dai silos di stoccaggio.

Particolare attenzione richiede, l'uso degli insilati, che comporta un abbassamento del valore del pH nel digestore e possibili corrosioni delle attrezzature di carico.

È bene ricordare che attivare un impianto per la produzione di biogas equivale ad aggiungere, a quello già presente in azienda, un nuovo allevamento costituito da una diversa categoria di animali: i microrganismi, con tutte le loro esigenze in termini ambientali ed alimentari.

È necessario per l'allevatore-agricoltore sviluppare una corretta gestione rispondente alle specifiche esigenze del trattamento, pena possibili inefficienze, insuccessi e delusioni sui ritorni economici dell'investimento.

Come viene ceduta l'energia

L'energia prodotta da fonti rinnovabili, attualmente su richiesta del produttore, viene ritirata dai gestori di rete al prezzo all'ingrosso dell'energia elettrica ceduta dall'acquirente unico alle imprese distributrici, quindi le possibili destinazioni dell'energia prodotta sono le seguenti:

1) al mercato:

- vendendo l'energia ad un cliente finale idoneo o un grossista tramite contratto bilaterale
- vendendo l'energia in borsa

2) richiedere al gestore di rete cui l'impianto è connesso il ritiro dell'energia elettrica prodotta.

Esiste una precisa convenzione stipulata da Fe-



I crescenti costi del petrolio renderanno sempre più conveniente il ricorso alle energie alternative rinnovabili.

derenergia, Enel Distribuzione, GRTN, Acquirente Unico e associazione dei produttori che ha lo scopo di definire le modalità tecniche, economiche e contrattuali per il ritiro dell'energia elettrica.

Tale convenzione è di durata annuale e rinnovabile e per il proprio territorio il produttore cede al gestore di rete tutta l'energia elettrica prodotta al netto di quella autoconsumata.

Grazie alla convenzione per gli impianti alimentati da fonti rinnovabili con potenza fino ad 1MW i gestori di rete garantiscono i seguenti prezzi minimi definiti per scaglioni:

per i primi 500.000 kWh annui 95 euro/MWh
da oltre 500.000 kWh fino a 1 milione di kWh annui 80 euro/MWh
da oltre 1 milione fino a 2 milioni di kWh annui 70 euro/MWh
oltre 2 milioni di kWh annui il prezzo dell'Acquirente Unico (per fasce orarie o indifferenziato).

L'applicazione di questi prezzi minimi è stata riconosciuta per garantire la copertura dei costi di piccoli impianti che utilizzano le fonti rinnovabili, ma che non sono in grado di partecipare e competere al mercato, in più poiché l'energia ritirata dai gestori di rete è remunerata sulle immissioni effettive i produttori hanno il vantaggio di non presentare i programmi di produzione e quindi non vengono applicati i corrispettivi di sbilanciamento.

I costi da riconoscere al gestore sono 120 euro an-

nui per impianto per coprire i costi amministrativi e 0.5% del controvalore dell'energia ritirata; se ci si avvale del gestore di rete per la gestione dei contratti bisogna corrispondere ulteriori 120 euro annui per impianto e 0.5% del controvalore dell'energia ritirata

Cosa sono e come funzionano i certificati verdi

I certificati verdi sono dei veri e propri titoli negoziabili sul mercato elettrico, emessi e controllati dal gestore della rete di trasformazione nazionale (GRTN), aventi lo scopo di incentivare la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e attestanti la provenienza di tale energia da impianti alimentati da fonti rinnovabili quali: il sole, il vento, le risorse idriche, le risorse geotermiche, e la trasformazione in energia elettrica dei prodotti vegetali o dei rifiuti organici e inorganici.

Per avere diritto alla certificazione gli impianti devono essere qualificati dal GRTN come impianti



I certificati verdi, riconosciuti sia per l'energia autoconsumata che per quella ceduta, consentono di ridurre sensibilmente i tempi di ritorno dell'investimento.

ti alimentati da fonti rinnovabili (IAFR), quindi gli impianti di biogas che utilizzano rifiuti organici e/o prodotti vegetali con lo scopo di produrre energia elettrica hanno diritto alla qualificazione IAFR ed al rilascio dei certificati verdi che si ottengono seguendo questa procedura:

- richiedere al GRTN il riconoscimento IAFR
- avuto il riconoscimento si può richiedere al GRTN l'emissione dei certificati verdi per l'anno in corso
- insieme alla domanda, per gli anni successivi all'entrata in produzione, deve essere presentata la dichiarazione fatta all'UTF che dimostrerà la produzione effettiva

Per ottenere un certificato verde bisogna produrre annualmente almeno 50.000 kWh di energia elet-

trica, ma per piccoli impianti basta una produzione di energia superiore ai 25.000 kWh annui per avere diritto ad un certificato verde. I certificati vengono concessi all'impianto qualificato per gli 8 anni conseguenti all'entrata in esercizio, con la possibilità di ottenere per ulteriori anni nuovi certificati previo riammodernamento o ripotenziamento dell'impianto. Attualmente si sta discutendo la possibilità dal punto di vista legislativo di aumentare a 12 anni il periodo di rilascio dei certificati verdi.

La domanda di certificati è imposta dalla legge, in quanto vige l'obbligo di immettere nel sistema elettrico nazionale una quota parte di energia prodotta da fonti rinnovabili pari al 2.35% incrementata dello 0.35% per anno dal 2004 fino al 2006 e per i successivi trienni 2007-2009 e 2010-2012 l'incremento sarà uguale o superiore. Il prezzo dei certificati verdi è variabile e fissato di anno in anno in base agli incentivi concessi, ricordando che per il 2004 il valore è stato fissato in 9,739 eurocent per kwh e viene riconosciuto sulla totale produzione sia quella autoconsumata, sia quella ceduta.

È molto importante evidenziare che i certificati verdi posseduti dal gestore di un impianto biogas e l'energia elettrica prodotta dallo stesso impianto possono essere venduti separatamente poiché i certificati verdi vengono pagati sul totale dell'energia elettrica prodotta dall'impianto, mentre l'energia elettrica che viene pagata è quella ceduta alla rete nazionale, che a sua volta usufruisce della condizione favorevole di priorità di dispacciamento poiché prodotta da fonti rinnovabili.

Inoltre le opere per la realizzazione di un impianto a fonte rinnovabile sono di pubblica utilità,. Pertanto fermo restando il rilascio del CPI di competenza del servizio antincendio del Ministero dell'Interno, tutte le opere connesse alla realizzazione ed alla gestione sono soggetti ad un'autorizzazione unica rilasciata dalla Regione o da altro soggetto delega-



Le condizioni tecniche per la cessione dell'energia debbono essere concordate con l'ente distributore.

L'ABBATTIMENTO DELL'AZOTO

Considerando come detto, che l'elemento discriminante è l'azoto e che questi è presente nel liquame sia nella forma solida sospesa sia in quella liquida disciolta, è opportuno conoscere le principali tecnologie e trattamenti necessari per garantire la loro netta distinzione.

Tutti gli impianti di trattamento per la rimozione dell'azoto prevedono una fase di accumulo per la laminazione della portata da avviare al trattamento di depurazione. L'intrinseca discontinuità dello scarico comporta infatti picchi di portata notevoli; occorre quindi prevedere l'adozione di volumi di accumulo pari almeno a metà della portata giornaliera. L'utilizzo di reattori SBR permette di trattare maggiori carichi inquinanti a parità di volume delle vasche e possono quindi garantire un risparmio in termini di occupazione di spazi e di costi di costruzione, permettendo inoltre una maggiore flessibilità gestionale.

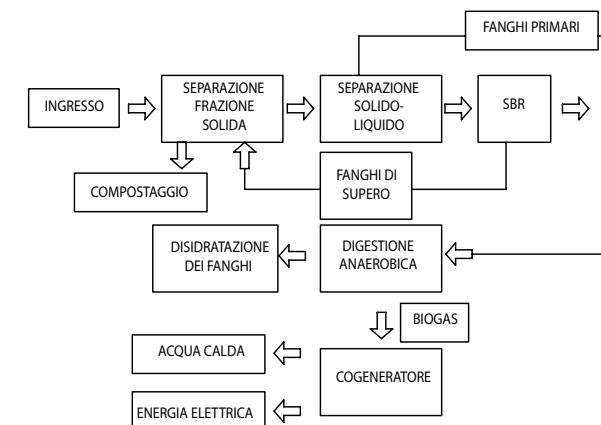


Il trattamento di separazione dei solidi consente un più facile stoccaggio e una migliore gestione dei liquami.

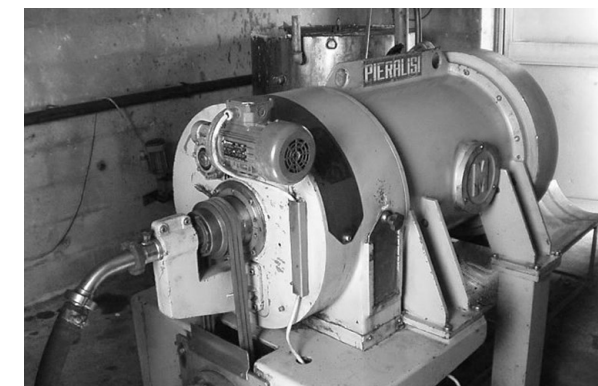
UNA SOLUZIONE PER LA RIDUZIONE DEL CARICO DI AZOTO

Schema di funzionamento

Lo schema di trattamento dell'impianto proposto utilizza le migliori tecnologie disponibili al fine di massimizzare l'efficacia della rimozione dell'azoto, coniugando l'esigenza di garantire una conduzione semplificata, che non richieda l'intervento frequente di personale esterno all'azienda agricola, con il contenimento dei costi di esercizio e manutenzione. Si è puntato quindi al conseguimento della semplificazione costruttiva, tenendo conto dell'esigenza primaria di abbattimento del TKN in funzione del riutilizzo agricolo degli effluenti.



L'impianto è caratterizzato da una prima fase di separazione dei solidi grossolani, dalla quale si ottiene una frazione solida che non è ulteriormente raffinata e può essere avviata allo stoccaggio, o meglio al compostaggio. La successiva fase di



Il decanter è sicuramente l'apparecchiatura in grado di assicurare la maggiore efficienza di rimozione dei solidi.



Il trattamento di flottazione permette di ottenere un liquame chiarificato e una frazione solida addensata.



L'aerazione può essere ottenuta tramite l'insufflazione di aria attraverso diffusori distribuiti sul fondo.



Un trattamento di separazione dei solidi fini per sedimentazione.



L'impianto di biogas mette a disposizione l'energia elettrica per la fase aerobica.



Il fango derivato dalla flottazione ad aria disciolta è facilmente digeribile e adatto per produrre biogas.

trattamento utilizza un sistema di separazione ad elevata efficienza per separare la frazione fine dei solidi sospesi presenti nel liquame. In particolare sarà valutata l'opportunità di adottare diverse tecniche per la separazione della frazione fine dei solidi presenti nel liquame. Saranno confrontati i risultati ottenibili adottando un flottatore, una centrifuga o un bacino di sedimentazione.

Il chiarificato è poi inviato ad un trattamento di nitrificazione-denitrificazione realizzato attraverso reattori biologici SBR, allo scopo di ossidare l'azoto contenuto nel liquame ad azoto molecolare gassoso. Questo trattamento rappresenta il principale processo di rimozione dell'azoto dal flusso liquido e deve essere ottimizzato al fine di ottenere il miglior risultato possibile.

L'effluente trattato potrà essere avviato allo stoccaggio in laghi e quindi utilizzato per fertilizzante.

zione nelle aree limitrofe all'allevamento. Il costo di smaltimento relativo all'acqua trattata è praticamente nullo.

I fanghi di supero saranno avviati, insieme ai fanghi primari, alla digestione anaerobica da effettuarsi in un digestore a cupola mobile, riscaldato al fine di ottenere una buona resa in termini di biogas. Il prodotto di questa digestione sarà utilizzato in parte per il riscaldamento del digestore stesso; con la parte residua si potrà fornire energia termica ed elettrica all'azienda agricola. L'utilizzo di cogeneratori consente di ottenere buone rese in termini di energia elettrica prodotta, anche se è difficile nella stagione invernale garantire un sufficiente riscaldamento del digestore. I fanghi digeriti saranno poi disidratati con un decanter per ridurre i volumi da avviare al riutilizzo agronomico e migliorare l'efficienza dell'impianto.

Descrizione generale dell'impianto



Il solido separato può essere caricato direttamente su un carro per il trasporto in platee decentrate.

Le deiezioni e le acque di lavaggio sono raccolte inizialmente in un pozzetto in cui è installata una pompa che alimenta il separatore. L'unità di separazione meccanica consente di separare i solidi grossolani che sono raccolti su carro e stoccati su apposita platea.

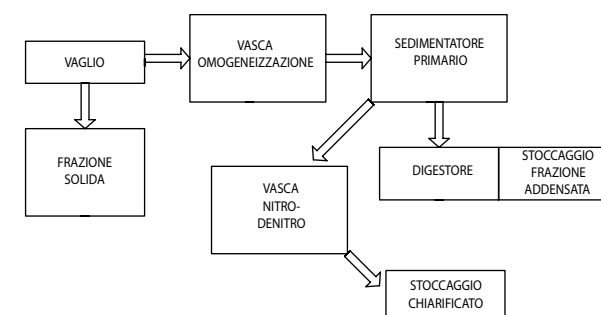
La frazione liquida per caduta raggiunge invece una vasca di compensazione nella quale i liquami vengono anche omogeneizzati grazie ad un miscelatore.

Da tale vasca mediante una pompa sommersa il liquame è rilanciato ad un sedimentatore di tipo Dortmund. La sedimentazione primaria consente

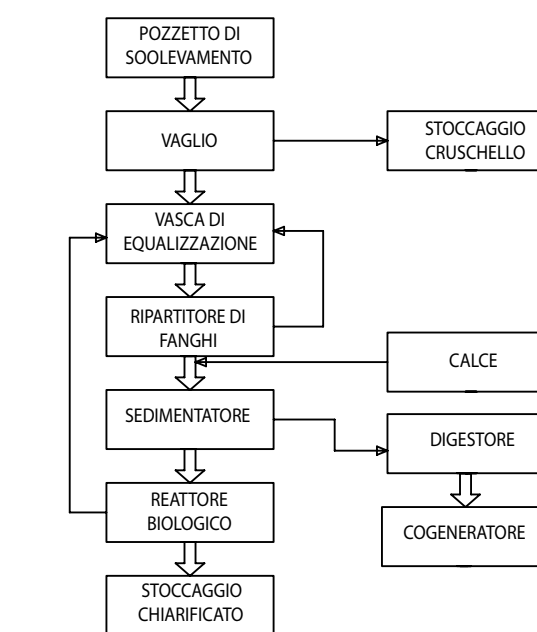
un'ulteriore rimozione dei solidi sospesi anche grazie all'ausilio di latte di calce che favorisce la flocculazione.

Mentre i fanghi sedimentati sono allontanati mediante una pompa ed avviati al digestore anaerobico, la frazione liquida per caduta finisce alla vasca di trattamento biologico.

Per ridurre i consumi elettrici delle apparecchiature installate, l'impianto include un digestore anaerobico con produzione di biogas utilizzato in un'unità di cogenerazione. Nel corso della giornata si opera per 20 ore in condizioni di aerazione, garantendo allo stesso tempo la miscelazione mediante i mixer; il resto del tempo è dedicato alla sedimentazione. In condizioni di quiete i fanghi si accumulano sul fondo della vasca e possono essere inviati mediante una pompa al digestore. Il chiarificato viene invece inviato ad una vasca di stoccaggio in attesa di venire utilizzato come acqua per la fertilizzazione.



Schema di flusso dell'impianto



Schema a blocchi dell'impianto



La disponibilità di ampi stoccaggi è essenziale per poter operare nel rispetto delle esigenze agronomiche ed ambientali.

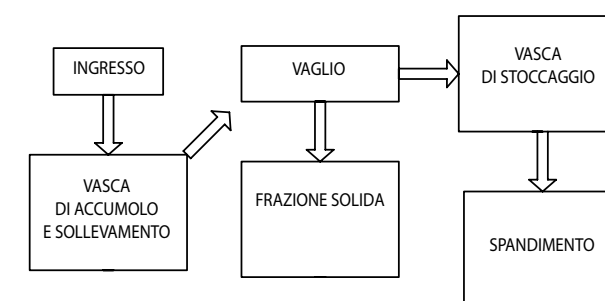
Confronto con la gestione tradizionale del liquame

Attualmente la pratica preferita dagli allevatori per la gestione degli effluenti suincolici è quella del semplice stoccaggio delle deiezioni tal quali, cui viene fatta seguire la distribuzione in campo. Il ricorso alla depurazione è infatti limitato a pochi casi in cui, per la mancanza di terreni prossimi all'azienda, risulta economicamente più conveniente questa tecnica.

Gli allevatori preferiscono quindi il semplice stoccaggio degli effluenti in vasche, fosse o laghi che però devono essere dimensionati in modo tale da garantire in più bacini un periodo di stoccaggio minimo di 180 giorni.

Questo periodo è reso necessario da diversi motivi: solo in certi periodi dell'anno è possibile effettuare lo spandimento, occorre abbattere la carica patogena e occorre stabilizzare i liquami per diminuire le emissioni maleodoranti.

Attualmente le fasi della gestione "tradizionale" prevedono una fase iniziale di raccolta dei liquami in una vasca cui segue la fase di separazione solido-liquido mediante vagli. Lo schema si conclude con lo stoccaggio nella vasca di accumulo e lo spandimento finale.



Schema di gestione "tradizionale" del liquame suino

La gestione dei liquami secondo questo schema, che è quello maggiormente in uso, è particolarmente pratica, ma si deve oggi confrontare con aspetti che stanno acquistando sempre maggior peso, come quelli legati alla salvaguardia dell'ambiente. I rischi sono legati soprattutto alla possibilità di inquinamento delle riserve idriche a causa di spandimenti sui campi in dosi molto elevate: questa soluzione, infatti, comporta una minima riduzione del contenuto dei nutrienti presenti nel liquame, e può conseguire un eccesso di dosaggio in fase di spandimento.

La tabella seguente indica la ripartizione del volume, dell'azoto e del fosforo tra le frazioni solida e liquida dopo separazione e stoccaggio di 180 gg.

Separazione con vaglio + stoccaggio	Frazione solida densa			Frazione liquida		
	Volume %	N %	P %	Volume %	N %	P %
	3-5	4-7	8-12	95-97	65-73	88-92

Oltre ai problemi di inquinamento, occorre comunque considerare i costi dello spandimento in campo che possono risultare consistenti se il liquame deve essere trasportato lontano dall'allevamento.

Bilancio di massa per l'azoto

Se valutiamo ora il bilancio di massa per l'azoto confrontando lo schema tradizionale con le soluzioni di trattamento mirate alla riduzione dell'azoto si evince che in tutti i casi si utilizza un separatore per i solidi grossolani che separa anche il 3% circa dell'azoto presente nell'effluente. Il trattamento di stoccaggio riduce poi del 30% l'azoto presente nei liquami. Nel caso della gestione tradizionale, quindi, il 70% circa dell'azoto prodotto è avviato al riutilizzo agronomico.



Speciale apparecchiatura per miscelare ed aerare la massa in funzione delle esigenze del processo "nitro-denitro".

Adottando un sistema di trattamento dell'effluente, si può invece stilare il seguente bilancio di massa.

- Il 3% circa dell'azoto entrante è separato con la frazione solida.
- Il 55% dell'azoto è ridotto alla forma molecolare.
- Il rimanente 42% esce dal sistema principalmente con i fanghi.

I fanghi sono avviati allo stoccaggio: a valle di esso si può ammettere una riduzione del 30% dell'azoto presente, conseguentemente solo il 30% dell'azoto associato alle deiezioni suine è effettivamente avviato al riutilizzo agronomico. Rispetto alla gestione tradizionale del liquame si ottiene quindi una riduzione del 38% del carico di azoto destinato al riutilizzo in agricoltura.

SISTEMA INTEGRATO PER IL TRATTAMENTO DEI REFLUI ZOOTEKNICI ED IL CONTROLLO DELL'IMPATTO AMBIENTALE

Il sistema proposto prevede un insieme di trattamenti tra loro coordinati, a costituire un complesso integrato così articolato:

1) Separazione solido/liquido.

Consiste nella eliminazione dai liquami zootecnici delle particelle solide con granulometria superiore ai 500-800 micron ca. In tal modo si ottengono due fasi, una sostanzialmente solida ammuccchiabile in platea ed una liquida destinata alla digestione anaerobica;



In presenza di elevate portate è opportuno installare più separatori per uniformare il rendimento e per semplificare le operazioni di manutenzione.

2) Digestione anaerobica con recupero del biogas prodotto.

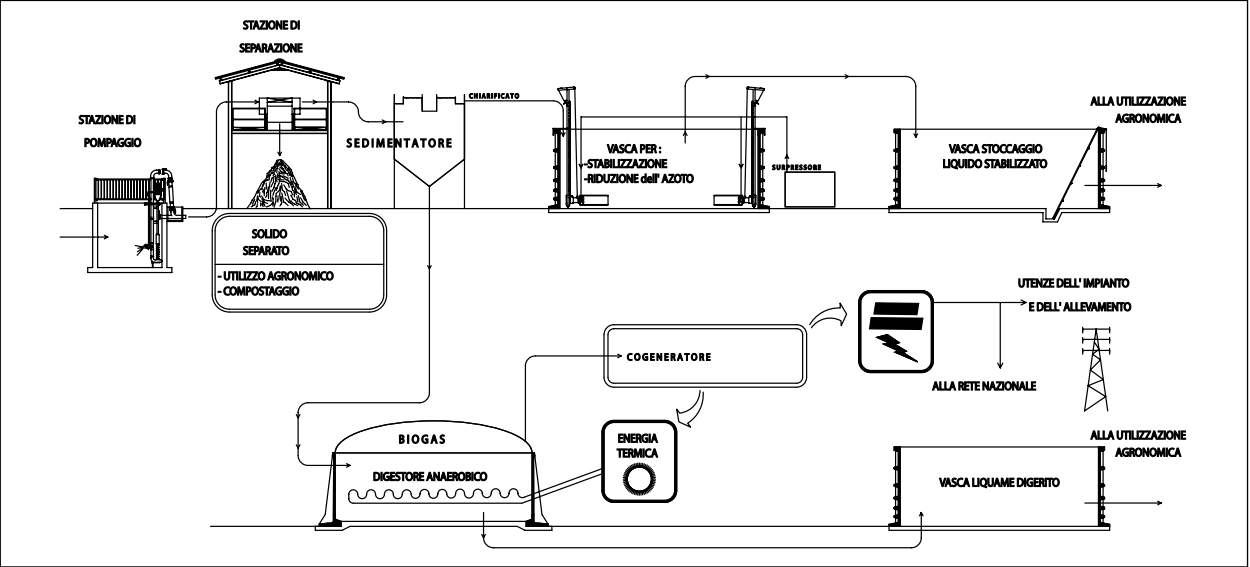
L'intervento consiste nella digestione anaerobica dei liquami prodotti sia da allevamenti bovini che suini. In un'apposita vasca (digestore) opportunamente coperta ed attrezzata nella quale, attraverso reazioni controllate di natura biologica, si produce biogas;



Il refluo zootecnico può essere codigerito con altre biomasse.

3) Utilizzo del biogas per la produzione di energia elettrica e termica.

Il biogas ottenuto dalla digestione anaerobica può essere vantaggiosamente utilizzato come combustibile per alimentare una caldaia per produrre energia termica o cogeneratori che erogano contemporaneamente energia elettrica e termica disponibili all'utilizzo;



4) Trattamento di stabilizzazione aerobica con condizionamento del tenore in azoto in funzione delle specifiche esigenze aziendali.

L'immissione di aria e, quindi di ossigeno, ha la funzione di favorire lo sviluppo dei microrganismi aerobi facoltativi, naturalmente presenti nel liquame, che, operando una degradazione ossidativa della sostanza organica, la stabilizzano, limitando in modo significativo la produzione di composti ridotti maleodoranti e fitotossici (composti azotati e solforati).



I comparti aerati di nitrificazione (sul fondo) e di denitrificazione in anossia (in primo piano).

Il trattamento aerobico comporta una modificazione della composizione chimica del liquame: si verifica una diminuzione del tasso di azoto ammoniacale (perso per volatilizzazione) del 20-25% e del contenuto di BOD e COD rispettivamente del 25-

75% e del 30-60%.

L'ossigenazione può essere più o meno spinta in funzione delle finalità che si intendono raggiungere. In linea generale, per l'ossigenazione, si richiede energia in modo proporzionale al grado di stabilizzazione richiesto.

I vantaggi

Il sistema in questione assicura i seguenti principali vantaggi:

- a) modulazione del tenore in azoto dei reflui da distribuire sulla base delle specifiche esigenze. Si potrà cioè ridurre il carico di azoto dei reflui, per adeguarlo alle esigenze dei terreni aziendali e rispondere alle specifiche normative ambientali;
- b) drastico abbattimento ed, in pratica, eliminazione degli odori prodotti dagli stoccaggi e dalle operazioni di distribuzione;
- c) riduzione delle emissioni di gas serra e di ammoniaca;
- d) possibilità di distribuzione del refluo in copertura, grazie alla eliminazione di ogni problema

- di fitotossicità;
- e) bilancio energetico positivo, grazie al recupero del biogas prodotto ed alla sua trasformazione in energia elettrica e termica;
- f) notevole scorrevolezza dei reflui e loro facile pompaggio in linee sotterranee senza pericolo di intasamenti;
- g) facilità ed economicità delle operazioni di distribuzione dei liquami;
- h) miglioramento delle condizioni di lavoro degli addetti, grazie al controllo delle emissioni ed al conseguente miglioramento della qualità dell'aria;
- i) igienizzazione dei reflui, derivante dall'abbattimento della carica microbica totale e dal controllo di quella patogena eventualmente presente;
- j) possibilità di una completa automazione del processo e dell'inserimento di sistemi di controllo e di sicurezza, con sensibile riduzione dei costi gestionali;
- k) adattabilità del sistema a trattare reflui sia da allevamenti di bovini che di suini sia misti.

CONCLUSIONI

L'impiego integrato delle tecnologie disponibili, laddove si sappiano combinare le soluzioni più indicate per le caratteristiche dell'allevamento, è in grado di garantire un trattamento ottimale delle deiezioni zootecniche. L'adozione di soluzioni flessibili, in grado di adattarsi alle mutevoli condizioni operative e all'evolversi delle necessità di trattamento, sono garanzia di affidabilità del processo. La cogenerazione permette di ridurre il fabbisogno energetico e di contenere sensibilmente le emissioni maleodoranti. Il fango digerito risulta pressoché inodore e può essere stoccato all'aperto senza dar luogo ad emissioni sgradevoli.

La fertirrigazione rappresenta a sua volta la miglior

destinazione possibile per lo scarico trattato. Dopo questa fase il processo di depurazione può ritenersi completato e i danni per le falde acquifere e i corsi d'acqua dovrebbero essere pressoché nulli. L'azione dei trattamenti proposti si esercita, infine, nei confronti delle emissioni gassose derivanti dall'attività zootecnica, che risultano sensibilmente ridotte anche in corrispondenza della fase più critica, quella dello spandimento in campo. Tutti i flussi uscenti dal sistema di trattamento sono infatti sostanzialmente inodori e non vi sono esigenze di stoccaggio di materiale putrescibile. Queste soluzioni impiantistiche rappresentano quindi un sicuro elemento di innovazione e di contenimento dell'impatto ambientale indotto dall'attività zootecnica.

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Liquami biogas, 2005 - Manuale Rota Guido; di Marco Mari e Giuseppe Volta