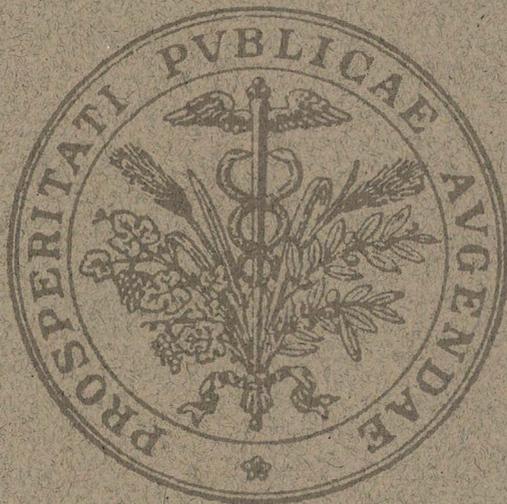


# I GEORGOFILI

Quaderni  
2002-III



Consiglio Nazionale delle Ricerche

## LA GESTIONE DEI REFLUI ZOOTECNICI FRA PROBLEMI AZIENDALI E TERRITORIALI

Firenze, 2003

---

SOCIETÀ EDITRICE FIORENTINA





# I GEORGOFILI



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Programma Nazionale di Ricerca

Riciclo dei reflui del Sistema Agricolo-Industriale Linea Reflui Zootecnici

Legge 95/95 Settore Ambiente

Giornata di Studio

## LA GESTIONE DEI REFLUI ZOOTECCNICI FRA PROBLEMI AZIENDALI E TERRITORIALI

Firenze, 27 giugno 2002

SOCIETÀ EDITRICE FIORENTINA

Programma Nazionale di Ricerca  
Riciclo dei reflui del Sistema Agricolo-Industriale Linea Reflui Zootecnici

*Comitato di Programma*

Prof. Giuseppe Pellizzi, *Coordinatore*  
Prof. Ersilio Desiderio, *Segretario*  
Prof. Salvatore Tudisca  
Prof. Zeno Varanini  
Dott.ssa Maria Bonato

*Responsabile del sottoprogetto "Reflui Zootecnici"*  
Prof. Franco Sangiorgi

Copyright © 2003  
Accademia dei Georgofili  
Firenze  
<http://www.georgofili.it>

Proprietà letteraria riservata

Supplemento a «I Georgofili. Atti dell'Accademia dei Georgofili»  
Anno 2002 - Settima Serie - Vol. XLIX (178° dall'inizio)

Responsabile redazionale: dott. Paolo Nanni

Servizi redazionali, grafica e impaginazione  
SOCIETÀ EDITRICE FIORENTINA  
Via G. Benivieni 1 - Firenze  
Tel. 055 5532924  
Fax: 055 5532085  
e-mail: [info@sefeditrice.it](mailto:info@sefeditrice.it)  
[www.sefeditrice.it](http://www.sefeditrice.it)

## INDICE

GIUSEPPE PELLIZZI <i>Presentazione</i>	7
FRANCO SANGIORGI <i>I reflui zootecnici: risorsa e problema</i>	9
PIERLUIGI NAVAROTTO <i>Strutture di allevamento e qualità dei reflui</i>	27
CARLO GRIGNANI, MONICA BASSANINO, DARIO SACCO, LAURA ZAVATTARO <i>Gestione dei reflui zootecnici: i vincoli agronomici</i>	45
GIUSEPPE BONAZZI <i>I vincoli ambientali</i>	61
FABRIZIO MAZZETTO <i>Il monitoraggio delle operazioni di spandimento</i>	69
GIORGIO PROVOLO <i>La gestione aziendale dei reflui zootecnici</i>	95
VINCENZO G.G. MENNELLA, PIERO BORGHI, GIACOMO RAPI, M. ELENA MENCONI <i>La gestione consortile dei reflui: il caso dell'Umbria</i>	123



GIUSEPPE PELLIZZI\*

## PRESENTAZIONE

Il programma sul “riciclo dei reflui del sistema agro-industriale” del CNR fa parte di un’ampia attività promossa dal Ministero per l’Università e la Ricerca, sviluppato nell’ambito della direttiva sulla protezione ambientale contenuta nella legge n. 95/1995 – Settore Ambiente. Essa dispone «misure urgenti per il rilancio dell’attività industriale nazionale». Lo scopo, quindi, è chiaro e, nel nostro caso, si è cercato di conseguirlo coinvolgendo, accanto ad unità operative del mondo della ricerca – sia agronomica, sia ingegneristica, sia giuridica – unità appartenenti al settore della produzione, con particolare riguardo alla piccola e media industria.

Il programma, che si articola in due linee relative, rispettivamente, ai reflui zootecnici ed ai reflui oleari, ha visto il coinvolgimento di oltre 60 unità di ricerca con un’ampia partecipazione attiva – contrariamente a quanto normalmente avviene negli altri progetti nazionali del CNR – del mondo imprenditoriale. Con esso sono stati definiti strategie, processi, tecnologie e metodi idonei a utilizzare detti reflui. È opportuno rilevare che i reflui prodotti dal settore zootecnico ammontano a 150 milioni di t all’anno. Essi sono, come tali, in grado di fornire all’agricoltura 600.000 t di azoto totale, 160.000 t di fosforo e 380.000 t di potassio, coprendo, così, il fabbisogno nutrizionale di circa 3 milioni di ettari a coltura. Un contributo nient’affatto trascurabile se si considera il loro impiego a fini agronomici. Da qui l’esigenza di rendere i reflui zootecnici – il cui smaltimento molto spesso ha costituito e tuttora costituisce un problema tecnico ed

\* *Università degli Studi di Milano, Coordinatore del Programma “Riciclo dei reflui del sistema agro-industriale”, CNR-MIUR*

economico per gli allevatori – una risorsa per l'agricoltura nel pieno rispetto dell'ambiente e, quindi, senza inquinamenti – sia diffusi, sia puntuali – sul territorio. Nel corso di questi ultimi quattro anni – il programma ha ufficialmente avuto inizio nel novembre del 1988 dopo una lunga fase di preparazione – si è così operato, in particolare, per definire nuove strategie, nuove tecniche e avanzate tecnologie di distribuzione in campo, di compostaggio e di conservazione di detti reflui. Il tutto, ampiamente basato su innovativi programmi informatici per la gestione dei reflui e delle macchine, per il controllo del territorio e dell'ambiente, nonché sulla definizione di tecnologie elettroniche appropriate, il che si presume sia di interesse particolare non solo per gli allevatori ma anche per le pubbliche amministrazioni che governano il territorio, per i tecnici che operano in agricoltura e per le organizzazioni professionali di settore.

Scopo dell'incontro di oggi è quello di illustrare – in una sede così prestigiosa come l'Accademia dei Georgofili – i risultati raggiunti. A conseguire questo obiettivo, hanno particolarmente contribuito i Colleghi relatori, che si ringraziano vivamente per i risultati brillantemente raggiunti sotto la sagace guida del Prof. Franco Sangiorgi, responsabile dell'intera linea "Reflui zootecnici".

Dopo la relazione introduttiva di Franco Sangiorgi seguiranno i contributi di Pierluigi Navarotto, che illustrerà nuove strutture di allevamento; Giuseppe Bonazzi che ci intratterrà sui vincoli ambientali e l'evoluzione delle direttive europee in proposito; Carlo Grignani che ci parlerà dei vincoli agronomici nella gestione dei reflui riportando i progressi conseguiti nella ricerca svoltasi; Fabrizio Mazzetto che illustrerà le nuove acquisizioni sul monitoraggio delle operazioni di spandimento; Giorgio Provolo che, invece, ci parlerà di quanto conseguito nella gestione aziendale dei reflui, infine, di Vincenzo Mennella che tratterà il problema della gestione consortile dei reflui con particolare riferimento al caso dell'Umbria. Si tratta, quindi, di un complesso di relazioni fra loro coordinate su temi di ricerca svolti nelle varie unità operative operanti in stretto contatto fra loro. Mi pare che il contributo sia nel complesso valido e stimolante e dimostri chiaramente la possibilità reale di pervenire ad una soluzione completa del complesso problema conseguendo veramente l'obiettivo di fare dei reflui zootecnici una risorsa per la nostra agricoltura e quindi per tutto il Paese.

Grazie a tutti loro per essere intervenuti e buon ascolto.

FRANCO SANGIORGI\*

## I REFLUI ZOOTECNICI: RISORSA E PROBLEMA

### PREMESSA

I reflui zootecnici costituiscono uno scomodo sottoprodotto dell'allevamento ma possono, se ben gestiti, riacquistare la dignità di materia prima da riutilizzare all'interno del ciclo produttivo.

Note sono le cause che hanno portato a questa situazione; noto è, anche, il fatto che i reflui zootecnici, assieme a pratiche di fertilizzazione non corrette, contribuiscono in misura rilevante all'inquinamento delle acque e dell'aria e a un deterioramento della qualità dei prodotti. Ciò, avviene, al di là di fatti fraudolenti, principalmente a causa di forme di inquinamento diffuso e puntuale (fig. 1), e di eccessivo arricchimento in azoto. Già in diverse occasioni è stato messo in luce il fatto che la concimazione dei suoli avviene, nelle aree zootecniche, sovrapponendo la fertilizzazione minerale a quella organica (figg. 2, 3, 4).

Il problema è, quindi mettere a punto tecniche, ovvero un complesso di metodi operativi e tecnologie, che consentano di:

- ridurre gli effetti negativi legati a una non corretta gestione dei reflui;
- recuperare al massimo il valore fertilizzante dei reflui zootecnici agendo anche a monte sui sistemi di stabulazione.

È in questo contesto che si inserisce il progetto di ricerca "Riciclo dei reflui del sistema agricolo-industriale" finanziato dal MIUR al CNR, con la Legge 95/95, Settore Ambiente.

\* *Istituto di Ingegneria agraria, Università degli Studi di Milano*

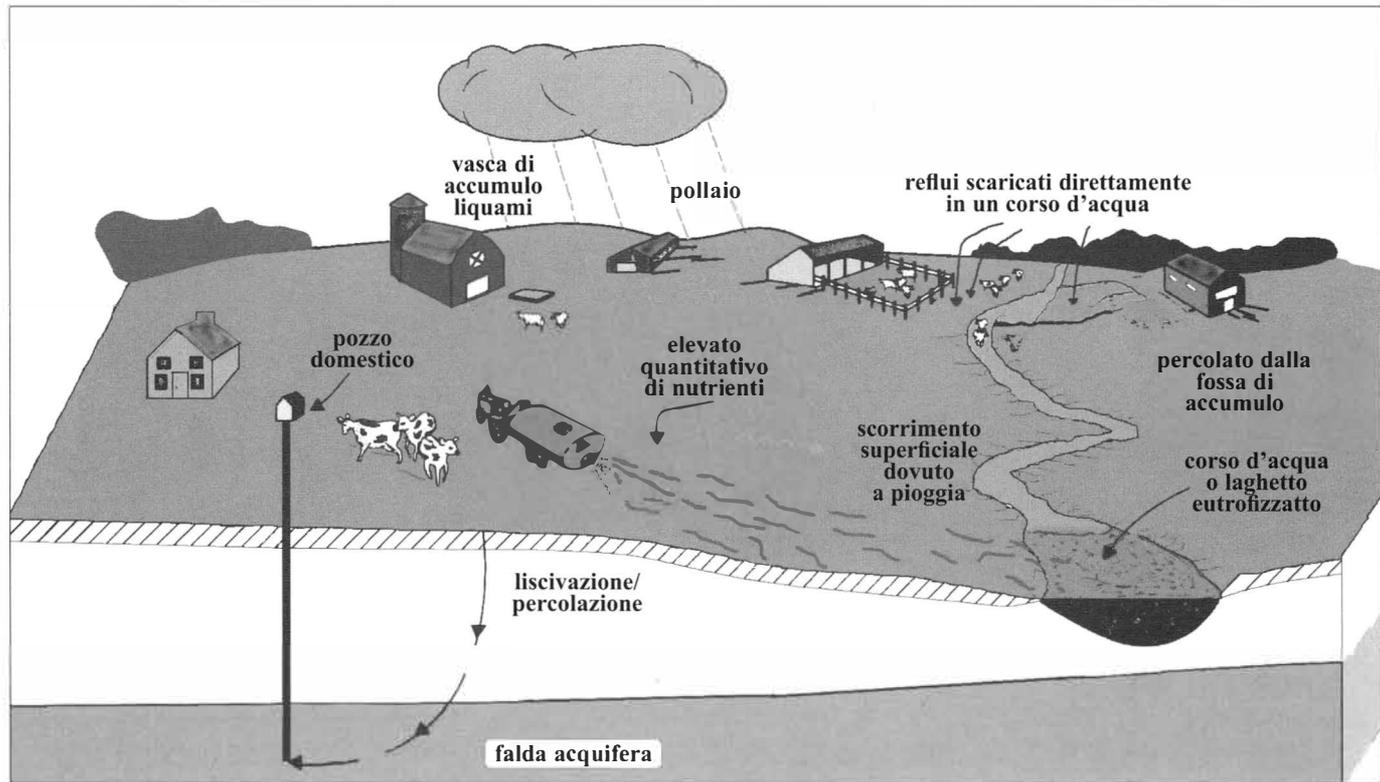


Fig. 1 L'inquinamento delle acque può essere di tipo puntuale (sversamento diretto) o diffuso (per trasporto dovuto alle precipitazioni)

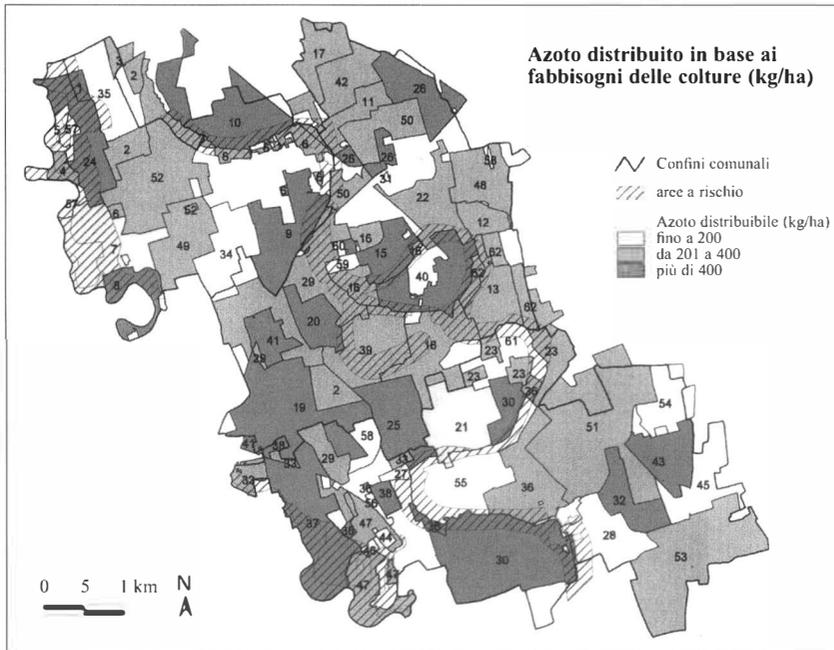


Fig. 2 Azoto distribuibile in base ai fabbisogni delle colture

#### L'INQUINAMENTO PUNTUALE

L'inquinamento puntuale avviene per versamento o immissione diretta di reflui, anche parzialmente trattati, nelle acque superficiali e di falda (condizione meno frequente). In pratica, in questo caso, il refluo, proveniente in tutto o in parte da un allevamento, viene scaricato senza considerare minimamente che il suo apporto in nutrienti equivale, ad esempio, per ogni capo suino e nelle peggiori condizioni, a quello generato da 1,2 ettari di terreno coltivato. Quindi, un allevamento di 2000 capi suini equivale, come immissione di nutrienti, a una superficie di circa 2400 ha e, considerando solo per il bacino del Po l'esistenza di oltre 150 allevamenti in queste condizioni, ne risulta un'area di oltre 360 mila ettari da aggiungere, e qui sta il problema, ai 2,27 milioni di ettari di SAU presenti nella stessa area.

Peraltro, è inquinamento puntuale anche la distribuzione di refluo su terreni gelati o ghiacciati in quanto il liquido può finire direttamente, per scorrimento, nelle acque superficiali.

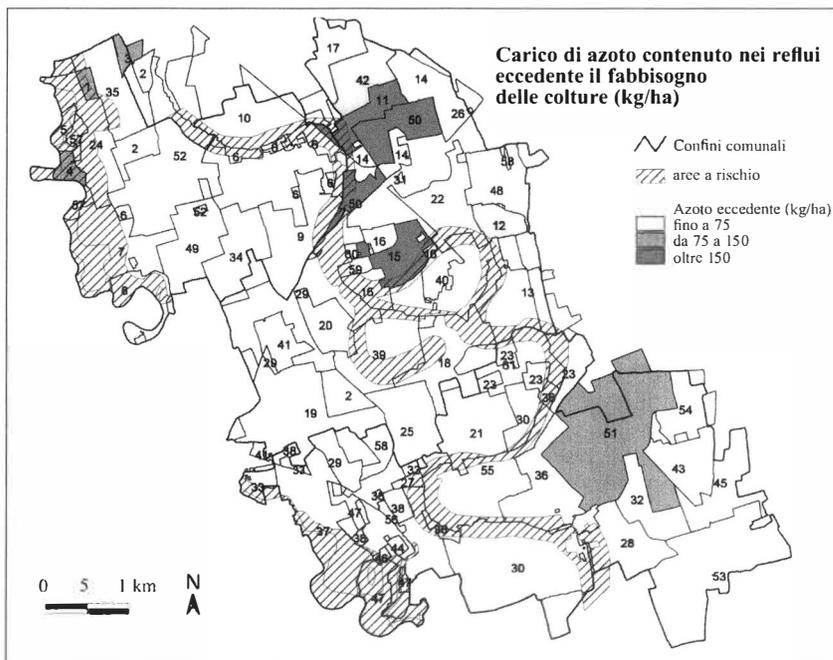


Fig. 3 *Carico di azoto contenuto nei reflui eccedente il fabbisogno delle colture*

Fortunatamente, l'inquinamento puntuale si può combattere: è solo questione di costi. Gli impianti di depurazione sono in grado di consegnare un liquido con caratteristiche idonee per il recapito in acque superficiali.

#### L'INQUINAMENTO DIFFUSO

L'inquinamento diffuso si verifica in corrispondenza di eventi meteorici (pioggia) che tendono a trasportare materiale che si trova in superficie verso i corsi d'acqua (ruscellamento) e/o gli elementi disciolti, attraverso il terreno, nelle falde (lisciviazione). In questo caso, l'ammontare di nutrienti ceduto dal suolo non è esattamente quantificabile, in quanto legato all'andamento meteorologico e al comportamento degli agricoltori nei confronti della fertilizzazione dei suoli. Per sua stessa natura, l'inquinamento diffuso si può solo

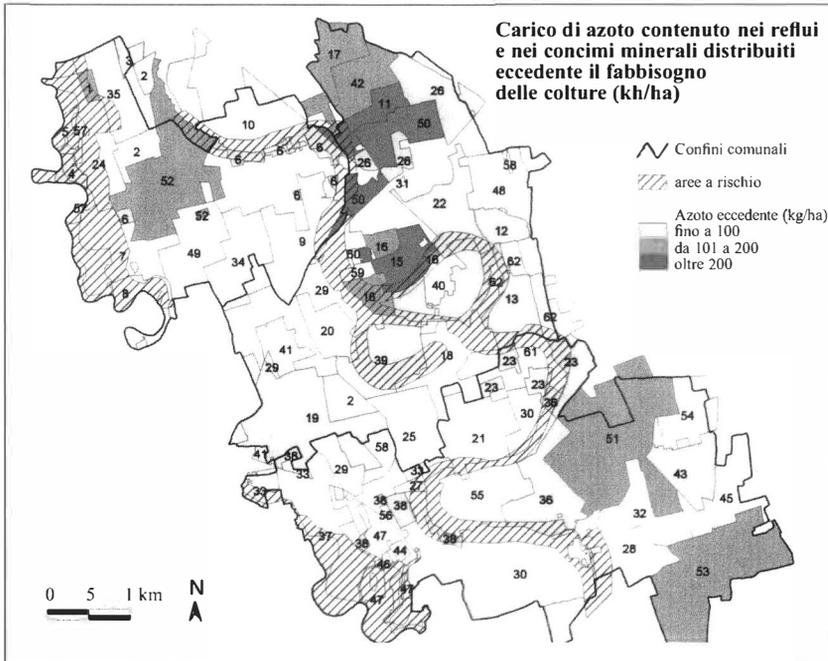


Fig. 4 *Carico di azoto contenuto nei reflui e nei concimi minerali eccedente il fabbisogno delle colture*

ridurre ma non eliminare ed è sull'ammontare della possibile riduzione che si confrontano i sistemi di gestione agronomica. A differenza di quanto indicato per l'inquinamento puntuale, non tutto il carico potenziale di azoto prodotto dagli animali se ne va nelle acque superficiali, ma solo una parte di esso. L'ammontare di refluo che viene rilasciato da un terreno dipende, oltreché dalla stagione in cui avviene lo spandimento, anche e soprattutto dall'ammontare di reflui che vengono portati al terreno. Così se si considera, in prima approssimazione, che oltre il 10% delle aziende zootecniche presenti nel bacino padano (circa 1500) eccede di oltre 100 kg/ha la concimazione azotata e che tale eccedenza viene praticamente tutta rilasciata nell'ambiente esterno, considerando, inoltre, che un altro 20% di aziende eccede 50 kg/ha si ottiene un ulteriore incremento fittizio di circa 500 mila ettari. Ovvero, è come se la SAU dell'intero bacino padano fosse incrementata, a causa di inquinamento puntuale e diffuso, di oltre il 38%. Si tratta, quindi, di mettere in atto

una serie di azioni che servano a “ridurre” questa eccedenza con sostanziale beneficio per la collettività.

Va detto, una volta per tutte, che su questo problema è in corso un braccio di ferro, non palese, fra chi opera in agricoltura e chi si occupa di tutela dell’ambiente. Infatti, tutti sanno che la soluzione più corretta del problema dell’inquinamento diffuso passa attraverso un più ampio ricorso, a parità di sistema colturale, a:

- tecnologia appropriata;
- modifica dei programmi colturali;
- ridimensionamento del rapporto fra superficie coltivata e numero di capi allevati.

Indubbiamente la prima delle ipotesi è la più praticabile perché non porta a modificazioni degli attuali ordinamenti colturali ma richiede, tuttavia, il ricorso a ingenti capitali e, comunque lo si voglia considerare, avrebbe un certo impatto sui costi di produzione e sull’organizzazione aziendale. Le altre ipotesi di intervento richiedono, invece, la definizione di una “politica” della produzione agricola e di una politica territoriale non sempre presente.

#### I MEZZI PER ELIMINARE L’INQUINAMENTO PUNTUALE

Fin dagli anni ’70 era stata avanzata l’ipotesi, concretizzatasi con diverse decine di realizzazioni, di trattare i liquami zootecnici in impianti di depurazione. Vennero subito a galla, da un lato, problemi di dimensionamento e gestione e, dall’altro, di inserimento degli impianti nel contesto ambientale (gestione dei fanghi). Soprattutto non era stato ben evidenziato che il controllo del funzionamento di questi impianti non poteva essere scaricato sugli agricoltori. Una volta ridefiniti i parametri di progettazione e di processo e chiarite le modalità di utilizzazione dei fanghi e dei solidi separati, rimaneva da sviluppare il sistema di controllo delle varie fasi di trattamento e di regolazione (fig. 5). Ciò al fine di arrivare a disporre di impianti in grado di funzionare autonomamente, controllati a distanza e con ridotti costi di gestione. L’impianto di depurazione è pur sempre da considerare come ultima risorsa perché, occorre ribadirlo, il suo bilancio energetico è doppiamente negativo: si spende energia per distruggere sostanza organica e per strappare azoto e poi

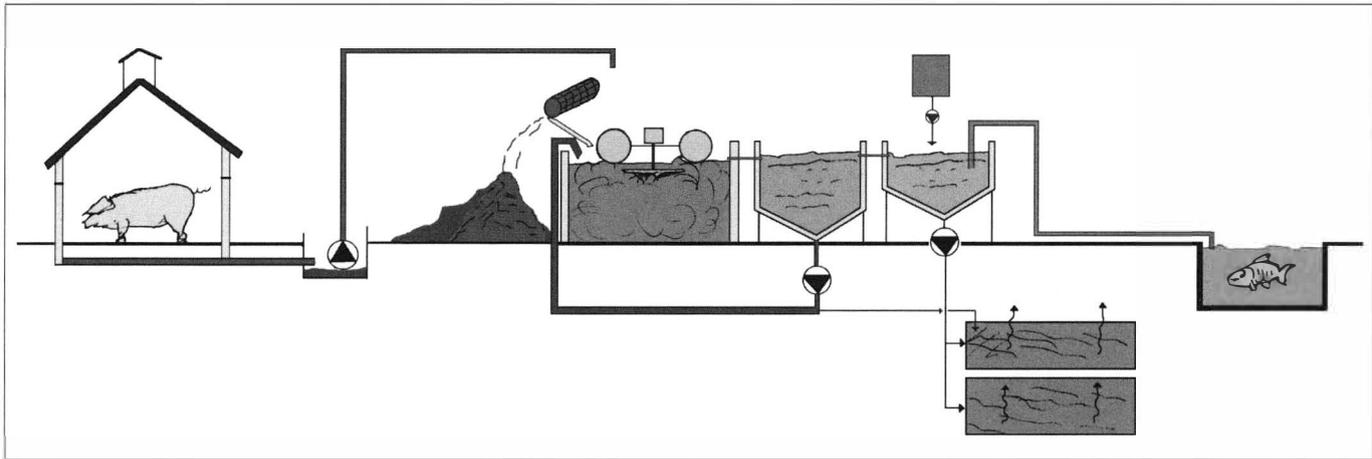


Fig. 5 Per eliminare l'inquinamento puntuale occorre adottare idonei impianti di trattamento dei reflui

si spende di nuovo energia per produrre i nutrienti necessari per la fertilizzazione delle colture.

#### I MEZZI PER ELIMINARE L'INQUINAMENTO DIFFUSO

Già l'IRSA negli anni '70 e il processo normativo conseguente all'opera di questo Istituto, aveva fornito, anche sulla scorta delle esperienze nordamericane, indicazioni circa le modalità da seguire per la gestione agronomica dei reflui allo scopo di ridurre l'inquinamento diffuso. Ma all'epoca non erano chiari criteri e mezzi da impiegare nel nostro contesto produttivo e soprattutto l'agricoltura si trovava in una fase dinamica di trasformazione con ulteriore perdita di manodopera e di forte specializzazione produttiva. Oggi, a oltre un quarto di secolo dall'emanazione della L. 319/76, la situazione si è abbastanza stabilizzata e gli agricoltori sono in grado di meglio organizzarsi per ridurre i danni potenziali all'ambiente, tarandosi sulla nuova struttura organizzativa.

In buona sostanza, ora si tratta di:

- definire i periodi nei quali spandere liquame e letame con il minor rischio per l'ambiente e con il massimo vantaggio per le colture;
- individuare le modalità di spandimento più idonee per ridurre i rischi di ruscellamento e lisciviazione e per favorire l'attività della microflora del suolo;
- realizzare un sistema di stoccaggio idoneo a contenere il liquame sulla base dei periodi utili di spandimento;
- realizzare un sistema di stabulazione tale da mantenere alta la concentrazione del refluo e ridurre le perdite di azoto per volatilizzazione.

Come ben si intuisce, la riduzione dell'inquinamento diffuso passa attraverso una serie di interventi che possono essere riassunti come buona pratica agricola e come agricoltura sostenibile.

Il controllo dell'inquinamento diffuso passa anche attraverso la istituzione di idonee aree dimostrative in cui effettuare il monitoraggio ambientale e sperimentare le tecniche cui dovrebbero fare riferimento gli agricoltori (fig. 6). Ovviamente, il tutto va gestito da un idoneo servizio di divulgazione, senza il quale la diffusione di dette tecniche risulterebbe troppo lenta e, quindi, poco proponibile.

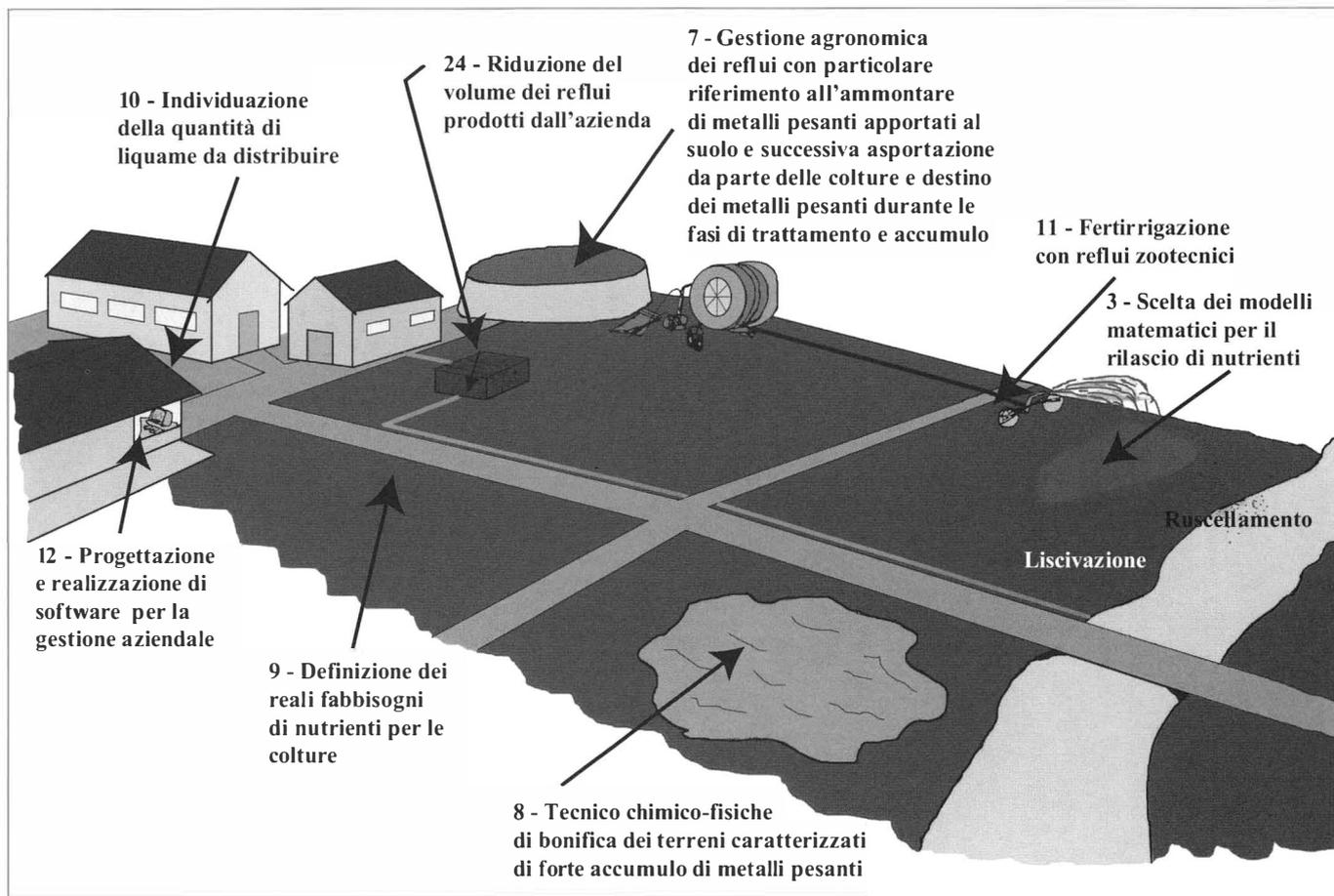


Fig. 6 La riduzione dell'inquinamento diffuso passa attraverso l'adozione di pratiche agronomiche idonee e di comportamenti corretti per quanto riguarda lo spandimento dei reflui

A questo punto diventa chiaro il percorso seguito nella “progettazione” del programma di ricerca finanziato con la legge 95/95 “Settore Ambiente”. Da un lato, si tratta di intervenire, aggiornandoli, sugli impianti per la depurazione dei reflui prodotti dagli allevamenti e, dall'altro, di mettere in atto una serie di mezzi e strategie da affidare agli agricoltori e allevatori – anche a livello comprensoriale - allo scopo di razionalizzare la gestione dei reflui sulla base di un obiettivo preciso, verificabile e modificabile in base all'esperienza.

Gli argomenti trattati dalle diverse UU.OO. sono succintamente riportati negli schemi delle figure 7, 8, 9, 10 e 11.

Sono state invitate a partecipare al presente programma 31 UU.OO. appartenenti a enti pubblici e a ditte private. Ciascuna U.O. ha partecipato a uno o più dei 24 temi specifici di ricerca.

I risultati ottenuti sono stati, fino a questo momento, estremamente incoraggianti e in linea con le previsioni formulate in sede di progetto. Il problema che ora si presenta è quello di far conoscere al mondo operativo detti risultati e discuterli per poterli poi trasferire sul campo. Si tratta di uno sforzo che deve coinvolgere in prima persona chi è chiamato a far rispettare l'ambiente e a finanziare i programmi di sviluppo rurale.

## CONCLUSIONI

Il presente Programma è nato da una progettazione basata sullo studio delle conoscenze disponibili a metà degli anni '90 e della esigenza di far fronte a una legislazione, allora solo potenziale, che avrebbe successivamente coinvolto il mondo agro-zootecnico. Ovvero, il Programma non si è adagiato sul “presente” ma si è rivolto al futuro. Infatti, se si fosse preso atto della situazione “attuale” si sarebbero scelti obiettivi derivabili dal soddisfacimento di bisogni contingenti: limitandosi al soddisfacimento delle sole esigenze degli agricoltori si sarebbero studiati metodi per spandere i reflui più celermente e al minor costo. Se si fosse seguito questo concetto, dal punto di vista industriale si sarebbero sviluppati solo carribotte di grandissima capacità con dimensioni largamente eccedenti quelle oggi ammesse ecc.

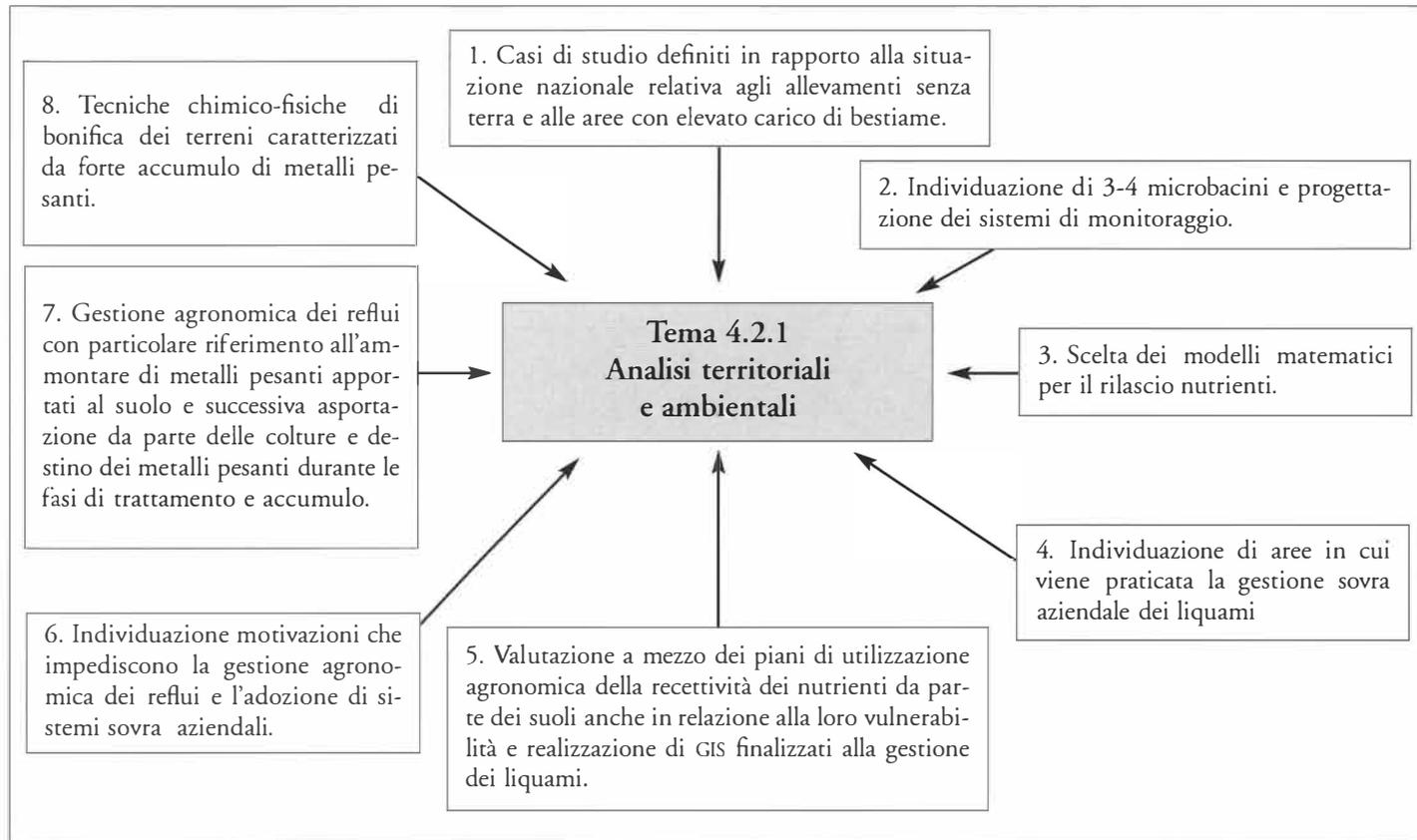


Fig. 7 Le tematiche afferenti al Tema 4.2.1

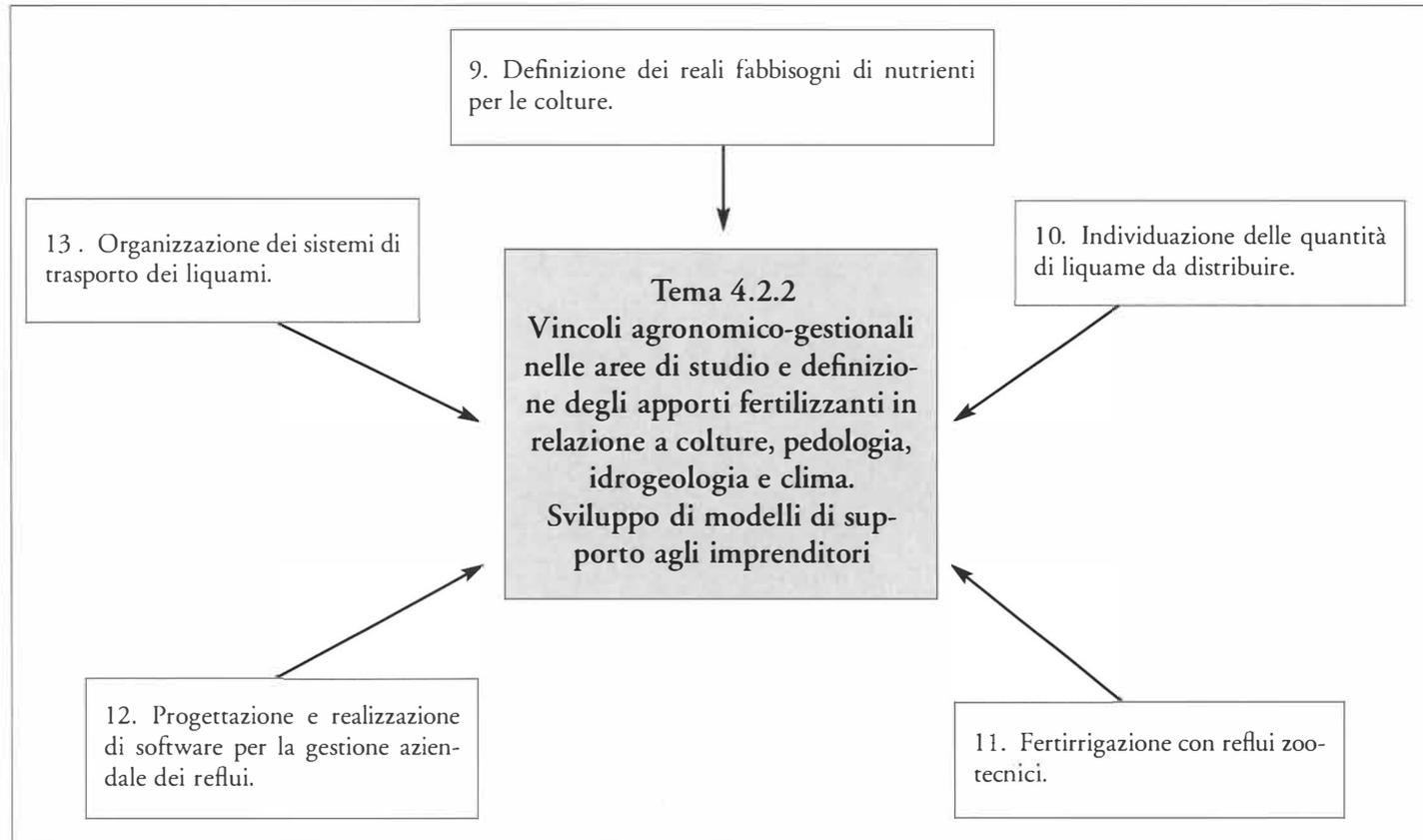


Fig. 8 *Le tematiche afferenti al Tema 4.2.2*

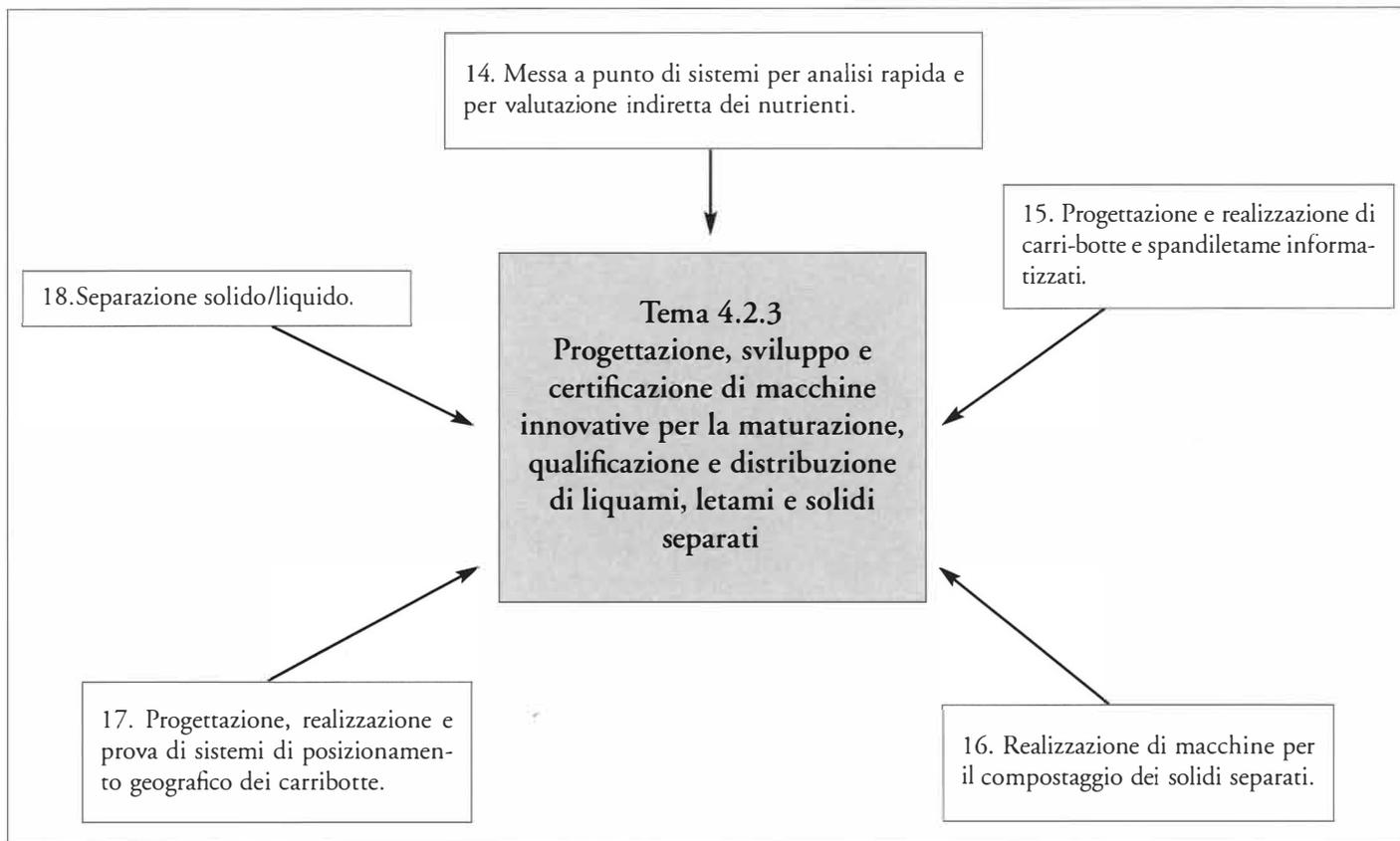


Fig. 9 *Le tematiche afferenti al Tema 4.2.3*

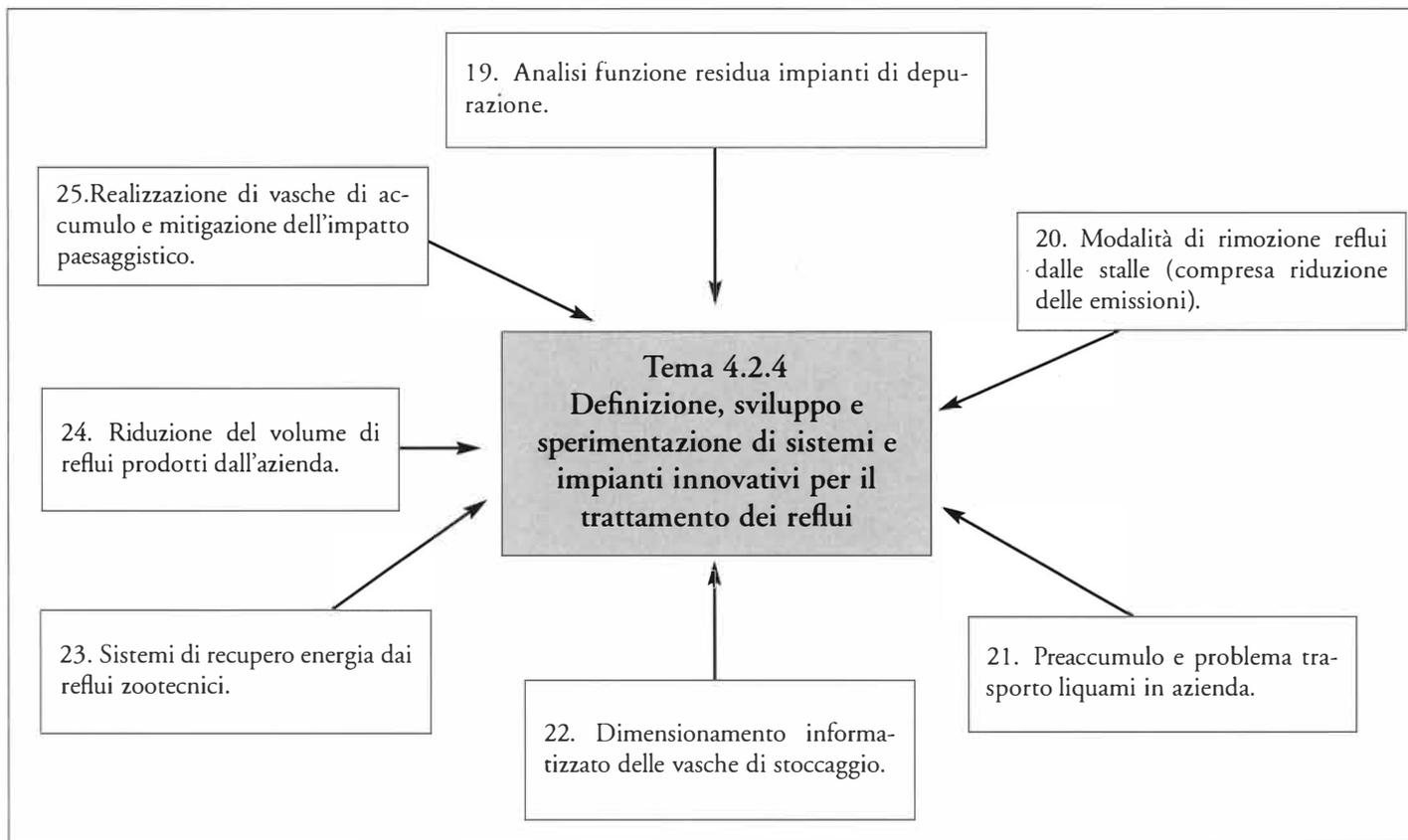


Fig. 10 *Le tematiche afferenti al Tema 4.2.4*

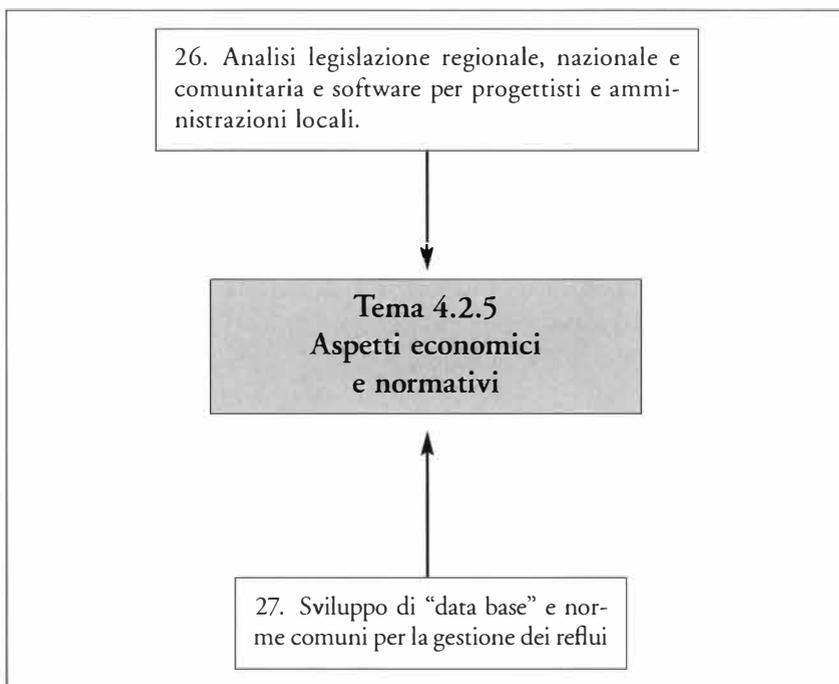


Fig. 11 *Le tematiche afferenti al Tema 4.2.5*

Non si sarebbe parlato di:

- criteri per la utilizzazione di nuove pavimentazioni per ridurre le emissioni dalle porcaie e per ottenere reflui più idonei per lo spandimento;
- criteri per la utilizzazione agronomica dei reflui che valorizzino i fitonutrienti contenuti nei reflui stessi. Ovvero, quanto liquame o letame si può spandere e quando. Il confronto fra i diversi tipi di rotazione dal punto di vista dell'ambiente;
- vincoli introdotti dalla legislazione in campo ambientale per la gestione dei reflui in relazione al CBPA, alla direttiva nitrati, all'art. 38 del D. Lgs. 152/99;
- modalità di gestione dei reflui a livello aziendale a mezzo di software e di hardware (carribotte, sensori ecc.);
- modalità di programmazione e controllo, con l'applicazione del GPS, del corretto spandimento dei reflui sia per rispetto delle normative, sia per valutare il reale effetto agronomico dei reflui stessi;

- problemi posti dalla gestione sovraziendale; ma anche di:
- uniformità di distribuzione;
- distribuzione bilanciata in relazione ai fabbisogni delle colture e ai limiti di legge;
- distribuzione corretta in relazione a variazione di velocità di avanzamento,
- limitazione dell'ammontare di refluo da spandere in relazione alla sensibilità o vulnerabilità dell'area;
- controllo dei tempi di spandimento;
- trattamento separato delle acque reflue a basso carico di nutrienti;
- corretta definizione dei cantieri di trasporto e della loro organizzazione;
- riduzione dell'impatto paesaggistico causato dalle nuove strutture di accumulo dei liquami ecc.

In definitiva, il Programma di Ricerca qui presentato è già oggi in grado di soddisfare alle esigenze:

- del D. Lgs. 152/99 disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane, e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole (che introduce il concetto di zone sensibili e zone vulnerabili in cui è limitato l'ammontare di reflui da spandere);
- del D. Lgs. 372/99 attuazione della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrale dell'inquinamento (che introduce il concetto di migliori tecniche disponibili);
- del Piano Stralcio per l'Eutrofizzazione, predisposto dall'Autorità del Bacino del Fiume Po;
- della legislazione regionale sulla utilizzazione agronomica dei reflui;
- della legislazione sull'impatto paesistico dei manufatti edilizi; e di fornire:
- agli agricoltori strumenti in grado di favorire, anziché scoraggiare l'uso agronomico dei reflui;
- all'industria gli input progettuali e i parametri di valutazione per

- la realizzazione di macchine realmente in grado di risolvere il problema dello spandimento dei reflui;
- agli amministratori pubblici e ai progettisti, banche dati e algoritmi idonei per la progettazione impiantistica;
  - agli amministratori e agli enti preposti al controllo ambientale, i mezzi per il controllo dello spandimento corretto dei reflui nelle aree sottoposte a vincolo.

Spetta ora agli Amministratori posti ai diversi livelli valutare e utilizzare, magari con opportuni adattamenti, quanto è stato fin qui prodotto: noi siamo aperti a questo dialogo.



PIERLUIGI NAVAROTTO\*

## STRUTTURE DI ALLEVAMENTO E QUALITÀ DEI REFLUI

### I. INTRODUZIONE

La progettazione delle strutture zootecniche è da sempre condizionata da numerose esigenze in relazione alla necessità di garantire ottimali condizioni di lavoro agli addetti e un microclima e una qualità dell'aria idonei ad assicurare le migliori condizioni di salute e benessere agli animali, tali da indurre i migliori livelli delle produzioni sia in termini quantitativi che qualitativi.

A queste esigenze, più recentemente, si è aggiunta anche la necessità di migliorare l'impatto ambientale complessivo generato dall'attività.

In effetti sulla spinta della legge Merli e delle varie normative per la protezione delle acque superficiali e profonde, la progettazione dei ricoveri si è occupata, sino ad ora, di contenere l'impatto sulle acque mentre poco è stato fatto nei confronti dell'aria e del paesaggio.

Una chiara dimostrazione di quanto sopra è la notevolissima diffusione, che si è avuta in questi ultimi 15-20 anni, del pavimento fessurato; tale soluzione ha infatti consentito, da un lato, la eliminazione delle acque di lavaggio con sensibile riduzione del volume dei reflui prodotti, ma, dall'altro, eliminando le operazioni di lavaggio delle superfici e lasciando le deiezioni nelle fosse sottostanti, ha sicuramente peggiorato sia il livello igienico dei ricoveri, sia il livello delle emissioni di gas in atmosfera.

\* *Dipartimento di Scienze e Tecnologie Veterinarie per la Sicurezza Alimentare, Università degli Studi di Milano*

È evidente che è ormai indispensabile che la progettazione delle strutture zootecniche affronti finalmente la problematica ambientale con approccio sistemico per assicurare la realizzazione di soluzioni in grado di ridurre l'impatto nei confronti dei diversi ambiti ambientali.

## 2. LE DIVERSE STRUTTURE

Tutte le strutture zootecniche sono interessate al controllo dell'impatto ambientale; in particolare:

- i ricoveri;
- gli eventuali impianti per i trattamenti;
- gli stoccaggi.

### 2.1. *I ricoveri*

La tipologia del ricovero, e il management, sono responsabili oltre che del tipo di deiezioni prodotte (solide o liquide, concentrate o diluite), anche del livello delle emissioni in atmosfera.

Si consideri che le stime sviluppate a livello nazionale addebitano a ricoveri, stoccaggi e distribuzione il 75% delle emissioni in atmosfera generate dall'intero settore agricolo (ripartite per il 20-25% dai ricoveri, il 20-25% dagli stoccaggi e il 50% durante la distribuzione per l'utilizzazione agricola); si tratta di quantità importanti sulle quali è indispensabile intervenire per rispondere al dettato delle normative ambientali che prevedono di garantire, entro il 2010, una riduzione del 10% di tali emissioni.

#### 2.1.1. Le soluzioni fessurate

Si è già accennato alla diffusa applicazione del pavimento fessurato visto, soprattutto nel settore suinicolo, come soluzione finalizzata a contenere il volume dei liquami prodotti, e a rendere meno costose le operazioni di smaltimento tramite la utilizzazione agricola, e a quanto settoriale si sia rivelata questa scelta decisa senza un coordinamento con le altre problematiche d'allevamento.

L'esperienza ha infatti evidenziato come, la presenza del pavimento fessurato e delle sottostanti fosse di stoccaggio, provoca:

- l'innalzamento della temperatura critica inferiore degli animali con una conseguente riduzione dei ricambi d'aria, per ridurre le perdite di calore dall'edificio, e mantenere le maggiori temperature necessarie;
- il peggioramento della qualità dell'aria con aumento della polverosità e della concentrazione di gas nocivi.

Come si vede la ricerca della soluzione più favorevole al contenimento del volume dei liquami, e quindi alla utilizzazione agricola degli stessi, senza preoccuparsi delle altre esigenze, ha portato alla disponibilità di ricoveri che non sono in grado di assicurare né condizioni ambientali ottimali per l'allevamento, né una effettiva riduzione dell'impatto ambientale nell'intorno.

### 2.1.2. I criteri progettuali

È quindi necessario rivedere i criteri di progettazione delle soluzioni fessurate al fine di sfruttarne gli aspetti positivi e ridurre al minimo quelli negativi.

In particolare è necessario:

- ridurre la profondità delle fosse sottostanti assegnando loro la sola funzione di "convogliamento" delle deiezioni e ponendo attenzione a ridurre al minimo il tempo di permanenza delle stesse nel ricovero;
- assicurare il totale allontanamento delle deiezioni presenti evitando il ristagno di residui;
- rendere le fosse, per quanto possibile, ispezionabili e "facilmente" lavabili;
- predisporre attrezzature che consentano l'accessibilità alle fosse e che siano facilmente lavabili;
- preoccuparsi anche della pulizia della superficie del pavimento fessurato facilitando, ove è bassa la densità degli animali, la caduta delle deiezioni nelle sottostanti fosse.

È evidente che le diverse soluzioni possibili risponderanno in modo diversificato alle varie esigenze e la scelta dovrà quindi considerare la destinazione specifica del ricovero per valutarne le relative priorità.

### 2.1.3. I ricoveri suinicoli

Per i ricoveri suinicoli, quelli in genere maggiormente interessati alla gestione di importanti quantità di liquami, le tipologie possibili si diversificano in relazione ai diversi settori dell'allevamento.

Nel settore parto, ove maggiori sono le esigenze di igiene, si preferisce, ad esempio, realizzare il fondo delle fosse, sottostanti alle gabbie, secondo un piano inclinato in modo da poterle gestire con diverse modalità:

- allontanandole in continuo, consentendo il deflusso continuo dei liquami nella fognatura di raccolta e intervenendo durante il periodo di occupazione con alcuni lavaggi al fine di garantire l'allontanamento anche delle frazioni solide (fig. 1);
- predisponendo un sistema di sfioro che consenta di mantenere uno strato di liquame nella zona posteriore ove si raccolgono le deiezioni delle scrofe;
- posizionando un "catino", sotto ogni gabbia, conformato in modo da ridurre il volume del contenitore delle deiezioni prodotte dalla scrofa e consentirne così un'efficace e frequente svuotamento (preferibilmente giornaliero), per gravità.

Queste diverse soluzioni comportano un diverso impegno gestionale e, nel contempo, assicurano diversi livelli igienici e di qualità dell'aria nel ricovero e inducono una diversa qualità dei reflui (in termini di "freschezza" e di concentrazione); la scelta dovrà quindi considerare, per le diverse situazioni specifiche, le relative priorità.

Nei settori accrescimento e ingrasso, responsabili della maggior produzione di reflui, ove sono richiesti livelli igienici relativamente inferiori ed è più pressante l'esigenza di contenere i relativi volumi, si possono adottare le seguenti soluzioni.

- Svuotamento ciclico delle fosse ottenuto per gravità secondo il sistema cosiddetto "vacuum system" (fig. 2) che consiste nel prevedere sul fondo della fossa, la cui altezza può essere contenuta in 50 cm, una serie di fori di scarico (mediamente un foro ogni 10 m<sup>2</sup>) collegati alla sottostante fognatura di allontanamento. Questa è normalmente chiusa da una saracinesca e viene aperta ciclicamente (mediamente 1 o 2 volte la settimana) quando il liquame raggiunge un battente sufficiente a garantirne il rapido deflusso.

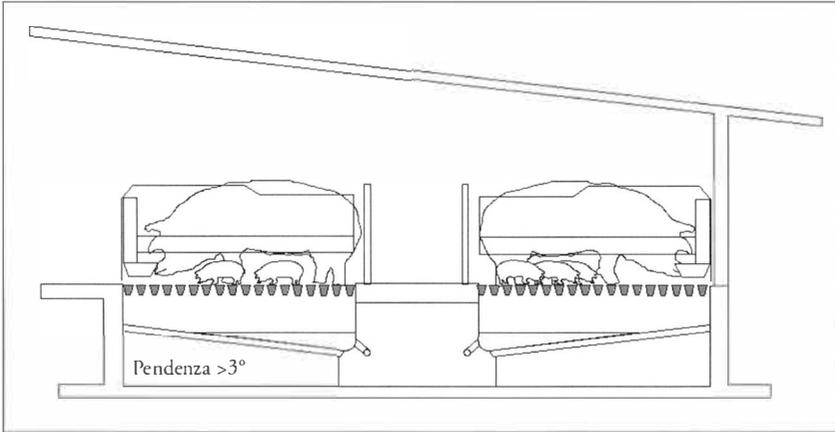


Fig. 1 Schema di ricovero con pavimento fessurato e fosse di raccolta sottostanti che consentono il deflusso continuo delle deiezioni

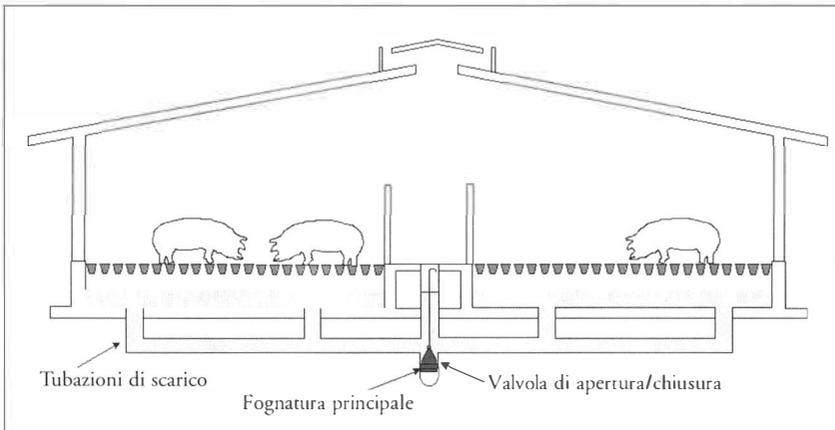


Fig. 2 Sistema di svuotamento ciclico per gravità ("Vacuum system") delle fosse

- Svuotamento tramite ruscellamento. Prevede di allontanare le deiezioni dalle fosse grazie al "ruscellamento" ottenuto nelle stesse riciclando i liquami ripresi dallo stoccaggio (fig. 3). È una soluzione che, dopo un iniziale successo, è stata poi notevolmente ridimensionata a causa delle notevoli implicazioni negative che ha evidenziato nei confronti della qualità dell'aria, del livello igienico del ricovero e dei consumi energetici.

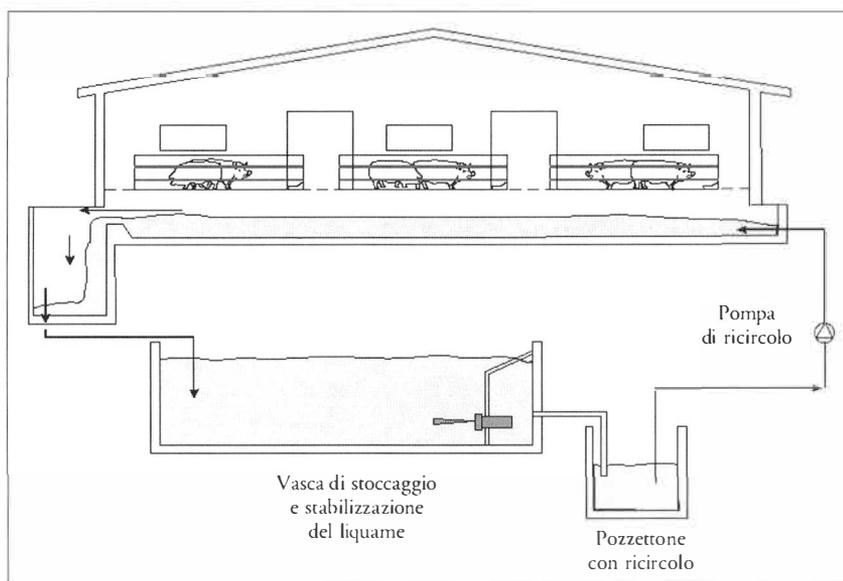


Fig. 3 *Pavimentazione fessurata con svuotamento delle fosse mediante "ruscellamento" dei liquami prelevati dallo stoccaggio*

- Pavimento fessurato con tubi di ricircolo (fig. 4). È caratterizzato dalla predisposizione, al di sotto di ogni fessura, di una tubazione in PVC, che assume la pendenza del box (2% ca.) e nella quale viene ricircolato il liquame una o due volte al giorno.

È la soluzione che assicura, meglio di ogni altra, il rapido e totale allontanamento delle deiezioni dal ricovero e garantisce quindi la miglior qualità dell'aria interna. La sua diffusione è stata però, sino ad ora, fortemente limitata dal maggiore costo, che presenta rispetto alle alternative, e dalla difficoltà ad assicurare il rispetto dei protocolli di biosicurezza.

- Pavimento fessurato con sottostanti canalette di ricircolo (fig. 5). Prevede il flussaggio, in sequenza nelle varie canalette, del liquame ripreso dallo stoccaggio. È una soluzione che, come nel caso precedente, richiede la predisposizione di un impianto automatico che presieda alle operazioni di ricircolo e che quindi risulta costosa e percorribile solo in presenza di box parzialmente fessurati.
- Pavimento fessurato con sottostante raschiatore meccanico (fig.

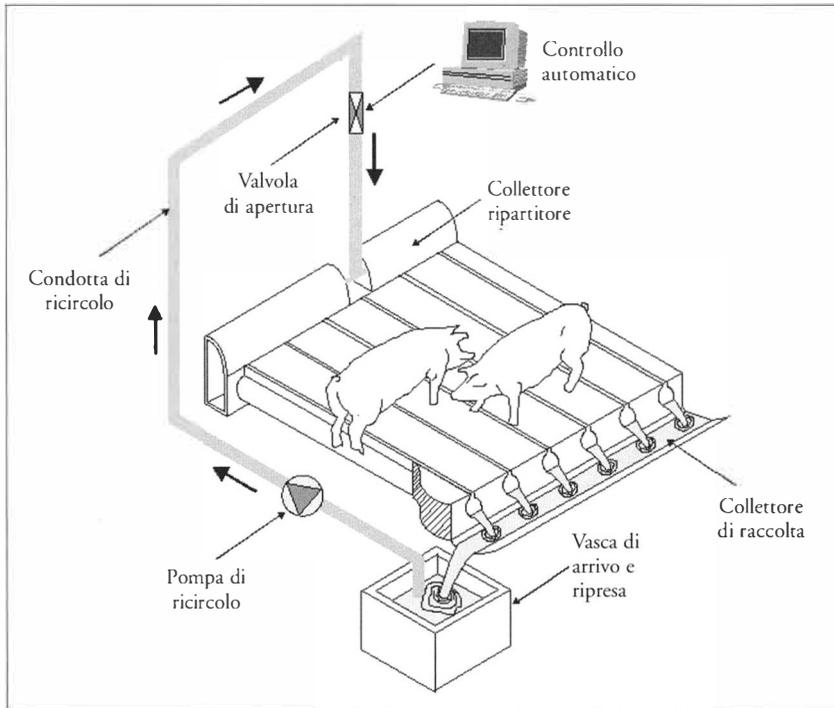


Fig. 4 *Pavimentazione fessurata con tubazioni ed impianto automatico per il controllo delle operazioni di ricircolo dei liquami*

6). È una soluzione che consente l'allontanamento di deiezioni particolarmente concentrate e con presenza anche di materiale da lettiera. Anche per questa l'utilizzo si propone soprattutto in presenza di box parzialmente fessurati.

- Il pavimento parzialmente fessurato è, da più parti, indicato come la soluzione auspicabile per migliorare sia il benessere degli animali che l'impatto ambientale. Per questo appare di grande interesse la soluzione con pavimento convesso e zone fessurate alle due estremità (fig. 7).

In questo modo è assicurato il rapido drenaggio delle deiezioni liquide, eventualmente depositate sulla pavimentazione piena, e si evita che gli animali si sporchino eccessivamente.

La necessità di rispondere sempre meglio alle esigenze, spesso contrastanti, di rapido allontanamento delle deiezioni, da un lato,

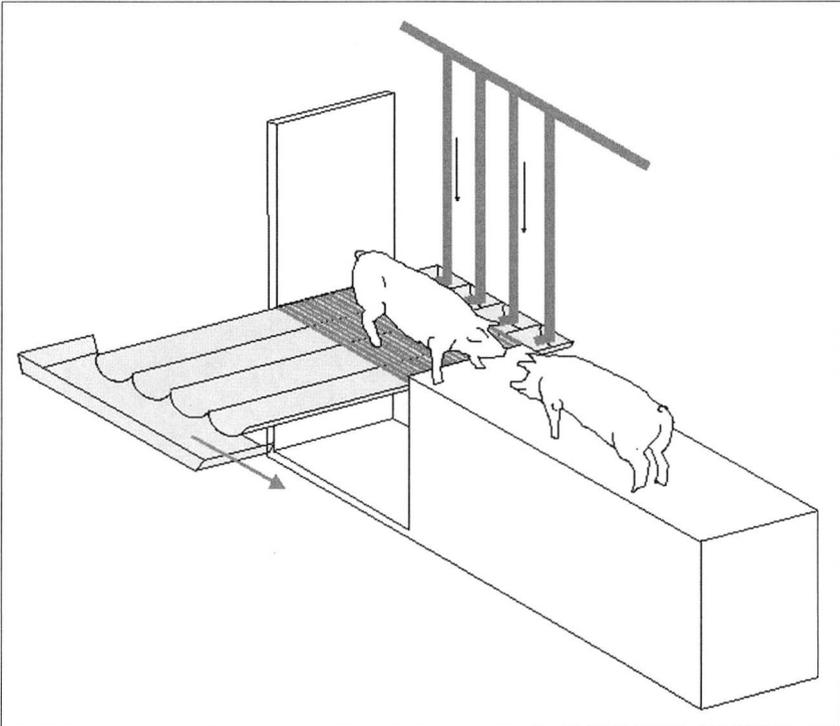


Fig. 5 *Pavimentazione fessurata con canalette sottostanti per il ricircolo dei liquami*

di isolamento dei reparti (evitare quindi il ricircolo dei liquami) e di concentrazione delle deiezioni dall'altro, ha portato allo sviluppo, all'interno del progetto Reflui del CNR, di due nuove soluzioni, attualmente ancora in fase di messa a punto.

La prima (fig. 8), destinata a box parzialmente fessurati, prevede il posizionamento, nella zona di defecazione, di elementi prefabbricati di pavimento ove, a ogni fessura, corrisponde una sottostante tubazione in PVC.

La novità consiste nel sistema previsto per allontanare le deiezioni che prevede lo scorrimento, in ogni tubo, di uno scovolo collegato alla fune di traino azionata da un motoriduttore.

Il sistema, azionato più volte nella giornata, dovrebbe, nelle attese, garantire l'allontanamento rapido di deiezioni particolarmente concentrate, e ciò senza ricorrere ad alcun ricircolo rispondendo così sia alle esigenze di igiene e qualità dell'aria interna, sia a quelle

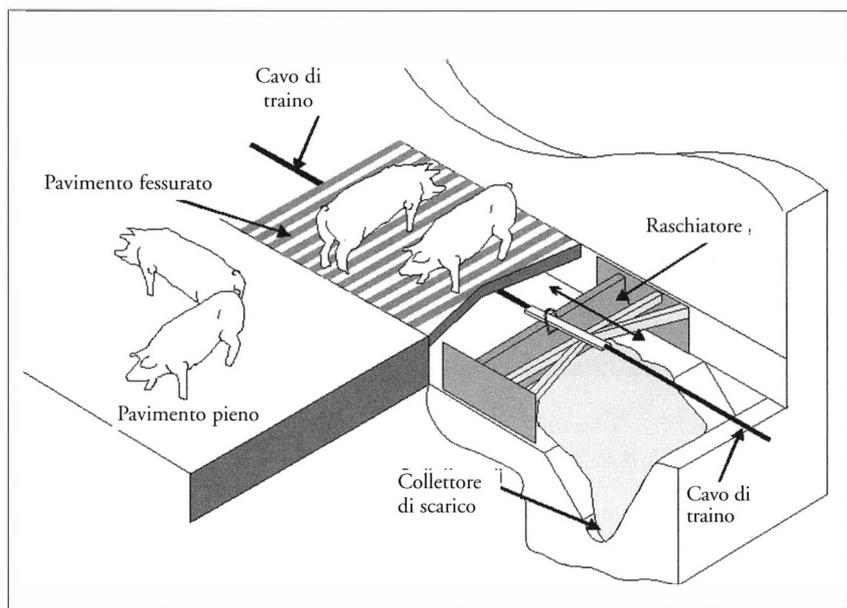


Fig. 6 *Sistema di allontanamento delle deiezioni dalle fosse sottofessurato mediante raschiatore meccanico*

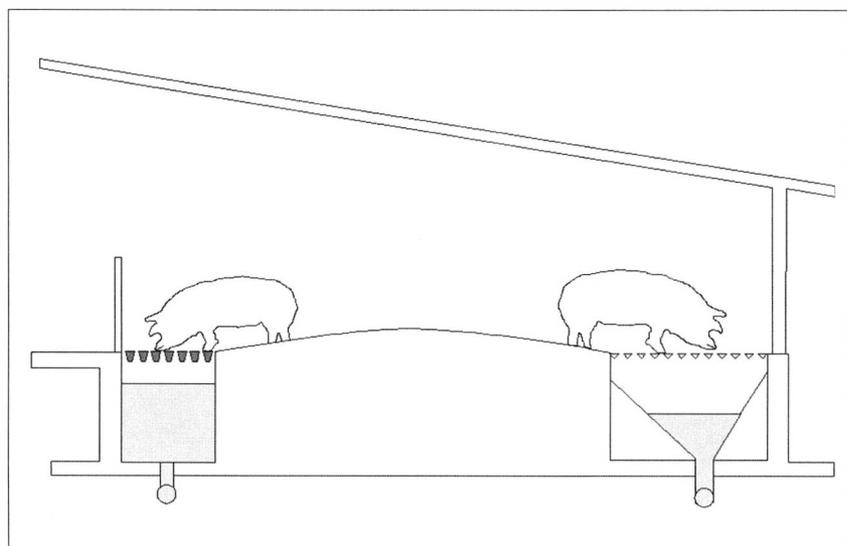


Fig. 7 *Soluzione con pavimentazione parzialmente fessurata*

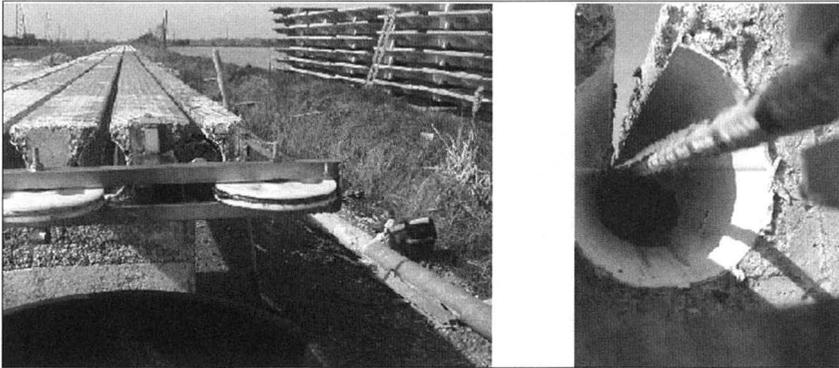


Fig. 8 Pavimentazione fessurata con tubazioni e sistema meccanico proposto per il rapido allontanamento delle deiezioni

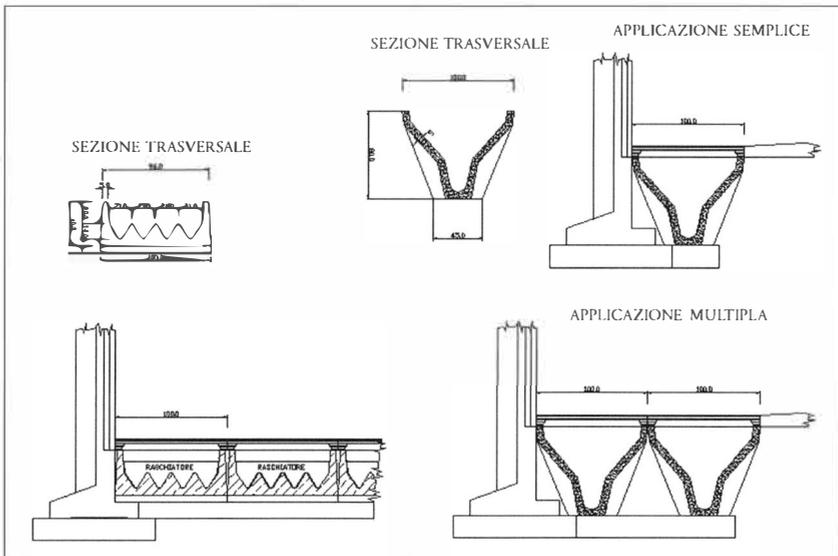


Fig. 9 Ottimizzazione del sistema di svuotamento ciclico delle fosse mediante modifica della loro sezione

della gestione dei liquami nell'ottica di un loro sfruttamento energetico e della successiva utilizzazione agronomica.

La seconda soluzione (fig. 9), rappresenta una ottimizzazione del sistema a svuotamento ciclico ove, grazie alla particolare sezione

delle fosse, si riducono sensibilmente i tempi necessari per raggiungere il battente di liquame necessario per un'efficace svuotamento. Si migliora così, da un lato, la "freschezza" del liquame allontanato e, dall'altro, si limitano le emissioni di gas in atmosfera.

Minori sono, normalmente, le preoccupazioni relative all'igiene e alla qualità dell'aria nei ricoveri per bovini anche se non va dimenticato come siano proprio i bovini, grazie alla loro consistenza complessiva, i maggiori responsabili delle emissioni in atmosfera. Ciò è inoltre aggravato dalla attuale tendenza a realizzare, nelle stalle di maggiori dimensioni, soluzioni stabulative che, non prevedendo l'uso di lettiera, portano alla produzione di notevoli quantità di liquame.

Il controllo delle emissioni, in prospettiva, si pone quindi pressante anche per questo settore zootecnico.

È quindi opportuno, come sempre, cercare di velocizzare i tempi di allontanamento delle deiezioni (soprattutto di quelle liquide) e mantenere le superfici il più possibile pulite.

- Per questo, in presenza di pavimentazione continua e di raschiatore meccanico, è opportuno assicurare a questa una sufficiente pendenza trasversale per raccogliere le urine nella canaletta di traino del raschiatore, riducendo così la superficie bagnata.
- Per migliorare il livello di pulizia del pavimento fessurato è possibile utilizzare un raschiatore di superficie (fig. 10). È questa una soluzione non ancora utilizzata nel nostro Paese ove il fessurato è, da sempre, visto come la soluzione per evitare l'installazione di attrezzature meccaniche, ma di cui è prevedibile una diffusione visti i buoni risultati che assicura in termini di pulizia della superficie.
- Una interessante soluzione (fig. 11), messa a punto in Nord Europa, prevede l'impiego di un particolare pavimento ove, al posto delle fessure, sono previste delle semplici scanalature, con funzione antiscivolo, sul cui fondo sono presenti dei fori che consentono lo scarico delle urine nella sottostante fossa. Un raschiatore provvede a sospingere le deiezioni solide all'estremità e a pulire le scanalature.

Il buon livello di pulizia mantenibile, e la sostanziale separazione tra la fossa sottostante e l'ambiente di stalla, assicurano una sensibile riduzione delle emissioni che si è dimostrata superiore al 48% di quelle riscontrabili in una soluzione fessurata tradizionale.



Fig. 10 *Raschiatore meccanico di superficie per la pulizia della pavimentazione fessurata*

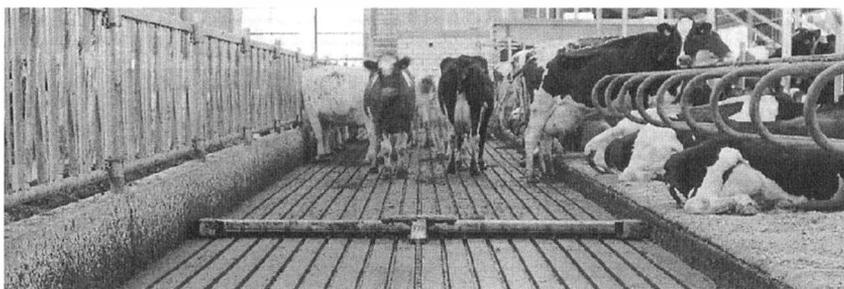


Fig. 11 *Soluzione con pavimentazione fessurata (con scanalature drenanti) abbinata a un apposito raschiatore meccanico per la pulizia delle fessure*

- Recentemente viene proposta una soluzione, cosiddetta “sistema flushing” (fig. 12) che, per rimuovere le deiezioni dalle corsie, utilizza lo scorrimento di grandi volumi di liquami che vengono fatti fluire sulle pavimentazioni.

È una soluzione che, per funzionare in modo accettabile, richiede la realizzazione del ricovero con una pendenza longitudinale dall'1 al 2% e che, comunque, porta a una maggior diluizio-

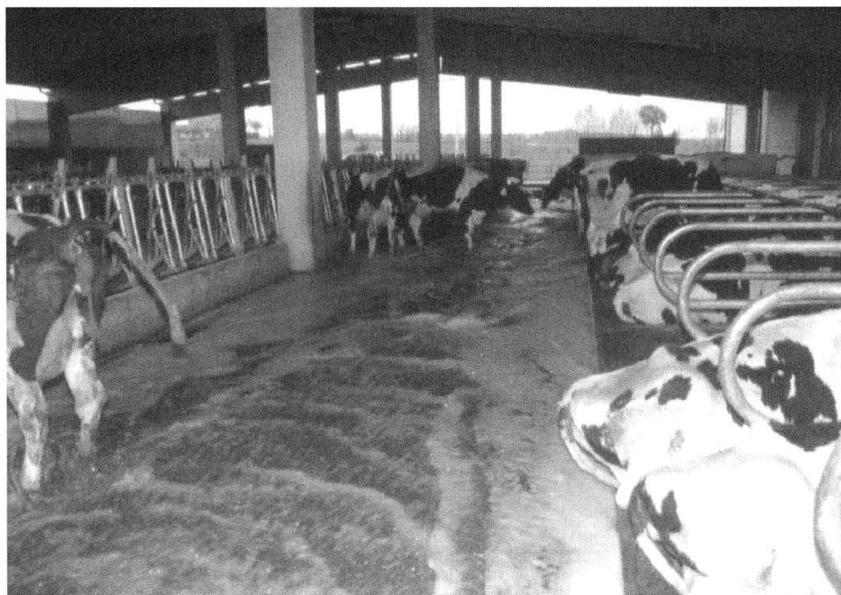


Fig. 12 Pulizia delle corsie mediante "sistema flushing"

ne dei liquami e quindi a un aumento dei volumi prodotti. L'aspetto positivo è legato soprattutto alla eliminazione dei raschiatori che, nonostante i notevoli miglioramenti perseguiti, causano sempre un certo disagio agli animali e richiedono manutenzioni relativamente frequenti.

Come si vede numerose sono le soluzioni possibili e ognuna, sia per i suini che per i bovini, presenta peculiarità specifiche che debbono essere attentamente valutate per operare una scelta che ottimizzi le risposte alle varie esigenze.

## 2.2. *Gli impianti per i trattamenti dei reflui*

La esecuzione di trattamenti ai liquami per migliorarne la compatibilità ambientale, e agevolarne lo smaltimento, è sicuramente una pratica che si diffonderà sempre di più nel futuro mano a mano che gli Enti responsabili dell'ambiente passeranno da una mera attività di controllo cartaceo a un effettivo controllo del territorio.

Di seguito, pur brevemente, si esaminano i trattamenti più interessanti e i principali aspetti che li caratterizzano.

### 2.2.1. Separazione dei solidi

È il trattamento sicuramente più diffuso e consiste nella separazione della frazione solida costituita da particelle con diametro superiore ai 700-800 micron.

I vantaggi che assicura sono riconducibili a:

- migliorare la pompabilità dei liquami;
- ridurre, grazie alla riduzione dei solidi, i tempi necessari per l'infiltrazione dei liquami con conseguente riduzione delle perdite di azoto (e quindi anche delle corrispondenti emissioni di ammoniaca in atmosfera);
- ottenere una riduzione del volume dei liquami da stoccare.

### 2.2.2. Stabilizzazione

Consiste nella degradazione della frazione più velocemente biodegradabile della sostanza organica con produzione di composti più semplici e non maleodoranti e, se ben condotta, consente di evitare l'instaurarsi dei processi putrefattivi responsabili della produzione di gas maleodoranti.

Il trattamento è possibile secondo due processi:

- di tipo aerobico, ove, grazie all'aerazione del liquame, si favorisce l'attività dei batteri facoltativi presenti che indirizzano la degradazione della sostanza organica verso prodotti non maleodoranti;
- di tipo anaerobico. In questo caso il processo biologico si sviluppa in assenza di ossigeno e porta alla degradazione della sostanza organica e alla produzione di biogas. Le eventuali sostanze maleodoranti che si formano durante il processo vengono avviate alla combustione e quindi eliminate.

La messa a punto di digestori anaerobici semplificati, specificamente finalizzati al settore zootecnico, consentirà, nel prossimo futuro, una discreta diffusione di tali impianti con un sensibile miglioramento della qualità agronomica dei liquami.

Tra i due processi è certamente quest'ultimo quello che riscuote il maggiore interesse grazie al recupero energetico che consente attraverso la utilizzazione del biogas prodotto.

### 2.2.3. Trattamenti per la riduzione dei nutrienti

Consentono di recuperare il corretto rapporto tra le esigenze di azoto e fosforo delle colture e carico zootecnico.

– Riduzione dell'azoto.

Si ottiene per via biologica attraverso un preventivo processo di nitrificazione e la successiva denitrificazione. Per questo è quindi necessario realizzare un processo combinato ove, a una fase aerobica indispensabile per la nitrificazione, ne segue una anossica nella quale le popolazioni batteriche eterotrofe presenti, in tali condizioni, utilizzano come accettori di elettroni i nitrati e i nitriti con liberazione di azoto in atmosfera.

– Riduzione del fosforo.

Si ottiene per precipitazione chimica e adsorbimento mediante l'aggiunta di flocculanti quali solfato di alluminio, calce, cloruro ferroso, solfato ferroso e altri.

Il processo porta, ovviamente, alla produzione di fanghi che vanno smaltiti considerandone la composizione specifica.

Si tratta di trattamenti relativamente complessi di cui è logico attendersi una più diffusa applicazione nel momento in cui sarà effettivamente necessario rispettare anche a livello operativo (e non solo cartaceo!) le normative per il corretto smaltimento dei reflui tramite l'utilizzazione agricola.

### 2.3. *Gli stoccaggi*

Sono responsabili, come già detto, del 20-25% del totale delle emissioni di ammoniaca generate dal settore agricolo, di una quota quindi pari a quella di cui sono responsabili i ricoveri.

La loro progettazione deve considerare attentamente quanto so-

pra e intervenire per evitare che si diffondano, come nel passato, soluzioni che, non solo, non riducono tali emissioni, ma che, addirittura, tendono ad aumentarle.

Esaminiamo di seguito i possibili interventi.

### 2.3.1. Ridurre la superficie libera

La riduzione della superficie di contatto aria/liquame è, come abbiamo già visto trattando dei ricoveri, l'intervento, come ovvio, di maggiore efficacia.

La riduzione di tale superficie è possibile, in sede di progettazione, prevedendo stoccaggi a parete verticale e con maggiore altezza del battente liquido (almeno 4,00-5,00 m).

Sicuramente da bandire sono le cosiddette "lagune" caratterizzate da battenti spesso relativamente ridotti (1,50-3,00 m) e da argini laterali in terra che aumentano ulteriormente la superficie evaporante e di raccolta delle acque piovane.

Illuminante circa la scarsa attenzione del mondo zootecnico, ma anche degli stessi Enti territoriali che hanno rilasciato le necessarie concessioni edilizie, è la notevole diffusione che tali "lagune" hanno avuto in questi ultimi anni!

Tale diffusione è stata indotta soprattutto dai più ridotti costi di tale soluzione, nei confronti di quella con vasche a pareti verticali, soprattutto se tale confronto non considera di eseguire la impermeabilizzazione artificiale della laguna e non valuta i maggiori oneri che derivano dalla maggiore diluizione dei liquami stoccati; mai, in ogni caso, è stato considerato il costo del maggiore danno ambientale derivato dal maggiore livello delle emissioni in atmosfera.

### 2.3.2. Coprire gli stoccaggi

È l'intervento che assicura i migliori risultati con una riduzione delle emissioni in atmosfera di gas odorosi e di ammoniaca sino al 90-95%.

Diverse sono le possibili soluzioni operative.

– Con copertura rigida.

Sono possibili varie alternative quali soletta in c.a. prefabbricata

o gettata in opera, struttura portante leggera e manto di impermeabilizzazione con telo plastico o con lastre in fibrocemento, copponi autoportanti in vetroresina.

La funzionalità, nei confronti del controllo delle emissioni e della eliminazione delle acque piovane, è sostanzialmente simile per cui la scelta dipenderà dalle caratteristiche dei luoghi, dai costi e dalle eventuali prestazioni accessorie che si richiedono a tale copertura.

– Con copertura flessibile.

Prevede l'impiego di teli plastici che possono essere fissati alle pareti o predisposti per galleggiare sulla superficie.

In ogni caso è possibile assicurare una chiusura totale della copertura e recuperare il biogas prodotto.

È questo il caso di maggior interesse ambientale soprattutto se il biogas è avviato alla combustione con la conseguente eliminazione dei gas maleodoranti prodotti.

– Copertura con materiali galleggianti.

È la soluzione che presenta i costi minori e che, per questo, sta suscitando un notevole interesse anche se, ovviamente, non consente la eliminazione delle acque piovane.

La più semplice, tra le possibili alternative, è quella che prevede la formazione del “crostone” galleggiante che si sviluppa quando il liquame è ricco di materiale grossolano e fibroso (in particolare quando nel ricovero si utilizza paglia).

In carenza è possibile prevedere una aggiunta di paglia, stocchi, trucioli di legno o simili, direttamente sulla superficie dello stoccaggio, per indurre la formazione di questo strato di chiusura.

Si tratta di una soluzione che ha dimostrato di garantire un buon abbattimento delle emissioni, ma che presenta alcuni problemi gestionali legati alla possibilità che questi materiali, appesantiti dalla pioggia, possano affondare e creare dei problemi agli impianti di pompaggio e distribuzione dei liquami.

Una alternativa in corso di sperimentazione e i cui risultati sono incoraggianti è l'utilizzo, per la formazione del “crostone” di copertura, di argilla espansa opportunamente trattata per esaltarne la galleggibilità.

I risultati sino ad ora ottenuti, particolarmente incoraggianti, hanno dimostrato la possibilità di controllare, con uno strato di 8 cm di spessore, sino all'85% delle emissioni di odori e di ammo-

niaca e di non interferire in modo significativo con le attrezzature di movimentazione dei liquami.

Nel chiudere questa nota preme evidenziare come, da tutto quanto detto, la qualità dei reflui, e il loro potenziale impatto ambientale, siano fortemente correlati alla tipologia delle strutture aziendali e alla loro gestione.

Le scelte progettuali debbono quindi, vicino alle esigenze “zootecniche” finalizzate a garantire le migliori condizioni agli animali per ottimizzarne lo stato di benessere e le produzioni, considerare anche le esigenze di contenimento dell’impatto ambientale.

È questo, come si è potuto vedere, un aspetto da considerare con grande attenzione proprio nel momento progettuale quando, con scelte oculate, si può migliorare sensibilmente la qualità ambientale dell’intervento che, altrimenti, è destinata a rimanere critica per tutto il periodo di utilizzo della struttura.

#### BIBLIOGRAFIA

- BERCKMANS D., VRANKEN E., GEERS R., GOEDSEELS V. (1988): *Efficiency of climate controll equipment in pig houses*, «Farm Building Progress», 93; July 1988, pp. 15-22.
- DE PRAETERE K. e VAN DER BIEST W. (1990): *Airflow patterns in piggeries with fully slatted floors and their effects on ammonia distribution*, «Journal of Agricultural Engineering Research», 46, pp. 31-44.
- GUSTAFSSON G. (1987): *Reduction of ammonia in swine house. In: Latest developments in livestock housing*, Illinois, ASAE, pp. 9-22.
- NAVAROTTO P. (1999): *Aspetti strutturali e di progettazione dell'allevamento*, Atti della Società Italiana di patologia e allevamento dei suini, XXV Meeting Annuale, pp. 11-14.
- SWIERSTRA D., BRAAM C.R., SMITS M.C. (2001): *Grooved floor system for cattle housing: ammonia emission reduction and good slip resistance*, Applied Engineering in Agriculture, 17:1, pp. 85-90.

CARLO GRIGNANI\*, MONICA BASSANINO\*,  
DARIO SACCO\*, LAURA ZAVATTARO\*

## GESTIONE DEI REFLUI ZOOTECNICI: I VINCOLI AGRONOMICI

### INTRODUZIONE

La corretta gestione agronomica dei reflui zootecnici costituisce da sempre un problema centrale per le aziende agricole dedite all'allevamento zootecnico. Come è noto, fino a pochi anni fa il letame e il liquame erano risorse assolutamente necessarie per il mantenimento e l'incremento della fertilità dei suoli, mentre oggi il problema prevalente della zootecnia di molti paesi occidentali è l'eccesso di apporti di elementi nutritivi che può provocare squilibri ambientali e anche problemi di effettivo inquinamento.

In particolare, l'eccessivo uso di azoto (N) e fosforo (P) possono contribuire direttamente ad aggravare problemi ambientali quali: a) la perdita di nitrati, a seguito di lisciviazione profonda verso le acque di falda; b) la volatilizzazione di ammoniaca, che ricade come piogge acide su un territorio molto ampio provocando i noti problemi forestali e contribuendo all'ulteriore eutrofizzazione dell'ambiente agricolo ed extra-agricolo; c) la denitrificazione, con produzione di ossidi di azoto che sono gas serra; d) il ruscellamento di P verso le acque di superficie in forme in parte biodisponibili, anch'esse causa di eutrofizzazione diffusa.

Le preoccupazioni ambientali legate alla cattiva gestione dei re-

\* *Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del territorio, Università degli Studi di Torino*

flui zootecnici sono basate su molte evidenze sperimentali (ad esempio: Van Der Hoek, 1998; Pain and Misselbrook, 1997), ma prevalgono analisi svolte in paesi centro-nord europei, dove il pascolamento è elemento chiave dei sistemi foraggeri bovini, mentre poche sono le ricerche di sintesi condotte in Italia, dove gli animali sono quasi sempre stabulati e prevalgono nettamente le colture annuali (Grignani e Laidlow, 2002). A seguito di questa situazione anche il quadro normativo europeo rischia di evolvere secondo esigenze agronomiche e di organizzazione aziendale non sempre focalizzate sulle caratteristiche più tipiche dei nostri ambienti.

Affinché i reflui zootecnici ritornino a essere una risorsa nel corretto ciclo di fertilità “pianta - animale - suolo”, è necessario aumentarne l’efficienza di utilizzazione agronomica. In questo quadro, la presente nota si pone l’obiettivo di analizzare alcuni dei dati disponibili in ambiente italiano, per quantificare l’effetto agronomico e ambientale della gestione dei reflui zootecnici ed elaborare alcuni suggerimenti per migliorarne l’efficienza di utilizzazione.

Se la riduzione dei flussi di elementi nutritivi per unità di superficie coltivata costituisce il più facile rimedio per prevenire gli eccessi di apporti di elementi nutritivi nelle aree a zootecnia intensiva, l’analisi dell’organizzazione dei flussi e lo studio degli effetti di tale riduzione sono molto diversi a seconda della scala di analisi. Una corretta gestione dei reflui zootecnici va infatti analizzata ad almeno tre scale progressivamente di maggiore dettaglio: il territorio, l’azienda nella sua globalità, il singolo appezzamento. I tre livelli debbono poi essere integrati tra di loro.

#### LA SCALA TERRITORIALE

A scala territoriale si acquisiscono le informazioni utili per stabilire se è possibile realizzare un’efficace integrazione tra diverse aziende zootecniche e, soprattutto, tra queste e le aziende non zootecniche. In generale si può dire che maggiore è la diversità tra tipi di aziende, maggiore è la sostenibilità agronomica nella gestione dei reflui zootecnici. Sempre a scala territoriale sono disponibili le informazioni di tipo climatico, pedologico e idrogeologico. Queste infor-

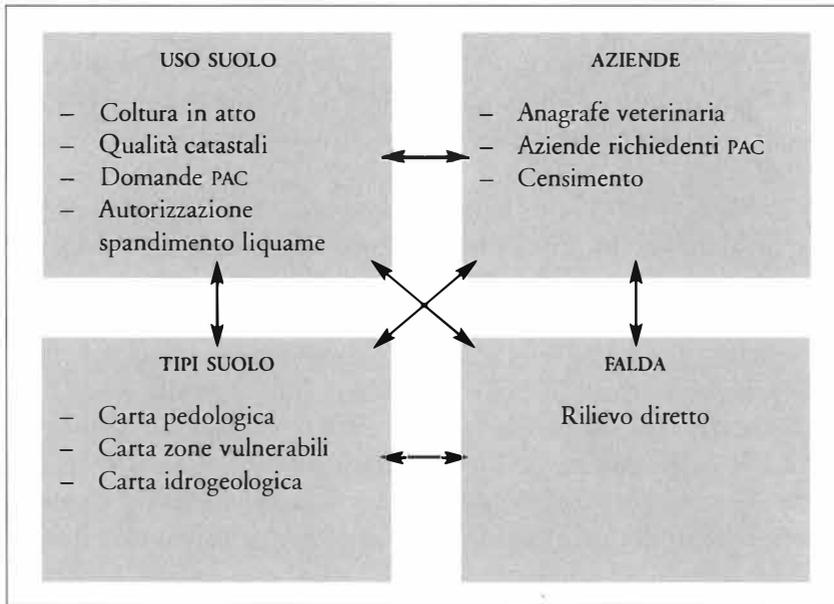


Fig. 1 *Integrazione di diverse fonti di dati per un'indagine a scala territoriale sui reflui zootecnici (da Sacco et al., 2001)*

mazioni sono necessarie per predire gli effetti sull'ambiente della gestione dei reflui zootecnici.

La scala territoriale alla quale ci si riferisce è quella di comprensori di ampiezza comunale ovvero di poche migliaia di ettari. Indagini svolte su superfici più ampie (ad esempio intere province o ampie porzioni della Pianura Padana) sono in genere inutili a fini agronomici. Anche dati medi comunali hanno modesto interesse agronomico al fine di orientare la gestione dei reflui. Il dettaglio delle informazioni acquisite deve, invece, essere di tipo aziendale e prevedere dati su SAU, carico animale, tipologia zootecnica e colture prevalenti. La georeferenziazione delle singole sedi aziendali è utile, ma non necessaria e, peraltro, quasi mai disponibile.

Un esempio di studio territoriale sugli effluenti zootecnici è fornito da Sacco et al. (2001). Le informazioni raccolte da questi autori sono riportate in figura 1. Il territorio studiato è la parte di pianura del comune di Fossano (CN), uno dei comuni piemontesi a elevata densità zootecnica.

L'uso del suolo è stato descritto tramite l'elenco delle colture in atto sulle diverse particelle catastali, desunte dalle domande PAC e dalle indicazioni delle qualità catastali. Il riferimento geografico di queste informazioni è stato realizzato digitalizzando la carta numerica catastale. Sempre a livello di uso del suolo, sono disponibili in Piemonte i dati relativi alle domande di autorizzazione allo spandimento dei liquami, che hanno fornito indicazioni sul trasferimento di reflui tra aziende. Altre informazioni sono state tratte dai dati desumibili dall'ultimo censimento, mentre i carichi zootecnici e le tipologie di animali allevati sono state ricavate dall'anagrafe veterinaria. Il legame tra azienda e particelle catastali è stato basato sulle domande PAC. La georeferenziazione della sede aziendale è risultata particolarmente difficoltosa e non automatizzabile. Questo dato è sicuramente tra quelli più utili di cui sarebbe opportuno dotarsi, soprattutto per potere calcolare la distanza tra sede aziendale e appezzamenti e progettare i più opportuni metodi di trasporto dei reflui. Indicatori territoriali sul suolo sono stati ottenuti dalla carta pedologica e da quella che riporta l'ubicazione regionale delle zone vulnerabili da nitrati. Non erano invece disponibili informazioni aggiornate sulle falde acquifere, per cui una carta idrogeologica è stata prodotta ex-novo.

L'esperienza alla quale qui ci si riferisce ha dimostrato che molte informazioni territoriali utili per gestire gli effluenti zootecnici sono disponibili, ma è notevole lo sforzo che deve essere fatto per acquisire questi dati e per stabilire i collegamenti tra le diverse fonti di informazioni.

In tabella 1 viene presentato un esempio dei risultati che tale analisi a livello territoriale può fornire. I dati sono espressi in termini di differenza tra apporti e asporti della coltura (surplus) e rapporto tra asporti e apporti (efficienza apparente). Il database territoriale ha permesso di studiare tre possibili scenari. Il primo scenario si riferisce alla situazione attuale delle sole aziende zootecniche: il surplus di N e P è molto elevato e l'efficienza apparente di utilizzazione molto bassa (addirittura più bassa per P rispetto N). Si evidenzia, inoltre, che il surplus di elementi nutritivi non è uniformemente distribuito tra colture: su mais l'eccesso di azoto è decisamente superiore rispetto ai cereali vernini e ai prati. Da un punto di vista dell'impatto del sistema sulla qualità dell'acqua di percolazione, sarebbe invece auspicabile che

COLTURE	SCENARIO 1 - AZIENDE ZOOTECNICHE ATTUALI		SCENARIO 2 - TUTTE LE AZIENDE (MINERALE+ORGANICO)		SCENARIO 3 - TUTTE LE AZIENDE (SOLO ORGANICO)	
	N	P	N	P	N	P
kg ha <sup>-1</sup>						
Mais	320	122	183	74	35	39
Frismento	271	94	132	45	70	40
Prati	284	102	104	44	67	37
%						
Efficienza apparente	38	25	53	37	77	49

Tab. 1 *Confronto tra diversi scenari di utilizzazione dei reflui zootecnici e dei concimi chimici sul territorio di Fossano (CN). Surplus di azoto e fosforo ed efficienza apparente media a scala territoriale (da Sacco et al., 2001)*

la ripartizione dei reflui tra prati e mais fosse più uniforme. Il secondo scenario presentato dalla tabella 1 si riferisce all'ipotesi di ripartire i reflui zootecnici su tutte le aziende presenti nell'area di studio, ovvero di realizzare un'uniforme gestione del letame e del liquame sull'intera SAU. I surplus si ridurrebbero sensibilmente e l'efficienza della fertilizzazione azoto-fosfatica aumenterebbe molto. Si noti che questo risultato è stato di particolare interesse pratico nel caso specifico esaminato. Infatti era opinione diffusa, anche tra gli addetti ai lavori, che le aziende non zootecniche non sarebbero state in grado di esercitare una tale azione miglioratrice sul problema degli eccessi di fertilizzazione. Quindi, al fine della pianificazione del territorio agricolo, la possibilità di raccogliere ed organizzare le informazioni più rilevanti in sistemi informativi territoriali costituisce un effettivo vantaggio per l'orientamento delle scelte gestionali. Il terzo scenario presentato nella tabella 1, infine, descrive la situazione che idealmente sarebbe raggiungibile se, oltre all'uniforme distribuzione degli effluenti zootecnici sull'intero territorio, si abbandonasse totalmente la concimazione chimica ricorrendo solo alla fertilità apportata dai reflui zootecnici. In questo caso il surplus di azoto sarebbero ridotti a un livello più che accettabile, soprattutto su mais, e l'efficienza media per questo elemento salirebbe a valori di elevata sostenibilità ambientale. Anche per il fosforo il quadro d'insieme migliorerebbe decisamente, anche se il surplus e l'efficienza media sarebbero ancora sotto alla soglia di assoluta sicurezza per l'ambiente. È opportuno sottolineare che il problema

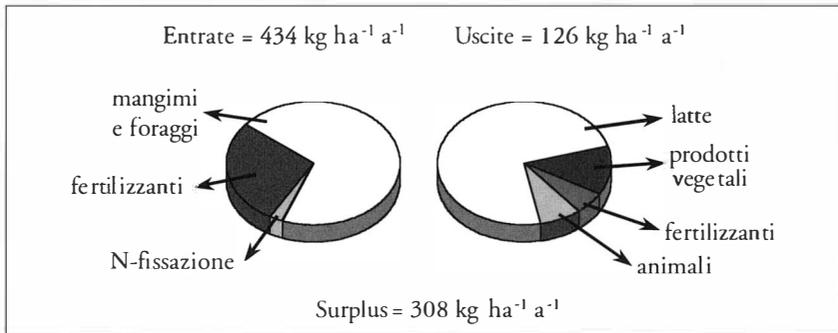


Fig. 2 Bilancio dell'azoto a scala aziendale con riferimento a un gruppo di 66 aziende di bovine fisionne da latte (da Grignani e Zavattaro, 1999)

dell'impatto ambientale provocato dall'eccesso degli elementi nutritivi sull'ambiente non è dovuto solo agli apporti di reflui zootecnici, ma anche alla scarsa considerazione che gli agricoltori hanno del loro potere fertilizzante, per cui essi eccedono nella concimazione chimica.

#### LA SCALA AZIENDALE

I bilanci di azoto e di altri elementi nutritivi a scala aziendale sono stati utilizzati per confrontare diversi sistemi nutritivi. Esempi di applicazione in Italia di analisi a scala aziendale sono riportati da Grignani (1996), Argenti *et al.* (1996), Caredda *et al.* (1997), Grignani e Zavattaro (1999).

Il vantaggio della redazione di tali bilanci è riferito soprattutto alla loro semplicità di compilazione e alla stabilità dei risultati ottenibili. A scala aziendale si trascurano infatti i reimpieghi, siano essi i foraggi prodotti in campo e consumati in stalla, o gli effluenti zootecnici prodotti in stalla e distribuiti sulla superficie aziendale. Si quantificano, invece, tutte le voci di flusso effettivamente soggette a transazioni commerciali, e quindi ben quantificabili dall'agricoltore. Un esempio delle voci di flusso evidenziate dalla redazione del bilancio a livello aziendale per un gruppo di aziende bovine da latte è riportato in figura 2 (Grignani e Zavattaro, 2000a).

La voce più rilevante di apporto di azoto all'azienda è il flusso in ingresso legato ai mangimi e ai foraggi acquistati dall'azienda per

TIPO DI AZIENDA	INPUT	OUTPUT	SURPLUS	DS
Aziende non zootecniche a colture mercantili	171	120	51	61
Allev. bovino da carne	173	36	137	129
Allev. bovino da carne + colture mercantili	170	70	100	80
Allev. bovino da latte (agricoltura biologica)	57	23	34	13
Allev. bovino da latte + colture mercantili	165	62	103	59
Allev. bovino da latte + carne + colture mercantili	191	69	122	78
Allev. bovino da latte (agricoltura sostenibile)	185	39	146	57
Allev. bovino da latte (media)	196	47	149	91
Allev. bovino da latte (aziende tradizionali)	233	54	179	81
Allev. bovino da latte + carne	310	76	234	199
Allev. avicolo + colture mercantili	512	235	277	131
Allev. suino + colture mercantili	512	199	313	181
Allev. suino + colture mercantili	479	163	316	141
Allev. suino	1144	602	542	373
<b>MEDIA</b>	<b>287</b>	<b>103</b>	<b>184</b>	

Tab. 2. Bilancio dell'azoto a livello aziendale in 555 aziende di diverse regioni della Francia e dell'Italia. Valori medi espressi in kg N ha<sup>-1</sup> di input e output aziendale, valore medio e deviazione standard del surplus medio aziendale (da Simon et al., 2000)

l'alimentazione degli animali zootecnici. Tale flusso è molto superiore a quello dei fertilizzanti e non è assolutamente controbilanciato dalle uscite rappresentate soprattutto dal latte venduto dall'azienda. Ne deriva che il surplus di azoto è superiore a 300 kg N ha<sup>-1</sup>.

Un'indagine congiunta condotta in Francia e in Italia ha consentito di migliorare il livello di conoscenza che l'applicazione di tale metodo può produrre sui sistemi aziendali zootecnici europei, anche per classificarli in funzione della loro efficienza (Simon et al., 2000). Alcuni dati di sintesi sono riportati in tabella 2.

Da questa indagine emerge che le aziende non zootecniche hanno i più bassi livelli di eccesso di azoto (34 kg N ha<sup>-1</sup>). Il surplus aziendale cresce passando ad altre tipologie aziendali nel seguente ordine: allevamento bovino da carne (137 kg N ha<sup>-1</sup>), allevamento bovino da latte (179 kg N ha<sup>-1</sup>), allevamento avicolo (277 kg N ha<sup>-1</sup>) e allevamento suino (542 kg N ha<sup>-1</sup>). Si evidenzia inoltre come la presenza in azienda di superfici dedicate alla produzione di colture mercantili (non reimpiagate in azienda) eserciti sempre un positivo effetto di riduzione del surplus di N. L'errore standard associato a tali misure è ampio, perché all'interno di ogni gruppo di aziende compaiono esempi caratterizzati da elevata e da bassa efficienza media. Ciò è particolarmente interessante da un punto di vista agro-

nomico, perché suggerisce in quali aziende sarebbe opportuno approfondire lo studio, perché “aziende a rischio” o, all’opposto, “aziende modello”, la cui organizzazione potrebbe essere proposta sul piano della divulgazione tecnica. Gli stessi autori hanno suddiviso le aziende bovine da latte in tre sottogruppi: le aziende biologiche, che presentano i surplus di azoto minori, le aziende con elevata superficie a foraggiere ricche di leguminose, che hanno valori intermedi, e le aziende più tradizionali, che ricorrono maggiormente all’acquisto di mangimi extra-aziendali e sono le più problematiche. È noto inoltre che quando il surplus di azoto è relativamente basso ( $< 200$  kg N/ha), la voce che più concorre a provocare tale eccesso è l’acquisto di fertilizzanti; quando il surplus è elevato, l’input da limitare è l’acquisto di alimenti per il bestiame.

In assenza di altre informazioni anche il carico zootecnico è un buon indicatore dell’eccesso di N: Van Den Brandt e Smit (1998) in Olanda per le aziende bovine da latte e Grignani (1996) in Pianura Padana per aziende bovine da latte e da carne, indicano rispettivamente un aumento di surplus medio aziendale di 83 e 78 kg N/ha, per ogni incremento di unità bovina adulta per ettaro.

#### LA SCALA DI CAMPO

Anche qualora siano disponibili le informazioni a scala territoriale e a scala aziendale, la gestione della fertilizzazione e quindi la gestione agronomica dei reflui zootecnici viene realizzata dall’agricoltore a scala di appezzamento. Esso costituisce la cella elementare di ogni ragionamento finalizzato a equilibrare gli apporti di elementi nutritivi e i reali fabbisogni delle colture. Solo a livello di appezzamento, inoltre, è possibile adattare la gestione dei reflui alle mutevoli condizioni del suolo e di crescita delle piante coltivate.

In figura 3 si sintetizzano alcuni dati desunti da ricerche condotte in Piemonte a scala aziendale e di appezzamento. È evidente che la variabilità misurata a scala di appezzamento è molto superiore a quella misurata a scala aziendale. Inoltre, non sono infrequenti casi di colture in deficit netto di elementi nutritivi, anche in situazioni di zootecnia intensiva: le indagini condotte a scala di appezzamento confermano che i prati avvicendati, ma soprattutto i

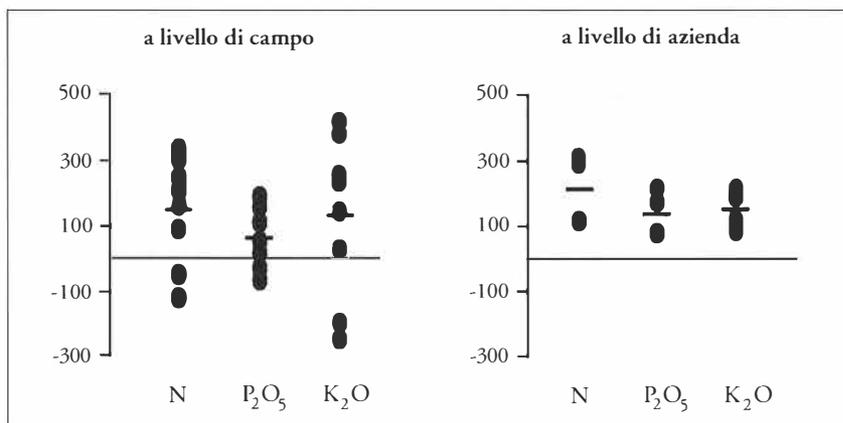


Fig. 3 Surplus medio di elementi nutritivi a scala aziendale e di appezzamento in Piemonte (Grignani e Zavattaro, 2000a)

prati permanenti, sono frequentemente sottofertilizzati (Grignani e Zavattaro, 2000b).

A scala di appezzamento è possibile redigere bilanci finalizzati a mettere in relazione la fertilizzazione con la lisciviazione di azoto. Una sintesi di molte prove sperimentali condotte nel Centro Nord-Europa e in Italia è riportata in figura 4.

Si nota che, come atteso, all'aumento della fertilizzazione corrisponde un aumento del rischio di lisciviazione e che l'area di risposta attesa non è diversa per i due grandi areali. È utile sottolineare, inoltre, che la lisciviazione è sempre bassa al di sotto di un teorico limite di  $170 \text{ kg N ha}^{-1}$  apportati con la fertilizzazione, valore questo assunto come soglia da non superare per gli apporti organici in base alla Direttiva Nitrati CE 91/676. Tale limite, purtroppo, così come posto dalla direttiva e conseguentemente dalla legge italiana e cioè riferito al solo apporto di effluenti zootecnici, non ha significato, in quanto analogo effetto di perdita di azoto può essere provocato da una concimazione chimica, se mal gestita.

Dalla stessa figura si evidenzia inoltre che dato un livello di concimazione azotata nell'intervallo di valori frequentemente misurabili nelle aziende zootecniche della Pianura Padana (per esempio tra i 200 e i  $350 \text{ kg N ha}^{-1}$ ), la variabilità delle perdite di azoto per lisciviazione a esso associata è molto elevata e frequentemente superiore ai  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Ciò significa che il livello di concimazione è un buon in-

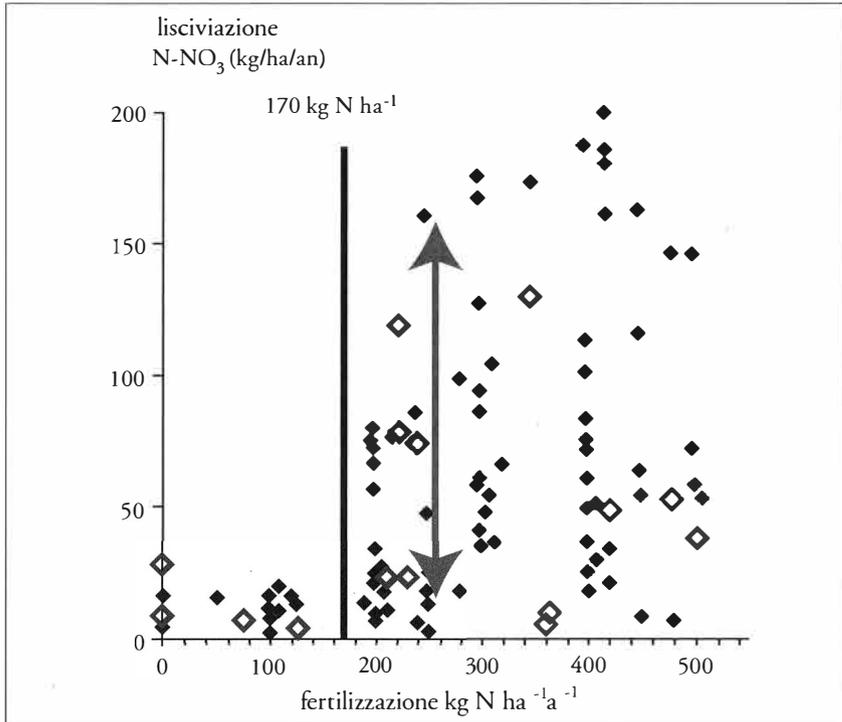


Fig. 4 Relazione tra fertilizzazione e lisciviazione di azoto da prove sperimentali condotte nel Centro-Nord Europa (punti neri; da Laurent et al., 2000) e in Italia (punti bianchi; primi risultati del Progetto CNR Reflui Zootechnici)

dicatore di rischio potenziale, ma è la modalità di gestione che determina l'effettivo impatto ambientale dei sistemi zootecnici.

L'effetto del tipo di coltura è evidenziato nella tabella 3. Le colture più esposte al rischio di lisciviazione sono, in ordine decrescente: il mais insilato (in cui è minimo l'apporto di carbonio al suolo nel periodo invernale), il mais da granella (che lascia il suolo nudo in inverno, ma che garantisce l'apporto di stocchi al terreno in autunno), la doppia coltura di mais e loiessa (dove l'assorbimento della coltura è attivo anche d'inverno), i prati avvicendati di graminacee e a leguminose (che garantiscono la massima copertura da parte della coltura e al tempo stesso determinano l'instaurarsi di un regime sodivo del suolo adatto all'accumulo della sostanza organica), e infine i prati permanenti (dove l'effetto del prato è particolarmente accentuato).

	MAX LISCIV. kg N ha <sup>-1</sup>
Mais per insilato	111
Mais per granella	71
Mais + loiessa	26
Prato avvicendato	14
Medica	15
Prato permanente	10

Tab. 3 *Effetto del tipo di coltura sulla lisciviazione. Valori di lisciviazione massima registrati con diverse colture foraggere in Piemonte. Livello di fertilizzazione azotata pari a 230 kg ha<sup>-1</sup>*

#### IL PIANO DI CONCIMAZIONE

Al fine di gestire efficientemente gli effluenti zootecnici, i tre livelli di analisi (territorio, azienda e campo) devono essere tutti presi in considerazione. L'uso razionale della fertilizzazione delle colture erbacee non deve soddisfare solo i fabbisogni nutritivi delle colture, ma necessariamente deve: a) considerare la riduzione dei costi aziendali legati all'acquisto dei fertilizzanti minerali; b) migliorare la capacità manageriale degli agricoltori evidenziando le strategie per aumentare l'efficienza dei fattori tecnici impiegati; c) adattare le tecniche di gestione aziendale a leggi e regolamenti finalizzati a salvaguardare l'ambiente e ridurre le perdite di elementi nutritivi (Snijders et al., 1999)

Per ottenere questi obiettivi è necessario che l'azienda zootecnica adotti un piano di concimazione, di cui un punto importante è la parte riguardante specificamente lo spandimento degli effluenti zootecnici.

Il piano di concimazione prende in considerazione sia aspetti di scala di campo, sia aspetti aziendali, sia aspetti territoriali per quanto riguarda il rispetto di limiti legati alla natura dei suoli o al rispetto di zone vulnerabili.

Un metodo per la redazione del piano di concimazione, adatto alle aziende della Pianura Padana, è stato proposto da Grignani e Bassanino (2000). Esso si basa sul bilancio degli elementi nutritivi, ma è finalizzato anche a raccogliere in un unico documento tutte le informazioni utili per gestire la fertilizzazione, organizzandole in una struttura che possa evolvere con l'aumentare e l'approfondirsi delle informazioni.

L'equazione del bilancio è la seguente:

$$Mc + Mf + Bfx + An + kcFc + koFo = Yb$$

I termini a sinistra rappresentano le voci di apporto azotato alle colture, il termine a destra la voce di asporto. Tra gli apporti si trovano i fertilizzanti sia organici (Fo) che minerali (Fc), e la quota di decomposizione della sostanza organica, quando particolarmente rilevante perché dovuta a residui di precedenti colturali ricchi in azoto (Mc) o al letame (Mf). Le perdite di azoto sono prese in considerazione attraverso i coefficienti di efficienza della fertilizzazione (kc e ko). Le uscite sono rappresentate dagli asporti della coltura (Yb).

Analizzando più in dettaglio i singoli termini:

- Y è la produzione attesa dalla coltura;
- b è il contenuto in elementi nutritivi delle colture;
- Mc è la disponibilità derivante dalle riserve organiche dovute ai residui colturali; questa voce è considerata rilevante solo nel caso della rottura di prati con leguminose di durata almeno biennale;
- Mf è la disponibilità derivante dalle precedenti fertilizzazioni organiche, quando il loro effetto dura per più di un anno dalla distribuzione; questa voce è considerata rilevante solo per il letame;
- Bfx è l'azotofissazione delle leguminose;
- An rappresenta gli apporti naturali da deposizioni secche e umide dall'atmosfera. Questa voce è molto variabile in funzione delle condizioni ambientali (vicinanza a un centro abitato, per esempio);
- Fc è la quantità di elementi nutritivi apportata col concime minerale;
- kc è il coefficiente di efficienza relativo agli apporti di fertilizzante minerale (Fc); per l'azoto esso si considera sempre pari a un valore elevato (80%), perché l'azienda ha sempre la possibilità di gestire al meglio gli apporti minerali, e quindi evitare somministrazioni in periodi o con modalità che determinano una scarsa efficienza dell'azoto apportato; per il fosforo e il potassio esso viene modulato in funzione del tipo di suolo;
- Fo è la quantità di azoto apportata col concime organico;
- ko è il coefficiente di efficienza relativo agli apporti di fertilizzante organico (Fo); esso rappresenta la capacità della coltura di approvvigionarsi dell'elemento nutritivo in rapporto più o meno adeguato ai propri fabbisogni, limitando così le perdite per lisciviazione, ruscellamento e volatilizzazione. Il suddetto coefficiente

te stima la quota di azoto effettivamente disponibile per la coltura in funzione dell'epoca e della modalità di distribuzione, nonché del tipo di fertilizzante.

Esistono alcune semplificazioni che necessariamente devono essere adottate per la redazione del piano di concimazione. In particolare, il bilancio proposto non tiene in considerazione:

- i processi di mineralizzazione e umificazione (che si considerano equivalenti in un'azienda che adotti le stesse tecniche di fertilizzazione da molti anni);
- le variazioni del contenuto di azoto minerale nel suolo;
- gli elementi nutritivi apportati tramite l'acqua di irrigazione;
- gli elementi nutritivi apportati con i semi;
- la fissazione non simbiotica.

Una volta redatto il piano di concimazione, è necessario precisarne gli obiettivi. In genere si mira da un lato a soddisfare il più possibile i fabbisogni delle colture, dall'altro a ridurre il surplus, calcolato come differenza tra apporti e asporti. È chiaro che a seconda delle situazioni aziendali e, soprattutto, delle loro strutture per lo stoccaggio degli effluenti zootecnici, può risultare difficile o impossibile raggiungere contemporaneamente entrambi gli obiettivi. È il caso per esempio delle aziende con limitata capacità di stoccaggio degli effluenti zootecnici, sempre costrette a distribuire quote elevate di tali effluenti in autunno o inverno, spesso su suolo nudo. In queste condizioni è bassa la capacità degli effluenti di coprire il fabbisogno delle colture, aumentando le perdite di elementi nutritivi nell'ambiente; di conseguenza cresce il consumo di concimi chimici e il surplus aziendale.

## CONCLUSIONI

I reflui zootecnici costituiscono motivo di preoccupazione nelle aziende a elevato carico zootecnico, perché possono contribuire a creare problemi ambientali e la loro gestione deve rispettare normative progressivamente più precise e impegnative. Il mondo agricolo che li utilizza può attuare strategie volte a eludere i regolamenti, oppure può cercare di applicarli razionalmente. Per imboccare la seconda strada, sicuramente premiante nel lungo periodo, la

corretta gestione agronomica dei reflui zootecnici appare un passaggio assolutamente necessario.

In prospettiva è necessario acquisire strumenti di ricerca e di assistenza tecnica alle aziende zootecniche che non considerino più i singoli aspetti del problema, scorporati dall'intero ambito. In altri termini, non è possibile proporre strategie volte alla riduzione della lisciviazione di nitrati, senza considerare anche le perdite per volatilizzazione; non si può proporre la separazione solido-liquido per i reflui non palabili senza verificare quale destino i solidi separati possano avere nel territorio in questione; non si può ragionare solo a livello di bilanciamento dell'azoto senza preoccuparsi del destino del fosforo; non si possono imporre alle aziende periodi più lunghi di stoccaggio senza considerare anche gli aspetti inerenti la meccanizzazione aziendale. Questi pochi esempi sono riportati solo per indicare la necessità di un approccio olistico al problema della gestione degli effluenti zootecnici.

La relazione presentata si concentra soprattutto sulla scala di studio del problema: territorio, azienda o appezzamento. La scala territoriale indica che il tessuto aziendale di un territorio deve essere analizzato nella sua globalità per verificare la fattibilità di ampliare la superficie interessata allo spargimento dagli effluenti zootecnici. La scala aziendale fornisce indici di surplus facili da calcolare e stabili nel tempo. A livello di campo si entra nello specifico della tecnica colturale adottata dall'agricoltore e la gestione dell'effluente zootecnico si connette con gli altri aspetti di tecnica colturale.

Anche la scala temporale potrebbe essere presa in considerazione. Modifiche della gestione aziendale sono ottenibili in tempi molto brevi se riferite ad aspetti quali il risparmio di concimi chimici, o in tempi medi se riferite all'acquisto di macchine più efficienti per lo spandimento dei reflui o alla modifica degli stoccaggi aziendali. L'impatto ambientale dovuto a una rinnovata gestione agronomica degli effluenti zootecnici, invece, sarà evidente solo in tempi più lunghi.

Il piano di concimazione è l'elemento chiave perché i reflui zootecnici siano gestiti correttamente. Forse non è necessario calcolarlo in riferimento a tutte le aziende zootecniche, ma sicuramente dovrebbero essere dotate di questo documento le aziende di grandi dimensioni, per questo più a rischio, e alcune aziende di medie dimensioni che possano funzionare da aziende "pilota" in tutte le zone agricole. Redigendo i piani di concimazione, risulta evidente che il pro-

blema dell'impatto ambientale dell'eccesso degli elementi nutritivi sull'ambiente non è dovuto solo all'effettivo eccesso di apporti di reflui zootecnici, ma anche al non corretto uso dei concimi chimici.

In ogni caso la redazione di bilanci, per quanto dettagliati, può fornire solo indicatori di perdita potenziale di elementi nutritivi. Soltanto effettive misure di campo possono fornire indicazioni utili per verificare il reale impatto delle tecniche migliorate proposte alle aziende zootecniche.

#### SUMMARY

##### *Agronomic principles for the best management of manure*

A key problem of breeding farms has always been managing manure correctly. In the past, manure was mainly used for ensuring the maintenance of soil fertility, but nowadays intensive stocking farms face a frequent excess of manure. This can create environmental problems. Unfortunately, a sound agronomic and environmental research on the effects of manure management on the farm productivity and on the environment quality has produced clear data only in Central and Northern Europe. Therefore, environmental legislation, now applied all throughout Europe, is heavily influenced by farm managements and environmental conditions, which are quite different from those typical of the Italian situation. A synthesis of available Italian data on manure management is now needed. This paper focuses on the problem of scale at which the analyses can be conducted. Studies at a territory scale (hundreds or thousands of hectares) show that the entire network of farms must be taken into consideration for optimising the integration of different crops and grassland, so as to ensure a more uniform spreading of manure. The farm scale (some tens of hectares) takes into consideration both the agronomic management of manure and fertilizers and the feeding of bred animals. At this scale the easiest and most reliable indicator of nutrient use efficiency is the apparent farm surplus. But only at the field scale (few hectares or fractions of an hectare) it is possible to consider in details links between manure management and other important aspects of farm management, such as fertilization, crop production, irrigation, farm mechanisation and so on. The fertilization budget plan is the basic document that can be produced to analyse manure management at this scale. Examples of research results at the three different scales are given.

#### BIBLIOGRAFIA

ARGENTI G., PARDINI A., SABATINI S., TALAMUCCI P. (1996): *Rapporti tra tipologie d'allevamento ed eccessi di azoto, fosforo e potassio stimati attraverso il metodo del bilancio apparente in aziende del Mugello*, «Rivista di Agronomia», 30, 4, pp. 547-554.

- CAREDDA S., FARA G., RE G., PORQUEDDU C., SULAS L. (1997): *Stima del surplus di macronutrienti attraverso il metodo del bilancio apparente in sistemi foraggeri-zootecnici ovini sardi*, «Rivista di Agronomia», 31, 2, pp. 505-511.
- GRIGNANI C. (1996): *Influenza della tipologia di allevamento e dell'ordinamento colturale sul bilancio di elementi nutritivi di aziende padane*, «Rivista di Agronomia», 3 suppl., pp. 414-422.
- GRIGNANI C. e BASSANINO M. (2000): *A fertilization balance sheet: limits and quality of information required*, Ninth International Workshop of the European Coop. Res. Network "Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture", Gargnano, Italy, 6-9 sept. 2000, pp. 55-60.
- GRIGNANI C. e LAIDLAW A.S. (2002): *Nitrogen economy in grasslands and annual forage crops: control of environmental impact, in Multifunction grasslands. Quality forages, animal products and landscapes*, EGF, pp. 625-633.
- GRIGNANI C. e ZAVATTARO L. (1999): *Migliorare la gestione agronomica dei reflui zootecnici*, «Inf. Agrario», 41, pp. 28-32.
- GRIGNANI C. e ZAVATTARO L. (2000a): *Utilizzo agronomico dei reflui zootecnici: istruzioni per l'uso*, «Riv. Suinicoltura», 6, pp. 49-54.
- GRIGNANI C. e ZAVATTARO L. (2000b): *A survey on actual agricultural practices and their effects on the mineral nitrogen concentration of the soil solution*, «Europ. J. Agron.», 12, pp. 251-268.
- LAURENT F., VERTES F., FARRUGGIA A., KERVELLANT P. (2000): *Effets de la conduite de la prairie pâturée sur la lixiviation du nitrate. Propositions pour une maîtrise du risque à la parcelle*, «Fourrages», 164, pp. 397-420.
- PAIN B.F. e MISSELBROOK T.H. (1997): *Sources of variation in ammonia emission factors for manure applications to grassland*, JARVIS S.C. and PAIN B.F. (Eds.), *Gaseous nitrogen emissions from grassland*, CAB International, Wallingford, pp. 293-301.
- SACCO D., BASSANINO M., GRIGNANI C. (2001): *Costituzione di un sistema informativo territoriale agronomico per la determinazione del bilancio dell'azoto a livello particellare*, Atti del convegno SIA "Strategie agronomiche al servizio della moderna agricoltura", Pisa, 17-21 sett. 2001, pp. 45-46.
- SCHEPERS J. S. e MOSIER A. R. (1991): *Accounting for nitrogen in non-equilibrium soil-crop systems*, in *Managing nitrogen for groundwater quality and farm profitability*, Soil Sc. Soc. Am. Edt., pp. 125-138.
- SIMON J.C., GRIGNANI C., JACQUET A., LE CORRE L., PAGES J. (2000): *Typologie des bilans d'azote de divers types d'exploitation agricole: recherche d'indicateurs de fonctionnement*, «Agronomie», 20, pp. 175-195.
- SNIJDERS H., DE HOOP W.D., WESTHOEK H.W. (1999): *Regulation of mineral production in areas with intensive animal production and in areas with extensive animal production*, in *Regulation of the animal production in Europe*, 9-12 may, Wiesbaden, KTBL Edt., pp. 113-116.
- VAN DEN BRANDT H.M.P. e SMIT H.P. (1998): *Mineral accounting: the way to combat eutrophication and to achieve drinking water objective*, «Envir. Pollution», 102 (1), pp. 705-709.
- VAN DER HOEK K. (1998): *Nitrogen efficiency in global animal production*, «Envir. Pollution», 102 (1), pp. 127-132.

GIUSEPPE BONAZZI\*

## I VINCOLI AMBIENTALI

### EFFICACIA DELLA DIRETTIVA NITRATI

La Direttiva Nitrati (91/676/CEE), benché in vigore da più di dieci anni, è forse la norma europea più carente sul piano applicativo. La tabella 1 mostra come gli obblighi che la Direttiva comporta siano stati in larga parte disattesi nella maggior parte degli Stati Membri, tanto è vero che la Commissione ha avviato procedure di infrazione che consentono alla Commissione stessa di avviare azioni legali contro gli inadempienti (praticamente tutti gli Stati, fatta eccezione per la Danimarca e per la Svezia).

Tra gli obblighi più disattesi figura l'attuazione dei cosiddetti "Programmi di azione" e delle campagne di monitoraggio per verificare i cambiamenti nel tempo dello stato delle acque, relativamente all'inquinamento da nitrati. Anche la delimitazione delle aree agricole, le cui acque sono inquinate da nitrati o che tendono a essere tali se non si interviene con adeguate misure, e la loro designazione come Zone Vulnerabili, è stata largamente disattesa.

Per quanto riguarda il nostro Paese si segnala la tempestività con cui è stato ottemperato a uno degli obblighi, la stesura del Codice di Buona Pratica Agronomica (CBPA). Questo documento è frutto di un lavoro collegiale di numerosi esperti nazionali ed è stato approvato con D.M. 19/04/1999, n. 86. Va segnalato tuttavia che il CBPA è uno strumento solo parzialmente utilizzato. La sua applicazione infatti è resa obbligatoria dai Programmi d'azione che devono essere adottati nelle Zone Vulnerabili come prescritto dalla Diretti-

\* CRPA - Reggio Emilia

STATI MEMBRI	AT	BE	DK	DE	EL	ES	FI	FR	IR	IT	LX	NL	NL	PT	SE	UK
Monitoraggio acque	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Designazione delle Zone Vulnerabili	+	+	+	+	+	+	+	+	○	+	+	+	+	+	+	+
Codici di Buona Pratica Agricola	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Programmi di Azione	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Rapporto alla Commissione sullo stato di implementazione della Direttiva	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

**Legenda:**  
 + indica che l'obbligo è stato assolto, ma che non necessariamente è stato approvato dalla Commissione;  
 ○ indica che designazioni importanti sono attese per la fine del 2001; le celle ombreggiate indicano che procedure di infrazione sono in corso.

Tab. 1 *Principali obblighi imposti dalla Direttive Nitrati e loro implementazione da parte degli Stati Membri, così come risultava al 1 giugno 2001 (fonte: Jean Duchemin, comunicazione personale)*

va. Di fatto, solo pochissime Regioni hanno adottati i programmi d'azione e, per di più, l'hanno fatto in maniera parziale.

Le uniche Regioni che hanno legiferato in questi anni avendo come riferimento la Direttiva Nitrati sono state la Lombardia, il Veneto e l'Emilia-Romagna, che hanno provveduto anche a designare le aree vulnerabili. Di queste, però, solo l'Emilia-Romagna ha seguito i criteri stabiliti dal D.Lgs. 152/99.

Va segnalato che è in corso di revisione, da parte delle Regioni, la designazione delle Zone Vulnerabili, effettuata in via preliminare a livello statale all'emanazione del D.Lgs. 152/1999, il cosiddetto Testo Unico sulle acque, che costituisce la norma nazionale di recepimento della Direttiva, così come previsto dal decreto medesimo che prevede che le Regioni, entro il 2003, provvedano alla revisione delle Zone Vulnerabili designate a livello statale. Con specifici atti hanno provveduto alla designazione di Zone Vulnerabili ai sensi della Direttiva Nitrati il Piemonte e la Basilicata, mentre sono in fase avanzata le attività per la designazione anche da parte di altre Regioni quali il Veneto, la Lombardia, l'Umbria, il Lazio.

Va segnalato che sul versante specifico dell'utilizzo degli effluenti di allevamento si riscontrano forti ritardi nell'attuazione del D.Lgs. 152/99, e in particolare dell'art. 38, che impegna il Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, di concerto con i Ministri dell'Ambiente, dell'Industria, della Sanità e dei Lavori Pubblici, di intesa con la Conferenza permanente Stato/Regioni, a emanare un Decreto con le norme tecniche per l'uso agronomico degli effluenti. Tale Decreto è ancora in corso di preparazione, per cui vigono ancora le normative regionali con tutto il carico di disomogeneità che questo fatto comporta, come è stato più volte segnalato.

Per quanto riguarda i contenuti delle norme tecniche citate si segnalano alcune importanti novità, che oltre a introdurre elementi di chiarezza nella pratica di gestione potranno avere anche effetti positivi sulle procedure burocratico-amministrative.

#### UTILIZZAZIONE AGRONOMICA

Viene definito con chiarezza che per "utilizzazione agronomica" degli effluenti si deve intendere la gestione degli effluenti dalla loro

produzione fino all'applicazione al terreno e non solo la mera applicazione degli effluenti al terreno. Ciò sgombra il campo da tutte le interpretazioni distorte che assoggettavano al Decreto Ronchi sui rifiuti (D.Lgs. 22/97) tutte le operazioni che precedono lo spandimento, compreso lo stoccaggio e il trasporto degli effluenti.

#### CAMPO DI APPLICAZIONE

Le normative regionali escludono dalla pratica autorizzatoria gli allevamenti che producono esclusivamente materiali palabili, come letame e lettiere esauste, per cui gli allevatori che si trovavano in questa situazione sfuggivano fino a ora a obblighi e controlli. Non sarà più così per il futuro, in quanto la Direttiva Nitrati e il D.Lgs. 152 che la recepisce includono anche questi materiali.

#### AUTORIZZAZIONE ALL'UTILIZZAZIONE AGRONOMICA

La domanda di autorizzazione e il successivo rilascio permangono solo per gli allevamenti soggetti alla cosiddetta Direttiva IPPC, vale a dire per gli allevamenti che allevano più di 750 scrofe, o più di 2000 suini all'ingrasso di peso superiore a 30 kg, oppure più di 40.000 avicoli.

Per gli altri allevamenti l'autorizzazione sarà sostituita dalla cosiddetta Comunicazione, vale a dire da un documento di autodenuncia al quale non dovrà seguire alcun atto autorizzativo da parte dell'Autorità competente. La comunicazione dovrà tuttavia essere accompagnata da una serie di documenti descrittivi dell'attività svolta e delle modalità di gestione del liquame. Tale documentazione dovrà essere più o meno dettagliata a seconda della dimensione dell'allevamento e della localizzazione o meno in Zone Vulnerabili. Sarà compito delle Regioni prescrivere documentazione di maggiore o minore dettaglio.

#### CARICO ZOOTECNICO

Sia le normative regionali attuali, sia le norme tecniche attuative dell'art. 38 del D.Lgs. 152/99, distinguono tra Zone Vulnerabili e Zone Non Vulnerabili all'inquinamento da nitrati:

CATEGORIA ZOOTECNICA	DG AMBIENTE UE	CNR/MIUR
Vacche da latte	1,2 - 2,8	3,1 - 3,7
Suini grassi (p.m. 90 kg)	13 - 24	16,8
Scrofe in ciclo	5,1 - 8,0	8,5
Galline ovaiole	212 - 485	500 - 566
Broilers	340 - 850	1062

Tab. 2 Numero di animali/ha equivalenti a 170 kg N/ha

	BOVINI DA LATTE	BOVINI DA CARNE	SUINI	AVICOLI
Lombardia	minimo 90 gg	minimo 120 gg	minimo 120 gg	minimo 120 g
	<i>Il volume necessario è da stabilire in base a ordinamento colturale, rotazione in atto, attrezzature per la distribuzione</i>			
Veneto	120 gg	120 gg	180 gg	180 gg
	<i>Nel caso di trattamenti che accelerano la maturazione, l'autonomia può essere ridotta, comunque a non meno di 60 gg</i>			
Emilia-Romagna	120 gg (90 gg per gli allevamenti che preesistevano al 10.05.1976)	180 gg (90 gg nel caso producano meno di 500 m <sup>3</sup> /anno di liquame)	180 gg (90 gg nel caso producano meno di 500 m <sup>3</sup> /anno di liquame)	180 gg (90 gg nel caso producano meno di 500 m <sup>3</sup> /anno di liquame)

Tab. 3 Autonomia di stoccaggio dei liquami nelle tre Regioni

- nelle Zone Vulnerabili vengono consentite dosi di azoto da effluenti zootecnici fino a 340 kg/ha per anno;
- nelle Zone Non Vulnerabili vengono consentite dosi di azoto da effluenti zootecnici fino a 170 kg/ha per anno.

Il gruppo di lavoro che ha operato all'interno del progetto Reflui del CNR/MIUR ha messo a punto delle tabelle che permettono la conversione dell'azoto applicabile alle colture in capi animali equivalenti (tab. 2).

Nella stessa tabella vengono posti, per confronto, i valori di carico in capi equivalenti risultanti da una ricerca commissionata dalla Direzione Generale Ambiente della UE a uno studio professionale britannico. Come si può vedere i valori della tabella CNR/MIUR sono in genere più elevati di quelli esposti dalla DG Ambiente. Ricerche in atto nel nostro Paese sulla quantificazione dell'azoto escreto da diverse categorie di animali porteranno sicuramente a una revisione dei valori della tabella nazionale.

## LO STOCCAGGIO

La procedura di calcolo dei volumi di effluenti prodotti è abbastanza simile nelle Regioni che si sono dotate di una normativa specifica per i liquami. Per quanto riguarda invece l'autonomia di stoccaggio, le differenze sono rilevanti (tab. 3).

Le norme tecniche di attuazione dell'art. 38, quali risultano dalla bozza preparata dal gruppo di lavoro tecnico operante per conto del MIPAF, porteranno a una semplificazione, come si può notare dal riquadro che segue:

MATERIALI PALABILI	90 GG
Liquami prodotti in piccoli allevamenti	90 gg
Liquami prodotti in allevamenti di bovini da latte	120 gg
Liquami prodotti in altri allevamenti	180 gg

## LO SPANDIMENTO

Allegato alla comunicazione ci dovrà essere un Piano di Utilizzazione Agronomica (PUA), che potrà essere in forma semplificata in relazione alla dimensione aziendale, alla localizzazione o meno in Zone Vulnerabili, all'appartenenza o meno al campo di applicazione dell'IPPC.

Per gli allevamenti che non vi rientrano varranno norme non molto dissimili da quelle attualmente in vigore: divieti temporali e spaziali di spandimento, divieto di produrre aerosol durante le operazioni di spandimento.

Per gli allevamenti in ambito IPPC le modalità di spandimento dovranno sottostare a importanti vincoli:

- abolizione dello spandimento dei liquami con sistemi in pressione o a ventaglio;
- obbligo di interrimento dei materiali solidi entro tempi limitati (6 o 12 ore).

## CONCLUSIONI

Le esigenze di tutela ambientale portano inevitabilmente a un inasprimento dei vincoli nella gestione degli effluenti zootecnici. Per

gli allevamenti avicoli e suinicoli intensivi è previsto l'obbligo di adozione di tecnologie a elevata efficienza ambientale, le cosiddette Migliori Tecniche Disponibili (BAT, dalle iniziali dei termini in inglese). Tuttavia anche gli allevamenti di dimensione più piccola e gli allevamenti di altre specie animali dovranno sottostare a rigide regolamentazioni di cui due particolarmente incisive: la Direttiva Nitrati, la cui applicazione non è più procrastinabile, e il D.P.R. 203/88 che riguarda le emissioni di gas, odori compresi, in atmosfera. Ciò significa che la variabile ambientale, che fino a ora ha inciso come voce di costo di produzione solo in poche realtà nazionali dove operavano regolamentazioni regionali, entrerà pesantemente nei bilanci aziendali contribuendo ad aggravare le difficoltà delle aziende meno efficienti, quelle che già ora faticano a salvaguardare un minimo di redditività aziendale.

#### SUMMARY

In this paper Italian regulations on animal manure utilization are reported. Particular emphasis is put on the example of the Regions of the Po valley where the regulations have been implemented according to Nitrate Directive (EEC/676/91).

Recently the Nitrate Directive has transposed into a national decree (D.Lgs. 152/1999) but the implementation at the regional level is only at the first phase. Specific regulations at local level proposed by a Technical Working Group of the Agriculture Ministry are in progress and are described in this paper. The main issues concern: landspreading permit requirements, maximum application rates of solid and liquid manure, animal load per ha of utilized Agricultural Area, manure storage capacity for the different categories of animals, fertilized plans.

A detailed fertilizer plan which shows the balance between N supply to crops need will be required in the nitrate vulnerable zones.



FABRIZIO MAZZETTO\*

## IL MONITORAGGIO DELLE OPERAZIONI DI SPANDIMENTO

### QUALITÀ GESTIONALE E TECNOLOGIE AVANZATE

Anche in agricoltura, l'innovazione tecnologica è ormai destinata a evolvere verso forme di sistemi di produzione incardinati sul concetto di *qualità*. Concetto, questo, da inquadrare nella sua accezione più ampia, poiché le nuove tecnologie saranno sempre di più destinate a consentire:

- la messa in essere di *sistemi colturali a basso impatto ambientale e a costo ridotto*, attraverso l'impiego di strumenti per il controllo automatico della distribuzione di tutti i fattori di produzione a logorio totale, con particolare riguardo ai potenziali inquinanti (principi fertilizzanti e fitosanitari);
- l'attuazione di *forme di management avanzato* nell'ottica di un miglioramento della qualità dei controlli da svolgere da parte della direzione dell'azienda agricola, con conseguenti incremento della produttività del lavoro e riduzione dei costi di produzione;
- la creazione di condizioni manageriali che favoriscano, in prospettiva, l'attuazione di *forme di certificazione di qualità* (tipo ISO 9000) anche all'interno delle aziende agricole.

Il tutto al fine di ottenere *un'agricoltura sostenibile* in termini ecologico-ambientali e di compatibilità economica.

Ma cosa significa *gestire la qualità*? E che significato assume questo obiettivo in un contesto agricolo? La risposta è – allo stesso tempo – semplice e complessa.

\* Istituto di Ingegneria Agraria, Università degli Studi di Milano

Gestire la qualità significa, innanzitutto, gestire l'informazione all'interno dei cicli operativi che costituiscono qualsivoglia sistema produttivo. E la gestione dell'informazione è cosa tutt'altro che semplice, poiché richiede l'utilizzo di tecnologie (hardware e software) appropriate da parte di personale adeguatamente preparato.

Gestire la qualità significa, pertanto, investire in tecnologie e risorse umane. Per comprendere la complessità del problema è opportuno svolgere una riflessione preliminare su due concetti chiave, vale a dire:

1. cosa si intende per informazione?
2. perché la gestione dell'informazione è intrinsecamente difficile in un contesto agricolo?

La risposta al primo quesito è formulabile in termini quanto mai immediati: *l'informazione è al tempo stesso sia un fattore produttivo, sia un prodotto dell'attività imprenditoriale.*

Infatti, in un'ottica di gestione della qualità, l'informazione – benché fisicamente immateriale – ha una propria natura assimilabile a tutti gli altri fattori materiali comunemente impiegati nello svolgimento delle attività produttive (concimi, antiparassitari, manodopera, macchine ecc.) in quanto:

- comporta dei costi di approvvigionamento ed esercizio;
- necessita di sistemi di immagazzinamento (archiviazione);
- richiede appropriate forme di gestione e utilizzo, variabili a seconda delle finalità per cui l'informazione stessa è impiegata.

Oltre a ciò, l'informazione è anche un bene che può configurarsi:

- sia come *fattore reimpiegato* all'interno del processo produttivo, quando impiegata in attività di regolazione e controllo dei processi stessi (utilizzo intra-aziendale, fig. 1);
- sia come vero e proprio *prodotto* destinato a una fruizione esterna all'azienda, quando impiegata per documentare lo svolgimento dei processi produttivi in modo conforme a specifici disciplinari di produzione (utilizzo extra-aziendale, fig. 2).

Questo secondo punto, in realtà, si manifesta solamente a fronte di forme avanzate di conduzione, quali sono – ad esempio – quelle richieste dall'adozione di sistemi espliciti di controllo della qualità previste dalle norme ISO 9000, ove i sistemi di qualità di fatto coincidono con i sistemi di controllo (Peri, 1994). In ogni caso, è chiaro come *l'utilità del fattore informazione si estrinsechi a livello di*

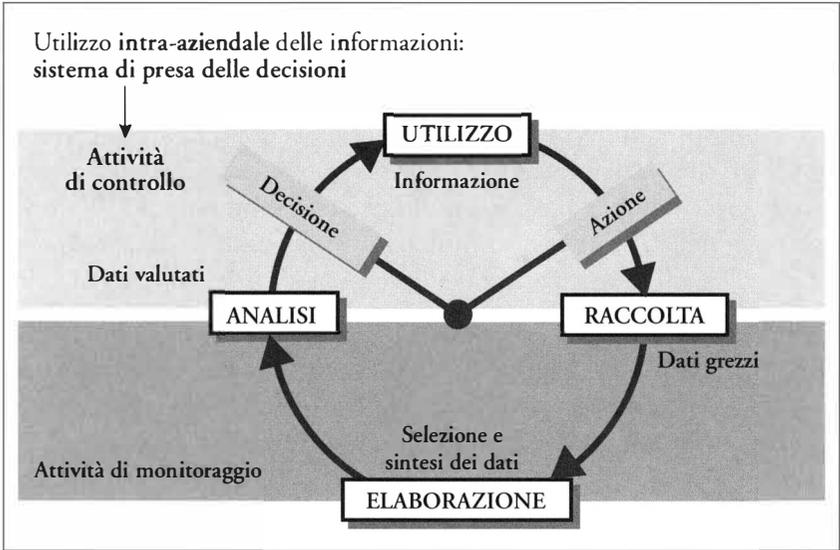


Fig. 1 Caso di utilizzo dell'informazione in ambito intra-aziendale (sistemi di presa delle decisioni, attività di controllo operativo, direttivo e strategico)

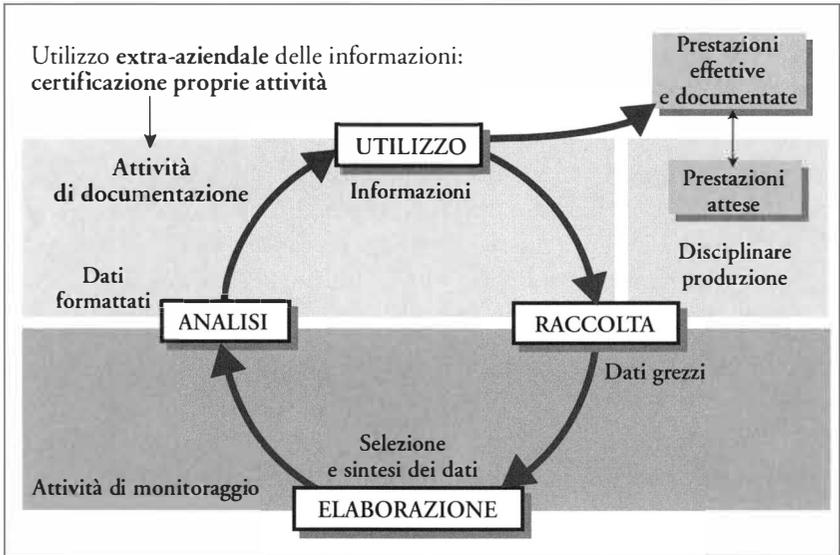


Fig. 2 Caso di utilizzo dell'informazione in ambito extra-aziendale (attività di certificazione e documentazione delle proprie attività)

*attività sia di controllo e sia di documentazione*, sempre comunque accompagnate da una necessaria fase con attività di *monitoraggio*.

Peraltro, l'informazione come "prodotto" è ravvisabile anche in attività imprenditoriali agricole non necessariamente coincidenti con il sistema "azienda agricola". Si pensi, per esempio, alle imprese agromeccaniche e al nuovo ruolo che esse sembrano destinate ad assumere nella "vendita di informazioni" nell'ambito di prestazioni di servizi quali la mappatura delle produzioni o la mappatura delle dosi di distribuzione di un dato fertilizzante.

La risposta al secondo quesito, invece, deve necessariamente richiamare le differenze tra il settore agricolo e gli altri settori produttivi (secondario e terziario), ove una corrente gestione della qualità sembra aver trovato una diffusione con minori problematiche.

Si è detto che il monitoraggio è una fase preliminare necessaria sia per le attività di controllo sia per quelle di documentazione. Il monitoraggio comporta l'osservazione diretta delle attività di lavoro che avvengono nell'ambito del sistema produttivo reale con la simultanea raccolta di "dati grezzi", che si trasformeranno poi in "informazioni" nella successiva fase di controllo o documentazione. Mentre questa fase di osservazione e raccolta dati può essere condotta e gestita con relativa semplicità negli ambienti di lavoro del secondario e terziario ove da tempo queste prassi si sono ormai consolidate, il settore agricolo ha delle peculiarità che si presentano come vere e proprie barriere alla gestione di sistemi qualità.

Tra queste peculiarità è opportuno menzionare:

1. la difficoltà nell'operare su spazi aperti ampi e poco circoscritti: le attività di monitoraggio e controllo per secondario e terziario si concentrano per lo più in ambienti chiusi e circoscritti, mentre per gran parte delle attività agricole l'oggetto del monitoraggio riguarda il territorio con tutte le relative complicazioni che ciò comporta; non è un caso che l'informatizzazione di alcuni processi sia partita proprio dagli allevamenti zootecnici (sale di mungitura, distribuzione degli alimenti in corsia ecc.) in quanto – da questo punto di vista – più affini a processi di tipo industriale;
2. la notevole aleatorietà che esiste nella pianificazione degli eventi produttivi in campo: l'organizzazione del lavoro è sempre pesantemente condizionata dagli eventi climatici e a priori non si

ha mai la certezza della possibilità di eseguire a calendario un dato intervento;

3. la qualità della preparazione professionale degli addetti del settore: in agricoltura esiste ancora una diffusa arretratezza culturale che si traduce inevitabilmente in una analoga arretratezza professionale; il ricorso a consulenze professionali qualificate è minore rispetto agli altri settori e le innovazioni tecnologiche si diffondono sempre con difficoltà a opera degli imprenditori più evoluti e aperti alle novità del mercato; l'informatizzazione dei processi dovrà necessariamente rompere questi ostacoli tradizionali di settore, poiché una sua corretta diffusione dovrà procedere parallelamente ad attività di formazione professionale per gli addetti; in merito, si tenga conto che il numero di aziende in cui si utilizza un computer a fini produttivi (anche semplicemente per la normale gestione di eventi amministrativi) è stimato essere ancora inferiore al 10% del totale, con le maggiori concentrazioni in aziende zootecniche (per i motivi citati ai punti precedenti) e in quelle di maggiori dimensioni;
4. le tradizionali carenze tecnologiche e finanziarie che caratterizzano le risorse del settore agricolo: anche per i motivi citati al punto precedente, a fronte di una disponibilità finanziaria limitata un imprenditore tende a investire in nuovi mezzi a lui più congeniali (nel senso di "culturalmente e professionalmente accessibili"), limitando in tal modo una più spinta diffusione dell'innovazione tecnologica.

Ma, in definitiva, a fronte di tutto il quadro descritto, quali sono le iniziative in atto nel settore agricolo per favorire l'adozione di sistemi per la gestione della qualità?

Va innanzitutto detto che non esistono ancora attività analoghe a quelle già affermatesi nel secondario e terziario. Quanto di più simile vi è in tale settore riguarda l'insieme delle iniziative scientifiche e commerciali ormai da tempo in atto (soprattutto all'estero) sul fronte della cosiddetta *Agricoltura di Precisione*. Con questo termine (nel seguito abbreviato AP) ci si riferisce alla traduzione italiana delle seguenti definizioni anglo-sassoni: 1) *precision agriculture*; 2) *prescription farming*; 3) *site specific farm management*. La terza definizione è quella che maggiormente centra l'idea di "precisione" insita nella traduzione italiana, che pone più l'accento sulle capacità

di gestire in modo automatico porzioni di terreno su scala “sub-appezzamento” attraverso una opportuna integrazione tra tecnologie informatiche e pratiche agronomiche.

Una definizione nazionale generalmente accettata propone, per il termine AP, «l'utilizzo di tecnologie, tecniche e metodiche di lavoro in pieno campo che consentano la coerente e non ambigua possibilità di trattare in modo differenziato singole aree omogenee di terreno delle quali si conoscano le effettive caratteristiche produttive». Pertanto, l'adozione di tecniche AP consente una più o meno spinta *automazione* delle attività di controllo operativo in campo, venendo il trattorista in parte disattivato nelle sue funzioni di regolazione delle macchine.

Tuttavia, focalizzare l'attenzione solamente sugli aspetti dell'automazione del controllo operativo offre un'immagine troppo restrittiva dell'intero contesto. Soprattutto, ciò rende poco chiara l'analogia tra sistemi AP e sistemi qualità, nel senso che un sistema AP non offre solo strumenti per l'automazione dei processi, bensì offre anche soluzioni metodologiche e strumentali per le attività di monitoraggio (e documentazione) dei processi. In merito, si ritiene più utile sottolineare la definizione di AP proposta dal NRC statunitense (National Research Council, U.S., 1997): «l'Agricoltura di Precisione è una strategia gestionale che utilizza tecnologie informatiche per raccogliere dati da fonti multiple in vista di un loro successivo utilizzo nell'ambito di decisioni riguardanti le attività produttive di campo».

L'AP, quindi, è essenzialmente vista come una forma di applicazione *dell'informatica gestionale*; ciò attraverso tecniche che prevedono un trasferimento tecnologico di innovazioni “informatiche”, sviluppate in altri settori e per altri scopi (sensori, attuatori, sistemi satellitari, computer, modelli e pacchetti software, sistemi di trasferimento dati ecc.), a supporto di decisioni per migliorare le produzioni vegetali (*crop productions*) in termini di qualità, quantità e costi. L'AP, in definitiva, propone soluzioni che richiedono investimenti e costi di esercizio per gestire dati e informazioni nelle decisioni che intervengono all'interno delle diverse fasi di un processo produttivo. Con ciò realizzando, più o meno totalmente, gli obiettivi previsti da un *sistema qualità* che, nelle sue finalità più allargate prevede anche soluzioni sempre più rispettose per l'ambiente.

Le problematiche connesse con lo spandimento dei reflui zootecnici si possono inserire – per le loro elevate interazioni con l'ambiente – nel contesto delineato al punto precedente. Tali attività, infatti, possono conseguire una “gestione di qualità” attraverso l'adozione di tecniche e metodiche di lavoro proprie dei sistemi AP. E ciò per quanto concerne le fasi sia di monitoraggio, sia di controllo automatizzato delle dosi da distribuire, sia di documentazione del lavoro svolto.

È opportuno sottolineare ulteriormente le differenze esistenti tra le tre diverse fasi, soprattutto qualora si debba progettare l'introduzione di un sistema AP specificamente dedicato alle attività di spandimento. L'errore – infatti – che spesso si riscontra tra gli operatori del settore è quello di pensare che si debba acquisire immediatamente una soluzione tecnologica preposta alla completa automazione delle dosi da distribuire secondo un approccio sito-specifico.

In realtà, l'introduzione di queste tecniche comporta una spinta informatizzazione delle diverse fasi del processo, con tutte le complicità del caso derivanti da una gestione con interazioni tra il funzionamento di dispositivi *meccanici* (organi di distribuzione e regolazione a bordo dei carribotte), *elettronici* (sensori, attuatori, sistemi di identificazione) e *informatici* (database degli appezzamenti aziendali georeferenziati, archivi delle dosi prescritte ed effettivamente distribuite, archivi delle concentrazioni di nutrienti nei fertilizzanti ecc.).

Risulta molto più razionale, pertanto, procedere all'adozione di queste tecniche in modo graduale realizzando:

- a) innanzitutto la messa in essere di forme di *monitoraggio* delle attività che, nelle loro versioni più avanzate, prevedono l'identificazione delle operazioni svolte con l'acquisizione automatica dei principali parametri che hanno caratterizzato la specifica attività (tempi di spandimento, mezzi impiegati, appezzamenti interessati, stima delle quantità distribuite a livello di ciascun appezzamento); ciò è quanto realizzano i cosiddetti “quaderni di campagna informatici” (Mazzetto, 1995);
- b) in secondo luogo, la definizione di forme di *documentazione* attraverso standard di formattazione e presentazione variabili a se-

conda delle finalità preposte dall'eventuale ente esterno che richiede la documentazione medesima; le informazioni da utilizzare, ovviamente, sono quelle raccolte con la precedente fase di monitoraggio, attingendo dagli stessi archivi (memoria storica aziendale);

- c) infine, l'adozione di tecnologie specifiche per consentire l'*automazione del controllo operativo* delle operazioni di spandimento secondo approcci sito-specifici (completamento tecnologico di un sistema AP).

Monitoraggio e documentazione sono attività proprie del *controllo direttivo* aziendale (cioè la direzione dell'impresa responsabile del management). L'automazione del processo – tecnologicamente molto più complicata e articolata – comporta attività proprie del *controllo operativo*.

Le attività di monitoraggio non richiedono uno “sconvolgimento” tecnologico dei mezzi correntemente adottati nelle operazioni di spandimento. I mezzi già presenti in azienda vengono allestiti con dispositivi elettronici e informatici appositamente progettati per l'identificazione dei sistemi (macchine, appezzamenti, operatori, fasi di lavoro) e per l'acquisizione automatica dei dati.

Le attività di documentazione, dal canto loro, richiedono un'ulteriore ampliamento della dotazione informatica aziendale (spesso limitato all'acquisto di nuovo software), senza particolari complicanze della preesistente dotazione elettronica (il monitoraggio informatizzato richiede già di per sé la presenza di un PC aziendale, utilizzabile poi anche per la produzione di documentazione), a meno che non venga richiesto di generare la documentazione stessa contestualmente allo svolgimento del lavoro in campo, come potrebbe essere per talune imprese agromeccaniche che intendono offrire la certificazione del lavoro svolto. In tal caso, vi potrebbe essere la necessità di installare a bordo dei trattori o delle macchine ulteriori strumenti, tipo stampanti o supporti di registrazione.

Le attività di automazione dei processi in campo, infine, comportano investimenti più cospicui, poiché richiedono anche un adeguamento delle dotazioni meccaniche: le macchine di vecchia concezione non si prestano a un allestimento con i componenti elettronici e informatici necessari per conseguire il controllo operativo automatizzato delle dosi di distribuzione. I carribotte e gli spandi-

letame concepiti con queste funzioni sono macchine di nuova concezione, in cui gli organi di distribuzione (pompe a lobi, tappeti o catenarie di adduzione ecc.) sono stati adattati per il controllo automatico tramite microprocessore. Inoltre, spesso tali macchine sono anche in grado di misurare in continuo le quantità di refluo a bordo; ciò attraverso celle di carico o sensori di pressione la cui installazione può richiedere una profonda revisione dell'intera architettura della macchina stessa.

Al di là delle complicazioni costruttive, comunque, le difficoltà di utilizzo di queste nuove macchine riguarda anche la gestione di informazioni da esse richieste (formulazione e raccolta delle dosi prescritte, registrazione e confronto delle dosi effettivamente distribuite ecc.). È per tale motivo che l'utente finale di un sistema AP deve avere una consolidata preparazione informatica, almeno a livello di gestione dati e manipolazione archivi. Da qui, la necessità di procedere attraverso la sequenza di adozione *monitoraggio-documentazione-controllo operativo*.

In definitiva, la gestione di un sistema qualità specifico per lo spandimento dei reflui potrebbe conseguire notevoli successi anche limitando le proprie funzioni a un ambito di monitoraggio. Ciò risulta tanto più evidente quanto più ci si trova a operare in aree vulnerabili, a elevata concentrazione di attività agro-zootecniche (si pensi, ad esempio, alle zone di conoide di congiungimento tra colline Appenniniche e pianura emiliana), in cui più elevato è il rischio di inquinamento di nitrati derivanti da operazioni di spandimento di reflui animali da allevamenti bovini e suini. In tali aree diventa sempre più sentita l'esigenza di un monitoraggio automatico e capillare di dette operazioni per consentire:

- a) *all'amministratore pubblico* di verificare le reali modalità di spandimento dei reflui da parte degli agricoltori; ciò attraverso strumenti e metodi che garantiscano quanto più possibile di stabilire l'oggettiva aderenza delle dinamiche di spandimento rispetto a dei piani concordati con l'amministrazione locale in vista di una limitazione del carico di inquinanti di origine zootecnica;
- b) *all'agricoltore* che opera in proprio di gestire al meglio l'impiego dei fattori produttivi per ottenere: da un lato, un'ottimizzazione nell'uso di risorse attraverso un dosaggio controllato dei concimi, limitando situazioni di carenze o eccessi nelle diverse condi-

zioni pedologiche e sito-specifiche della propria azienda; dall'altro, la possibilità di poter documentare con oggettiva certezza le condizioni del proprio lavoro in un contesto di certificazione della qualità a fini sia produttivi, sia ambientali;

- c) *all'impresa agromeccanica* che opera la distribuzione per conto di terzi di poter certificare la qualità dei propri servizi – rispetto sia all'agricoltore, sia all'ente pubblico – con la possibilità di fornire a lavoro ultimato una documentazione completa in merito ai dosaggi e agli aspetti logistico-operativi (area effettivamente lavorata, rifornimenti eseguiti, tempi di lavoro, mappe di distribuzione ecc.) delle operazioni svolte.

#### INFORMAZIONI PER IL CONTROLLO OPERATIVO E DIRETTIVO

Le attività di monitoraggio consistono nell'osservazione diretta dei *processi* con contestuale registrazione dei dati relativi agli aspetti produttivi che maggiormente saranno poi oggetto di azioni di controllo direttivo o operativo (manuale o automatico). Tali dati saranno trasformati in informazioni all'interno di un flusso ciclico che prevede, successivamente alla registrazione dei dati, attività di analisi e pianificazione che sfoceranno nelle azioni di controllo vero e proprio dei diversi processi. Questo flusso, tipico di un sistema AP completo, prevede l'esistenza di un sistema informativo aziendale.

Ogni processo di campo costituisce un *evento* determinato da specifici *attori* e caratterizzato da diversi *parametri* che ne stabiliscono la qualità delle prestazioni:

$$\text{Evento} = \text{Attori} + \text{Parametri}.$$

Il controllo operativo di un evento (non necessariamente automatizzato) richiede essenzialmente la conoscenza dei parametri quantitativi che regolano lo svolgimento del processo. Così, ad esempio, durante la distribuzione di letame o liquame risulterebbe utile mantenere sotto controllo i valori istantanei della portata del flusso di distribuzione del refluo e della velocità di avanzamento del mezzo, in modo da cercare di garantire una copertura omogenea sul suolo; non solo: nel caso di larghezze di distribuzione elevate (> 10

m) sarebbe parimenti utile disporre di dispositivi in grado di evidenziare l'andamento tra una passata e quella adiacente, in modo da poter perseguire un'adeguata contiguità senza eccessive fallanze o sovrapposizioni.

Pertanto, una esaustiva conoscenza delle modalità di svolgimento di un evento (COME?) può limitarsi alla misura di particolari fenomeni fisici (QUANTO?) per mezzo di opportuni sensori. Oltre alla precisione della misura, il sistema di controllo operativo, se ad azione manuale, deve anche garantire *l'immediata visualizzazione* dei valori letti, pena l'annullamento della loro utilità pratica.

In definitiva, la logica classica del controllo operativo richiede una conoscenza dell'evento da determinarsi secondo un'impostazione del tipo:

*Contr. Operativo:* QUANTO?  $\longrightarrow$  COME? {evento}

Nel caso dei sistemi AP con dosaggio automatico delle dosi di distribuzione secondo un approccio sito-specifico, il controllo operativo prevede una regolazione istantanea del processo a seconda della particolare posizione occupata dalla macchina sul campo (DOVE?):

*Contr. Operativo AP:* QUANTO? + DOVE?  $\longrightarrow$  COME? {evento}

Le dosi prescritte sito-specificamente – calcolate sulla base di informazioni ottenute da precedenti monitoraggi – sono già registrate in una memoria a bordo della macchina, oppure inviate istantaneamente a quest'ultima mediante trasmissione dati in radiofrequenza. Il sistema di controllo operativo si limita a individuare la posizione di lavoro della macchina (attraverso un ricevitore DGPS), adattando conseguentemente la velocità della stessa o intervenendo direttamente sui flussi di distribuzione.

Per le attività di controllo direttivo, l'acquisizione di una esaustiva conoscenza delle modalità di svolgimento di un evento richiede molte più informazioni. L'utilizzo di tale conoscenza, infatti, risulta *differito nel tempo*. Da qui, la necessità di acquisire i dati relativi a tutti gli attori che hanno partecipato alla determinazione dell'evento (fig. 3).

Gli attori rappresentano *oggetti* che, in quanto tali, non possono



Fig. 3 Schematizzazione del concetto di “evento meccanizzato di campo”: la sua conoscenza richiede l’identificazione degli oggetti che determinano l’evento stesso

essere “misurati”, bensì *identificati*. Si tratta, in definitiva, di poter ricostruire a posteriori: chi ha svolto il processo (CHI?); di che tipo di processo si è trattato (COSA?); su che coltura o appezzamento si è svolto il processo (DOVE?). Ne consegue che l’acquisizione di conoscenza deve seguire un’impostazione del tipo:

*Contr. Direttivo:*

CHI? + COSA? + DOVE? + QUANTO? → COME? {evento}

L’oggetto associato a CHI? riguarda, ovviamente, l’addetto (o gli addetti) che hanno eseguito l’operazione. Quest’ultima (COSA?), a sua volta, è associata agli oggetti-macchina (cantieri di lavoro: trattore + operatrice; macchina semovente) impiegati nell’operazione stessa, esistendo un rapporto biunivoco tra tipo di macchina e tipo di operazione. Ad esempio:

*trattore + carrobotte = distribuzione liquame*  
*trattore + spandiletame = distribuzione letame*

Il COSA?, inoltre, può riguardare – nel caso di tutte le operazioni che prevedono lo spandimento di un prodotto – l’individuazione di particolari fattori a logorio totale “consumati” durante lo svolgimento del processo. In tal caso, l’identificazione dell’oggetto potrebbe essere accompagnata anche dalla misura della quantità consumata (QUANTO?).

L’oggetto associato a DOVE? può riguardare sia l’appezzamento (o il generico luogo di lavoro), sia la coltura su cui si è svolta l’operazione. D’altro canto, esistendo un rapporto biunivoco coltura-appezzamento, con l’identificazione fisica del luogo si individua automaticamente anche la coltura.

In conclusione, per l’acquisizione dei dati di campo si devono prendere in considerazione:

- a. sensori per la misura di specifici processi fisici;
- b. sistemi per l’identificazione di oggetti;
- c. sistemi per l’individuazione della posizione di oggetti sul territorio.

#### I QUADERNI DI CAMPAGNA INFORMATICI

Per una razionale impostazione delle attività di monitoraggio, l’intera struttura di un sistema informativo aziendale si dovrebbe innestare sugli archivi (database) prodotti con la gestione dei quaderni di campagna, possibilmente con l’acquisizione dei dati in automatico (*quaderni di campagna informatici*). Con l’automazione di un monitoraggio svolto in continuo su ciascun evento di campo si hanno maggiori garanzie di pervenire alla costruzione di un database che rappresenta la *memoria storica* dell’azienda agraria. Questa sorta di “informatizzazione” del monitoraggio può riguardare sia l’insieme delle attività svolte dall’intero parco macchine aziendale, sia solo una parte di operazioni (come nel caso di un monitoraggio limitato alle operazioni di spandimento dei reflui). In ogni caso, il sistema automatico di raccolta dati deve essere innanzitutto in grado di riconoscere il COSA? dell’evento, per poter discernere, nella costruzione degli archivi, tra le diverse operazioni.

Tra i primi esempi di sistemi per monitoraggio automatico dei dati di campo vi è il prototipo realizzato presso l’Istituto di Ingegneria Agraria di Milano (Mazzetto et al., 2001). Il sistema, nella

sua versione più completa, si basa su dispositivi di identificazione e misura per il riconoscimento degli oggetti COSA? e DOVE? relativi all'intero parco macchine aziendale, operando in modo tale da non richiedere alcun tipo di intervento diretto di immissione dati da parte dell'operatore. Inoltre, gli stessi dispositivi di identificazione permettono anche il riconoscimento dell'operatore (CHI?), previo suo espresso consenso; la legislazione sul diritto del lavoro, infatti, non consente il controllo diretto dei movimenti dei lavoratori senza accordo tra le parti. Se il trattorista accetta di farsi identificare, al momento dell'accensione del trattore deve semplicemente premere il pulsante di un particolare dispositivo in sua dotazione integrato al portachiavi del trattore.

Il sistema di identificazione per il COSA? e il CHI? prevede:

1. un *oggetto* da riconoscere, al quale viene assegnato un prefissato *codice*;
2. un *sistema riconoscitore*, in grado di acquisirne il relativo codice.

L'oggetto (*macchina operatrice* o *addetto*) trasmette in continuo il proprio codice indipendentemente dalla presenza di un riconoscitore. La trasmissione avviene in radiofrequenza e raggiunge il riconoscitore solo quando l'oggetto si trova a una opportuna distanza da quest'ultimo. Il sistema riconoscitore è costituito da ogni motrice impiegabile nelle diverse operazioni (*trattori* o *macchine semoventi*).

Ciascun trattore (sistema riconoscitore) viene attrezzato con i seguenti componenti (fig. 4):

1. una *unità centrale di acquisizione dati* (UA): verso cui convergono tutte le informazioni rilevate dai sensori periferici di misura e dai ricevitori dei codici trasmessi dagli oggetti; un orologio completo di calendario (fornito dal sistema GPS), associa alle informazioni in ingresso la data e l'ora di rilevazione; l'unità è dotata di una propria memoria di massa su *flash card* (8 Mbyte), per consentire un'agevole trasferimento dei dati sulla memoria di massa di un computer aziendale (PC aziendale centrale); a seconda dell'intensità di utilizzo dei mezzi, l'autonomia di memoria della flash card è di 3-4 mesi;
2. due *unità di ricezione* poste sia *anteriormente* (AA) sia *posteriormente* (AP) al trattore adibite all'acquisizione dei codici di trasmettitori-operatrici (TM) associati a macchine ad accoppiamento – rispettivamente – anteriore o posteriore; le due antenne so-

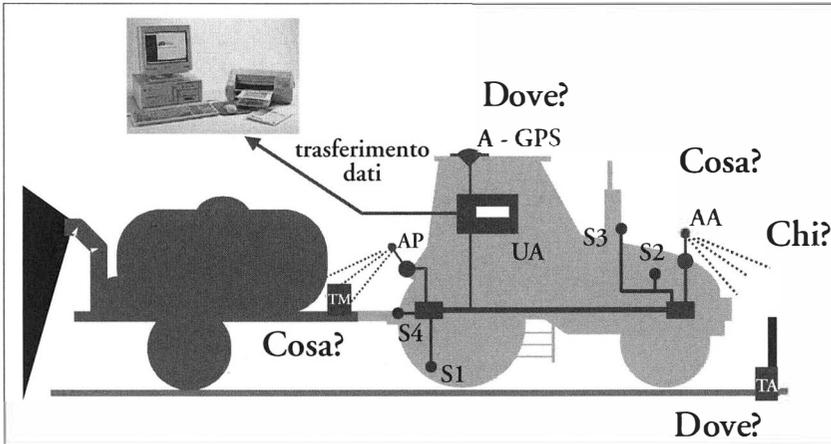


Fig. 4 Sistema di acquisizione dati per la realizzazione di quaderni di campagna informatici (da utilizzarsi in attività di monitoraggio)

- no anche abilitate all'acquisizione di codici di trasmettitori-appezzamenti (TA), laddove esista la necessità di monitorare l'accesso a specifici luoghi di lavoro non individuabili da ricevitori GPS a causa di schermature o impedimenti di varia natura;
3. un ricevitore GPS, inglobato nella UA, che acquisisce – tramite l'antenna A-GPS – le coordinate di posizionamento trasmesse da un sistema satellitare (NAVSTAR); viste le finalità del monitoraggio (controllo direttivo) coi dati di posizionamento è sufficiente operare con precisioni anche di 1 m; i ricevitori attualmente in commercio consentono tali valori anche senza dispositivi DGPS (indispensabili solo per attività di controllo operativo);
  4. un sistema di sensori con relativi bus di connessione all'unità UA, per la misura dei principali parametri di funzionamento del sistema trattore-operatrice; in altre parole, tali sensori mettono a disposizione dati relativi ad aspetti del QUANTO? di ciascun evento; non solo: la sequenza dei dati ottenuta da ciascun sensore viene utilizzata, dopo lo scarico dei dati su PC, da un particolare programma che, in base alla dinamica delle loro variazioni, ricostruisce le fasi di lavoro di ciascun evento, discernendo tra lavoro effettivo, trasferimenti intra- ed extra-aziendali, lavori ausiliari per manutenzioni o rifornimenti ecc. Più in dettaglio, tali sensori riguardano la misura di: S1: velocità di avanzamento; S2:

regime di rotazione del motore;  $S_3$ : temperatura dei gas di scarico (utilizzata per una stima indiretta del consumo di combustibile);  $S_4$ : regime di rotazione della presa di potenza.

Il riconoscimento degli appezzamenti (DOVE?), pertanto, viene svolto tramite sia ricevitori GPS (soluzione valida nella maggior parte delle situazioni), sia trasmettitori in radifrequenza TA (per quelle situazioni in cui il GPS non è in grado di operare con adeguata affidabilità come in boschi, viali alberati, aree con alta densità di strutture edilizie o zone di lavoro all'interno di edifici). La soluzione con trasmettitori TA a terra è anche nota come *gate detecting* e si presta altresì a monitorare specifiche aree nelle quali si svolgono attività a punto fisso (punti di carico presso concimaie e vasche di stoccaggio, magazzini; officina; stazioni di pompaggio ecc.).

I dati registrati su flashcard, una volta trasferiti su PC, vengono elaborati da una serie di procedure che provvedono all'aggiornamento dell'archivio storico di tutte le operazioni aziendali. L'identificazione completa di operazioni e attività che deriva dai dati registrati da tutti i trattori aziendali porta alla costruzione dei citati quaderni di campagna informatici.

A seconda del numero e della tipologia delle macchine operatrici allestite con trasmettitore TM per la loro identificazione automatica, i quaderni prodotti potranno riguardare le attività: a) sia dell'intero parco macchine (tutte munite di un TM); b) sia di un ristretto numero di macchine, solitamente adibite allo svolgimento di operazioni omogenee. Quest'ultimo caso riguarda, ad esempio, il monitoraggio delle operazioni di spandimento dei reflui, che potrà così includere:

1. i soli carribotte, nel caso di aziende zootecniche con sola produzione di liquame;
2. carribotte e spandiletame, nel caso di produzione congiunta di liquame e letame in azienda, e ove sussista le necessità di controllare l'intero flusso di azoto proveniente da deiezioni zootecniche;
3. tutte le macchine adibite alla distribuzione di fertilizzanti – includendo quindi, oltre al caso precedente, anche tutti gli spandiconcime –, ove sussista le necessità di controllare l'intero flusso di azoto proveniente dai piani di concimazione (azoto minerale + azoto organico).

Comunque sia, l'architettura di base del sistema di registrazione

descritto prevede la presenza di un sistema di identificazione automatica per ogni trattore adibito alla gestione delle operazioni aziendali, indipendentemente dal numero di operatrici attrezzate col trasmettitore TM. Ovviamente, in caso di accoppiamenti trattore-attezzo preferenziali (il trattore X viene *sempre* accoppiato alla macchina Y), si può limitare il numero di installazioni di sistemi di identificazione completi.

Un'architettura alternativa – limitata al solo monitoraggio parziale di una singola macchina operatrice (precedenti casi 1 o 2) – potrebbe prevedere l'installazione di un sistema di registrazione semplificato direttamente a bordo della macchina stessa. In tal caso, verrebbe meno la necessità di identificare il COSA? di un evento, trattandosi di monitoraggio di eventi specifici noti a priori; pertanto, non sussiste più la necessità di un sistema di identificazione coi trasmettitori TM. Tuttavia, si avrebbe la necessità di allestire la macchina con idonei sistemi di alimentazione (batterie, celle fotovoltaiche) per sopperire alle necessità di funzionamento del sistema di monitoraggio indipendentemente dalla presenza del sistema di alimentazione del trattore. L'allestimento di simili sistemi è attualmente in fase di studio e progettazione.

#### UN ESEMPIO APPLICATIVO

La memoria storica costruita mediante i quaderni di campagna informatici presenta le modalità di gestione di un qualunque database relazionale, potendo essere interrogato attraverso molteplici chiavi di accesso. Ad esempio, si possono produrre tabulati relativi ai tempi di lavoro di una specifica macchina su un insieme di più colture, così come costruire tutta la sequenza di operazioni per singole colture ripartite in più appezzamenti.

In definitiva, è possibile ricostruire – istante per istante – le modalità di lavoro di ciascuna attrezzatura (singola macchina, singolo trattore o cantieri di lavoro). Tale analisi può essere condotta a diversi livelli di sintesi, in funzione della base temporale prescelta nella scansione del database (ora, giorno, mese ecc.). Il tutto, fino a spingersi a una ricostruzione animata, sul video del PC, dei reali percorsi sostenuti nell'esecuzione di una data attività, potendo così verificare

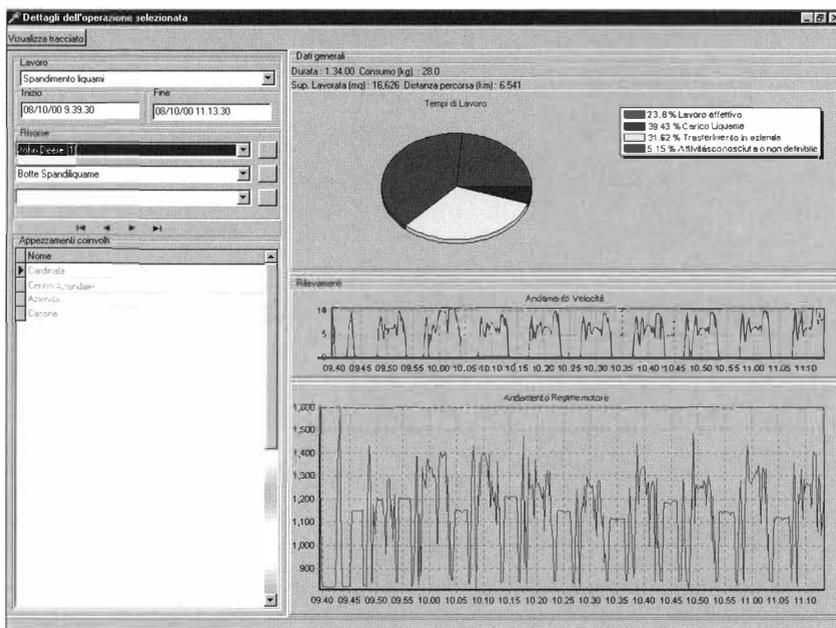


Fig. 5 *Dettagli di un'operazione di spandimento ottenibili tramite i quaderni di campagna informatici*

ad esempio l'effettiva copertura di un'area da trattare. Si possono – infine – ottenere anche report su stampa, sì da redigere automaticamente quaderni di campagna, disciplinari di produzione o quant'altro sulla base delle esigenze della direzione aziendale sopra delineate.

A puro titolo di esempio, si consideri un'operazione di spandimento liquame condotta in proprio presso un'azienda zootecnica. Una volta selezionata dall'archivio, il quaderno di campagna propone in merito a essa una finestra di analisi contenente i seguenti dettagli (fig. 5):

- nella parte sinistra, gli oggetti che hanno interessato l'evento (trattore e macchine impiegate, appezzamenti interessati) con dati relativi alla tempistica dell'operazione stessa (data, ora di inizio e fine);
- nella parte destra, una serie di dati generali relativi a vari aspetti del QUANTO? dell'operazione: durata, distanze percorse, consumi di combustibile;

- un’ulteriore serie di dati di dettaglio relativi alle modalità operative con cui si è svolta l’operazione; in particolare:
  - a) analisi dettagliata dei tempi di lavoro (con distinzione tra: I) carico del prodotto; II) distribuzione effettiva in campo; III) tempi accessori in campo; IV) soste in campo; V) trasferimenti intra-aziendali ed extra-aziendali);
  - b) diagramma con l’andamento delle velocità di lavoro;
  - c) diagramma con l’andamento del regime di rotazione del motore del trattore;
- la possibilità di accedere a un livello di dettaglio ancora superiore, lanciando una procedura di *visualizzazione tracciati*; quest’ultima, attraverso un processo di animazione, ricostruisce dinamicamente – al di sopra di una mappa aziendale con i poligoni di tutti gli appezzamenti georeferenziati – il percorso che la macchina ha effettuato sul territorio tra l’ora di inizio e di fine dell’operazione; la velocità di animazione può essere regolata manualmente dall’utente, che si trova così a osservare ciò che è avvenuto in azienda come se il tutto fosse stato a suo tempo filmato da una telecamera in grado di effettuare riprese dall’alto (fig. 6).

In merito a quest’ultimo punto, l’osservazione della dinamica delle operazioni svolte può dare utili indicazioni operative alla direzione aziendale, che si trova a poter disporre di un archivio con una sorta di “filmato sintetico” degli eventi pregressi. Si consideri ancora il tracciato dell’esempio in questione (fig. 6). Consultando l’intero archivio degli eventi attraverso le chiavi di interrogazione OPERAZIONE = “distribuzione liquame” (COSA?) e APPEZZAMENTO = “Cardinala” (DOVE?), sarebbe possibile appurare quanto segue:

- quella analizzata è stata l’unica operazione di distribuzione liquame effettuata sull’appezzamento in questione nel corso dell’annata agraria 2000;
- quest’unica operazione è stata eseguita attraverso: a) tracciati estremamente irregolari con ampie sovrapposizioni e fallanze tra una passata e l’altra; b) percorsi che, comunque, non hanno coperto l’intera superficie dell’appezzamento stesso (contribuendo, con ciò, a incrementare la disomogeneità dei contenuti in principi nutritivi del terreno in esame).

Vi è da dire che, all’epoca di tale evento di campo, il quaderno di campagna qui presentato non era direttamente accessibile alla di-



Fig. 6 *Visualizzazione dinamica dei tracciati su mappa*

reazione dell'azienda zootecnica, essendo ancora in fase di sperimentazione e di messa a punto del prototipo di acquisizione dati. Una volta presentato il caso al responsabile aziendale, per sua diretta ammissione si è avuto un riscontro a posteriori di una poco razionale gestione dell'operazione di spandimento su questo appezzamento (probabilmente, cambiando l'addetto in giorni di lavoro successivi, ci si è dimenticati di completare lo svolgimento di un evento in corso, sospeso per motivi di pioggia). La consultazione tempestiva del quaderno avrebbe potuto evitare tale omissione.

E opportuno, infine, sottolineare un'ulteriore considerazione: il prototipo qui discusso, in merito al rilievo del QUANTO?, non ha ancora la possibilità di svolgere misure dirette – tramite opportuni sensori – delle quantità di prodotto (liquame) effettivamente distribuite nel corso dell'operazione. Ciò è stato volutamente stabilito fin dall'inizio poiché tali tipi di misure comportano costi non facilmente ammortizzabili in un'ottica di semplice monitoraggio (si tratterebbe di installare flussimetri o celle di carico, direttamente a

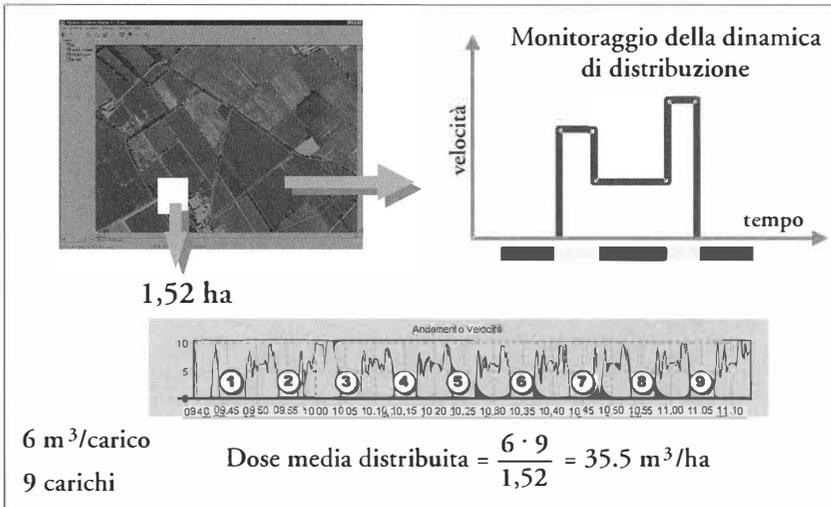


Fig. 7 Stima delle quantità distribuite dedotta dalle dinamiche di spandimento

bordo della macchina, con tutti gli oneri che ne conseguono a causa di una sensibile revisione dell'architettura della medesima). Si ritiene che la loro adozione possa essere giustificata solo in un'ottica di controllo operativo automatizzato.

Tuttavia, disponendo anche solamente delle semplici informazioni messe a disposizione dal citato quaderno informatico, si possono ottenere utili indicazioni sul QUANTO? attraverso stime indirette dedotte dalle modalità operative della dinamica di lavoro delle macchine in campo. In merito, si consideri la figura 7. Ulteriori procedure specifiche del quaderno consentono di determinare:

- l'area dell'appezzamento effettivamente interessata dalle operazioni di distribuzione (1,52 ha);
- il numero di carichi di distribuzione effettuati su tale area (9): infatti, grazie al diagramma delle velocità, si ha nel caso in questione un tipico andamento a "U", grazie all'alternarsi ciclico delle fasi di carico, trasporto a pieno carico, distribuzione, trasporto a vuoto; l'identificazione dei cicli determina univocamente il numero di distribuzioni. Essendo nota la capacità di carico media della macchina utilizzata (6 m<sup>3</sup>) e supponendo un pieno carico a ogni ciclo, si stima in tal modo una dose media di distribuzione di 3,55 kg/m<sup>2</sup> (35,5 m<sup>3</sup>/ha).

Si ritiene che tale precisione sia sufficiente a soddisfare esigenze e obiettivi del monitoraggio.

Altre procedure, tuttavia, possono aggiungere ulteriori dettagli in merito *all'omogeneità di distribuzione*. Infatti, operando attraverso algoritmi grafici sui dati dei tracciati svolti in fase di lavoro, si può ottenere una sorta di *mappa di distribuzione* a diversa risoluzione, a seconda della superficie reale corrispondente a ogni pixel restituito dalla mappa stessa. A elevate risoluzioni (4 m<sup>2</sup>/pixel, cioè ogni pixel corrisponde a un quadrato di 2x2 m; fig. 8-A), le dimensioni dei pixel sono nettamente inferiori alla larghezza di distribuzione della macchina (9,3 m, in media) e pertanto si ottengono tracciati analoghi a quelli già visti per l'animazione dei percorsi; in tal caso, comunque, associando a colori diversi (o a scale di tonalità di grigi) la frequenza dei transiti per uno stesso punto, si possono ottenere informazioni circa accessi e vie di transito aziendali, utili nel caso di mappe in aziende in cui non si dispone di una georeferenziazione pregressa degli appezzamenti (situazione ricorrente nel caso di gestione del monitoraggio da parte di imprese agromeccaniche).

In figura 8-B i pixel hanno una dimensione reale (16 m) decisamente superiore alla larghezza di distribuzione. La mappa così restituita evidenzia – quantificandola attraverso scale di grigi a diversa intensità – una elevata disomogeneità di distribuzione del prodotto.

Strumenti di monitoraggio di questo tipo potrebbero costituire una necessaria premessa all'introduzione di forme di controllo sito-specifico delle dosi automatizzato, potendo individuare, area per area e con risoluzioni diverse, le quantità di fertilizzante da distribuire nel corso di interventi futuri.

## CONCLUSIONI

Una delle più evidenti conseguenze della diffusione dei sistemi di gestione qualità in agricoltura attraverso l'applicazione di metodiche di AP sarà quella di conseguire un ulteriore stadio tecnologico evolutivo per trattori e macchine semoventi. Infatti, entrambi saranno sempre più destinati a comportarsi anche come *vettori di informazione* per il controllo gestionale e ambientale.

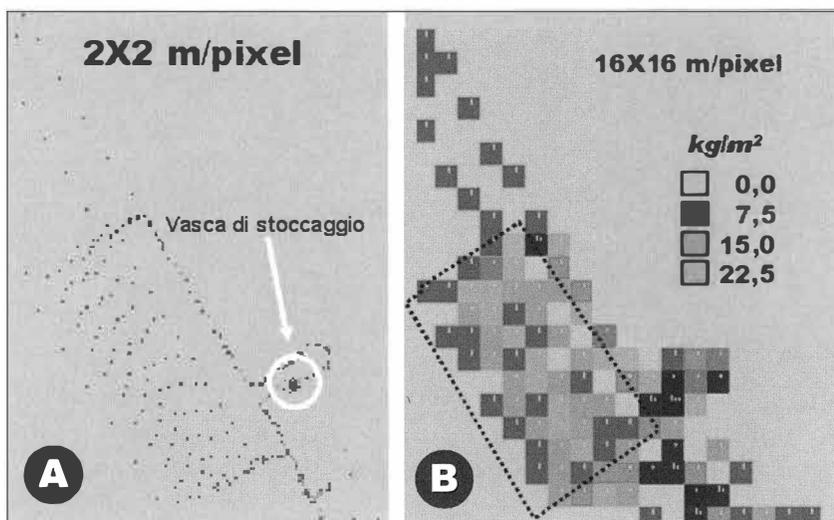


Fig. 8 Mappe di distribuzione: A) ad alta risoluzione (di fatto si ottengono i semplici percorsi svolti con l'indicazione dei transiti e i punti di rifornimento); B) a bassa risoluzione (con indicazione della stima sitospecifica delle dosi distribuite)

Per i trattori, in particolare, è prospettabile l'accesso – grazie all'innovazione elettronica – verso un ulteriore stadio tecnologico: quello che li vedrà sia come *gestori dei controlli di processo*, sia come *collettori e vettori dell'informazione per la gestione aziendale*. Obiettivo principale, questo, dei sistemi AP.

In tale veste, i trattori avranno modo di svolgere funzioni di controllo negli ambiti sia operativo (automazione dei controlli, dosaggi sito-specifici ecc.), sia direttivo (monitoraggio e documentazione). Costruttori e ricercatori si sono ormai da tempo attivati in iniziative sul fronte del controllo operativo; iniziative che trovano la loro massima espressione nell'automazione dei processi di campo secondo le logiche dell'agricoltura di precisione. In merito, sul mercato vi è già una discreta offerta di componenti elettronici atti a soddisfare tali esigenze. Tuttavia, tale mercato evidenzia una dinamica decisamente frammentaria, con iniziative e disponibilità commerciali che – di fatto – stentano a decollare, nonostante un progressivo interesse da parte degli operatori agricoli. Questa situazione non deve stupire: i problemi insiti nella vendita di un “si-

stema” sono decisamente superiori rispetto a quelli tipici della vendita di un semplice “prodotto”.

Il prodotto *macchina agricola* rappresenta sempre un bene “finito”, con sue funzioni altrettanto ben definite. Il prodotto *trattore vettore-gestore di informazione* è invece un bene di “natura sistemica” (tipicamente sempre un misto di hardware e software): esso, innanzitutto, impone al potenziale acquirente la necessità di chiarire i “confini” del proprio campo di applicazione. È pertanto fondamentale definire con chiarezza gli obiettivi e le esigenze che il sistema è chiamato a soddisfare, obiettivi che di norma possono presentarsi in forma sfuocata o mal strutturata (ad esempio: Perché si devono mappare le distribuzioni su campo dei reflui di origine animale? Cosa significa “gestire le concimazioni”? Fino a che punto le aspettative dell’utente vengono soddisfatte? Con quali oneri aggiuntivi di lavoro intellettuale? ecc.).

Queste considerazioni valgono in particolar modo per le attività di utilizzo dei reflui zootecnici, grazie anche alla loro elevata valenza ambientale. Una loro gestione di qualità deve procedere chiarendo innanzitutto gli *obiettivi della qualità stessa*. A chi giova: al singolo imprenditore o alla collettività? Quali sono i vantaggi economici ed extra-economici? Come sostenere i costi di investimento? Con quali forme di incentivazione?

Un approccio razionale al problema deve poi sottolineare la differenza tra obiettivi di controllo operativo e direttivo. Il tutto tenendo conto che è proprio da questi ultimi che si dovrebbe partire, con la messa in essere di sistemi informativi completi a livello aziendale.

I vantaggi di queste nuove tecniche gestionali, infine, andranno soprattutto ricercati sotto profili difficilmente monetizzabili (Blackmore et al., 1994; Jahns, 1996; Lazzari et al., 1998). E tuttavia fondamentali poiché determinanti nel formare gli ambiti decisionali direttivi e strategici verso nuovi metodi di imprenditoria agricola, più razionali nell’utilizzo di risorse e più attenti nell’impiego di forme di sviluppo condizionato da criteri di sostenibilità. In ciò particolarmente favorite saranno le imprese agro-meccaniche, avendo sia maggiori risorse per far fronte agli investimenti richiesti, sia una professionalità più flessibile, meglio adattabile alle esigenze imposte dall’innovazione tecnologica.

## SUMMARY

### *Monitoring animal waste distribution activities*

The possibility of monitoring every type of field activity has become a *must* for whatever management task based upon a *total quality* approach. Facing with “quality” involves the capability of managing *information*. And Information Technologies are an essential tool for carrying out advanced agricultural practices. This is particularly true for the field processes related to the distribution of animal wastes for their environmental impacts.

The monitoring phase is an essential pre-condition for carrying out at farm level both the following activities: 1) a documentation activity (say, the capability of providing objective and reliable reports with details on the field processes performed at the farm, in order to demonstrate to have fitted the requirements of specific production protocols), and 2) an automatic control activity, based upon a site-specific fertilizer dosage throughout GPS and VRT technologies. In other words: the monitoring phase is a task to be completed before considering the opportunity of applying every kind of precision agriculture technique.

The paper describes the methodology and the results achieved with the development and the use of the so-called Filed Information Log-Book. This is a system that performs a complete and automatic monitoring of machinery use based on implement-event correspondence. A case study on slurry distribution is presented and discussed, showing how such an approach can even produce distribution maps to be used in successive management tasks.

## BIBLIOGRAFIA

- BLACKMORE B.S., WHEELER P.N., MORRIS R.M., MORRIS J., JHONES R.J.A. (1994): *The role of precision farming in sustainable agriculture: a European perspective*, Proceeding of 2nd International Conference on Site-Specific Management for Agricultural System, March 27-30, Minneapolis.
- JAHNS G. (1996): *A contribution to assess requirements and benefits of precision farming*, AgEng 96, paper n. 96G-031, Madrid.
- LAZZARI M., MAZZETTO F., VACCARONI M. (1998): *Evaluation methods to assess the benefits of precision agriculture techniques in the Italian situation*, Proc. XIII CIGR Intern. Congress on Agric. Engineering, 2-6 February '98, Rabat (Morocco), vol. III, pp. 39-50.
- MAZZETTO F. (1995): *Su un sistema informativo basato sull'acquisizione automatica dei dati di operazioni di campo in aziende viticole*, Atti del Convegno “Il vino e l'olio: la meccanizzazione, l'imprenditorialità e il mercato”, 20/23 giugno, Trapani, «Rivista di Ingegneria Agraria», Quaderno n. 17.
- MAZZETTO F., CALCANTE A., LANDONIO S. (2001): *Management informatizzato e meccanizzazione agricola*, Seminario su “Tecnologie avanzate in agricoltura tra

- gestione informatica e agricoltura di precisione”, Atti della Società Agraria di Lombardia, , III serie, anno CXL, 2, pp. 29-52.
- NRC, National Research Council (U.S.) (1997): *Precision Agriculture in the 21st Century: geospatial and information technologies in crop management*, Committee on Assessing Crop Yield, Site-Specific Farming, Information Systems and Research Opportunities, Board on Agriculture NRC, Washington: National Academy Press, p. 149.
- PERI C. (1994): *Qualità: concetti e metodi*, Franco Angeli Ed., Milano, p. 155.

GIORGIO PROVOLO\*

## LA GESTIONE AZIENDALE DEI REFLUI ZOOTECNICI

### I. INTRODUZIONE

L'azienda agricola è, come noto, una realtà produttiva estremamente complessa in cui l'imprenditore deve essere in grado di gestire i diversi aspetti del sistema produttivo con l'obiettivo principale di mantenere vitale dal punto di vista economico la sua impresa. Per questo motivo negli ultimi decenni gli agricoltori hanno privilegiato gli aspetti tecnici e organizzativi che consentissero di massimizzare la produzione e ridurre i costi dei mezzi produttivi e della manodopera.

Solo negli ultimi anni l'attenzione del mondo agricolo si è orientata anche verso altri aspetti legati da una parte alla tutela ambientale e dall'altra al ruolo multifunzionale dell'agricoltura.

Infatti, la crescente attenzione dell'opinione pubblica e del legislatore al decadimento della qualità dell'ambiente ha messo in risalto il ruolo fondamentale dell'agricoltura nel contenimento dell'inquinamento diffuso.

Nelle zone ad agricoltura intensiva e, in particolare, quelle dove l'allevamento zootecnico è particolarmente diffuso, la funzione dell'agricoltura risulta ambivalente: da un lato è il settore produttivo che presidia il territorio; dall'altro, l'attività produttiva stessa può essere una significativa fonte di emissioni di inquinanti nell'ambiente circostante.

Infatti, gli effluenti di allevamento costituiscono un valido fertilizzante, ma l'apporto in elementi nutritivi ai terreni che li ricevo-

\* *Istituto di Ingegneria Agraria, Università degli Studi di Milano*

no è spesso in esubero rispetto alle esigenze delle colture praticate. Da ciò deriva un rischio di rilascio dei nutrienti sia verso le acque superficiali e profonde, sia in atmosfera e, quindi, un possibile inquinamento dell'ambiente. In particolare, l'elemento su cui si sta concentrando l'attenzione è l'azoto, specialmente nella sua forma nitrica, in quanto estremamente mobile nel terreno e fonte di inquinamento delle acque superficiali e di falda. Un altro elemento che pone dei rischi ambientali è rappresentato dal fosforo che, anche se meno mobile dell'azoto, contribuisce significativamente ai fenomeni di eutrofizzazione delle acque.

Un ulteriore fattore di rischio di impatto ambientale relativo agli allevamenti zootecnici deriva dalle emissioni in atmosfera. Delle diverse fonti di produzione di emissioni gassose nell'allevamento (metabolismo animale, motori endotermici, fermentazione degli alimenti ecc.), la più importante è rappresentata dalle deiezioni animali. Infatti dal momento della produzione fino al momento della incorporazione nel terreno l'effluente subisce un processo naturale di degradazione attraverso il quale vengono prodotti composti in forma gassosa (ammoniaca, anidride carbonica, acido solfidrico, metano, composti organici volatili ecc.). Queste emissioni incidono nella determinazione delle caratteristiche dell'aria all'interno degli edifici di stabulazione e, diffondendosi all'esterno, rappresentano una fonte di inquinamento ambientale (CRPA, 2001).

L'imprenditore agricolo si trova, quindi, ancora una volta di fronte al difficile compromesso di conciliare un'attività mirata alla produzione, che richiede una elevata capacità tecnica e imprenditoriale per vincere la sfida della competitività economica, con un'azione di manutenzione del territorio e salvaguardia dell'ambiente che comporta scelte gestionali, spesso dettate anche da provvedimenti legislativi, che richiedono elevati investimenti e comportano rilevanti costi di gestione (Nielsen et al., 1994).

Da ciò deriva una nuova attenzione e una nuova sensibilità dell'imprenditore agricolo a queste tematiche, ma anche una richiesta di soluzioni gestionali idonee ed economicamente sostenibili (Pignedoli et al., 1998).

Nella gestione dei reflui zootecnici, le numerose esperienze e i sistemi sviluppati da diversi gruppi di ricerca hanno fornito una notevole gamma di soluzioni che l'imprenditore però riesce difficil-

mente a tradurre in scelte aziendali. Questo perché tali esperienze spesso non sono raccolte in modo organico e non sono trasferibili direttamente nelle diverse realtà aziendali.

Il progetto del CNR “Riciclo dei reflui del sistema agricolo-industriale” (CNR-Reflui) si pone tra gli obiettivi quello di raccogliere le conoscenze e le esperienze sulla gestione dei reflui zootecnici a livello aziendale e di sviluppare soluzioni tecniche direttamente trasferibili nelle aziende agricole.

Per meglio inquadrare questa attività è opportuno prendere in esame quali sono i punti critici del processo produttivo che riguardano i reflui zootecnici, intesi come quegli aspetti della gestione aziendale che possono influire sui rilasci di inquinanti o sulla ottimizzazione tecnico-economica dell'utilizzo agronomico degli effluenti.

## 2. IL PROCESSO PRODUTTIVO

Lo schema del processo produttivo di un allevamento zootecnico può essere estremamente diversificato in relazione alle impostazioni aziendali e al tipo di prodotto cui è orientata l'azienda. Ne deriva che qualsiasi valutazione deve essere specifica per l'azienda in esame e non può essere generalizzata. È però possibile individuare una serie di criticità del sistema produttivo comuni a tutti gli allevamenti su cui è possibile basare l'analisi specifica. Se si considera lo schema di figura 1, dove sono riportate le principali fasi del processo produttivo, è possibile evidenziare come, eccetto il primo e l'ultimo elemento del processo (cioè gli animali e alimenti che entrano e i prodotti che escono dall'allevamento), ogni altra fase ha un significativo potenziale per generare emissioni nell'ambiente e interessa il processo di generazione e gestione dei reflui che includono, oltre alle deiezioni e le acque di lavaggio anche residui liquidi e solidi provenienti da tutta l'azienda (residui degli alimenti, percolato dei silos per gli insilati ecc.).

Senza entrare nel dettaglio dei singoli aspetti, dall'analisi delle diverse fasi del processo produttivo è possibile individuare dove devono essere concentrati gli interventi per ottimizzare la gestione dei reflui. La figura 2 riporta una rappresentazione schematica delle emissioni potenziali dal ciclo produttivo per un allevamento zoo-

tecnico e consente anche di riaffermare come la razionalizzazione della gestione dei reflui debba essere affrontata prendendo in considerazione l'azienda nel suo complesso.

Sulla base delle criticità evidenziate è poi possibile passare alla valutazione dei possibili interventi per l'eliminazione o il contenimento delle emissioni e le soluzioni tecniche per ridurre i costi e migliorare le modalità di utilizzo dei reflui.

Tra i diversi interventi necessari, alcuni riguardano prevalentemente aspetti gestionali dell'allevamento e richiedono minimi interventi dal punto di vista degli impianti e delle strutture. Di contro, per altre tipologie di intervento, le tecniche da utilizzare devono essere prese in considerazione nella fase di progettazione delle nuove strutture o di revisione per quelle esistenti in quanto riguardano gli edifici e gli impianti.

### 3. QUANTITÀ E CARATTERISTICHE DEI REFLUI

#### 3.1 *Realizzazione di una banca dati sulle caratteristiche dei reflui*

Una delle informazioni fondamentali per la gestione dei reflui zootecnici è la conoscenza del flusso di effluenti provenienti dall'allevamento e della loro concentrazione in elementi nutritivi.

Infatti, l'imprenditore deve programmare l'utilizzazione agronomica dei reflui tenendo conto delle esigenze delle colture, dei vincoli aziendali e legislativi nel rispetto della Buona Pratica Agricola a salvaguardia dell'ambiente.

In questo momento del processo gestionale l'informazione necessaria riguarda la quantità di effluente che presumibilmente verrà prodotta e il suo contenuto in elementi nutritivi, stimati su una base temporale che generalmente corrisponde all'anno.

A tale scopo, si rende quindi necessario disporre di un metodo per poter stimare questi valori sulla base della consistenza dell'allevamento e delle modalità di rimozione dei reflui.

Sulla base di questa esigenza, nell'ambito del progetto CNR-Reflui sono stati predisposti valori di riferimento validi per il territorio nazionale, relativi a: nutrienti escreti; azoto prodotto dagli animali, al netto delle perdite di rimozione, stoccaggio, spandimento;

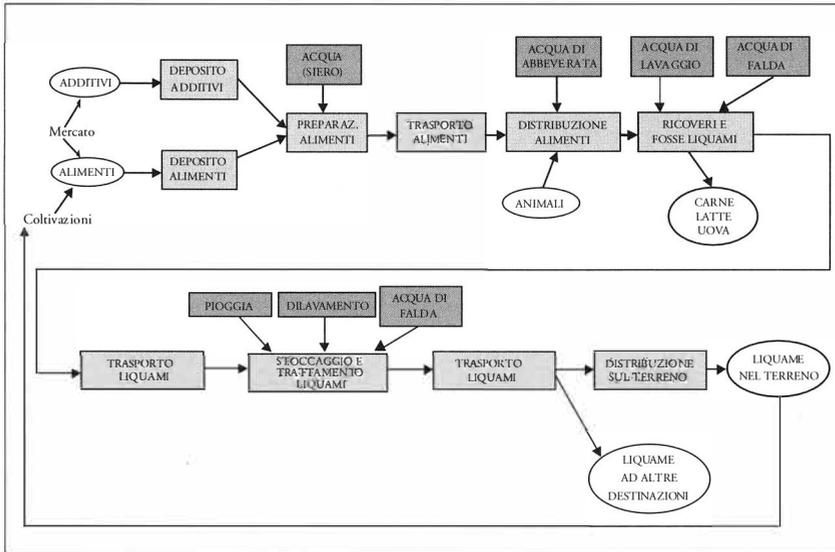


Fig. 1 Schema del processo produttivo e degli input e output di un allevamento zootecnico

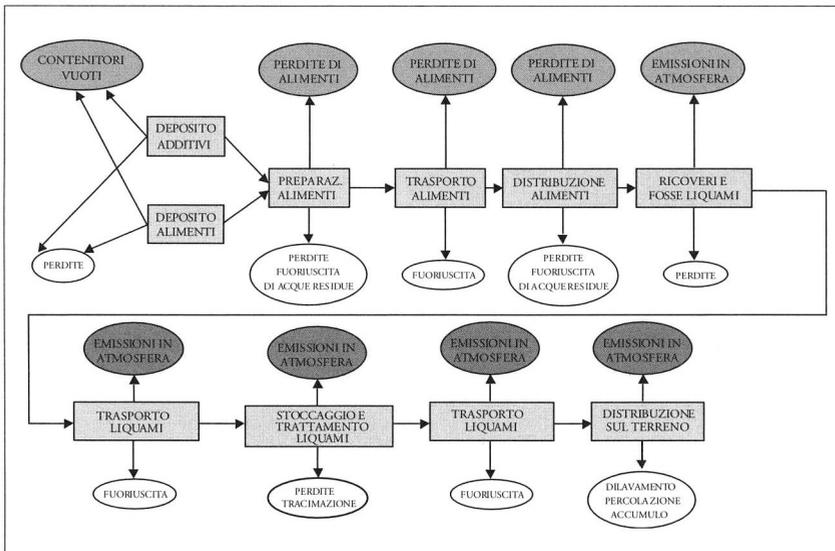


Fig. 2 Schematizzazione delle possibili emissioni verso suolo, acqua, aria provenienti dalle diverse fasi del ciclo produttivo di un allevamento zootecnico

pesi medi degli animali nelle diverse fasi della crescita; superfici utili di allevamento; fabbisogni colturali.

I risultati ottenuti dal gruppo di lavoro, a cui hanno partecipato anche rappresentanti di diverse Regioni, sono stati inviati al Ministero delle Politiche Agricole e Forestali come contributo alla definizione delle norme tecniche per l'utilizzo dei reflui zootecnici previste dal D. Lgs. 152/99, e sono stati recepiti nel Piano Stralcio per il controllo dell'Eutrofizzazione predisposto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Al fine di rendere immediatamente disponibile e facilmente utilizzabile la metodologia di calcolo è stata inoltre predisposta una procedura informatizzata che consente di definire le volumetrie e le caratteristiche del refluo, a partire dalle informazioni elementari e di facile individuazione dell'allevamento (fig. 3).

### 3.2 *Messa a punto di sistemi per l'analisi rapida e per la valutazione indiretta dei nutrienti*

Le informazioni e la metodologia di calcolo sopra riportate consentono di disporre dell'informazione sul contenuto in nutrienti dei reflui ai fini della programmazione e, quindi, per effettuare le scelte strategiche sulla gestione dei reflui in azienda.

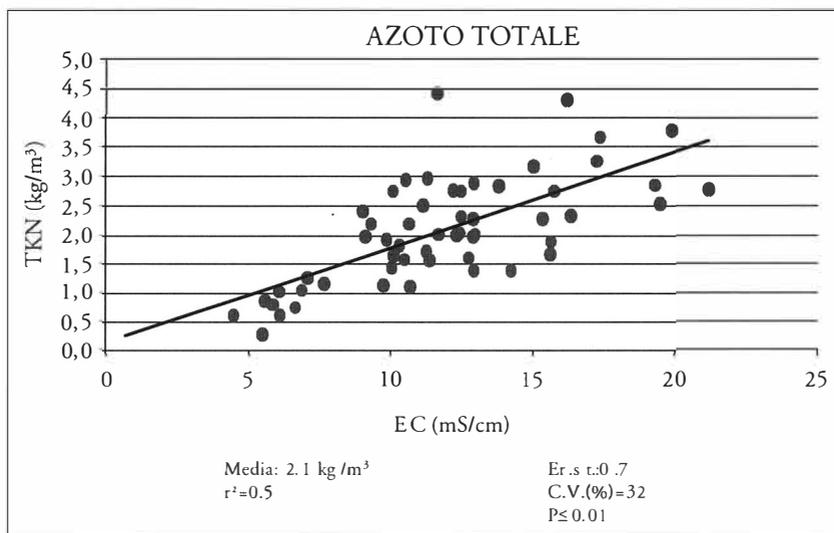
In termini operativi questa informazione non risulta, però, sufficientemente accurata. Infatti, per una corretta utilizzazione agronomica dei reflui diventa necessario conoscere le caratteristiche del prodotto che si sta distribuendo in campo, non in termini di valori medi annui, ma in modo puntuale.

I limiti attuali per avere un'indicazione di questo tipo sono, infatti, riconducibili a due aspetti principali. Il primo riguarda il ritardo nel ritorno dell'informazione e il costo delle analisi di laboratorio, che rende improponibile un campionamento sistematico e continuativo; il secondo è relativo alla scarsa omogeneità dei liquami all'interno delle vasche di stoccaggio (spesso l'agitazione non viene effettuata o è inadeguata).

Per fornire una soluzione a questa problematica, il progetto CNR-Reflui ha attivato una ricerca il cui obiettivo era quello di individuare e realizzare dei sistemi per la determinazione *in situ* o *on line* delle

Allevamento						
	Num. anim.	Prod. reflui giorn. m3/giorno	Specie anim.	Categ. anim.	Tipo allevamento	Sottotipo allevamento
▶	100	5.4	Bovini	capo da latte in produzione	per bovini da latte	stabil. fissa senza paglia
	20	0.3	Bovini	manze	per bovini da latte	stabil. libera su lettiera permanente
	30	0.2	Bovini	manzette	per bovini da latte	stabil. libera su lettiera permanente
	20	0.1	Bovini	vitelli in svezzamento	per bovini da latte	stabil. libera su lettiera permanente
*						

Fig. 3 *Il software realizzato consente di determinare il volume e le caratteristiche dei reflui prodotti in relazione alla categoria degli animali e dal tipo di stabulazione*



Graf. 1 *Relazione tra conduttività elettrica e contenuto di azoto totale risultato dalle prove effettuate*

principali caratteristiche chimiche dei reflui zootecnici che risultino:

- rapidi, in modo da consentire un riscontro diretto del valore nutritivo dei reflui al momento della loro utilizzazione;
- semplici e affidabili, per consentirne l'uso diretto da parte dell'agricoltore;
- economici.

Sulla base dei metodi e delle esperienze sulla misura diretta e indiretta del valore nutritivo dei reflui esaminati il campo di attenzione è stato concentrato su due elementi: l'azoto e il fosforo.

Per quanto riguarda l'elemento azoto è emersa una buona correlazione fra la forma ammoniacale di questo elemento e i valori della conduttività elettrica del liquame (graf. 1). Il fosforo sembra, invece, meglio correlato con la densità dei liquami.

Sulla base di queste indicazioni sono state definite le specifiche progettuali per la realizzazione di uno strumento per la misura *on line* della conduttività del liquame. In particolare, quest'ultimo è costituito da due elettrodi in acciaio posti a una distanza relativa nota e separati da uno strato isolante. In pratica si misura la caduta di tensione su di una resistenza di riferimento e ai capi degli elet-

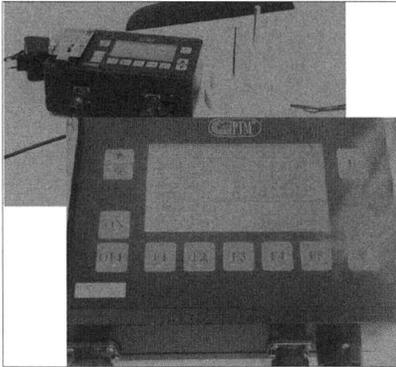


Fig. 4 *Lo strumento realizzato consente di ottenere una stima del contenuto in elementi nutritivi dei liquami contenuti nel carrobotte*

trodi del sensore. Le due resistenze sono connesse in serie e sono, quindi, percorse dalla medesima corrente. La conducibilità risulta, in sostanza, da un rapporto tra tensioni.

Lo strumento realizzato dalla U.O. costituita presso la ditta PTM di Visano (BS) è costituito da una centralina che può essere installata sul carrobotte e da una sonda che deve essere a contatto con il liquame (fig. 4).

La sonda immersa nel liquame costituisce un circuito elettrico le cui proprietà vengono misurate dalla centralina e convertite in contenuto di azoto, fosforo e potassio.

In questo modo è possibile distribuire il liquame in base all'effettivo contenuto di azoto riducendo i rischi ambientali e risparmiando concime chimico.

#### 4. SISTEMI PER LO STOCCAGGIO DEI REFLUI

L'azienda deve dotarsi di strutture di stoccaggio che abbiano volumetrie sufficienti a contenere i reflui prodotti e le acque meteoriche che vengono convogliate nella vasca per il periodo corrispondente all'intervallo tra spandimenti successivi.

Il corretto dimensionamento e la conseguente progettazione delle vasche per l'accumulo dei reflui zootecnici deve considerare, oltre che le disposizioni legislative, il calendario degli spandimenti redatto in base alle caratteristiche aziendali, in particolare ordinamento colturale e caratteristiche pedologiche. Una ulteriore funzio-

ne degli stoccaggi è legata alla necessità di avere una preventiva stabilizzazione prima dell'impiego agronomico e un controllo dei microrganismi patogeni per una riduzione dei rischi di tipo igienico-sanitario (Chiumenti et al., 1998; 1993).

Per far fronte a queste esigenze, nell'ambito dell'attività del progetto CNR-Reflui, si è voluto affrontare in modo sistematico il dimensionamento funzionale e strutturale delle vasche di accumulo.

In particolare, per quanto riguarda il dimensionamento dei contenitori, è stata definita una metodologia per la valutazione del volume di stoccaggio richiesto in relazione alla situazione aziendale ed è stato realizzato un software per il calcolo relativo.

La metodologia individuata tiene conto che il volume della vasca di stoccaggio deve essere calcolato in base non solo alla quantità di refluo prodotta giornalmente, ma anche al volume di acqua che viene convogliata nella struttura di contenimento.

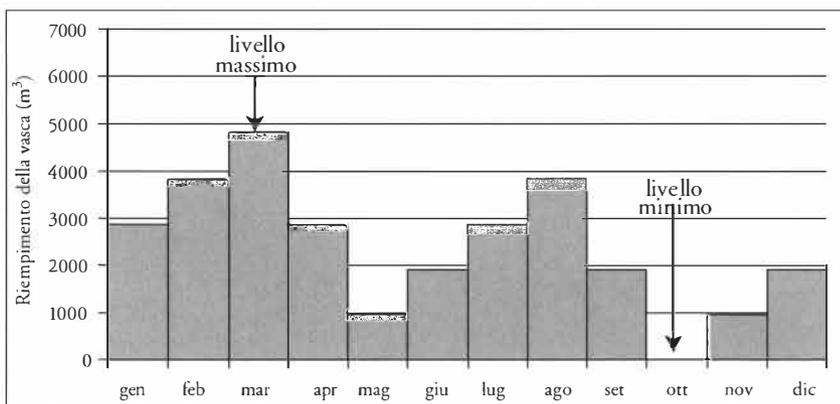
Il dimensionamento delle strutture di stoccaggio deve, inoltre, considerare il periodo di permanenza del refluo prodotto. A questo proposito, la metodologia prevista, oltre a considerare i valori minimi di legge, prende in considerazione anche il calendario di distribuzione per valutare quale dei due aspetti risulti vincolante.

Il riempimento della vasca in base al calendario di distribuzione viene calcolato tenendo conto che la produzione di liquame, e quindi il riempimento della vasca, può essere considerata continua nel corso dell'anno mentre lo svuotamento è periodico sulla base del calendario di distribuzione.

Il grafico 2 mostra un esempio dello stato di riempimento del contenitore per lo stoccaggio nei diversi mesi dell'anno. Come si può notare, sono previsti due periodi di distribuzione: uno primaverile e uno autunnale. Le quantità di liquame che vengono distribuite sono analoghe ma nel periodo invernale si riscontra un intervallo maggiore tra le distribuzioni. Infatti, mentre in estate intercorrono solo tre mesi tra la fine di una distribuzione e l'inizio di quella successiva, in inverno il numero di mesi sale a cinque, con il conseguente maggior volume da stoccare.

Una volta definito il volume di stoccaggio, è necessario stabilire la dimensione della o delle vasche di stoccaggio che soddisfi i requisiti.

A questo proposito, un elemento da considerare è la dimensione



Graf. 2 *Andamento del riempimento della vasca nei diversi mesi dell'anno. Il volume di stoccaggio netto necessario corrisponde al massimo volume raggiunto dal grafico*

massima del bacino. Infatti, è necessario evitare bacini di dimensioni superiori ai 5000 m<sup>3</sup> e viene spesso richiesta una suddivisione dei bacini di stoccaggio in più vasche o scomparti della stessa vasca per garantire un periodo minimo di maturazione.

Nel procedimento di dimensionamento, che si basa sulla definizione dell'altezza massima del manufatto, vengono considerati sia la quantità di acqua meteorica che viene convogliata nella vasca, sia il volume di sicurezza previsto dalle normative vigenti.

Il software si presenta con la schermata riportata in figura 5, in cui si possono distinguere cinque diverse sezioni che gestiscono aspetti differenti del procedimento di calcolo.

La sezione “progetti” consente di gestire indipendentemente diversi progetti e di memorizzarli per valutazioni successive.

L'immissione dei dati nella sezione “calendario spandimenti” consente di definire il volume di stoccaggio aziendale in base all'utilizzazione agronomica prevista.

La sezione relativa alla caratterizzazione dell'allevamento consente di definire per ogni categoria di animali la tipologia di stabulazione degli stessi e, in base al numero di capi allevati e al loro peso vivo, di definire le quantità di refluo prodotto, dato iniziale per la progettazione delle vasche.

La sezione “input” riguarda le informazioni che – in caso di un allevamento di bovini da latte – devono essere immesse per defini-

File Modifica Visualizza Strumenti ?

Progettazione vasche di stoccaggio

Σ

Progetti		Calendario spandimenti						
Nome	Data	Mese	Spand. mens. %	Spand. mens. m3	Spand. cumul. m3	Prod. cumul. m3	Prod. - Spand. m3	Riemp. vasca m3
► prova		► gennaio	0.0	0.0	0.0	308.3	308.3	0.0
*		febbraio	0.0	0.0	0.0	616.6	616.6	308.3
		marzo	0.0	0.0	0.0	924.9	924.9	616.6
		aprile	0.0	0.0	0.0	1,233.2	1,233.2	924.9
		► maggio	0.0	0.0	0.0	1,541.5	1,541.5	1,233.2
		giugno	0.0	0.0	0.0	1,849.9	1,849.9	1,541.5
		luglio	0.0	0.0	0.0	2,158.2	2,158.2	1,849.9
		agosto	0.0	0.0	0.0	2,466.5	2,466.5	2,158.2
		settembre	0.0	0.0	0.0	2,774.8	2,774.8	2,466.5
		ottobre	0.0	0.0	0.0	3,083.1	3,083.1	2,774.8
		novembre	0.0	0.0	0.0	3,391.4	3,391.4	3,083.1

Allevamento					
Num. anim.	Prod. reflui giorn. m3/giorno	Specie anim.	Categ. anim.	Tipo allevamento	Sottotipo allevamento
► 100	5.4	Bovini	capo da latte in produzione	per bovini da latte	stabil. fissa senza paglia
20	0.3	Bovini	manze	per bovini da latte	stabil. libera su lettiera permanente
30	0.2	Bovini	manzette	per bovini da latte	stabil. libera su lettiera permanente
20	0.1	Bovini	vilelli in svezzamento	per bovini da latte	stabil. libera su lettiera permanente
*					

Input			Output		
Parametro	Unità di misura	Valore	Parametro	Unità di misura	Valore
► Sala di mungitura		Con lavaggio dei piedi	► Produzione diretta giorn. di reflui	m3/giorno	6.0
Acqua giorn. da mungitura	m3/giorno		Acqua giorn. da mungitura	m3/giorno	3.3
Piuvosità media giornaliera	mm/giorno	2.0	Acqua piovana giorn. raccolta	m3/giorno	1.0
Superficie totale raccolta acqua	m2	500	Produzione giorn. di reflui totale	m3/giorno	10.3
Calcolo volume di sicurezza		Incr. fisso di altezza	Max. riempimento vasca	m3	3,391.4
Altezza della vasca	m	5.00	Periodo di stoccaggio	giorni	330
Pendenza pareti vasca		0.0	Volume di stoccaggio	m3	3,391.4
			Volume di sicurezza	m3	3,391.4
			Altezza utile della vasca	m	4.04
			Superficie della vasca	m2	839.5

Fig. 5 Videata del software "Rz-tools vasche" realizzato dalla U.O. DIA srl nell'ambito del progetto CNR-reflui

re i volumi degli stoccaggi in particolare tenendo conto delle quantità di acqua che viene convogliata in vasca di stoccaggio (lavaggio impianti, raccolta di acque meteoriche). Vengono anche richiesti alcuni parametri necessari per il calcolo quali il metodo per considerare il franco di sicurezza (incremento fisso o valore percentuale) e la inclinazione delle pareti della vasca.

Sulla base delle informazioni immesse, si ottengono i dati riportati nella sezione “output”, dove sono sintetizzati i risultati dell’elaborazione effettuata. Oltre ai dati principali di progetto, sono indicati i volumi necessari per la realizzazione di una vasca di stoccaggio che sia adeguata alle esigenze dell’azienda e, al tempo stesso, rispondente ai requisiti imposti dalla legislazione vigente.

## 5. TRASPORTO DEI REFLUI

### 5.1 *Organizzazione dei cantieri di trasporto*

L'utilizzazione agronomica dei reflui zootecnici impone scelte appropriate nell'intero sistema di gestione di tali materiali in tutte le sue fasi. Tra queste, il trasporto rappresenta una delle fasi più onerose e in grado di influenzare considerevolmente tutte le altre. La possibilità di contenere per quanto possibile i costi di trasporto richiede, innanzi tutto, una corretta scelta delle macchine e delle attrezzature impiegate, ma risente in modo sostanziale delle scelte effettuate in ogni singolo settore.

Il costo relativo al trasporto del refluo dipende in larga misura dalle distanze esistenti sia tra il centro aziendale e il sito di stoccaggio, sia fra questo e gli appezzamenti sui quali viene effettuata la distribuzione. Tuttavia, esso risulta pesantemente vincolato dalle caratteristiche chimico-fisiche del materiale che si deve movimentare, conseguenza diretta delle scelte relative alle modalità di stabulazione degli animali e al sistema di evacuazione delle deiezioni (Airoldi et al., 1991).

Determinante risulta essere il contenuto di sostanza secca che, oltre a imporre notevoli vincoli sulla scelta e sul dimensionamento delle strutture per lo stoccaggio e delle macchine utilizzate per il trasporto e la distribuzione in campo, ne determina la “palabilità” o meno. Questo è un aspetto fondamentale anche dal punto di vista

legislativo e causa di ulteriori limiti più o meno rilevanti in termini di dose, epoca e modalità di distribuzione.

A questo si aggiungono limiti tecnici quali la necessità di effettuare la distribuzione in condizioni di portanza e transitabilità dei terreni variabili in funzione delle loro caratteristiche fisiche, delle lavorazioni a cui sono stati sottoposti e dell'andamento meteorologico stagionale. Questi fattori riducono ulteriormente i già limitati periodi utili di intervento e creano non pochi problemi organizzativi legati all'allestimento di cantieri con attrezzature caratterizzate da una limitata capacità di lavoro, da una elevata richiesta di potenza e, spesso, in concomitanza con le operazioni di preparazione del letto di semina, soprattutto se la distribuzione dei reflui viene ritardata per massimizzare l'utilizzo degli elementi nutritivi da parte della coltura.

Il trasporto dei liquami può essere effettuato: per mezzo di tubazioni, con possibilità di automatizzare l'operazione; su strada per mezzo di carribotte o autocarri o autotreni attrezzati.

La prima soluzione permette la completa automazione dell'operazione e risulta essere caratterizzata da elevati costi di investimento (posa condutture, installazione attrezzature, servitù). La seconda è caratterizzata da una maggiore flessibilità e da costi di investimento relativamente ridotti, ma da una incidenza dei costi variabili largamente influenzata dalle distanze di trasporto.

Le scelte del sistema di trasporto più appropriato dipendono dalle caratteristiche dell'azienda, dalla localizzazione della vasca di stoccaggio rispetto all'allevamento e rispetto agli appezzamenti sui quali viene distribuito il liquame, dalle distanze da coprire, dalla dispersione sul territorio degli appezzamenti oltre che dalla eventuale necessità di dover distribuire il liquame su terreni di terzi con contratti che possono evolvere nel tempo.

Estremamente importante risulta essere, da questo punto di vista, l'individuazione dei più appropriati sistemi per il trasporto dei reflui, punto chiave dell'intera filiera di gestione dei reflui, in grado di influire in modo sensibile sui costi complessivi della stessa, ma fino a ora troppo spesso trascurato e non sufficientemente analizzato (Guidetti et al., 2000).

Per questo motivo, nell'ambito delle attività del progetto CNR-Reflui, è stato sviluppato un programma di calcolo in grado di ottimizzare l'organizzazione dei sistemi di trasporto dei reflui zootecnici.

CANTIERE	ABBREVIAZIONE
1 - Carrobotte 5 m <sup>3</sup> con piatto deviatore	CB 5 pd
2 - Carrobotte 10 m <sup>3</sup> con piatto deviatore	CB 10 pd
3 - Carrobotte 15 m <sup>3</sup> con piatto deviatore	CB 15 pd
4 - Carrobotte 5 m <sup>3</sup> con interrattore	CB 5 in
5 - Carrobotte 10 m <sup>3</sup> con interrattore	CB 10 in
6 - Carrobotte 15 m <sup>3</sup> con interrattore	CB 15 in
7 - Carrobotte 5 m <sup>3</sup> con piatto deviatore con camion 20 m <sup>3</sup>	CB 5 pd + c 20
8 - Carrobotte 10 m <sup>3</sup> con piatto deviatore con camion 20 m <sup>3</sup>	CB 10 pd + c 20
9 - Carrobotte 15 m <sup>3</sup> con piatto deviatore con camion 20 m <sup>3</sup>	CB 15 pd + c 20
10 - Carrobotte 5 m <sup>3</sup> con interrattore con camion 20 m <sup>3</sup>	CB 5 in + c 20
11 - Carrobotte 10 m <sup>3</sup> con interrattore con camion 20 m <sup>3</sup>	CB 10 in + c 20
12 - Carrobotte 15 m <sup>3</sup> con interrattore con camion 20 m <sup>3</sup>	CB 15 in + c 20
13 - Carrobotte 5 m <sup>3</sup> con piatto deviatore con camion 30 m <sup>3</sup>	CB 5 pd + c 30
14 - Carrobotte 10 m <sup>3</sup> con piatto deviatore con camion 30 m <sup>3</sup>	CB 10 pd + c 30
15 - Carrobotte 15 m <sup>3</sup> con piatto deviatore con camion 30 m <sup>3</sup>	CB 15 pd + c 30
16 - Carrobotte 5 m <sup>3</sup> con interrattore con camion 30 m <sup>3</sup>	CB 5 in + c 30
17 - Carrobotte 10 m <sup>3</sup> con interrattore con camion 30 m <sup>3</sup>	CB 10 in + c 30
18 - Carrobotte 15 m <sup>3</sup> con interrattore con camion 30 m <sup>3</sup>	CB 15 in + c 30
19 - Camion 20 m <sup>3</sup> con distribuzione diretta	C 20
20 - Camion 30 m <sup>3</sup> con distribuzione diretta	C 30
21 - Rotolone con alimentazione fissa	R fisso
22 - Rotolone con vasca e camion da 20 m <sup>3</sup>	R + C 20
23 - Rotolone con vasca e camion da 30 m <sup>3</sup>	R + C 30

Tab. 1 *Cantieri utilizzati per la valutazione delle caratteristiche operative dei cantieri di lavoro*

Lo sviluppo del programma ha richiesto l'individuazione delle variabili in grado di condizionare le scelte e il dimensionamento dei cantieri di trasporto dei reflui zootecnici e le attrezzature che meglio possono rispondere alle esigenze preposte sia sotto l'aspetto tecnico che economico.

Per la determinazione dei tempi di lavoro dei cantieri di distribuzione dei letami e dei liquami, il software si basa su parametri ricavati da una serie di rilievi presso allevamenti di suini e di bovini della pianura padana nord-occidentale.

Il modello permette di dimensionare i cantieri per la distribuzione in campo dei reflui, considerando i vincoli eventualmente vigenti e ipotizzando l'allestimento di cantieri compatibili con le condizioni operative dell'azienda, individuando anche i costi associati al loro utilizzo.

A titolo di esempio, si riportano i risultati di alcune simulazioni effettuate prendendo in considerazione i cantieri riportati in tabella 1, diverse distanze di percorrenza e differenti dosi di distribuzione.

Dal grafico 3, che mette a confronto i costi dei cantieri per una dose di distribuzione di  $25 \text{ m}^3/\text{ha}$  in funzione della distanza, si può notare come i cantieri a basso costo di investimento, come i carribotte, risultino i più convenienti quando le distanze da percorrere sono limitate e a basse dosi di distribuzione. Aumentando la distanza però queste attrezzature, in particolare quelle di minore capacità, incrementano il loro costo in misura maggiore rispetto a quelle che, pur avendo un costo di acquisto superiore, hanno più alta capacità di lavoro.

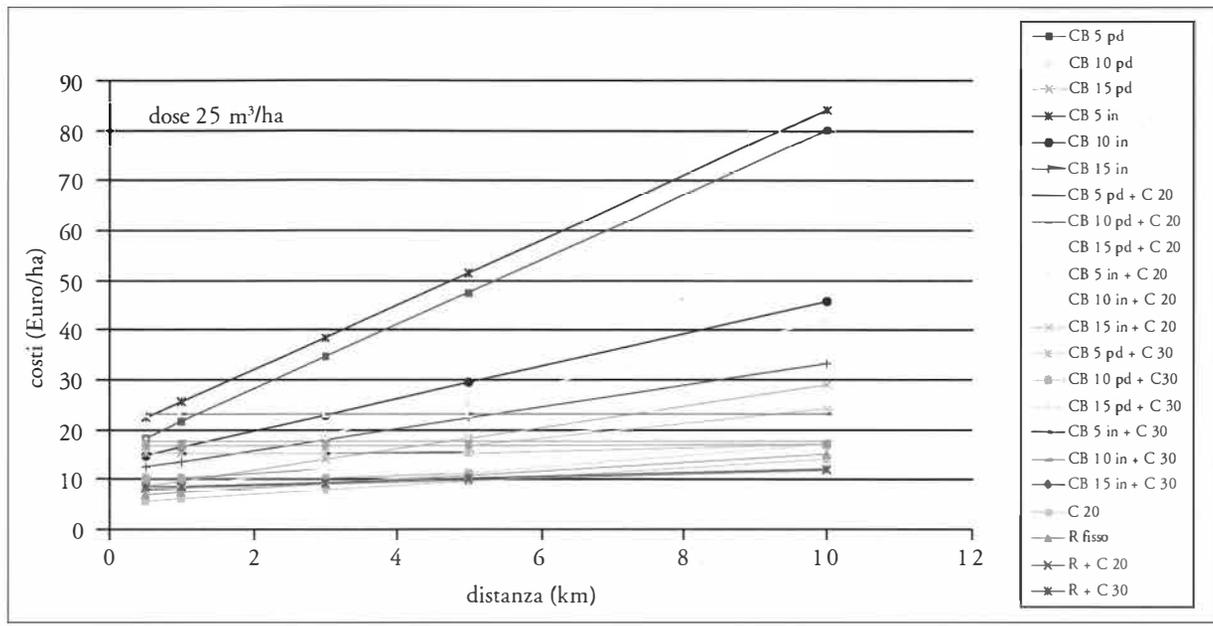
La convenienza di alcuni cantieri rispetto ad altri varia, quindi, in funzione della distanza, ma anche della dose distribuita. Infatti, confrontando questi andamenti dei costi con quelli del grafico 4, ottenuti utilizzando il modello di simulazione con una dose di  $100 \text{ m}^3/\text{ha}$ , si può notare che aumentando la dose si riduce la distanza di trasporto alla quale si verifica la convenienza a passare a un cantiere di capacità di lavoro superiore. Quando la dose di spandimento è elevata, risultano convenienti i cantieri a elevata capacità di lavoro, anche se l'investimento iniziale è elevato.

I cantieri di lavoro in cui la fase di trasporto è realizzata con un mezzo diverso da quello di spandimento risultano avere una minore sensibilità al variare della distanza di trasporto, anche se risultano poco convenienti quando la distanza degli appezzamenti è limitata.

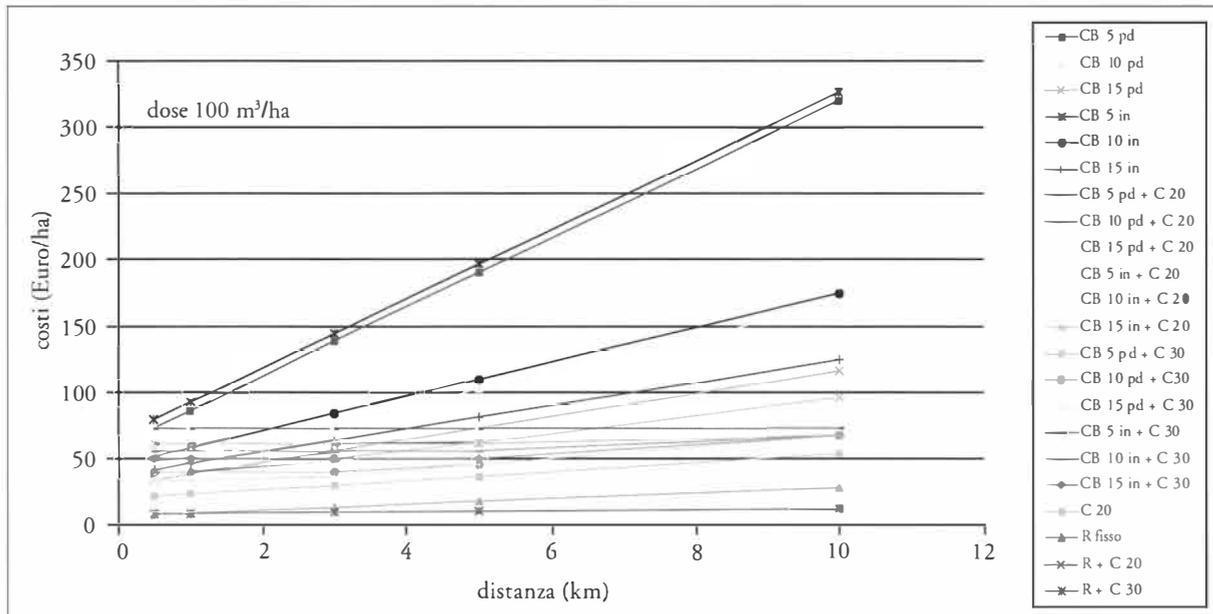
## 5.2 *Trasporto in condotte*

Qualora la soluzione individuata per il trasporto preveda l'utilizzo di condotte, è necessario utilizzare alcuni accorgimenti nella progettazione. Bisogna infatti considerare che, data una certa portata, è necessario garantire una velocità del fluido all'interno della tubazione sufficiente a:

- prevenire qualsiasi sedimentazione: la precipitazione e successivo accumulo sulla parete interna delle tubazioni di sali insolubili (fosfato ammonico-magnesiaco, in particolare) porta alla formazione di incrostazioni con la riduzione della sezione. Tale riduzione aumenta le perdite di carico e la possibilità di occlusioni meccaniche;
- impedire la formazione di occlusioni permanenti dovuta a una



Graf. 3 *Variazione dei costi di trasporto dei liquami con i diversi cantieri con una dose di distribuzione pari a 25 m³/ha*



Graf. 4 *Variazione dei costi di trasporto dei liquami con i diversi cantieri con una dose di distribuzione pari a 100 m³/ha*

combinazione di fattori fisici (presenza di materiali sospesi quali peli, residui di alimentazione, frammenti di paglia, unita alla presenza di strozzature, curve di piccolo raggio nello sviluppo della condotta), biologici (formazione di biomasse anaerobiche) e chimici (precipitazione di sali) che interagiscono tra loro sommando i rispettivi effetti, soprattutto nei periodi di sosta del liquame (Ferrari e Bonazzi, 1987).

D'altra parte una velocità di flusso troppo elevata è sconsigliabile comportando perdite di carico eccessive. Relativamente a queste ultime, inoltre, va considerato che il loro calcolo è strettamente connesso alle proprietà reologiche dei reflui zootecnici, che dipendono principalmente dalla provenienza dei liquami (specie allevata) e dal loro contenuto in sostanza secca (TS).

Per fornire supporto alla progettazione o anche semplicemente alla valutazione delle caratteristiche di un sistema di trasporto in condotte, sulla base dei metodi di calcolo derivati da esperienze condotte da diversi centri a livello internazionale, è stato messo a punto un software che, sulla base di una serie di dati relativi alla geometria del sistema di trasporto e ai volumi e caratteristiche del refluo da trasportare, consente di ottenere i principali parametri di progetto di un impianto idraulico (fig. 6).

Grazie al software, dopo aver definito le geometrie dei diversi tratti delle condotte e immesso i dati di base (input) relativi alla tipologia di refluo e ai volumi da trasportare, si possono ottenere i dati di progetto (output) riguardanti il diametro delle condotte e le caratteristiche della pompa da utilizzare.

## 6. SOLUZIONI PER LA DISTRIBUZIONE DEI REFLUI

Un altro aspetto fondamentale per consentire la corretta utilizzazione agronomica dei reflui riguarda le modalità di distribuzione, che deve essere realizzata nella misura desiderata, in maniera uniforme e agronomicamente efficiente (Carlson, 1994). Le tecniche di distribuzione hanno, infatti, un'influenza diretta sia sulle loro proprietà fertilizzanti e ammendanti, sia sull'entità delle emissioni di odori e di ammoniaca che si verificano a seguito di questa operazione (Balsari et al., 1992).

RZ Tools

Modifica Visualizza Strumenti ?

Progettazione condotte

Σ

Progetti		Condotte				
Nome	Data	Tipo condotta	Lunghezza m	H geodetica m	Perd. carico distr.	Perd. carico loc.
▶ prova		rettilinea	1.000,0	2,00	0,62	0,00
\$		rettilinea	500,0	1,00	0,31	0,00
*		curva a 90°	0,0		0,00	0,00
		▶ valvola di non ritorno	0,0		0,00	0,02
		*				

Input			Output		
Parametro	Unità di misura	Valore	Parametro	Unità di misura	Valore
▶ Ore di pompaggio giornaliera	h	24,0	▶ Viscosità apparente	Pa s	0,003
Portata giornaliera	m <sup>3</sup>	20	Ore di pompaggio giornaliera	h	2,2
Portata	m <sup>3</sup> /h	0,83333	Portata	m <sup>3</sup> /s	0,00255
▶ Rugosità assoluta	mm	0,003	▶ Diametro interno condotta	mm	86,4
Temperatura	°C	20,0	Velocità minima sedimentazione	m/s	0,396
Solidi totali	%	2,0	Velocità massima accettabile	m/s	1,396
Tipo di liquame		Liquame suino	Velocità	m/s	0,4356
Tipo alimentazione		con granaglie	Numero di Reynolds		13,074
Sbocco libero		Si	Regime del flusso		Turbolento
Altezza di pressione di uscita	m	2,00	Coef. di attrito		0,00547
Diametro interno condotta	mm		Coef. di perdita di carico distribuiti	m w.c. / 100m	0,06
			Altezza totale del trasporto	m	2,6

Fig. 6 Videata del software per la progettazione del sistema di trasporto in condotte

In Italia la distribuzione dei liquami viene, nella maggior parte dei casi, realizzata impiegando spandiliquame in grado di effettuare la sola distribuzione superficiale, mentre stentano a diffondersi attrezzature dotate di sistemi di distribuzione innovativi, che permettano di raggiungere elevate larghezze di lavoro con una buona uniformità di distribuzione sia longitudinale che trasversale.

Gli effetti di una scarsa uniformità di distribuzione dei reflui zootecnici si traducono in apporti di elementi fertilizzanti alle colture molto variabili nello spazio e hanno un'incidenza diversa sulla produttività delle stesse a seconda della mobilità nel terreno dei nutrienti (bassa per fosforo e potassio), dell'epoca di distribuzione e delle eventuali lavorazioni successive del terreno (Balsari et al., 1992). L'aratura eseguita dopo la distribuzione, in modo particolare, consente di limitare i danni da compattamento, le emissioni di odori e di  $\text{NH}_3$  e, appunto, gli effetti di una distribuzione disomogenea.

Da qui la necessità di studiare e realizzare nuove macchine spandilicame e spandiliquame in grado di effettuare una distribuzione in campo dei reflui zootecnici precisa, uniforme e agronomicamente efficiente – attraverso la regolazione e il controllo della dose distribuita –, che rispetti la legislazione vigente e l'ambiente contenendo le emissioni di odori e di  $\text{NH}_3$ . Ciò avvalendosi del contributo dell'elettronica che ormai ha raggiunto livelli di affidabilità tali da poter essere impiegata anche in questo particolare settore.

Per rispondere a queste esigenze sono state attivate alcune linee di attività all'interno del progetto CNR-Reflui, finalizzate alla realizzazione di sistemi di distribuzione idonei.

Partendo da una analisi della situazione esistente e delle tecnologie disponibili, anche in termini di sensori e attuatori necessari per garantire una gestione automatizzata delle diverse funzioni operative di tali macchine, sono state evidenziate le caratteristiche di carobotti innovativi.

In particolare, è stata effettuata un'indagine sulle principali caratteristiche tecniche e costruttive degli spandilicame e spandilicame presenti sul mercato nazionale. Inoltre è stata raccolta la documentazione normativa e legislativa in atto nel nostro Paese e in Europa in merito all'omologazione per la circolazione stradale dei mezzi agricoli trainati adibiti al trasporto e allo spandimento di letame e liquame di origine agricola.

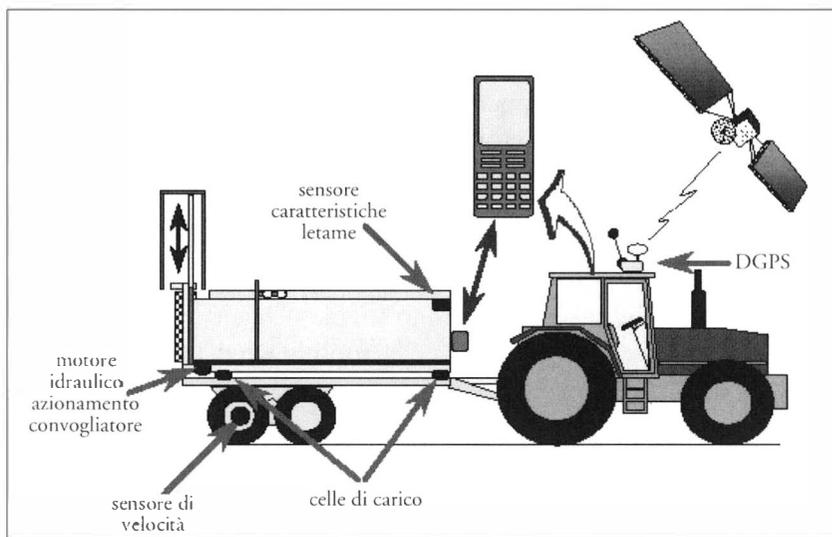


Fig. 7 Componenti dello spandiletame informatizzato

I dati raccolti sono stati organizzati in un data base, appositamente costruito, che permetterà, attraverso il suo aggiornamento, di seguire l'evoluzione costruttiva di tali macchine.

Un'altra indagine ha riguardato lo stato d'uso e la funzionalità (uniformità di distribuzione sia longitudinale che trasversale all'avanzamento, rispondenza fra dose impostata e quella effettivamente distribuita) di diversi spandiliquame e spandiletame in uso presso le aziende agricole, oltre che le modalità con le quali queste macchine vengono impiegate (criteri di scelta della dose da distribuire, periodo d'impiego, larghezza di lavoro, velocità d'avanzamento ecc.). I risultati ottenuti hanno evidenziato, per quanto riguarda soprattutto gli spandiliquame, la presenza di una serie di carenze di carattere costruttivo legate anche alla sicurezza dell'operatore, accompagnata da una generale disinformazione sulla manutenzione e sull'uso delle attrezzature e sui principi che permettono di raggiungere una buona uniformità di distribuzione.

A ciò si aggiunge un'applicazione di tali reflui in dosi non ottimali da un punto di vista agronomico, soprattutto a causa di una insufficiente conoscenza delle principali caratteristiche fisico-chimiche del materiale distribuito.

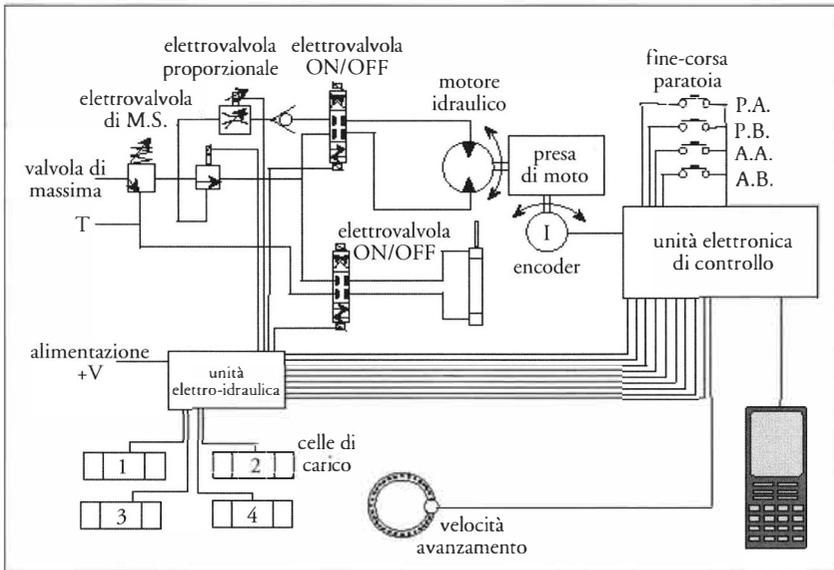


Fig. 8 Schema di controllo dello spandiletame elaborato dalla ditta 3B6

L'attività svolta ha portato alla definizione sia delle principali caratteristiche costruttive che dovrebbero avere gli spandiliqueame e gli spandiletame innovativi al fine di poter raggiungere gli obiettivi perseguiti con il progetto, sia della tipologia e del posizionamento dei sistemi elettronici di regolazione e registrazione da applicare alle macchine in oggetto.

In particolare l'Unità Operativa costituita presso la ditta Franzosi di Mantova ha realizzato uno spandiletame della capacità di 16 m<sup>3</sup>, dotato di doppio assale, doppio telaio e quattro celle di carico. Una paratia semovente, collegata al dispositivo a catena di trascinamento del letame, consente di garantire un costante e omogeneo fronte di avanzamento del materiale da distribuire. La macchina viene dotata di pneumatici a larga sezione e bassa pressione, in modo tale da evitare danni alla struttura del terreno e di permettere il suo ingresso in campo anche in condizioni sfavorevoli. È previsto che i dispositivi di spandimento siano facilmente intercambiabili, per consentire la distribuzione oltre che del letame anche di fanghi e compost (fig. 7).

L'Unità Operativa costituita presso la ditta 3B6 di Novara ha il compito di mettere a punto i sistemi elettronici di controllo e rego-

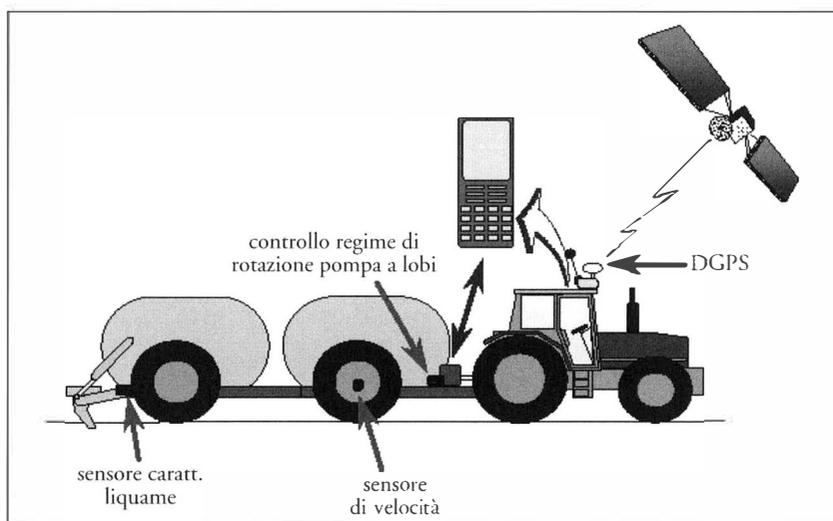


Fig. 9 Componenti lo spandiliquame modulare

lazione della dose di distribuzione da applicare allo spandiletame, sistemi che verranno affiancati da altri azionabili manualmente in caso di guasto dei primi. In particolare, lo schema di controllo dello spandiletame risulta sinteticamente costituito da (fig. 8):

- una unità elettronica di controllo;
- un lettore magnetico di velocità di avanzamento;
- un controllo elettro-idraulico di portata;
- quattro celle di carico.

In pratica, grazie a tale sistema, è possibile distribuire in maniera uniforme la dose di letame desiderata indipendentemente dalle modalità con le quali è stato eseguito il carico, dalla velocità di avanzamento e dalla larghezza di lavoro.

L'Unità Operativa costituita presso la ditta Bosco di Pavia si occupa di un particolare tipo di spandiliquame che consente la distribuzione del refluo sia su terreno nudo o su stoppie, sia su colture sarchiate. Ciò al fine di incrementare il periodo utile per lo spandimento e l'utilizzazione degli elementi nutritivi da parte della coltura stessa. Per raggiungere tali obiettivi – che richiedono, nel primo caso, la possibilità di raggiungere elevate capacità di lavoro anche operando su terreni lontani dal centro aziendale, e nel secondo caso una elevata manovrabilità del mezzo che deve poter passare fra le

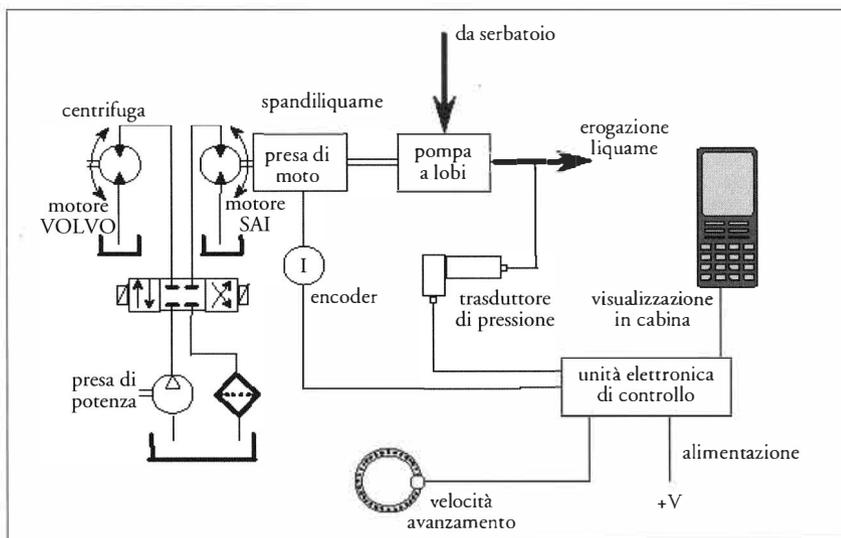


Fig. 10 Schema del sistema di controllo dello spandiliquame modulare con serbatoi a pressione atmosferica elaborato dalla ditta 3B6

file delle piante senza danneggiarle – si è deciso di realizzare uno spandiliquame costituito da due moduli, ciascuno della capacità di 5 m<sup>3</sup>, utilizzabili in serie (abbinati) nel caso della distribuzione su terreno nudo o su stoppie, o singolarmente, quando si deve operare su colture sarchiate.

Al fine di contenere il peso della macchina, quest'ultima è dotata di serbatoi realizzati in materiale plastico e di un circuito idraulico alimentato da una pompa volumetrica a lobi. Su ciascuna unità viene montato un attacco a tre punti per facilitare il collegamento delle diverse attrezzature per la distribuzione (barra distributrice, erpice interruttore, sarchiatrice distributrice) in dotazione alla macchina stessa (fig. 9).

Il controllo della distribuzione viene garantito da una serie di attuatori e sensori definiti in collaborazione con la ditta 3B6 di Novara che ha provveduto a elaborare uno specifico schema di controllo dello spandiliquame. Gli elementi principali del sistema sono (fig. 10):

- unità elettronica di controllo;
- lettore magnetico di velocità d'avanzamento;

- lettore di velocità di rotazione pompa a lobi;
- trasduttore di pressione liquame;
- pompa a lobi;
- pompa a portata variabile;
- motore idraulico;
- controllo elettroidraulico di portata.

In pratica, controllando e intervenendo, grazie al motore idraulico, sul numero di giri della pompa a lobi risulta possibile modificare la portata del liquame in uscita dalla macchina in funzione delle esigenze operative e correlarla alla velocità d'avanzamento.

## 7. CONCLUSIONI

La gestione dei reflui zootecnici, per raggiungere il duplice obiettivo della valorizzazione del contenuto in nutrienti e di salvaguardare l'ambiente, richiede di considerare la complessità del sistema aziendale. L'imprenditore agricolo deve tener conto delle diverse esigenze individuando il miglior compromesso tra vincoli tecnici e operativi senza trascurare gli aspetti economici.

In questa direzione il progetto CNR-Reflui ha fornito alcune soluzioni tecniche e degli strumenti di supporto alla gestione che racchiudono le acquisizioni scientifiche e i risultati delle esperienze condotte nel settore a livello internazionale.

L'adozione di queste soluzioni innovative può consentire, quindi, di controllare questa operazione dalla produzione all'utilizzazione in campo, in modo da apportare al terreno le quantità di nutrienti nei momenti e nelle quantità idonee alle esigenze delle colture praticate consentendo così la riduzione sia dell'utilizzo di fertilizzanti chimici, sia dei rischi ambientali connessi all'utilizzo degli effluenti di allevamento.

## SUMMARY

### *Farm management of animal manure*

Animal manure application to land must consider several objectives. From the agronomic point of view the application of manure to the land must provide nu-

trients to crops at the right time; from an environmental perspective manure management should limit the risk of nutrient release in the air and the water. These objectives must be realised in light of many practical on-farm constraints.

Several software tools have been developed to support farmers in spreading manure taking into account agronomic and environmental aspects.

In this direction, the project "Recycling of The Waste of The Agro-Industrial System" granted by the Italian National Research Council, has provided some technical solutions and management support tools based on scientific findings and experimental results at international level.

The use of these innovative solutions assures the correct planning of manure utilisation according to agronomic constraints, and verifies that farm facilities - for example the manure storage tanks - and manure spreading equipment are adequate to achieve agronomic and environmental results.

## BIBLIOGRAFIA

- AIROLDI G. e PROVOLO G. (1991): *La scelta dei cantieri di trasporto e distribuzione dei liquami*, «Professione Allevatore», 1, pp. 73-80.
- BALSARI P. e AIROLDI G. (1998): *Valutazione delle tecniche di distribuzione dei letami in alcune aziende della Pianura Padana occidentale*, «Rivista di Agronomia», 4, pp. 253-258.
- BALSARI, BECHIS S., GIRODENGO F. (1992): *Primi risultati di prove sulle perdite di azoto ammoniacale durante e a seguito della distribuzione in campo dei liquami*, Atti del seminario internazionale "Trattamento e riutilizzo dei reflui agricoli e dei fanghi", Lecce, pp. 231-246.
- CARLSON G. (1994): *Nutrient utilization of slurry by using different application strategies and techniques*, Proceedings of the Seventh Technical Consultation on the SCORENA Network on Animal Waste Management, pp. 171-182.
- CHIUMENTI R., DA BORSO F., GUERCINI S. (a cura di) (1993): *Guida tecnica per la gestione delle deiezioni zootecniche*, Provincia di Padova.
- CHIUMENTI R., DONANTONI L., GUERCINI S. (1988): *Deiezioni animali, la conservazione ed il trattamento*, «Genio Rurale», 10, pp. 59-79.
- CRPA (2001): *Liquami zootecnici*, «L'Informatore Agrario», Verona.
- FERRARI A. e BONAZZI G. (1987): *Il trasporto dei liquami zootecnici con condotte in pressione*, «L'Informatore Agrario», 1, pp. 35-38.
- GUIDETTI A. e VENERI A. (2000): *Caratteristiche costruttive degli spandiliquame fabbricati in Italia*, «L'Informatore Agrario», 4, pp. 83-85.
- NIELSEN F. e STEFFENS G. (1994): *Farmer's option to optimize nutrient efficiency and reduce odour and ammonia emissions from land spreading of slurries and manure*, Proceedings of the Seventh Technical Consultation on the SCORENA Network on Animal Waste Management, pp. 129-136.
- PIGNEDOLI S. e ROSSI L. (1988): *Migliorare gli aspetti tecnici ed economici nella distribuzione dei liquami zootecnici*, «L'Informatore Agrario», 27, pp. 27-31.



VINCENZO G.G. MENNELLA\*, PIERO BORGHI\*,  
GIACOMO RAPI\*, M. ELENA MENCONI\*

LA GESTIONE CONSORTILE DEI REFLUI:  
IL CASO DELL'UMBRIA\*\*

PREMESSA

Lo smaltimento incontrollato dei liquami zootecnici<sup>1</sup> in misura superiore alla capacità di immobilizzazione-trasformazione da parte del suolo e di assimilazione da parte delle colture, può provocare inquinamento dei corpi idrici superficiali e sotterranei a causa di:

- sottrazione di ossigeno disciolto al corpo idrico e conseguente danneggiamento di fauna e flora;
- apporto di azoto e di fosforo in forma minerale (nitrati e fosfati) con conseguente rischio di eutrofizzazione e rischi diretti per la salute umana (nitrati)<sup>2</sup>;

\* *Dipartimento Uomo e Territorio, Università degli Studi di Perugia*

\*\* Lavoro eseguito nell'ambito del programma di Ricerca Strategico CNR-MIUR "Riciclo dei reflui del sistema agricolo-industriale – Sottoprogetto: Reflui Zootecnici" legge 95/95 – Settore ambiente, Tema di ricerca "Individuazione di aree in cui viene praticata la gestione sovraziendale dei liquami" – Unità operativa Vincenzo Mennella, Università di Perugia, Dipartimento Uomo e Territorio. Vincenzo G.G. Mennella ha strutturato e coordinato la ricerca e scritto il testo; P. Borghi ha raccolto ed elaborato i dati; G. Rapi e M.E. Menconi hanno acquisito ed elaborato i dati, nonché redatto le carte e i grafici con software dedicati.

<sup>1</sup> Un suino del peso medio di 80 kg produce 8-10 l/giorno di liquami (pari a 180gr/giorno di BOD<sub>5</sub>), con una concentrazione tale che si raggiungono 220 kg/anno di sostanza secca, che contengono 7-8 kg di N, 5 kg di anidride fosforica e 5 kg di potassio. Il contenuto di azoto nei liquami tal quale è pari a 175 kg di N per tonnellata di peso vivo.

<sup>2</sup> La concentrazione massima ammissibile per i nitrati nelle acque destinate al consumo umano è di 50 mg/l.

- apporto di microelementi dannosi sia per il suolo che per la salute umana (ad esempio Cu, Zn).

Per limitare al massimo questi fattori di rischio e cercare di valorizzare fin dove è possibile il contenuto fertilizzante dei liquami zootecnici si può ricorrere alle pratiche della asperzione del liquame sul suolo o della fertirrigazione con acque parzialmente chiarificate. Il ritorno al suolo delle deiezioni animali è garanzia del mantenimento della fertilità del suolo e al tempo stesso il terreno svolge una azione di depurazione dei liquami mediante processi di immobilizzazione, retrogradazione e trasformazione degli inquinanti. Queste pratiche richiedono però il ripristino di una più stretta connessione tra attività di allevamento e attività agricole; inoltre per rendere possibile e conveniente l'impiego delle deiezioni come fertilizzante organico impongono un nuovo disegno della dimensione degli insediamenti zootecnici e una loro corretta redistribuzione nel territorio.

Le linee di tendenza attuali privilegiano però la concentrazione di allevamenti in aree ristrette, la riduzione progressiva della superficie agricola utilizzata, la specializzazione con conseguente aumento della produzione di liquame fresco a basso tenore di sostanza secca, l'aumento della produzione intensiva su larga scala con criteri di tipo industriale (in particolar modo per suini e avicoli) in aziende che in molti casi non possiedono terreno agrario in misura sufficiente o non ne possiedono affatto.

Conseguentemente, per ovviare al problema dell'inquinamento, si richiedono trattamenti di depurazione a livello aziendale o consortile.

Gli impianti di depurazione aziendale, all'atto pratico, hanno evidenziato una serie di aspetti negativi quali:

- alti costi di costruzione e di esercizio, dovuti anche alla dimensione piuttosto ridotta degli impianti;
- deficienti prestazioni depurative, imputabili in parte alla impossibilità di affidare la gestione a personale specializzato;
- difficoltà di controllo assiduo e sistematico da parte delle autorità pubbliche.

Una soluzione prospettabile per le situazioni territoriali, ove si riscontrano eccedenze di liquami rispetto alla SAU disponibile, è quella dell'adozione di impianti centralizzati a struttura pubblica o

consortile per la gestione dei reflui, con potenzialità comprese tra 500/5000 m<sup>3</sup>/giorno, i quali, proprio in virtù delle loro dimensioni, possono consentire l'applicazione in forma corretta di svariate e raffinate tecniche di gestione comprendenti il convogliamento, il trattamento e la distribuzione delle frazioni chiarificate su aree a ciò destinate, secondo forme organizzative e operative adeguate.

Questi sistemi consentono di ridurre i costi e il controllo delle relative operazioni.

Essi sono basati sulla raccolta e sul convogliamento dei liquami prodotti dagli allevamenti consorziati a un centro in cui o si effettua il trattamento per abbattere i fattori di generazione del rischio fino a rendere il prodotto del processo compatibile con gli attuali limiti di legge e quindi scaricarlo nelle rete idrografica superficiale o si effettua l'immagazzinamento e il trattamento del liquame per destinare la frazione liquida parzialmente chiarificata alla utilizzazione agricola su idonee aree, anche relativamente lontane dagli allevamenti in questione.

#### I SISTEMI CENTRALIZZATI DI TRATTAMENTO DEI REFLUI

La centralizzazione del trattamento dei reflui comporta problemi di trasporto e di scelta della linea di lavorazione.

Per quanto attiene al primo punto, il trasporto dei liquami dagli allevamenti al centro, fatto su strada mediante autobotti, implica notevoli costi di gestione, anche se solleva i singoli allevamenti dagli oneri relativi allo stoccaggio, che può limitarsi per ciascuno di essi alla capienza di uno o più mezzi di trasporto.

Oltre ai costi di trasporto diretti si dovrà anche tener conto degli oneri indiretti corrispondenti al sovraccarico di traffico pesante su una rete stradale spesso inadeguata.

Quando vi è una concentrazione su aree ristrette di allevamenti medio-grandi può essere proponibile la realizzazione di una rete interrata di condotte in pressione per l'invio dei liquami al centro di trattamento. In questo caso ogni allevamento dovrebbe essere dotato di vibrovaglio per separare la componente grossolana che potrebbe creare problemi di intasamento alla rete.

A parte la difficoltà giuridico-burocratica di ottenere i permessi

di attraversamento dei terreni di terzi, alcuni studi di fattibilità (Martini, 1988), indicano il sistema economicamente accettabile per allevamenti di dimensioni pari a 2000 capi suini all'ingrasso su distanze di non oltre 4-5 km; mentre per allevamenti di grandi dimensioni (5000 capi suini e oltre) il trasporto intubato risulterebbe più conveniente di quello su ruota anche per distanze di 15-20 km.

Per quanto concerne la linea di lavorazione da adottare per il trattamento dei liquami in arrivo al centro, il processo di depurazione biologica a più stadi, sembrerebbe quello in grado di abbattere il contenuto di inquinanti sino ai limiti di accettabilità in acque pubbliche. La soluzione, tuttavia, presenta diversi aspetti negativi quali:

- a) l'elevatissimo costo di costruzione di un impianto pluristadio veramente efficace e l'alto consumo energetico;
- b) l'immissione nell'atmosfera di grandi quantità di composti azotati e la conseguente formazione di piogge acide;
- c) la produzione di notevoli quantità di fanghi che creano problemi di trattamento e di collocamento.

Per quanto concerne il punto a) va precisato che impianti efficaci che prevedono l'utilizzo della digestione anaerobica quale pretrattamento dei liquami all'interno di un ciclo anaerobico-aerobico, presentano comunque problemi di carattere tecnologico in quanto se da un lato consentono di ottenere efficienze elevate nell'abbattimento del carico organico ( $BOD_5$  e COD), dall'altro la rimozione dell'azoto risulta fortemente inibita dall'abbassamento del rapporto carbonio/azoto dovuto alla fermentazione anaerobica (in tali condizioni non avviene il processo nitrificazione-denitrificazione necessario per il raggiungimento degli standard di qualità previsti dalla legge).

Per superare alcune di queste difficoltà si potrebbero trattare i liquami in un impianto di depurazione monostadio e immettere le acque reflue in una rete irrigua dei terreni agricoli, il che comporta la costruzione di grandi impianti per lo stoccaggio delle acque (lagune) nei mesi dell'anno in cui non si pratica l'irrigazione e il reperimento dei terreni idonei alla aspersione.

Una soluzione più semplice di trattamento dei liquami da parte del centro potrebbe essere quella di uno stoccaggio temporaneo e successivo trasporto ad aziende agricole che, essendo prive di bestiame, siano disposte ad accettare il liquame per impiegarlo come fertilizzante organico, soluzione che potrebbe risultare concorren-

ziale con la depurazione per distanze di trasporto sino a una quarantina di km.

La difficoltà del metodo sta soprattutto nel reperire all'interno dell'area il necessario numero di agricoltori disposti ad accettare un certo volume di liquame e a dotarsi delle opportune vasche per lo stoccaggio temporaneo del liquame che dovrà successivamente essere sparso sui campi a loro cura.

Tra gli orientamenti e i criteri su cui basare sistemi di tipo consortile per lo smaltimento dei liquami prodotti da allevamenti zootecnici caratterizzati da elevata concentrazione territoriale (con particolare riferimento agli allevamenti di suini "con poca e senza terra" fortemente addensati), le soluzioni miranti alla completa utilizzazione dei liquami sembrano quelle che ottengono il maggior favore degli studiosi; inoltre si ripropone l'idea di impianti centralizzati di produzione di biogas a livello consortile, che gestiscano, oltre ai reflui zootecnici, anche biomasse agroindustriali e/o la frazione organica dei rifiuti urbani.

Sembra che da tali soluzioni possano derivare notevoli vantaggi non soltanto al settore "allevamenti" produttori dei liquami, ma anche al settore "aziende agricole" interessate alla utilizzazione dei liquami medesimi.

Accanto a questi vantaggi riguardanti i settori privati, si dovrebbero considerare i relevantissimi benefici a favore della collettività sul piano del disinquinamento delle acque defluenti dalle zone interessate dagli allevamenti e conseguentemente anche sul piano del contenimento dei processi di eutrofizzazione dei corpi idrici recettori delle acque medesime.

Anche alla luce di tali considerazioni si è ritenuto opportuno un approfondimento delle indagini sulle prime realizzazioni di impianti consortili o interaziendali o sovraziendali, che, pur riferendosi a situazioni specifiche, costituiscono anche sul piano economico soluzioni di estremo interesse.

La situazione nazionale relativamente agli argomenti trattati può essere inquadrata facendo riferimento a due "macroaree" principali costituenti unità fisiografiche ben definite: la prima riferita al bacino idrografico del fiume Po e la seconda al bacino idrografico del Tevere.

Nella prima si possono disaggregare le seguenti aree caratteristiche:

- Lombardia-Piemonte, che presenta concentrazioni notevoli di bovini e/o suini anche in aree talora vulnerabili per gli acquiferi sottostanti; i terreni sono di varia natura, spesso ricchi di scheletro e molto permeabili; la piovosità è medio-elevata, frequentemente accompagnata da abbondante disponibilità irrigua;
- Veneto-Friuli Venezia Giulia, che presenta aree delicate per l'inquinamento degli acquiferi e altre egualmente problematiche per l'eutrofizzazione lagunare. I terreni sono di varia granulometria, generalmente molto ricchi di calcare, spesso a scolo meccanico. La disponibilità di acqua è abbondante in talune zone e scarsa in altre;
- Emilia-Romagna, interessata soprattutto da allevamenti suini con conseguenti grossi problemi di smaltimento dei reflui. I terreni sono medio-argillosi, delicati dal punto di vista gestionale; la piovosità è moderata e spesso manca l'acqua irrigua.

Nel bacino del Tevere la regione che riveste importanza da un punto di vista zootecnico è l'Umbria, dove il 60% dei capi suini totali è concentrato nell'1% delle aziende che costituiscono la fascia da 1000 capi in su. L'attenzione alle implicazioni ambientali è testimoniata dalla realizzazione di due impianti consortili per il trattamento e il collocamento dei reflui zootecnici.

Come si è detto, la soluzione dei problemi ambientali posti dalle attività zootecniche intensive dovrebbe essere prioritariamente ricercata nella creazione o nel ripristino di una più stretta connessione fra attività di allevamento e attività agricola, tenuto conto della complessità delle tecniche di depurazione, dei limiti di accettabilità degli scarichi in acque superficiali e delle esigenze di tutela della qualità dei corpi idrici recettori.

A tale riguardo va evidenziato che il quadro normativo in materia ha subito modifiche con l'approvazione del D.Lgs. 152/99 "Nuova legge sulle acque", che ha sostanzialmente spostato l'attenzione del legislatore dall'agente inquinante al corpo recettore, vale a dire al sistema "territorio" e in fase finale all'acquifero, prevedendo due aspetti di grande rilievo così riassumibili:

- tutte le acque vanno protette dalla contaminazione di nitrati di origine agricola con azioni di risanamento per quelle già contaminate e azione di prevenzione per quelle non ancora del tutto contaminate;

- tutte le deiezioni zootecniche, siano esse liquame, letame o prodotto compostato, rientrano in un'unica categoria denominata "effluente di allevamento" e sono soggette alle stesse restrizioni.

Va inoltre ricordato che in particolare il D.Lgs. 18.08.00 n. 258 in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, all'allegato 7 parte A, stabilisce i criteri per l'individuazione delle zone vulnerabili ai nitrati di origine agricola (essenzialmente dovuti ai liquami zootecnici e ai fattori ambientali che possono concorrere a determinare uno stato di contaminazione).

Lo stesso decreto stabilisce che, relativamente alle zone vulnerabili, i quantitativi di effluente sparso sul terreno ogni anno non devono superare i 170 kg di N per ha.

#### RISULTATI DELL'INDAGINE E PROBLEMI EMERSI

Nell'ambito del PROGETTO AMBIENTE questa unità operativa si è occupata della valutazione dei sistemi di gestione sovrazientale di tipo consortile presenti in Umbria e in questa relazione si riportano i risultati dell'indagine.

Prioritariamente è stata effettuata una analisi statistica sul bacino idrografico del fiume Tevere, che occupa una superficie di 17.245 Km<sup>2</sup>, dove sono state analizzate aree agricole soggette a spandimento dei liquami prevalentemente di origine suinicola e si sono valutati i sistemi zootecnici agenti su di esse (in particolare per distribuzione e quantità di carico prodotto dalle attività zootecniche), distinguendo le aree sottoposte a maggiore pressione ambientale.

In conformità agli obiettivi strategici dello studio, le indagini effettuate sul territorio, il monitoraggio dei due centri di gestione consortile dei liquami operanti nella regione dell'Umbria, le valutazioni sui dati e sulle informazioni esistenti o rilevati direttamente hanno consentito di:

- fornire un quadro completo di dati e di informazioni sulla reale azione perturbativa (carichi zootecnici), riferita ad ambiti territoriali omogenei (bacino idrografico del Tevere), in un settore operativo difficile a causa della scarsa disponibilità degli operatori a rivelare dati certi sulla loro attività, della costante e rapida evoluzione del settore stesso legata alle variazioni repentine di

MICROBACINI	COMUNI	CAPI N. <sup>1</sup>	N (kg/ANNO) <sup>2</sup>	SAU (ha) <sup>3</sup>	SUP. FERT. (ha) <sup>4</sup>	N/SAU (kg/ha/ANNO)	N/SUP. FERT. (kg/ha/ANNO)
Chiascio 05 (Zona A)	Assisi	2730	38.220	4274	119	9	321
	Bettona	14.600	204.400	521	92	324	2221
	Perugia	1668	23.352	1060	22	22	1061
	Bastia	12.620	176.680	2903	248	112	712
	<b>TOTALE</b>	<b>31.618</b>	<b>442.652</b>	<b>8758</b>	<b>481</b>	<b>51</b>	<b>920</b>
Chiascio 06 (Zona A)	Bettona	29.200	408.800	1041	184	393	2222
	Perugia	1668	23.352	1060	22	22	1061
	Torgiano	1055	14.770	1138	15	13	985
	<b>TOTALE</b>	<b>31.923</b>	<b>446.922</b>	<b>3239</b>	<b>221</b>	<b>138</b>	<b>2022</b>
Topino 04 (Zona A)	Assisi	1638	22.932	2564	71	9	323
	Montefalco	7000	98.000	2066	256	47	383
	Bevagna	562	7868	1742	171	5	46
	Cannara	450	6300	1600	33	4	191
	Bettona	14.600	204.400	521	92	392	2222
	Spello	840	11.760	1184	133	10	88
	<b>TOTALE</b>	<b>25.090</b>	<b>351.260</b>	<b>9677</b>	<b>756</b>	<b>36</b>	<b>465</b>
Nestore 03 (Zona B)	Perugia	1668	23.352	1060	22	22	1061
	Marsciano	27.671	387.394	5059	597	77	649
	<b>TOTALE</b>	<b>29.339</b>	<b>410.746</b>	<b>6119</b>	<b>619</b>	<b>67</b>	<b>664</b>
Tevere 14 (Zona B)	Marsciano	13.836	193.704	2530	299	77	648
	Deruta	1737	24.318	3616	92	7	264
	Torgiano	422	5908	455	6	13	985
	Perugia	1668	23.352	1060	22	22	1061
	<b>TOTALE</b>	<b>17.663</b>	<b>247.282</b>	<b>7661</b>	<b>419</b>	<b>32</b>	<b>590</b>
<sup>1</sup> Dati derivati dall'elaborazione di informazioni fornite dalle ASL territorialmente competenti. <sup>2</sup> N calcolato considerando che 1 tonnellata di peso vivo suino produce 142-175 Kg N/anno (fonte Regione Emilia Romagna, da rivista di Suinicoltura n°5 1994). <sup>3</sup> Dati derivati dall'elaborazione di valori ISTAT (IV° Censimento generale dell'agricoltura). <sup>4</sup> Dati derivati dall'elaborazione di valori della Regione Umbria (P.U.T. 1997).							

Tab. 1 *Quadro comparativo della pressione ambientale degli allevamenti suinicoli nei sottobacini Chiascio 05, Chiascio 06, Topino 04, Nestore 03, Tevere 14 del bacino idrografico del Tevere*

mercato, della frammentarietà e disomogeneità delle fonti statistiche ufficiali;

- valutare due sistemi di gestione consortile dei liquami (CODEP di Bettona e SIA di Marsciano) dal punto di vista dell'efficienza e dell'efficacia dei trattamenti utilizzati evidenziando i problemi;
- formulare proposte a livello territoriale che consentano di raggiungere gli obiettivi della compatibilità ambientale e della massima valorizzazione dei reflui.

Per quanto attiene al primo punto sembra interessante sottolineare che in tutto il bacino del Tevere sono stati individuati ambiti territoriali progressivamente più ristretti (dal bacino al microbacino), ove è stata calcolata la pressione ambientale imputabile all'attività zootecnica.

Da questa analisi è risultato che, qualora ci si riferisse alla nuova normativa (D.Lgs. 18 agosto 2000 n. 258), che prevede per le zone vulnerabili che gli effluenti sparsi sul terreno ogni anno non superino i 170 kg di N per ha e che la superficie fertirrigata sia quella attualmente in uso, i microbacini: Chiascio 05, Chiascio 06, Topino 04, Nestore 03 e Tevere 14 si troverebbero in una situazione critica, dovuta solo all'azione prevalente degli allevamenti suinicoli oggi esistenti e ivi collocati come risulta evidente dalla tabella 1 e dalle figure 1 e 2, dove sono riportati comparativamente i valori degli indicatori N/SAU e N/Superficie fertirrigata riferita ai microbacini.

In particolare, i due sistemi di gestione sovraziendale di tipo consortile (SIA di Marsciano e CODEP di Bettona), che consentono la raccolta, il convogliamento dei liquami prodotti dagli allevamenti consorziati a un centro (i liquami vengono sottoposti a un processo di trattamento che consente la produzione di biogas) e la fertirrigazione con la frazione liquida e fanghi residuali del processo stesso, insistono in zone dei microbacini ove la pressione ambientale da allevamenti suinicoli è alta (figg. 3 e 4).

Per quanto attiene i due sistemi di gestione analizzati, pur considerando che la finalità primaria del sistema è quella dell'autoproduzione di energia elettrica e termica da digestione anaerobica di biomasse di origine zootecnica e agroindustriale, si può affermare che i due centri consentono di beneficiare delle economie di scala degli impianti nel trattamento dei liquami e nella valorizzazione delle frazioni residuali.

Nelle linee generali, il sistema di gestione sovraziendale dei reflui

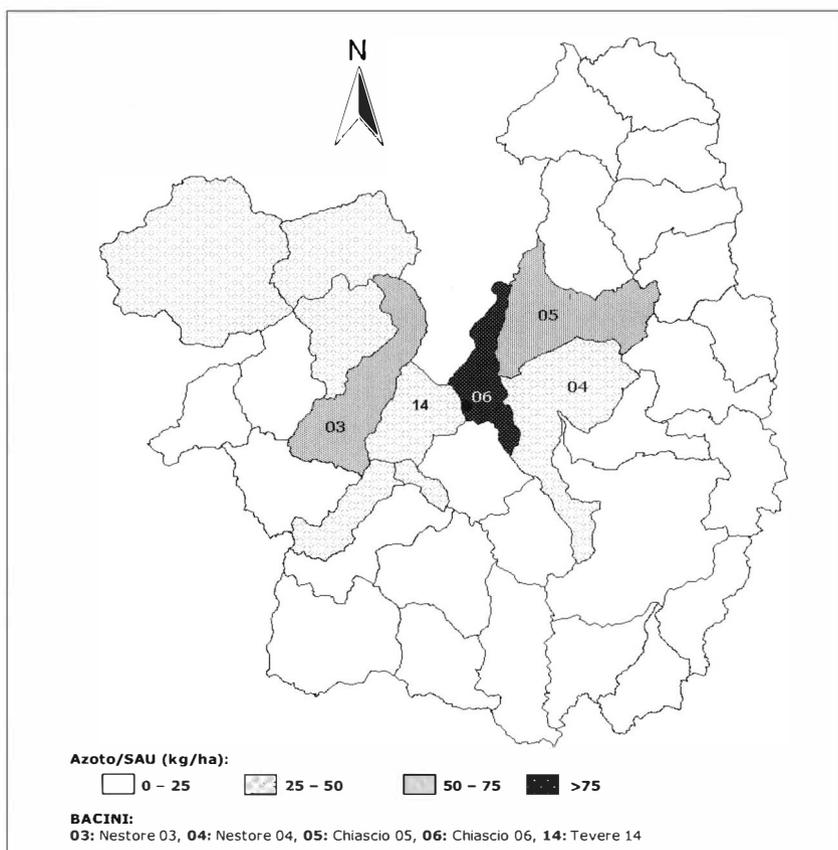


Fig. 1 *Classificazione dei microbacini in relazione all'indicatore AZOTO/SAU. L'azoto (N) rappresenta l'apporto potenziale derivante dall'allevamento suinicolo in assenza di trattamenti atti a modificare le caratteristiche dei reflui all'uscita dei ricoveri ed è stato calcolato con riferimento ai valori di peso vivo allevati, considerando il minimo dei capi presenti per un peso medio di 80 kg e tenendo conto che una tonnellata di peso vivo produce da 142 a 175 kg di N per anno. SAU è relativa al singolo microbacino ed è considerata tutta disponibile allo spandimento*

zootecnici prevede “funzioni a livello aziendale” e “funzioni a livello consortile” (schema 1).

A seconda delle necessità alcune funzioni, ciascuna delle quali comprende diverse operazioni, possono essere combinate, ripetute, eliminate o anche ordinate in maniera diversa. Queste sono le funzioni principali.

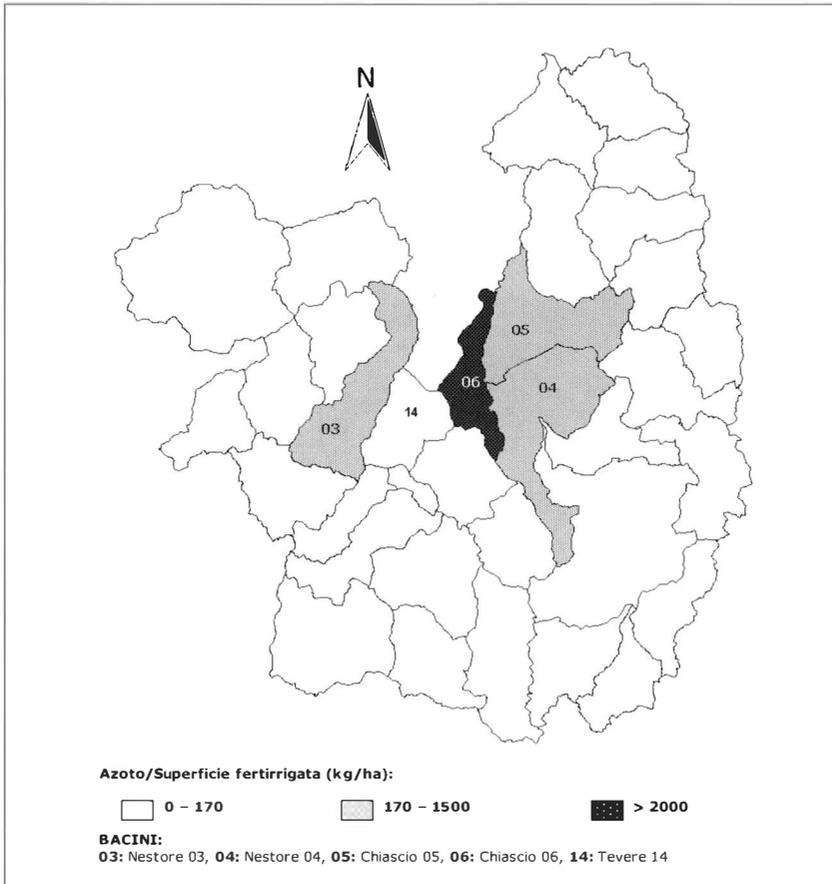


Fig. 2 *Classificazione dei microbacini in relazione all'indicatore AZOTO/SUPERFICIE FERTIRRIGATA. L'azoto (N) rappresenta l'apporto potenziale derivante dall'allevamento suinicolo in assenza di trattamenti atti a modificare le caratteristiche dei reflui all'uscita dei ricoveri ed è stato calcolato con riferimento ai valori di peso vivo allevati, considerando il minimo dei capi presenti per un peso medio di 80 kg e tenendo conto che una tonnellata di peso vivo produce da 142 a 175 kg di N per anno. La superficie fertirrigata è stata calcolata sulla base dei dati della Regione Umbria in ordine alle autorizzazioni concesse per la fertirrigazione*

- *Produzione:* questa funzione comprende le esternalità dell'azienda (liquami). Per avere gli elementi essenziali della funzione è necessario conoscere la localizzazione sul territorio delle singole aziende che aderiscono al consorzio, e le loro caratteristiche: con-

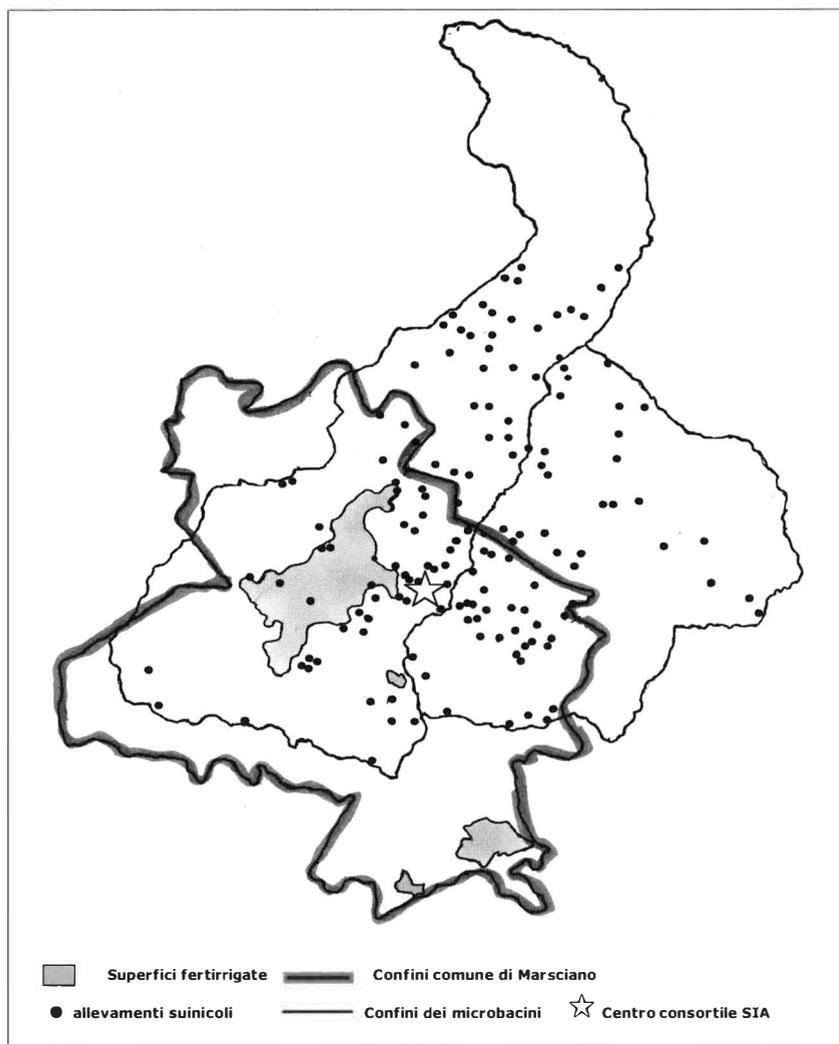


Fig. 3 Zone dei microbacini Nestore 03 e Tevere 14 ove insiste il centro consortile SIA di Marsciano; risulta evidente l'alta densità di allevamenti suinicoli

sistenza, struttura, natura e quantità dei reflui prodotti, quantità di acqua utilizzata e disponibilità di superfici aziendali per la fertirrigazione. Tali elementi consentono la valutazione delle variazioni stagionali di quantità e natura dei reflui prodotti.

– *Raccolta*: questa funzione si riferisce alla captazione e raccolta del

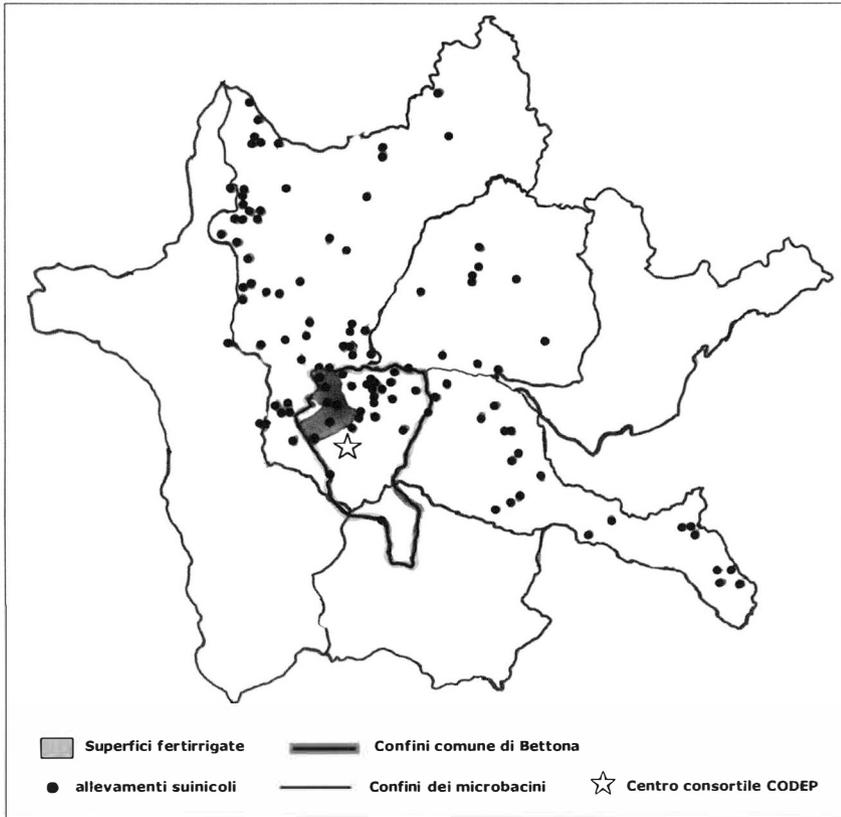
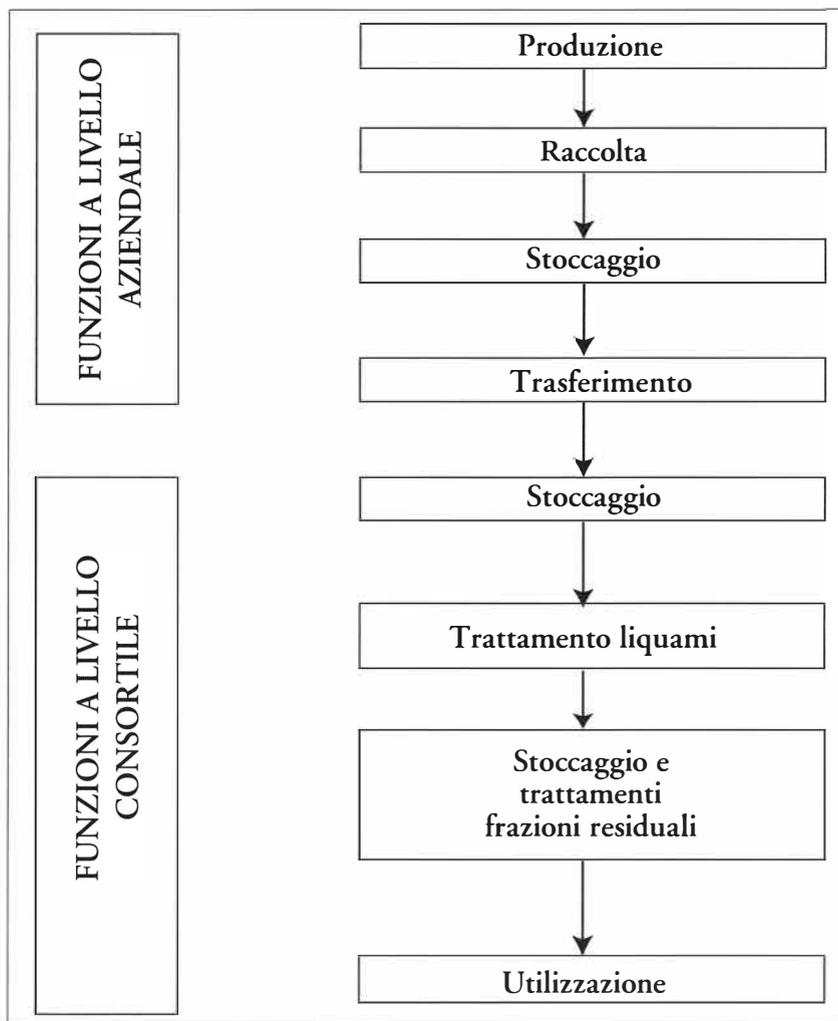


Fig. 4 Zona dei microbacini Nestore 04, Chiascio 05 e Chiascio 06 ove insiste il centro consortile CODEP di Bettona; risulta evidente l'alta densità di allevamenti suinicoli

liquame nel punto in cui viene deposto, e al successivo trasporto fino allo stoccaggio aziendale. Il metodo, i tempi, le attrezzature impiegate e la modalità di raccolta incidono sulla consistenza del refluo.

- *Stoccaggio aziendale*: lo stoccaggio rappresenta la funzione di temporaneo immagazzinamento del refluo prodotto dall'allevamento. L'impianto di stoccaggio dovrebbe permettere una corretta gestione dei tempi e delle modalità di trasferimento dei reflui immagazzinati. La tipologia delle strutture impiegate per il contenimento dei reflui; i volumi, la consistenza e le caratteristiche dei reflui stoccati; i tempi di permanenza dei reflui; gli even-



Schema 1 *Schema generale di processo di un sistema di gestione sovraaziendale dei liquami zootecnici*

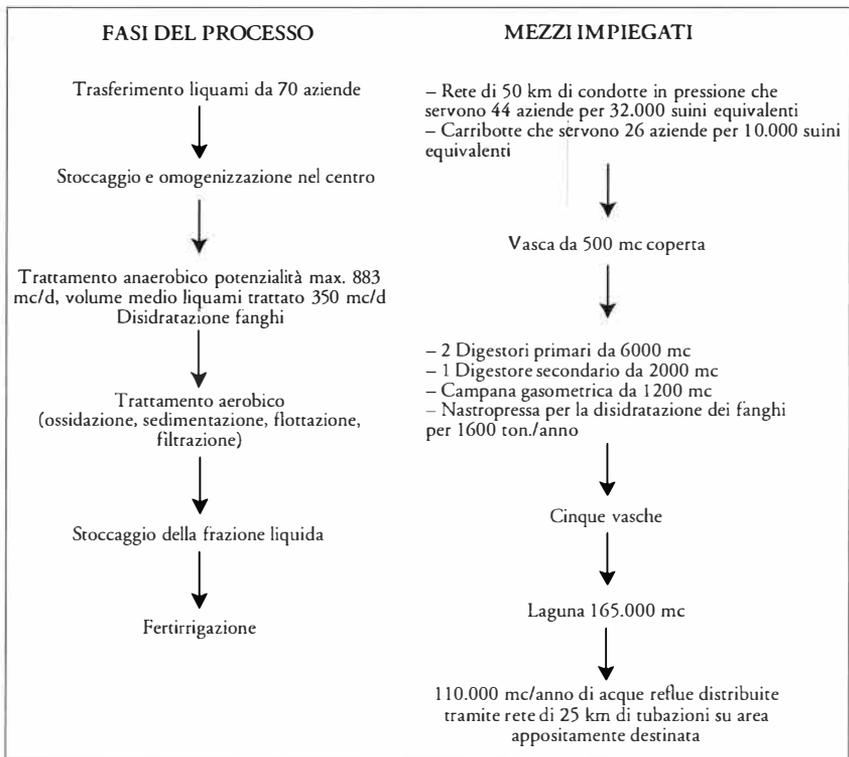
tuali trattamenti aziendali e le attrezzature utilizzate definiscono i parametri caratteristici di questa funzione.

- *Trasferimento*: questa funzione concerne il trasporto dei reflui dalle strutture di immagazzinamento a livello aziendale fino alle vasche di stoccaggio del centro. I mezzi con cui il liquame viene convogliato al centro consortile, i tempi, i volumi, la consisten-

za, le dimensioni delle strutture e le macchine utilizzate caratterizzano tale funzione.

- *Stoccaggio consortile*: questa funzione è relativa alla raccolta, stoccaggio e trasferimento all'impianto di trattamento dei reflui. La funzione è definita da strutture, volumi, consistenza, tempi, eventuali pre-trattamenti e attrezzature impiegate. Le quantità e le caratteristiche del liquame prima e dopo il trattamento, nonché le caratteristiche dei prodotti ottenuti alla fine del processo, le strutture, le loro dimensioni e caratteristiche rappresentano gli elementi peculiari della funzione.
- *Trattamento*: possono essere attuati trattamenti fisici, chimici e biologici per modificare lo stato dei liquami in forma accettabile dall'ambiente anche in relazione alla riduzione del carico inquinante.
- *Stoccaggio e trattamenti delle frazioni residuali*: tale funzione è relativa allo stoccaggio e al trattamento delle frazioni liquida e solida (fanghi) prodotti e che attendono di essere utilizzati ai fini agricoli. Le strutture, i volumi, i tempi, le attrezzature impiegate incidono sulla qualità e quantità delle frazioni stesse e ne condizionano l'utilizzo.
- *Utilizzazione*: sono comprese tutte le possibili utilizzazioni dei prodotti residuali, anche attraverso la loro reintroduzione nel ciclo produttivo delle aziende. I prodotti ottenibili dal sistema di trattamento dei reflui zootecnici sono essenzialmente: biogas, sostanze ammendanti o fertilizzanti in forma liquida e solida. Questa funzione comprende la descrizione del sistema di distribuzione, delle attrezzature necessarie e l'indicazione delle caratteristiche e dei volumi.

In particolare, per ciascuno dei due centri esaminati negli schemi 2 e 3 sono riportati i valori relativi alle fasi del processo e ai mezzi impiegati che caratterizzano i due sistemi. Importanti considerazioni riguardano: la presenza nel centro SIA delle attrezzature necessarie al funzionamento del sistema di trattamento aerobico, che però non è attivato; nel centro CODEP esiste una rete di condotte di adduzione del liquame che prevede anche vasche di raccolta e rilancio dei liquami dislocate nel territorio e gestite da un sistema computerizzato installato presso il centro; inoltre l'impianto è autorizzato, ai sensi del D.P.R. 915/82 a trattare anche acque di vegetazione provenienti da frantoi oleari.

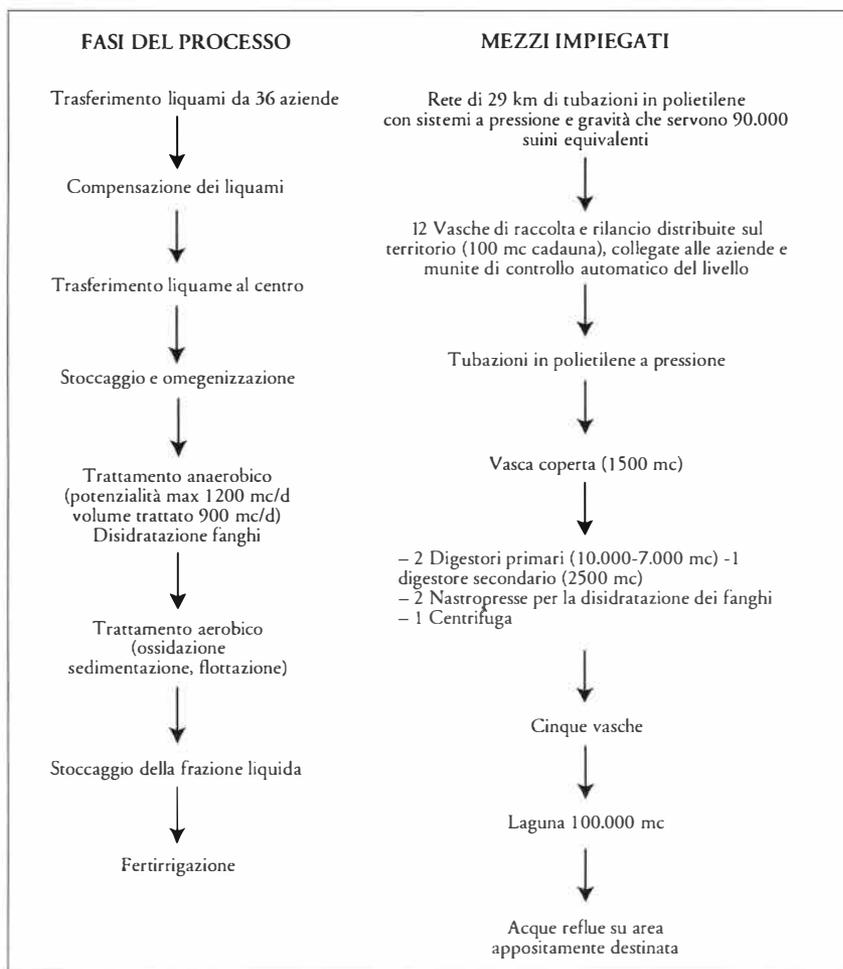


Schema 2 *Schema di processo per la gestione dei reflui nel sistema consortile SIA di Marsciano*

Nel corso dello studio nei due centri è stato eseguito un monitoraggio durato 29 mesi di alcuni parametri fondamentali specifici del sistema, relativi ai liquami in ingresso al sistema degli effluenti in uscita, analizzati con cadenze settimanali e mensili.

Dal confronto dei valori risultanti è emerso che il conferimento dei liquami ai centri avviene prevalentemente mediante l'impiego di condotte in pressione. Le portate in ingresso al sistema risultano estremamente variabili; nel caso del centro SIA i valori nel periodo monitorato hanno oscillato da 4930 m<sup>3</sup> ai 13.560 m<sup>3</sup> mensili, suddivisi a seconda del mezzo di convogliamento secondo quanto riportato nella tabella seguente (tab. 2).

L'estrema variabilità delle portate di liquame in ingresso al centro (graf. 1) ha risentito in modo significativo e rilevante dell'anda-



Schema 3 *Schema di processo di gestione dei reflui nel sistema consortile codep di Bettona*

mento del mercato, che ha determinato notevoli oscillazioni nel numero dei capi (in quanto trattasi di tipologie di allevamento prevalentemente limitate alla fase ingrasso); il fenomeno della “mucca pazza” ha ulteriormente contribuito ad aumentare i quantitativi.

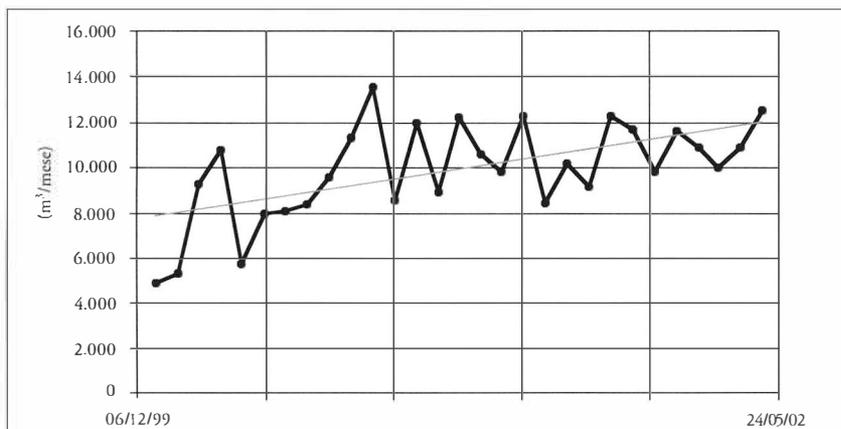
Tali quantitativi sono gli stessi che giungono all’impianto di trattamento e il sistema riesce ad assorbire i picchi di produzione di liquame dovuti alla ciclicità dei sistemi di allevamento.

	LIQUAME CON CONDOTTE (m <sup>3</sup> )	LIQUAME CON CARRIBOTTE (m <sup>3</sup> )	POLLINA CON AUTOCARRO (m <sup>3</sup> )	TOTALE (m <sup>3</sup> )
01/01/00	3528	1401		4930
01/02/00	3728	1623		5351
01/03/00	7606	1664		9270
01/04/00	9103	1692		10.795
01/05/00	4553	1226		5779
01/06/00	6629	1338		7967
01/07/00	7232	871		8103
01/08/00	7332	1057		8389
01/09/00	8365	1222		9587
01/10/00	9645	1660		11.304
01/11/00	11.866	1694		13.560
01/12/00	6878	1701		8579
01/01/01	10.265	1724		11.989
01/02/01	8009	934		8943
01/03/01	11.127	1100		12.227
01/04/01	8985	1638		10.622
01/05/01	8722	1104		9826
01/06/01	11.230	1061		12.291
01/07/01	7586	840		8426
01/08/01	9172	992		10.164
01/09/01	8293	902		9195
01/10/01	11.012	1254		12.266
01/11/01	10.032	1667	182	11.699
01/12/01	8046	1809	154	9855
01/01/02	10.013	1591		11.604
01/02/02	8988	1914		10.902
01/03/02	8613	1402	151	10.015
01/04/02	9341	1589	180	10.930
01/05/02	10.457	2081	117	12.538

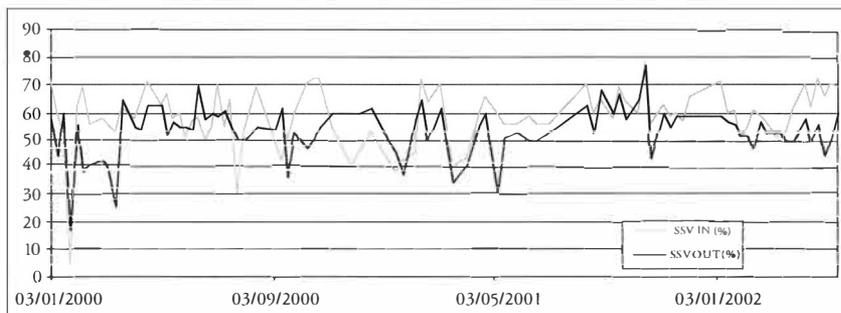
Tab. 2 *Quantitativi di liquame e pollina conferiti al centro SIA e suddivisi secondo le tipologie dei mezzi di convogliamento utilizzati*

I liquami in arrivo sono estremamente variabili anche dal punto di vista della qualità come si evince dall'andamento dei valori dei parametri (SSV, SST, COD, Namm.) contenuti nei liquami all'ingresso e all'uscita dell'impianto di digestione anaerobico nel periodo monitorato, riportati nei grafici 2, 3, 4, 5.

Per valutare inoltre l'efficacia dell'intero sistema di gestione per entrambi i centri SIA e CODEP sono stati considerati l'andamento e in particolare l'abbattimento che i parametri (azoto ammoniacale e COD) subiscono in corrispondenza degli steps fondamentali del sistema. Nei grafici 6-11 e nella tabella 3 sono riportati i valori misurati nel periodo di monitoraggio (gennaio 2000-maggio 2002), che evidenziano



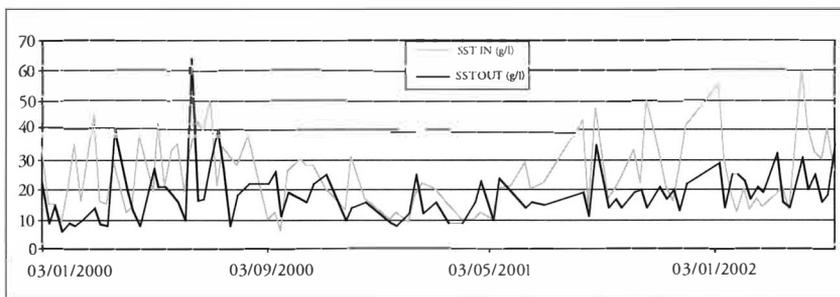
Graf. 1 *Quantitativi di liquami mensili in ingresso al sistema di trattamento del centro SIA di Marsciano nel periodo monitorato da gennaio 2000 a maggio 2002*



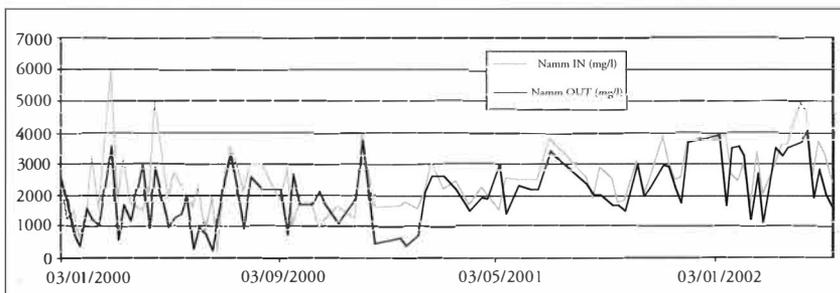
Graf. 2 *Andamento dei valori dei solidi sospesi volatili contenuti nei liquami all'ingresso e all'uscita dell'impianto di digestione anaerobica nel periodo di monitoraggio da gennaio 2000 a maggio 2002*

come gli abbattimenti del COD siano più sensibili di quelli dell'azoto.

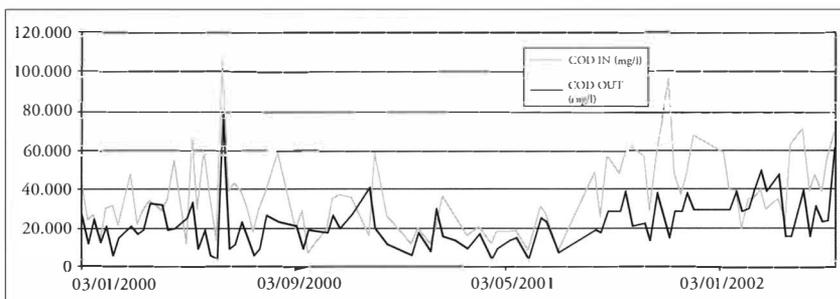
Comunque tali valori rimangono sempre elevati e molto al di sopra dei valori limiti di emissione in acque superficiali e in fognatura previsti dal D.Lgs. n. 152 /99 e riportati nella tabella 3. Questo risultato è strettamente connesso, come accennato in precedenza, alle caratteristiche tecnologiche dell'impianto: la digestione anaerobica del liquame non comporta infatti una riduzione significativa dei valori di azoto e fosforo.



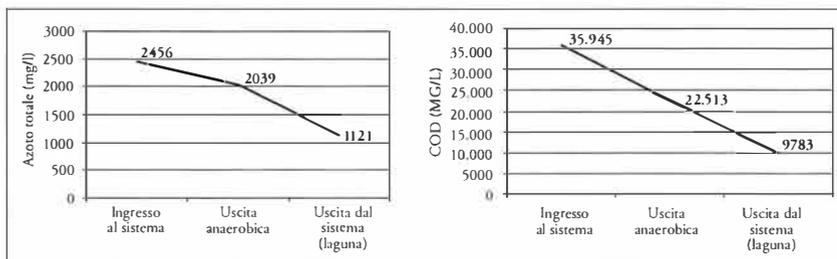
Graf. 3 *Andamento dei valori dei solidi sospesi totali contenuti nei liquami all'ingresso e all'uscita dell'impianto di digestione anaerobica nel periodo di monitoraggio da gennaio 2000 a maggio 2002*



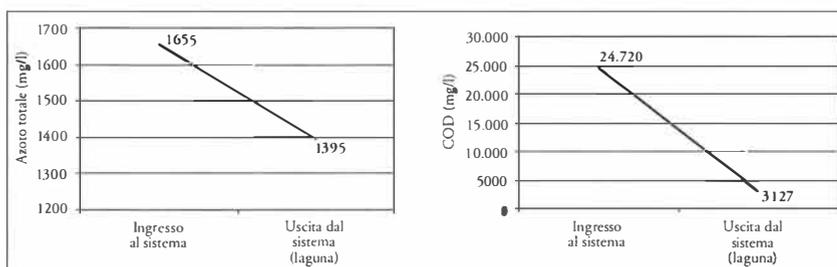
Graf. 4 *Andamento dei valori dell'azoto ammoniacale (Namm) contenuto nei liquami all'ingresso e all'uscita dell'impianto di digestione anaerobica nel periodo di monitoraggio da gennaio 2000 a maggio 2002*



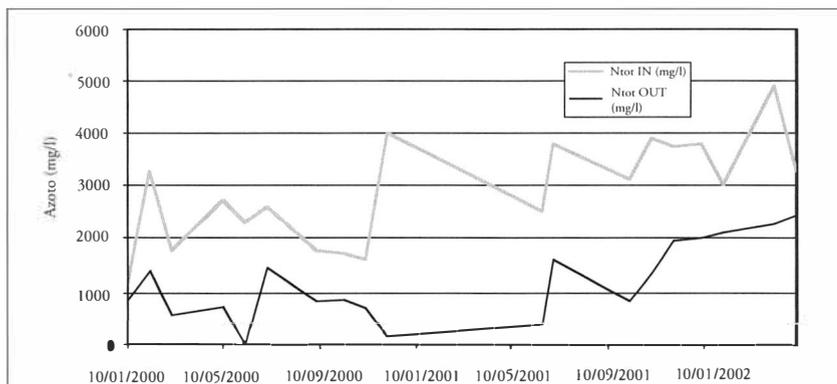
Graf. 5 *Andamento dei valori dei COD contenuto nei liquami all'ingresso e all'uscita dell'impianto di digestione anaerobica nel periodo di monitoraggio da gennaio 2000 a maggio 2002*



Graf. 6 Andamento dei valori medi relativi all'azoto totale e al COD calcolati sui valori misurati nei 29 mesi di monitoraggio in corrispondenza degli steps fondamentali del sistema centralizzato di gestione dei liquami nel centro SIA di Marsciano



Graf. 7 Andamento dei valori medi dell'azoto totale e del COD calcolati sui valori misurati nei 29 mesi di monitoraggio in corrispondenza degli steps fondamentali del sistema di gestione dei liquami del centro CODEP di Bettona



Graf. 8 Andamento dei valori dell'azoto totale contenuto nei liquami all'ingresso e all'uscita dell'intero sistema del centro SIA di Marsciano misurati nel periodo di monitoraggio da gennaio 2000 a maggio 2002

L'azoto organico, a lento rilascio, viene comunque trasformato in azoto ammoniacale prontamente disponibile per la nutrizione vegetale e quindi per la fertirrigazione; questo fenomeno di mineralizzazione può comportare altresì fenomeni di volatilizzazione durante lo spandimento e di percolazione in periodi critici dal punto di vista meteorologico.

#### PROPOSTE DI INTERVENTI A LIVELLO TERRITORIALE

Dalle rilevazioni e dal monitoraggio di oltre due anni dei parametri caratteristici del processo nei centri SIA di Marsciano e CODEP di Bettona si sono avuti i seguenti risultati.

Nel centro SIA sono stati trattati mediamente 116.000 m<sup>3</sup> di liquame e sono state prodotte 110.000 m<sup>3</sup> di acque azotate e 1200 tonnellate di fanghi di depurazione (70% di umidità).

Considerato che la concentrazione di azoto totale delle acque destinate alla fertirrigazione è pari a 1,12 kg/m<sup>3</sup>, si ha una disponibilità totale pari a 123.200 kg di N totale per anno. La quantità di azoto contenuta nei fanghi, pari al 2,4% sul secco, (30% di S.S.) assomma a circa 8640 kg/anno di N totale.

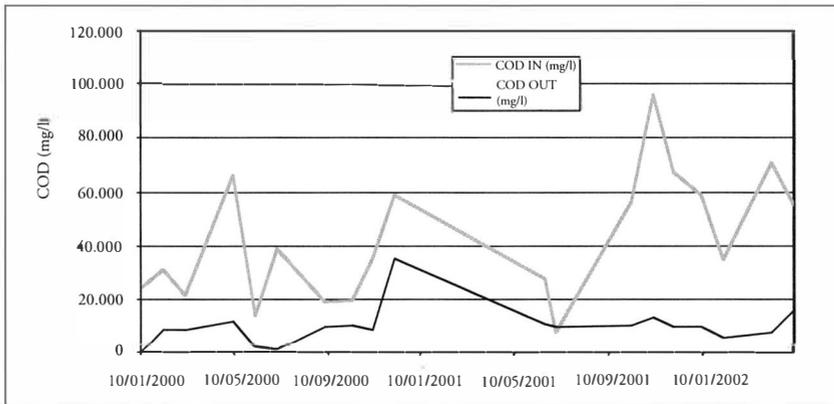
Conseguentemente, per rispettare il limite di 170 kg/anno previsto dal D.Lgs. 258/2000, sono necessari 725 ha e nel caso che anche la frazione solida (fanghi) venga distribuita sulla stessa superficie, necessiterebbero 776 ettari effettivi per lo spandimento.

Nel centro CODEP vengono trattati mediamente 338.000 m<sup>3</sup> di liquame per anno e prodotte 308.790 m<sup>3</sup> di acque azotate e 2900 tonnellate/anno di fanghi di depurazione (al 70% di umidità).

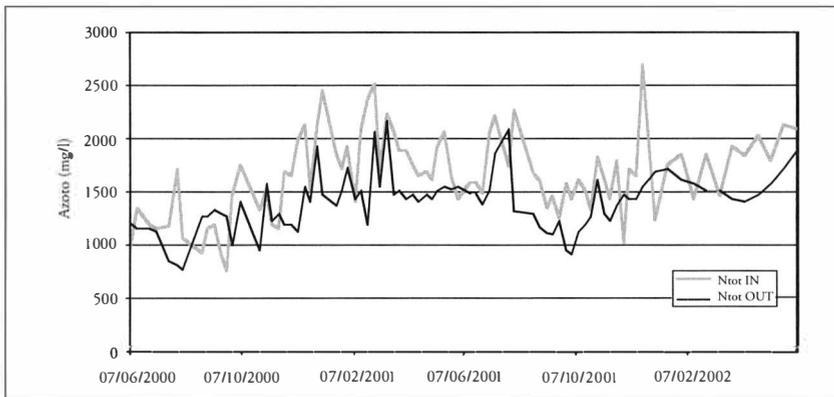
Considerato che la concentrazione media di azoto totale delle acque destinate alla fertirrigazione è pari a 1,39 kg/m<sup>3</sup>, si avrebbe una disponibilità totale pari a 429.218 kg/anno di azoto totale. La quantità mensile di azoto contenuto nei fanghi è pari a 20.880 kg/anno.

Nell'ipotesi del limite imposto di 170 kg/ha/anno risultano necessari per la collocazione di tutto l'azoto prodotto 2650 ettari effettivi per lo spandimento.

Va rilevato che i limiti stabiliti dal D.Lgs 258/2000 per il quantitativo di effluente zootecnico che può essere sparso sul terreno

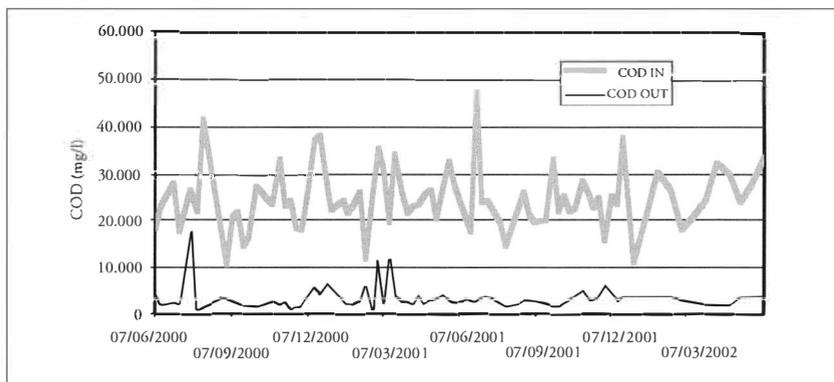


Graf. 9 Andamento dei valori dei COD contenuto nei liquami all'ingresso e all'uscita dell'intero sistema del SIA di Marsciano misurati nel periodo di monitoraggio da gennaio 2000 a maggio 2002



Graf. 10 Andamento dei valori dell'azoto totale contenuto nei liquami all'ingresso e all'uscita dell'intero sistema del centro CODEP di Bettona misurati nel periodo di monitoraggio da gennaio 2000 a maggio 2002

ogni anno, compreso quello depositato dagli animali stessi, e pari a 250 kg di azoto per ha e 170 kg di azoto (per le zone vulnerabili) per ha si riferiscono a effluenti prodotti da aziende agricole o allevamenti, mentre i centri consortili di gestione dei liquami sono considerati stabilimenti industriali (nel caso specifico impianti per il recupero energetico di prodotti fertilizzanti).



Graf. 11 *Andamento dei valori dei COD contenuto nei liquami all'ingresso e all'uscita dell'intero sistema del centro CODEP di Bettona misurati nel periodo di monitoraggio da gennaio 2000 a maggio 2002*

In attesa dell'emanazione delle norme tecniche per l'utilizzazione agronomica degli effluenti, prevista dal D.Lgs. n. 258 del 18/8/2000, in Umbria è in vigore un provvedimento deliberato dalla Giunta Regionale in data 22/12/2000 n. 1577 "direttive tecniche provvisorie per la corretta gestione e utilizzazione agronomica dei reflui zootecnici, delle acque reflue dei frantoi oleari e dei fanghi di depurazione, al fine della salvaguardia e tutela delle acque dagli inquinamenti", che recepisce quanto disposto dalla 258/2000, in attesa di disciplinare organicamente le attività di utilizzazione agronomica dei reflui e che lascia in vigore fino alla loro scadenza le autorizzazioni a suo tempo rilasciate.

Rimane tuttora aperto il problema della classificazione dei centri nella futura organica disciplina e se essi potranno essere assimilati alle aziende agricole.

Comunque alcune considerazioni di carattere territoriale nel caso di assimilazione dei centri ad aziende agricole vanno ipotizzate.

La normativa dovrebbe inquadrarsi nell'ambito delle scelte di pianificazione degli enti territoriali, in merito alla gestione delle risorse idriche e produttive dei diversi settori.

In particolare, nelle aree più congestionate le soluzioni per il risanamento del territorio dovrebbero essere inserite nei piani di bacino plurisetoriali, trattandosi di problemi complessi e interdipendenti.

PARAMETRO	EMISSIONI IN ACQUE SUPERFICIALI	EMISSIONI IN FOGNATURA
COD (come O <sub>2</sub> )	≤ 160 mg/L.	≤ 500 mg/L.
Azoto ammoniacale	≤ 15 mg/L.	≤ 30 mg/L.
Azoto nitroso (come N)	≤ 0,6 mg/L.	≤ 0,6 mg/L.
Azoto nitrico (come N)	≤ 20 mg/L.	≤ 30 mg/L.

Tab. 3 *Alcuni valori estratti della tabella 3, allegata al D.Lgs. 258/2000*

Per raggiungere la compatibilità dei centri e la massima valorizzazione degli effluenti risultano necessari:

- incentivi per la redistribuzione territoriale del carico zootecnico con il trasferimento in aree idonee degli allevamenti a collocazione più sfavorita e la diffusione di pretrattamenti aziendali dei liquami;
- interventi per il risparmio delle acque di lavaggio e per la limitazione della produzione dei liquami;
- promozione e incentivazione di strutture di tipo consortile per la gestione dei reflui con accentramento dei trattamenti in un unico impianto e decentramento dello spargimento dei prodotti residuali in aree le cui caratteristiche intrinseche siano più idonee a ricevere tali prodotti, valutate attraverso analisi multicriteria di vulnerabilità territoriale e rischio ambientale;
- trattamento delle eccedenze residue attraverso:
  - incentivi per l'installazione di soluzioni tecnologiche che consentano l'abbattimento ulteriore degli inquinanti fino alla soglia corrispondente alla disponibilità effettiva dei terreni atti allo spargimento delle frazioni liquide chiarificate;
  - reperimento di ulteriori terreni a scala di sottobacino, in base alle caratteristiche di vulnerabilità territoriale e di rischio ambientale all'inquinamento da reflui zootecnici.

#### RINGRAZIAMENTI

Si è grati al centro SIA di Marsciano ed al centro CODEP di Bettona ed in particolare a Walter Rogari per la disponibilità e per l'aiuto fornito per l'espletamento del monitoraggio e per l'acquisizione dei dati.

## SUMMARY

Livestock waste disposal without control could cause pollution of superficial and deep water when spreading animal waste on land surfaces exceeds the ability of soil to immobilize and to transform nutrients and of crops to assimilate nutrients.

Manure aspersion or sprinkling partially clarified water on soil can limit risks and use the fertilizer content of waste water.

In areas where there are surplus of livestock waste regarding the agricultural available area (SAU) it is possible the adoption of centralizes waste treatment systems. These systems concur to corrected animal waste management and concur to planning distribution of fractions clarified on designed areas.

In first part of this work was analysed the problems of centralizes waste treatment systems through the study of the more recent laws of the field.

In particular the work present the results of statistics analysis about the river Tevere watershed.

This research has concerned the evaluation of livestock systems on this watershed to individualize areas subjected to strong environmental pressure.

Two centralizes waste treatment systems are evaluated in relation to effectiveness and efficiency of treatment technology.

At the end, proposal for land planning are formulated to obtain environmental compatibility of treatment systems and to improve the utilisation of animal waste nutrients.

## BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1991): *Zootecnia ed ambiente*, supplemento a «L'Informatore Agrario», Verona.
- AA.VV. (1992): *Agricultural Waste Management Systems*, in *Agricultural Waste Management Field Handbook*, Soil conservation Service.
- ABBOZZO P. e MENNELLA V. (1993): *L'impatto delle agro-tecnologie nel bacino del Tevere*, Franco Angeli, Milano.
- ANPA - Arpa Piemonte, 200 - Progetto RTI CTN\_ssc 1/2000: *Sviluppo di indicatori per il suolo e i siti contaminati*, Roma-Torino, Materiale su internet: <http://www.sinanet.anpa.it>.
- ANPA (2000): *Il monitoraggio dello stato dell'ambiente in Italia*, Roma.
- AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (1996): *Atti del comitato istituzionale (Contenimento dell'inquinamento provocato dagli allevamenti zootecnici nel bacino del fiume Po)*, Deliberazione n. 12/1996, Parma.
- AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2001): *Progetto di Piano stralcio per il controllo dell'Eutrofizzazione*, Relazione, Norme d'attuazione e Linee guida, Parma.
- BALSARI P. e AIROLDI G. (2000): *Utilizzo agronomico dei reflui zootecnici*, «Rivista di Suinicoltura», 7, Ed. agricole, Bologna.

- BARBARI M. e NOTARI L. (1999): *Modalità di gestione dei reflui nelle porcilaie*, «Rivista di Suinicoltura», 12, Ed. agricole, Bologna.
- BETTINI V. (1990): *L'analisi ambientale*, Clup, Milano.
- BORIN, GIARDINI, MOLARI, BERTI, LUGATO (2001): *Prime osservazioni sulla concentrazione di N nitrico sotto la zona radicale in sistemi colturali diversi*, «GR – Estimo e territorio», 5.
- BRENNA (1997): *Utilizzazione delle informazioni pedologiche nella gestione dei reflui zootecnici in Lombardia*, in Atti del seminario “L'utilizzazione agronomica dei reflui zootecnici: il contributo della Pedologia”, Bologna.
- CENTRO RICERCHE PRODUZIONI ANIMALI (1993): *Manuale per la gestione e l'utilizzazione agronomica dei reflui zootecnici*.
- COMMISSIONE DELLE COMUNITÀ EUROPEE, Direttiva del Consiglio del 12 dicembre 1991, relativa alla *Protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole* (91/676/CEE), Gazzetta Ufficiale delle Comunità europee N.L. 375/1 del 31 dicembre 1991.
- CRPA (2001): *Liquami zootecnici: manuale per l'utilizzazione agronomica*, Edizioni dell'Informatore Agrario, Verona.
- DPVTA Università di Udine, USL n. 6 *San Daniele del Friuli* (UD) (1994): *Attività zootecniche e tutela dell'ambiente*.
- DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA, 18 Agosto 2000, n. 258 - *Disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento*, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128. Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 218, del 18 settembre 2000.
- DISTASO (2000): *Esercizio dell'attività agricola e qualità ambientale. Un approccio secondo la teoria dei costi sociali*, «Rivista di Politica Agraria», 3, Roma.
- MACELLARI E. (2000): *Strutture zootecniche e impatto ambientale*, «Genio Rurale», 2, Ed. agricole, Bologna.
- MALCEVSCHI S. (1991): *Qualità ed impatto ambientale*, ETAS libri, Milano.
- MARINI, ANDREOLI, BELLINI, BERNAZZALI, BRIN (2001): *Inquadramento agroambientale e descrizione del progetto*, «GR – Estimo e territorio», 5.
- MARTINI P. (1988): *Lo smaltimento dei liquami zootecnici nella normativa nazionale regionale*, «Genio Rurale», 10, Ed. agricole, Bologna.
- MENNELLA V., FRAREY L., ABBAZZO P., MACELLARI E. (1998): *Livestock waste management. Watersheed approach in Italy, Florida and Texas*, «Rivista di Ingegneria agraria», 3, Ed. agricole, Bologna.
- MENNELLA V. (1997): *Criteri per il controllo dell'impatto ambientale di infrastrutture, edifici, impianti per la zootecnia e l'agricoltura sul territorio rurale*, «Genio rurale», 1.
- MENNELLA V. (1997): *Qualità dell'ambiente e sviluppo delle aree rurali*, «Genio Rurale», 1, Ed. agricole, Bologna.
- MENNELLA V., BORGHI P., PORCEDDU P.R. (2000): *Rischio ambientale derivato dall'aspirazione dei reflui zootecnici sul territorio*, Atti Convegno AIIA “Le

- costruzioni per la produzione agricola ed il territorio rurale”, Bologna SAIE 19-20 ottobre 2000.
- MENNELLA V., MACELLARI E., BORCHI P., PORCEDDU P.R. (1995): *Le carte di vulnerabilità per l'analisi della qualità ambientale*, «Genio Rurale», 6, Ed. agricole, Bologna.
- MIPA – Decreto Ministeriale n. 86/1999, *Codice di buona pratica agricola*, G.U. n. 102, 4 maggio 1999, Roma.
- PROGETTO PANDA (1996): *Guida alla lettura ed interpretazione del Codice di Buona Pratica agricola per la protezione delle acque dai nitrati*, Ed. agricole, Bologna.
- PROVINCIA DI MANTOVA (2001): *Progetto gestione reflui zootecnici: carta della vulnerabilità pedologica*, a cura di Michieli, Massotto, Pasquali.
- REGIONE LOMBARDIA, Direzione Generale Agricoltura (2001): *Stato attuale di presentazione dei piani di utilizzazione agronomica dei reflui zootecnici*, in documento su internet GIARA 37, disponibile sul sito <http://www.agricoltura.regione.lombardia.it>.
- REGIONE LOMBARDIA, DI.RE.ZO (2000): *Distribuzione dei reflui zootecnici*, Milano.
- SANGIORGI F., BALSARI P., BONFANTI P. (1986): *Reflui zootecnici*, Edagricole, Bologna.



Finito di stampare  
dalla Tipografia ABC  
nel mese di marzo 2003

ISSN 0367/4134

Direttore responsabile: prof. Sergio Orsi  
Autorizzazione del Tribunale di Firenze n° 1056 del 30 Aprile 1956

