

# 5

UNO STRUMENTO  
PER L'ANALISI ECONOMICA  
DELLE FILIERE INTEGRATE  
PER LA GESTIONE  
DEGLI EFFLUENTI  
DI ALLEVAMENTO

# Indice

## 5 Uno strumento per l'analisi economica delle filiere integrate per la gestione degli effluenti di allevamento

■ 5.1	Approccio metodologico.....	pag.131
5.1.1	Le tecnologie.....	» 131
5.1.2	Le filiere integrate.....	» 132
5.1.3	Criteri di valutazione dei progetti di investimento ...	» 132
■ 5.2	Il modello ValEA .....	» 133
5.2.1	Dati <i>input</i> : le caratteristiche dell'azienda.....	» 133
5.2.2	Output del modello.....	» 134
5.2.3	Parametri tecnico-economici delle filiere integrate di gestione degli EA.....	» 139
5.2.4	Filiere integrate.....	» 143
■ 5.3	Considerazioni conclusive .....	» 145

# Autori

Davide Pettenella (*referente scientifico*)

Mattia Cai

Diego Gallo

# 5 Uno strumento per l'analisi economica delle filiere integrate per la gestione degli effluenti di allevamento

I modelli di gestione degli EA esaminati in questo studio si possono interpretare come pacchetti di linee tecnologiche – come, per esempio, la separazione liquido-solido o la digestione anaerobica – variamente messe in filiera. Per questo motivo, con l'obiettivo di valutare la fattibilità e convenienza dei principali modelli di gestione degli effluenti di allevamento (EA) attraverso analisi economico-finanziarie comparate, ci si riferisce qui ai modelli di gestione degli EA come a filiere integrate.

La comparazione delle filiere integrate è basata su vari indicatori di performance economico-finanziaria, calcolati utilizzando approcci di uso consolidato nell'analisi finanziaria degli investimenti e nell'analisi costi-benefici.

Nel condurre questo tipo di valutazioni, una fonte di difficoltà è rappresentata dalla varietà degli allevamenti del Veneto in termini di dimensioni (numero di capi e superficie aziendale), delle caratteristiche tecniche delle strutture aziendali (per esempio, le modalità di stabulazione), dei vincoli normativi cui devono sottostare nel gestire l'azoto di origine zootecnica (collocazione in zona vulnerabile o meno), nonché di disponibilità, costi e distanza dei terreni in asservimento. Anziché individuare, all'interno di questa vasta casistica, un numero inevitabilmente molto contenuto di aziende tipo da sottoporre ad un esame approfondito, si è optato, d'accordo con il gruppo di coordinamento del progetto RiduCaReflui, per la costruzione di un più flessibile strumento software, che consentisse di produrre le analisi oggetto di questo rapporto per un'arbitraria azienda di interesse in maniera automatizzata e con un buon livello di approssimazione. Questo strumento (modello ValEA) è stato implementato come una cartella di calcolo in Microsoft Excel® (fruibile nel sito web del progetto).

A partire da limitati dati tecnico-economici sull'azienda agricola impostati dall'utente, il modello ValEA permette di produrre una dettagliata analisi di convenienza, sostenibilità finanziaria e impatto ambientale delle principali filiere integrate per la gestione degli EA tra cui concettualmente l'allevatore ha la possibilità di scegliere.

Sebbene la terminologia utilizzata in questa relazione enfatizzi l'utilizzo del modello ValEA per condurre delle analisi a livello aziendale, il modello può essere utilizzato – pur riesaminando con cautela i costi di trasporto – anche per esplorare le opportunità offerte da filiere integrate che coinvolgono gruppi di allevamenti.

I calcoli alla base di tutte le analisi si fondano, oltre che sulle caratteristiche aziendali definite dall'utente, su un

gran numero di parametri tecnici ed economici. Questi parametri sono impostati a valori predefiniti che, benché a loro volta modificabili dall'utente, sono stati definiti in collaborazione con le unità operative del progetto RiduCaReflui responsabili dei monitoraggi e della validazione economica delle tecnologie.

Il presente capitolo è strutturato come segue: la sezione 5.1 descrive l'approccio metodologico utilizzato nella costruzione del modello ValEA; la sezione 5.2 illustra in dettaglio il contenuto di ciascuna componente del modello; la sezione 5.3 presenta alcune considerazioni conclusive.

## 5.1 Approccio metodologico

Per la gestione dei propri EA, un allevatore può scegliere tra varie filiere integrate. Può, per esempio, farne un uso agronomico, sottoporli ad un processo di separazione liquido-solido, avviarli ad un trattamento di rimozione dell'azoto a valle di una digestione anaerobica, etc. L'impostazione della nostra analisi assume che, nella situazione di partenza (*Business As Usual*, BAU), tutti gli EA prodotti dall'azienda vengano destinati all'utilizzo agronomico nel rispetto della Direttiva Nitrati e delle norme nazionali e regionali di recepimento, ma senza aver ricevuto alcun tipo di trattamento. Rispetto al BAU, l'adozione di una qualsiasi filiera integrata per la gestione degli EA da parte dell'allevatore comporta inizialmente un costo di investimento e successivamente un flusso di costi e di ricavi (sotto forma di minori costi rispetto alla situazione di partenza) legati al suo funzionamento ordinario. La scelta tra le filiere integrate può dunque essere analizzata come una scelta tra diversi progetti di investimento.

### 5.1.1 Le tecnologie

Ciascun possibile progetto di investimento si compone di una serie di tecnologie messe in filiera. Le filiere integrate per la gestione degli EA esaminate dal modello ValEA sono combinazioni di soluzioni tecnologiche classificabili in quattro famiglie:

- Separazione liquido-solido (L/S)
- Digestione anaerobica (DA)
- Trattamenti biologici di rimozione dell'azoto (DN/N)
- Trattamenti di recupero dell'azoto attraverso strippaggio dell'ammoniaca e sua complessazione con acido solforico con formazione di solfato di ammonio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

### 5.1.2 Le filiere integrate

Le filiere integrate di gestione degli EA tra le quali si assume che le aziende zootecniche possano scegliere sono di seguito trattate.

#### 1a. Separazione liquido-solido con separatore di tipo standard

L'azienda installa un separatore del tipo più diffuso (per es. separatori a cilindri rotanti o a compressione elicoidale), a valle del quale tanto gli effluenti palabili (cioè la frazione solida derivante dal processo di separazione e il letame eventualmente prodotto dall'azienda) quanto quelli non palabili sono comunque avviati all'utilizzo agronomico.

#### 1b. Separazione liquido-solido con separatore ad efficienza elevata

L'unica differenza rispetto all'opzione precedente è che il separatore installato presenta tanto costi di investimento quanto efficienze di separazione più elevate.

#### 2. Separazione liquido-solido e abbattimento dell'azoto nella frazione liquida

Il contenuto di azoto della frazione liquida, ottenuta da un processo di separazione condotto con un apparecchio di tipo standard, viene abbattuto attraverso un trattamento di tipo Nitro-Denitro (N-DN). Tanto la fase liquida a ridotto tenore di azoto, quanto il separato solido ed eventualmente il letame, vengono utilizzati in campo.

#### 3 (a, b, c). Digestione anaerobica degli effluenti in un impianto a biogas

Tutti gli effluenti prodotti dall'azienda sono utilizzati per la produzione di energia in un impianto a biogas, in codigestione con un opportuno quantitativo di colture dedicate (es. mais insilato). Il digestato, dopo una fase di separazione liquido-solido, è destinato all'utilizzo agronomico. Si prendono in esame tre varianti di questo modello di gestione di EA che si differenziano solo per la potenza elettrica dell'impianto di biogas (rispettivamente 100, 250 e 1000 kWe).

#### 4 (a, b, c). Digestione anaerobica degli effluenti in un impianto a biogas e abbattimento dell'azoto nella frazione liquida del digestato

Questo modello di gestione è in tutto e per tutto analogo al precedente, ma la frazione liquida del digestato, prima di essere utilizzata in campo, subisce un trattamento biologico di abbattimento dell'azoto.

#### 5. Digestione anaerobica degli effluenti in un impianto a biogas e recupero dell'azoto nella frazione liquida del digestato

Tutti gli effluenti di allevamento sono inviati ad un processo di digestione anaerobica. In seguito, l'azoto presente nel separato liquido ottenuto dal digestato viene in gran parte recuperato attraverso un impianto di strippaggio. Infine, tutti gli effluenti (separato liquido del tal quale a ridotto contenuto di azoto, nonché la frazione liquida e quella solida del digestato) trovano utilizzo agronomico.

### 5.1.3 Criteri di valutazione dei progetti di investimento

Le filiere integrate di gestione degli EA sono messe a confronto da quattro punti di vista:

- 1) convenienza finanziaria;
- 2) sostenibilità finanziaria;
- 3) desiderabilità economica;
- 4) performance ambientale.

Il modello ValEA produce degli indicatori di sintesi che consentono di valutare la performance relativa di una filiera integrata da ognuno di questi punti di vista.

#### 1. Convenienza finanziaria

La convenienza per l'investitore di adottare una certa filiera integrata è valutata, a partire dai flussi di cassa generati dal progetto di investimento, attraverso due indicatori finanziari di uso comune:

- il valore attuale netto (VAN)

$$VAN = \sum_{t=0}^T \frac{R_t}{(1+i)^t}$$

dove  $R_t$  indica il flusso di cassa netto del progetto (il saldo di tutte le entrate e di tutte le uscite) nell'anno  $t$ ,  $T$  rappresenta la vita utile del progetto e  $i$  è il tasso di sconto (il rendimento che si potrebbe ottenere da un investimento alternativo con un livello di rischio simile).

- il tasso interno di rendimento (TIR), cioè il tasso di sconto che rende pari a zero il VAN del progetto. In termini analitici, il TIR è dato dal valore di  $i$  che risolve l'equazione

$$VAN = \sum_{t=0}^T \frac{R_t}{(1+i)^t} = 0$$

Tutti i costi e ricavi derivanti dal progetto vengono calcolati come differenza tra la situazione "con il progetto" e lo scenario BAU in cui tutto l'effluente è avviato all'utilizzo agronomico nel rispetto della normativa sui nitrati, ma senza ricevere alcun tipo di trattamento.

Per una più ampia trattazione delle metodologie di analisi degli investimenti, il lettore è rinvio, per esempio, a European Commission (2008).

#### 2. Sostenibilità finanziaria

Un progetto è sostenibile dal punto di vista finanziario se non corre il rischio di rimanere a corto di liquidità in futuro. Date le informazioni fornite dall'utente sulle fonti e sulle modalità di finanziamento del progetto (risorse proprie da investire e condizioni di accesso a credito), ValEA verifica che la scansione temporale delle entrate e delle uscite di cassa legate al progetto garantisca un saldo positivo in ogni anno della durata del progetto.

#### 3. Desiderabilità economica

Lo scopo dell'analisi economica è valutare l'opportunità di investire in ciascuna filiera integrata per la gestione degli EA non dal punto di vista dell'investitore, ma da quello della

collettività. Analiticamente del tutto analogo al VAN finanziario descritto sopra, il VAN calcolato nell'ambito dall'analisi economica si distingue perché le varie voci di costo e di ricavo non sono valutate secondo un criterio finanziario (esborso monetario), ma secondo un criterio di costo opportunità.

L'analisi economica implementata nel modello VaEA è semplificata. In pratica, l'unica – ma molto significativa – differenza rispetto alla valutazione con criterio finanziario consiste nel diverso prezzo utilizzato per valorizzare l'energia elettrica prodotta dagli impianti a biogas. In questo caso, infatti, anziché utilizzare la tariffa onnicomprensiva di 0,28 €/kWh, l'elettricità viene valutata utilizzando il suo prezzo di mercato.

Per un'analisi economica completa il modello deve essere implementato con una serie di rilevazioni su costi e benefici ambientali di ciascuna tecnologia e contesto territoriale analizzato, dovrebbe tenere conto anche dei diversi effetti ambientali che derivano dall'implementazione di un progetto di investimento piuttosto che un altro. In pratica, questo non è possibile a causa della scarsità di dati economici affidabili riguardo all'impatto ambientale delle varie tecnologie.

#### 4. Performance ambientale

Pur non tentando di associare un valore economico all'impatto ambientale di ciascuna filiera integrata di gestione degli EA, la nostra analisi tiene conto, seppure in maniera sommaria, della destinazione finale di tutto l'azoto che entra nel processo – tanto per quello di origine zootecnica, quanto per quello che entra nel processo attraverso le biomasse non-zootecniche eventualmente utilizzate per la co-digestione.

## 5.2 Il modello VaEA

Il modello VaEA è implementato come una serie di fogli di calcolo in Microsoft Excel®. I fogli elettronici che lo costituiscono sono organizzati in quattro gruppi di seguito descritti.

- Caratteristiche dell'azienda:** fogli in cui l'utente imposta le principali caratteristiche dell'allevamento come, per esempio, il numero di capi e le modalità di stabulazione.
- Risultati:** fogli dove sono riportati i risultati delle analisi di convenienza e sostenibilità finanziaria, di desiderabilità economica e di performance ambientale.
- Assunzioni e parametri tecnico-economici:** sezione in cui sono stati inseriti i dati di input e le assunzioni a cui attingono tutti i fogli di calcolo del modello, organizzati a seconda della tecnologia. I parametri sono concepiti come fattori esogeni tipici che caratterizzano le diverse tecnologie.
- Filiere integrate:** fogli elettronici numerati da 0 a 5 – uno per ciascuna filiera integrata – in cui vengono presentati in dettaglio i calcoli alla base dei fogli *Risultati*.

Nei paragrafi che seguono, il contenuto di ciascun gruppo di fogli di calcolo è presentato in maggior dettaglio utiliz-

zando come esempio un allevamento di dimensioni piuttosto consistenti di suini da ingrasso.

### 5.2.1 Dati input: le caratteristiche dell'azienda

Il foglio di calcolo "Caratteristiche dell'azienda" consente di impostare le caratteristiche dell'azienda per la quale si desidera effettuare l'analisi comparativa delle filiere integrate di gestione degli EA. Il modello VaEA necessita di tre tipi di informazioni.

#### Caratteristiche dell'allevamento

All'utente è richiesto di indicare il numero di capi presenti nell'allevamento, suddivisi tra bovini da latte, bovini da carne e suini da ingrasso (Figura 1). Si sottolinea che tra i capi bovini da latte è opportuno contare solamente le vacche in produzione. A queste ultime, infatti, viene automaticamente aggiunto un numero di capi da rimonta stimato in base alle caratteristiche tipiche degli allevamenti della pianura veneta.

**Figura 1 – Caratteristiche dell'allevamento**

Caratteristiche dell'allevamento		
<b>Consistenza media dell'allevamento</b>		
Bovini da latte in produzione	0	
Vitelloni da carne	0	
Suini da ingrasso	6000	
<b>Modalità di stabulazione</b>		
Vacche da latte	1	<b>1</b> Fissa con paglia; <b>2</b> Libera su cuccette senza paglia; <b>3</b> Libera su lettiera permanente; <b>4</b> Libera con cuccette con paglia (testa a testa); <b>5</b> Libera con cuccette con paglia (groppa a groppa)
Capi da rimonta	1	
Vitelloni da carne	1	
Suini da ingrasso	1	

Per ciascuna tipologia animale è possibile impostare la modalità di stabulazione, scegliendo il codice che corrisponde alla stabulazione desiderata. Ciascuna di queste celle ha abbinato un commento che consente di interpretare i codici numerici.

#### Terreni per l'utilizzo agronomico

Il foglio di calcolo richiede, inoltre, alcuni dati di input riguardo ai terreni aziendali disponibili per l'utilizzo agronomico degli EA e alle condizioni a cui è possibile fare ricorso a terreni in asservimento (Figura 2).

**Figura 2 – Terreni per l'utilizzo agronomico degli EA**

Terreni per l'utilizzo agronomico		
	Unità	Valore
Terreni aziendali per l'utilizzo agronomico degli effluenti:		
Superficie agricola dell'azienda	ha	40
Distanza dei terreni aziendali	km	1
Terreni aziendali in zona vulnerabile?	(0: no, 1: si)	1
Terreni in asservimento:		
Distanza dei terreni in asservimento*	km	7
Terreni in asservimento in zona vulnerabile?	(0: no, 1: si)	1
Costo dei terreni in asservimento	EUR/ha	200

In primo luogo, è necessario indicare la superficie aziendale in grado di ricevere l'effluente, quanto essa dista dall'allevamento e se si trovi in una zona designata come vulnerabile ai sensi della Direttiva Nitrati. Nelle celle sottostanti si inseriscono le informazioni sulle distanze e i costi dei terreni in asservimento, nonché sulla loro collocazione in zona vulnerabile. La superficie in asservimento necessaria per una gestione degli EA in ottemperanza alla Direttiva Nitrati è calcolata da ValEA.

#### Finanziamento dell'investimento

Infine, è possibile definire quante risorse proprie l'azienda possa investire nell'adozione di una filiera integrata e a quali condizioni possa accedere al credito. Queste informazioni sono necessarie solamente ai fini della valutazione di sostenibilità finanziaria del progetto (si veda il punto 2 nella sezione 5.2).

**Figura 3 – Finanziamento dell'investimento**

Finanziamento dell'investimento			
	Unità	Valore	
Risorse aziendali	EUR	50.000	
Interessi annuali su mutui	%	4%	
Durata mutui	anni	8	

#### 5.2.2 Output del modello

I risultati delle analisi comparate delle filiere integrate – condotte utilizzando gli input forniti dall'utente attraverso il foglio "Caratteristiche dell'azienda" e una serie di parametri tecnico-economici contenuti nei fogli di calcolo descritti nel paragrafo 5.2 – sono riportati nelle seguenti tabelle riportate in figura.

##### 1) Costi di gestione degli EA

Una prima tavola riassuntiva presenta, per tutte le filiere integrate di gestione degli EA comprese nel modello, i costi

di investimento overnight (cioè ignorando la loro scansione temporale) necessari alla sua adozione (Figura 4). Una tavola analoga riassume i flussi annuali di costi e ricavi derivanti da ciascuna filiera integrata una volta che questa sia entrata a regime (Figura 6). Tutti i valori che compaiono in questa pagina sono calcolati a partire dagli input forniti dall'utente e dai parametri tecnico-economici descritti nella sezione 5.1.

##### 2) Analisi finanziaria

In questo foglio è possibile consultare i risultati delle analisi finanziarie.

In particolare, una prima tavola riassuntiva presenta i valori degli indicatori finanziari (Figura 5). Per ogni filiera integrata di gestione degli EA, vengono presentati il VAN – calcolato per due diversi valori del tasso di sconto (5% e 10%) e misurato in migliaia di euro – e il TIR del progetto di investimento. Quando non è possibile effettuare il calcolo del TIR, nella cella corrispondente compare la scritta "n.d."

I flussi di entrate e uscite alla base del calcolo del VAN e del TIR per le varie filiere integrate e la loro scansione temporale sono consultabili in dettaglio in una serie di tabelle sottostanti. A titolo esemplificativo, la figura 7 mostra questi flussi per la filiera integrata (4b) – che prevede prima la (co)digestione anaerobica degli EA e successivamente un trattamento di abbattimento dell'azoto nel digestato – nel caso dell'allevamento con 6000 suini utilizzato come esempio in tutto questo capitolo.

Nei prospetti che seguono, i flussi finanziari in entrata compaiono con segno positivo, quelli in uscita con segno negativo. È importante osservare come ciascuno di questi flussi sia misurato, in migliaia di euro, come differenza rispetto al BAU. Dunque, in un dato anno, un valore di +7.1 nella riga corrispondente all'utilizzo agronomico degli effluenti significa che la filiera integrata in questione consente di ridurre i costi di spandimento di 7100 € rispetto al BAU (utilizzo agronomico del tal quale).

**Figura 4 – Costi di investimento per l'implementazione delle filiere integrate di gestione degli EA**

	Costo overnight di investimento delle filiere integrate per la gestione degli EA (EUR)											
	BAU	Filiera integrata di gestione degli EA				3. DA			4. DA -> N-D			5. DA -> Strip
		Standard	Elevata eff.	2. Sep. L-S -> N-D	100 kW	250 kW	1000 kW	100 kW	250 kW	1000 kW		
Separazione liquido-solido	0	24.000	38.400	24.000	0	0	0	0	0	0	0	
Separatore	0	20.000	32.000	20.000	0	0	0	0	0	0	0	
Oneri di messa in opera	0	4.000	6.400	4.000	0	0	0	0	0	0	0	
Abbattimento dell'azoto	0	0	0	244.194	0	0	0	198.883	249.127	500.344	0	
Opere civili	0	0	0	169.344	0	0	0	137.922	172.765	346.979	0	
Opere elettromeccaniche	0	0	0	67.738	0	0	0	55.169	69.106	138.792	0	
Oneri di progettazione	0	0	0	7.112	0	0	0	5.793	7.256	14.573	0	
Digestione anaerobica	0	0	0	0	625.000	1.250.000	3.750.000	625.000	1.250.000	3.750.000	3.750.000	
Opere civili	0	0	0	0	265.000	537.500	1.700.000	265.000	537.500	1.700.000	1.700.000	
Opere elettromeccaniche	0	0	0	0	225.000	437.500	1.250.000	225.000	437.500	1.250.000	1.250.000	
Cogeneratore	0	0	0	0	135.000	275.000	800.000	135.000	275.000	800.000	800.000	
Recupero dell'azoto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	450.000	
Sistema di separazione avanzato	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100.000	
Impianto strippaggio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	350.000	
<b>Costo overnight totale</b>	<b>0</b>	<b>24.000</b>	<b>38.400</b>	<b>268.194</b>	<b>625.000</b>	<b>1.250.000</b>	<b>3.750.000</b>	<b>823.883</b>	<b>1.499.127</b>	<b>4.250.344</b>	<b>4.200.000</b>	

**Figura 5 – Indicatori sintetici di convenienza finanziaria**

Indicatori sintetici di convenienza finanziaria all'investimento				
		Valore Attuale Netto (.000 EUR)		Tasso Interno di Rendimento
		5%	10%	
<b>1) Separazione L-S</b>				
	a. con separatore tipo standard	20	7	15,3%
	b. con separatore ad efficienza elevata	54	27	22,6%
<b>2) Separazione standard e abbattimento azoto fraz. liquida</b>				
		-690	-551	n.d.
<b>3) Digestione anaerobica</b>				
	a. potenza 100 kWe	650	274	17,2%
	b. potenza 250 kWe	1.223	496	16,6%
	c. potenza 1000 kWe	3.501	1.376	16,1%
<b>4) Digestione anaerobica e abbattimento dell'azoto nel digestato</b>				
	a. potenza 100 kWe	-158	-317	2,1%
	b. potenza 250 kWe	381	-130	8,4%
	c. potenza 1000 kWe	1.743	74	10,3%
<b>5) Digestione anaerobica e recupero dell'azoto dal digestato</b>				
		3.513	1.269	15,1%

#### Alcune considerazioni in merito agli indicatori sintetici di convenienza

La tavola riassuntiva in figura 5, per il caso dell'allevamento con 6000 suini utilizzato come esempio, suggerisce diverse considerazioni. In primo luogo, gli indicatori finanziari mostrano come molte delle filiere integrate esaminate dal modello siano per l'azienda più convenienti rispetto allo scenario BAU. In generale, ciò non è altrettanto vero se si esaminano allevamenti di dimensioni più contenute, dove spesso i risparmi sui costi annui di gestione degli EA conseguiti attraverso l'adozione di una filiera integrata più complessa (per esempio, un semplice separatore) non sono sufficienti a ripagare l'investimento iniziale. Per gli allevamenti che operano su scala ridotta, la gamma di filiere integrate preferibili allo *status quo* è decisamente più ristretta.

In secondo luogo, si può osservare come le filiere integrate che prevedono una fase di digestione anaerobica tendano ad essere sistematicamente più attraenti – in termini di VAN – rispetto alle soluzioni che prescindono dall'impianto di biogas. Questa osservazione, che emerge come un risultato generale del modello ValEA in maniera relativamente slegata dalle caratteristiche aziendali, dipende dal generoso regime di incentivi di cui beneficia la produzione di energia da biomasse.

Le economie di scala nella produzione di energia da biogas e la struttura del sistema di incentivi alla produzione di elettricità fanno sì che – fintantoché la potenza elettrica installata si mantenga entro il limite massimo di 1 MW che permette di accedere alla tariffa onnicomprensiva e l'azienda sia in grado di finanziarne la costruzione – un impianto di co-digestione anaerobica sia tanto più remunerativo quanto maggiore è la sua capacità produttiva. In fase di progetto, dunque, è generalmente conveniente aumentare la capacità produttiva dell'impianto avviando a digestione, oltre agli effluenti zootecnici aziendali, quantitativi di biomassa dedicata (per esempio, di insilato di mais).

Inoltre, una filiera integrata che, in aggiunta alla digestione anaerobica, preveda anche un trattamento di rimozione dell'azoto (per esempio, la filiera integrata 4c nella Figura 5) risulta per l'azienda meno conveniente rispetto ad una filiera integrata simile ma che preveda la sola digestione anaerobica (filiera integrata 3c). Ciò accade perché, salvo in contesti territoriali dove il problema degli EA è più evidente, introdurre una tecnologia di trattamento dell'azoto comporta per l'allevamento dei costi aggiuntivi, che i risparmi sui costi di asservimento dei terreni per l'uso agronomico del digestato non bastano a ripagare. Da questo punto di vista, fa eccezione la filiera integrata che prevede lo strippaggio (filiera integrata 5), dal momento che in questo caso è possibile vendere il solfato di ammonio recuperato. Questo risultato, d'altra parte, dipende in maniera cruciale dal valore che si sceglie di attribuire al solfato di ammonio, per il quale non è al momento ancora chiaro se, e a quali condizioni, esista un mercato.

**Figura 6 – Costi e ricavi operativi delle filiere integrate di gestione degli EA**

Costi e ricavi operativi (EUR/anno) delle filiere integrate di gestione degli EA (a regime)											
	Filiera integrata di gestione degli EA										
	BAU	1. Sep. L-S		2. Sep. L-S -> N-D	3. DA			4. DA -> N-D			5. DA -> Strip.
		Standard	Elevata eff.		100 kW	250 kW	1000 kW	100 kW	250 kW	1000 kW	
<b>Ricavi totali</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>203.092</b>	<b>507.730</b>	<b>2.030.918</b>	<b>203.092</b>	<b>507.730</b>	<b>2.030.918</b>	<b>2.100.314</b>
Vendita energia elettrica	0	0	0	0	203.092	507.730	2.030.918	203.092	507.730	2.030.918	2.030.918
Vendita ammonio solfato	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69.396
<b>Costi totali</b>	<b>148.790</b>	<b>145.436</b>	<b>141.603</b>	<b>194.881</b>	<b>224.029</b>	<b>409.007</b>	<b>1.454.868</b>	<b>270.563</b>	<b>474.927</b>	<b>1.594.547</b>	<b>1.480.725</b>
Utilizzo agronomico effluenti	148.790	142.210	131.204	82.097	139.632	156.141	376.650	93.815	109.157	293.284	310.362
Asservimento terreni	61.200	58.400	51.400	4.600	51.600	51.600	84.600	12.000	12.000	23.000	29.800
Trasporto e distribuzione	87.590	83.810	79.804	77.497	88.032	104.541	292.050	81.815	97.157	270.284	280.562
Separazione L-S	0	3.226	10.398	3.226	0	0	0	0	0	0	0
Costi energetici	0	1.802	8.494	1.802	0	0	0	0	0	0	0
Manodopera diretta	0	624	624	624	0	0	0	0	0	0	0
Manutenzione ordinaria	0	800	1.280	800	0	0	0	0	0	0	0
Abbattimento dell'azoto	0	0	0	109.558	0	0	0	92.352	112.903	223.045	0
Costi energetici	0	0	0	6.023	0	0	0	6.287	7.466	20.745	0
Manodopera diretta	0	0	0	4.380	0	0	0	4.380	4.380	4.380	0
Manutenzione ordinaria	0	0	0	2.710	0	0	0	2.207	2.764	5.552	0
Costo reagenti	0	0	0	91.446	0	0	0	74.478	93.293	187.369	0
Monitoraggio remoto	0	0	0	5.000	0	0	0	5.000	5.000	5.000	0
Digestione anaerobica	0	0	0	0	84.396	252.867	1.078.218	84.396	252.867	1.078.218	1.078.218
Biomasse per codigestione	0	0	0	0	58.426	212.797	984.648	58.426	212.797	984.648	984.648
Manodopera diretta	0	0	0	0	6.570	6.570	6.570	6.570	6.570	6.570	6.570
Manutenzione ordinaria	0	0	0	0	14.400	28.500	82.000	14.400	28.500	82.000	82.000
Monitoraggio remoto	0	0	0	0	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Recupero dell'azoto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92.145
Costo dei reagenti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70.516
Consumi elettrici	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.249
Manodopera diretta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.380
Manutenzione ordinaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.000

**Figura 7 – Convenienza finanziaria della filiera integrata 4c**

4c. Digestione anaerobica (250 kW) e trattamento di abbattimento dell'azoto (.000 EUR)												
	Anno											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	16	17
Separatore L-S												
Impianto biogas	-1.875,0	-1.875,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	...	0,0	0,0
Impianto abbattimento azoto	-250,2	-250,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	...	0,0	0,0
Impianto recupero azoto												
Valore residuo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	...	0,0	425,0
<b>A. Costi di investimento</b>	<b>-2.125,2</b>	<b>-2.125,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>...</b>	<b>0,0</b>	<b>425,0</b>
Utilizzo agronomico degli effluenti	0,0	0,0	-144,5	-144,5	-144,5	-144,5	-144,5	-144,5	-144,5	...	-144,5	-144,5
Separazione L-S												
Digestione anaerobica	0,0	0,0	-1.078,2	-1.078,2	-1.078,2	-1.078,2	-1.078,2	-1.078,2	-1.078,2	...	-1.078,2	-1.078,2
Abbattimento dell'azoto	0,0	0,0	-223,0	-223,0	-223,0	-223,0	-223,0	-223,0	-223,0	...	-223,0	-223,0
Recupero dell'azoto												
<b>B1. Costi operativi</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>-1.445,8</b>	<b>-1.445,8</b>	<b>-1.445,8</b>	<b>-1.445,8</b>	<b>-1.445,8</b>	<b>-1.445,8</b>	<b>-1.445,8</b>	<b>...</b>	<b>-1.445,8</b>	<b>-1.445,8</b>
Vendita energia elettrica	0,0	0,0	2.030,9	2.030,9	2.030,9	2.030,9	2.030,9	2.030,9	2.030,9	...	2.030,9	2.030,9
Vendita ammonio solfato												
<b>B2. Ricavi operativi</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2.030,9</b>	<b>2.030,9</b>	<b>2.030,9</b>	<b>2.030,9</b>	<b>2.030,9</b>	<b>2.030,9</b>	<b>2.030,9</b>	<b>...</b>	<b>2.030,9</b>	<b>2.030,9</b>
<b>B. Ricavi operativi netti (B1 + B2)</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>585,2</b>	<b>585,2</b>	<b>585,2</b>	<b>585,2</b>	<b>585,2</b>	<b>585,2</b>	<b>585,2</b>	<b>...</b>	<b>585,2</b>	<b>585,2</b>
<b>Flusso di cassa netto (A + B)</b>	<b>-2.125,2</b>	<b>-2.125,2</b>	<b>585,2</b>	<b>585,2</b>	<b>585,2</b>	<b>585,2</b>	<b>585,2</b>	<b>585,2</b>	<b>585,2</b>	<b>...</b>	<b>585,2</b>	<b>1.010,2</b>
<b>TIR finanziario</b>	<b>10,3%</b>											
Tasso d'interesse	5,0%											
<b>VAN finanziario</b>	<b>1.743</b>											
Tasso d'interesse	10,0%											
<b>VAN finanziario</b>	<b>74</b>											

### 3) Sostenibilità finanziaria

Il prospetto nella parte superiore del foglio "Sostenibilità finanziaria", riprodotto nella figura 8 per il caso in esempio, mostra in maniera sintetica quali filiere integrate di gestione degli EA generino flussi di cassa in entrata sufficienti, date le risorse a disposizione dell'azienda, a coprire le uscite. Come nel caso dell'analisi finanziaria descritta nel paragrafo precedente, è possibile, per ciascuna filiera integra-

ta, esaminare le entrate e le uscite di cassa dell'azienda associate al progetto. La figura 9 presenta la scansione temporale dei flussi in entrata e in uscita derivanti dalla filiera integrata 4c, la quale, pur avendo un VAN positivo (indipendentemente dal fatto che si usi un tasso di sconto del 5% o del 10%), risulta non sostenibile dal punto di vista finanziario date le risorse aziendali e le condizioni di accesso al credito.

**Figura 8 – Sostenibilità finanziaria dell'investimento**

Indicatori sintetici di sostenibilità finanziaria dell'investimento			Flusso di cassa positivo ogni anno	Flusso di cassa cumulato positivo in ogni anno
<b>1) Separazione L-S</b>				
a. con separatore tipo standard			VERO	VERO
b. con separatore ad efficienza elevata			VERO	VERO
<b>2) Separazione standard e abbattimento azoto fraz. liquida</b>				
			FALSO	FALSO
<b>3) Digestione anaerobica</b>				
a. potenza 100 kWe			VERO	VERO
b. potenza 250 kWe			VERO	VERO
c. potenza 1000 kWe			VERO	VERO
<b>4) Digestione anaerobica e abbattimento dell'azoto nel digestato</b>				
a. potenza 100 kWe			FALSO	FALSO
b. potenza 250 kWe			FALSO	FALSO
c. potenza 1000 kWe			FALSO	FALSO
<b>5) Digestione anaerobica e recupero dell'azoto dal digestato</b>				
			VERO	VERO

**Figura 9 – Sostenibilità finanziaria della filiera integrata 4c**

4c. Digestione anaerobica (250 kW) e trattamento di abbattimento dell'azoto (.000 EUR)												
	Anno											
	1	2	3	4	...	9	10	11	...	16	17	
Risorse finanziarie proprie	50,0	0,0	0,0	0,0	...	0,0	0,0	0,0	...	0,0	0,0	
Mutui	2.075,2	2.125,2	0,0	0,0	...	0,0	0,0	0,0	...	0,0	0,0	
<b>A1. Risorse finanziarie totali</b>	<b>2.125,2</b>	<b>2.125,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	...	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	...	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	
Vendita energia elettrica	0,0	0,0	2.030,9	2.030,9	...	2.030,9	2.030,9	2.030,9	...	2.030,9	2.030,9	
Vendita ammonio solfato												
<b>A2. Ricavi operativi</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2.030,9</b>	<b>2.030,9</b>	...	<b>2.030,9</b>	<b>2.030,9</b>	<b>2.030,9</b>	...	<b>2.030,9</b>	<b>2.030,9</b>	
<b>A. Entrate totali (A1 + A2)</b>	<b>2.125,2</b>	<b>2.125,2</b>	<b>2.030,9</b>	<b>2.030,9</b>	...	<b>2.030,9</b>	<b>2.030,9</b>	<b>2.030,9</b>	...	<b>2.030,9</b>	<b>2.030,9</b>	
Utilizzo agronomico degli effluenti	0,0	0,0	-144,5	-144,5	...	-144,5	-144,5	-144,5	...	-144,5	-144,5	
Separazione L-S												
Digestione anaerobica	0,0	0,0	-1.078,2	-1.078,2	...	-1.078,2	-1.078,2	-1.078,2	...	-1.078,2	-1.078,2	
Abbattimento dell'azoto	0,0	0,0	-223,0	-223,0	...	-223,0	-223,0	-223,0	...	-223,0	-223,0	
Recupero dell'azoto												
<b>B1. Costi operativi</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>-1.445,8</b>	<b>-1.445,8</b>	...	<b>-1.445,8</b>	<b>-1.445,8</b>	<b>-1.445,8</b>	...	<b>-1.445,8</b>	<b>-1.445,8</b>	
Separatore L-S												
Impianto biogas	-1.875,0	-1.875,0	0,0	0,0	...	0,0	0,0	0,0	...	0,0	0,0	
Impianto abbattimento azoto	-250,2	-250,2	0,0	0,0	...	0,0	0,0	0,0	...	0,0	0,0	
Impianto recupero azoto												
Valore residuo	0,0	0,0	0,0	0,0	...	0,0	0,0	0,0	...	0,0	425,0	
<b>B2. Costi di investimento</b>	<b>-2.125,2</b>	<b>-2.125,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	...	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	...	<b>0,0</b>	<b>425,0</b>	
Oneri finanziari	0,0	0,0	-178,2	-158,8	...	-49,9	-25,4	0,0	...	0,0	0,0	
Quota capitale	0,0	0,0	-483,5	-502,8	...	-611,7	-636,2	0,0	...	0,0	0,0	
<b>B3. Rimborso mutui</b>	<b>0,0</b>	<b>0</b>	<b>-661,6</b>	<b>-661,6</b>	...	<b>-661,6</b>	<b>-661,6</b>	<b>0,0</b>	...	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	
<b>B. Uscite totali (B1 + B2 + B3)</b>	<b>-2.125,2</b>	<b>-2.125,2</b>	<b>-2.107,4</b>	<b>-2.107,4</b>	...	<b>-2.107,4</b>	<b>-2.107,4</b>	<b>-1.445,8</b>	...	<b>-1.445,8</b>	<b>-1.020,7</b>	
<b>Flusso di cassa netto (A + B)</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>-76,5</b>	<b>-76,5</b>	...	<b>-76,5</b>	<b>-76,5</b>	<b>585,2</b>	...	<b>585,2</b>	<b>1.010,2</b>	
<b>Flusso di cassa cumulato</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>-76,5</b>	<b>-153,0</b>	...	<b>-535,4</b>	<b>-611,9</b>	<b>-26,7</b>	...	<b>2.899,1</b>	<b>3.909,3</b>	

#### 4) Analisi economica

Il foglio intitolato "Analisi economica" presenta un'analisi simile in tutto a quella descritta nel foglio "Analisi finanziaria" tranne che per un aspetto: il prezzo con cui è valorizzata l'energia prodotta dall'impianto a biogas. Nel caso dell'analisi economica, la produzione di elettricità è valutata al prezzo di mercato (che assumiamo pari a 0,10 €/kWh), secondo un criterio di costo opportunità, anziché utilizzando la tariffa onnicomprensiva per cui può essere ceduta al gestore di rete. La tabella riassuntiva nella figura 10 mostra come, nell'esempio in esame, in assenza di incentivi economici alla produzione di energia da biomasse, l'investimento in

filiere integrate che comprendano un impianto a biogas sia economicamente poco attraente.

#### 5) Performance ambientale

Pur nell'impossibilità di valutarli in termini monetari e di incorporarli esplicitamente nell'analisi economica, il modello ValeEA consente comunque di prendere in considerazione i diversi impatti a carico dell'ambiente delle varie filiere integrate, tenendo traccia di tutto l'azoto - di origine zootecnica e non - che passa attraverso il sistema in ciascun caso. Il bilancio dell'azoto per l'allevamento utilizzato come esempio in questo capitolo è presentato nella tabella in figura 11.

Figura 10 - Convenienza economica delle filiere integrate

Indicatori sintetici di convenienza economica (i.e. al netto degli incentivi alla produzione di energia elettrica) dell'investimento				
		Valore Attuale Netto (.000 EUR)		Tasso Interno di Rendimento
		5%	10%	
<b>1) Separazione L-S</b>				
	a. con separatore tipo standard	20	7	15,3%
	b. con separatore ad efficienza elevata	54	27	22,6%
<b>2) Separazione standard e abbattimento azoto fraz. liquida</b>				
		-690	-551	n.d.
<b>3) Digestione anaerobica</b>				
	a. potenza 100 kWe	-579	-547	n.d.
	b. potenza 250 kWe	-1.850	-1.556	n.d.
	c. potenza 1000 kWe	-8.790	-6.831	n.d.
<b>4) Digestione anaerobica e abbattimento dell'azoto nel digestato</b>				
	a. potenza 100 kWe	-1.387	-1.137	n.d.
	b. potenza 250 kWe	-2.692	-2.181	n.d.
	c. potenza 1000 kWe	-10.549	-8.133	n.d.
<b>5) Digestione anaerobica e recupero dell'azoto dal digestato</b>				
		-9.009	-7.129	n.d.

Figura 11 - Bilancio dell'azoto per le filiere integrate di gestione degli EA

Bilancio dell'azoto (kg/anno) a regime											
	BAU	Filiere integrate di gestione degli EA									
		1. Sep. L-S		2. Sep. L-S -> N-D	3. DA			4. DA -> N-D			5. DA -> Strip.
		Standard	Elevata eff.		100 kW	250 kW	1000 kW	100 kW	250 kW	1000 kW	
<b>Produzione di azoto di origine zootecnica</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>
A1. Perdite per volatilizzazione	22.867	25.219	31.099	25.219	31.099	31.099	31.099	31.099	31.099	31.099	31.099
durante lo stoccaggio	22.867	22.867	22.867	22.867	22.867	22.867	22.867	22.867	22.867	22.867	22.867
durante separazione del tal quale	0	2.352	8.232	2.352	0	0	0	0	0	0	0
durante la separazione del digestato	0	0	0	0	8.232	8.232	8.232	8.232	8.232	8.232	8.232
B1. Azoto zootecnico rimosso attraverso trattamento N-D	0	0	0	45.723	0	0	0	33.678	33.678	33.678	0
C1. Azoto recuperato attraverso trattamento di stripping	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29.936
D1. Azoto al campo	58.800	56.448	50.568	10.725	50.568	50.568	50.568	16.890	16.890	16.890	20.632
Nell'effluente palabile	0	5.645	15.170	5.645	13.148	13.148	13.148	13.148	13.148	13.148	13.148
Nell'effluente non palabile	58.800	50.803	35.398	5.080	37.420	37.420	37.420	3.742	3.742	3.742	7.484
<b>Azoto zootecnico (A1 + B1 + C1 + D1)</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>
<b>Azoto minerale nel digestato</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6.217</b>	<b>22.642</b>	<b>104.767</b>	<b>6.217</b>	<b>22.642</b>	<b>104.767</b>	<b>104.767</b>
A2. Volatilizzazione durante separazione digestato	0	0	0	0	870	3.170	14.667	870	3.170	14.667	14.667
B2. Rimosso attraverso trattamento N-DN	0	0	0	0	0	0	0	3.561	12.968	60.006	0
C2. Recuperato attraverso trattamenti di stripping	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53.339
D2. Azoto al campo	0	0	0	0	5.346	19.472	90.099	1.786	6.504	30.093	36.760
nel separato solido digestato					1.390	5.063	23.426	1.390	5.063	23.426	23.426
nel separato liquido digestato					3.956	14.409	66.673	396	1.441	6.667	13.335
<b>Azoto minerale (A2 + B2 + C2 + D2)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6.217</b>	<b>22.642</b>	<b>104.767</b>	<b>6.217</b>	<b>22.642</b>	<b>104.767</b>	<b>104.767</b>
A. Volatilizzato complessivamente (A1 + A2)	22.867	25.219	31.099	25.219	31.969	34.268	45.766	31.969	34.268	45.766	45.766
B. Rimosso complessivamente (B1 + B2)	0	0	0	45.723	0	0	0	37.239	46.646	93.684	0
C. Recuperato complessivamente (C1 + C2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83.275
D. Al campo complessivamente (D1 + D2)	58.800	56.448	50.568	10.725	55.914	70.040	140.667	18.675	23.393	46.983	57.392
<b>Azoto totale</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>81.667</b>	<b>87.883</b>	<b>104.308</b>	<b>186.433</b>	<b>87.883</b>	<b>104.308</b>	<b>186.433</b>	<b>186.433</b>

### 5.2.3 Parametri tecnico-economici delle filiere integrate di gestione degli EA

Per stimare tutte le quantità che compaiono nei fogli della sezione "Output del modello", ValEa utilizza, oltre agli input inseriti dall'utente, un gran numero di parametri ed assunzioni di carattere tecnico ed economico che sono raccolti in 7 fogli di calcolo: "Produzione EA - Parametri"; "Separazione LS - Parametri"; "Biogas - Parametri"; "N-DN - Parametri"; "Strippaggio - Parametri"; "UtilAgr - Parametri"; "Parametri economici generali". Tutte le informazioni contenute in questi fogli sono state acquisite attraverso i monitoraggi del progetto RiduCaReflui, interviste con tecnici e allevatori, o dalla letteratura tecnico-scientifica e validate in collaborazione con le altre unità operative del progetto RiduCaReflui.

Dal punto di vista della nostra analisi, i dati contenuti in questi fogli sono concepiti come parametri esogeni che caratterizzano le diverse tecnologie. In linea di principio, l'utente non dovrebbe avere bisogno di modificarli, ma è

possibile che, in alcune applicazioni assunzioni diverse siano più appropriate. In questi casi è possibile personalizzare la cartella di lavoro intervenendo su questi fogli di calcolo.

#### Produzione EA - Parametri

In questo foglio sono raccolte tutte le assunzioni riguardanti la massa, il volume e il contenuto di azoto degli effluenti prodotti annualmente da capi delle diverse specie in diverse ipotesi di stabulazione. La figura 12, per esempio, riporta i parametri utilizzati per stimare la produzione di EA da parte delle vacche da latte. Tutti i dati di questo foglio (come anche quelli relativi alle perdite di azoto per volatilizzazione presentati nel foglio "Separazione SL - Parametri") sono stati estratti dall'Allegato F della DGR 2439 del 7 Agosto 2007.

#### Separazione LS - Parametri

I principali parametri riguardanti i separatori e le fonti dati sono riportati nelle tabelle in figura 13 e 14.

**Figura 12 - Produzione di EA da parte delle vacche da latte**

VACCHE DA LATTE: quantità di effluente e di azoto prodotte per capo per anno per modalità di stabulazione						
Tipo di stabulazione	Produzione di liquame	Produzione di letame		Azoto al campo al netto delle perdite (kg/capo/anno)		
	mc/capo/anno	t/capo/anno	mc/capo/anno	totale	nel liquame	nel letame
Fissa con paglia	5,4	15,6	20,9	83	23,5	59,5
Libera su cuccette senza paglia	19,8	0	0	83	83	0
Libera su lettiera permanente	8,8	31,2	27	83	37,3	45,7
Libera con cuccette con paglia (testa a testa)	7,8	13,2	15,8	83	31,9	51,1
Libera con cuccette con paglia (groppa a groppa)	12	9	11,4	83	51,1	31,9

**Figura 13 - Caratteristiche di alcuni separatori in commercio**

Caratteristiche tecniche ed economiche di alcuni separatori in commercio				
Tecnologia (a)	Ditta (a)	Costo di acquisto (b)	Tradizionale	Alta efficienza
			Cilindri rotanti / compressione elicoidale	Centrifuga
		EUR	Melgari/Chior	Pieralisi
			20.000	32.000
Volume della frazione solida sul volume del tal quale				
	Liquame bovino (c)	%	20,0%	25,0%
	Liquame suino (c)	%	10,0%	20,0%
	Digestato (d)	%	n.d.	11,5%
N totale nella frazione solida su N tot nel tal quale				
	Liquame bovino (c)	%	25,0%	35,0%
	Liquame suino (c)	%	10,0%	30,0%
	Digestato (d)	%	n.d.	26,0%
Consumi elettrici				
	Liquame bovino (a)	kWh/mc	0,60	4,80
	Liquame suino (a)	kWh/mc	0,40	3,00
Tempi di separazione				
	Liquame bovino (a)	h/mc	0,07	1,00
	Liquame suino (a)	h/mc	0,04	0,67
Fonti:				
(a) Elaborazioni su Balsari et al. (2006). 'Monitoraggio degli impianti di separazione solido liquido dei liquami di suini e di bovini'				
(b) Monitoraggi azione 5.2 per i separatori a cilindri rotanti e a compressione elicoidale				
Per il separatore a centrifuga la fonte è Regione Emilia Romagna 'Prezzario regionale per opere ed interventi in agricoltura. Aggiornamento 2007'				
(c) Testo coordinato dei successivi provvedimenti di integrazione, aggiornamento e modifica delle DGR 7 agosto 2006, n. 2495 e 7 agosto 2007, n. 2439. TABELLE 1-3				
(d) Moeller et al (2002) Separation efficiency and particle size distribution in relation to manure type and storage conditions. Bioresource Technology 85, 189-196. Table 4				



**Figura 18 – Biomasse dedicate per la produzione di biogas: parametri tecnici**

Insilato di mais per la produzione di biogas: parametri tecnici			
	Unità	Valore	
Solidi Totali*	%	35%	
Solidi Volatili*	% dei ST	95%	
	kg/t t.q.	333	
Densità	kg/mc	670	
Biogas*	mc/t SV	640	
	mc/t t.q.	213	
	kg/mc	4,7	
Metano*	% del biogas	52%	
	mc/t t.q.	110,7	
Elettricità	kWh/t t.q.	383	
	t/MWh	2,61	
Azoto**	g/kg SV	16	
	kg/t t.q.	5,32	
Note:			
* Ragazzoni et al. (2011)			
** Adani et al. (2008) "I fattori che rendono ottimale la razione per il digestore", L'Informatore Agrario 40/2008			

**Figura 19 – Altre assunzioni di carattere economico**

Assunzione su prezzi/costi			
	Unità	Valore	
Prezzo di vendita dell'elettricità con tariffa incentivata	EUR/kWh	0,28	
Prezzo dell'insilato di mais*	EUR/t	50	
Controllo remoto processo biologico	EUR/anno	5.000	
Manutenzione ordinaria dell'impianto	% valore opere elettromagnetiche /anno	4%	
Manodopera diretta	ore/giorno	1,5	
Note:			
* Camera di Commercio di Lodi, prezzo franco arrivo (Range osservato da inizio rilevazione a marzo 2010: 38-55 EUR/t)			

**N-DN – Parametri**

Questo foglio raccoglie tutte le assunzioni che riguardano la costruzione e il funzionamento degli impianti di rimozione dell'azoto (Figure 20–22). Tutte le informazioni sono state ottenute e validate in collaborazione con le Unità Operative responsabili dell'azione 5.

**Strippaggio – Parametri**

Anche nel caso dei trattamenti di recupero dell'azoto, i principali parametri tecnico-economici, sintetizzati nelle figure 23-25, sono stati identificati e definiti in stretta collaborazione con le Unità Operative responsabili delle azioni tecniche di RiduCaReflui.

**Figura 20 – Parametri tecnici del trattamento di rimozione dell'azoto**

Parametri tecnici del trattamento			
	Unità	Valore	
Efficienza di rimozione dell'azoto	%	90%	
Capacità di trattamento	N kg/mc/giorno	0,6	

**Figura 21 – Costi dell'investimento nell'impianto di rimozione dell'azoto**

Costi di investimento			
	Unità	Min	Max
Opere civili	EUR/mc di reattore	340	730
	Unità	Valore	
Opere elettromeccaniche	% costo delle opere civili	40%	
Oneri di progettazione	% costo di costruzione	3%	

**Figura 22 – Costi di gestione dell'impianto di rimozione dell'azoto**

Costi di gestione			
		Unità	Valore
<b>Consumi energetici</b>			
		kWh/mc	2,6
	Aerazione	kWh/mc	2
	Pompaggio, miscelazione, ecc.	% del costo di aerazione	30%
<b>Manodopera diretta</b>			
		ore/giorno	1
<b>Costo reagenti</b>			
		EUR/kg di N	2
<b>Manutenzione ordinaria</b>			
		% valore opere elettromeccaniche /anno	4%
<b>Controllo remoto processo biologico</b>			
		EUR/anno	5.000

**Figura 23 – Caratteristiche tecniche del trattamento di recupero dell'azoto**

Parametri tecnici del trattamento			
		Unità	Valore
	Efficienza della separazione preliminare dell'azoto*	%	30%
	Azoto rimosso	%	80%
	Titolo della soluzione di ammonio solfato ottenuta		0,06
	Fabbisogno di acido solforico**	kg/mc	10,8
	Potenza elettrica installata	kW	18
	Funzionamento	kWh/giorno	12

\* A monte dello stripping, è prevista una fase di separazione molto spinta che serve ad evitare gli intasamenti.  
In ValEA questa ulteriore separazione, che produce quantità trascurabili di separato solido, viene ignorata.  
\*\* Quaderno della ricerca n. 102/2009, Regione Lombardia, p. 11.

**Figura 24 – Costi di investimento dell'impianto di recupero dell'azoto**

Costi di investimento			
		Unità	Valore
	Sistema di separazione avanzato	EUR	100.000
	Costo overnight dell'impianto	EUR	350.000

**Figura 25 – Costi e ricavi operativi dell'impianto di recupero dell'azoto**

Costi e ricavi di gestione			
		Unità	Valore
	Prezzo di vendita dell'ammonio solfato	EUR/t	50
	Costo dell'acido solforico	EUR/t	106,38
	Manodopera diretta	ore/giorno	1
	Manutenzione ordinaria	% costo impianto	2%

**UtilAgr – Parametri**

Il foglio "UtilAgr – Parametri" contiene le assunzioni e le ipotesi che riguardano l'utilizzo agronomico dei reflui di allevamento. In particolare, in questo foglio è possibile accedere ai parametri che descrivono i costi di spandimento degli EA (Figura26). Inoltre, modificando il contenuto delle celle "Max azoto organico (zootecnico) sui terreni in conduzione" e "Max azoto organico (zootecnico) sui terreni in asservimento", è possibile esplorare in che modo l'even-

tuale concessione di una deroga rispetto ai vincoli di spandimento legati alla Direttiva Nitrati influisca sui risultati del modello.

**Parametri economici generali**

I parametri economici che riguardano trasversalmente tutte le linee tecnologiche e le filiere integrate di gestione degli EA, come per esempio il costo del lavoro, sono raggruppati nel foglio "Parametri economici generali" (Figura 27).

**Figura 26 – Costi di trasporto e spandimento degli EA**

Costo di trasporto e spandimento degli effluenti			
		Unità	Valore
Costo di un carico			
Componente fissa		EUR/carico	60
Componente variabile in funzione della distanza		EUR/km	1
Capacità di carico			
Frazione liquida		mc/carico	15
Frazione solida		mc/carico	26
Note:			
Vedere Ragazzoni et al. (2011) e Belsari (2010) "Le soluzioni disponibili per delocalizzare i reflui zootecnici"			

**Figura 27 – Parametri economici generali**

Parametri economici vari			
		Unità	Valore
Costo dell'energia elettrica per l'azienda		EUR/kWh	0,13
Costo del lavoro		EUR/h	12,00
Costo opportunità del denaro		%	5,0%
Tasso di cambio		USD/EUR	1,41
Valore residuo dell'investimento alla fine della vita utile		% costo overnight	10%
Prezzo di mercato dell'energia elettrica		EUR/kWh	0,10

### 5.2.4 Filiere integrate

Infine la cartella di lavoro *ValEA.xls* comprende un insieme di fogli numerati da 0 a 5, ognuno dei quali corrisponde a una delle filiere integrate descritte nel paragrafo 5.1.2. Questi fogli, volutamente molto dettagliati, consentono di verificare, in modo semplice e veloce, attraverso quali cal-

coli i dati inseriti dall'utente e i parametri descritti nel paragrafo precedente si traducano nei flussi economici e fisici che alimentano le analisi economico-finanziarie presentate nei fogli "Output del modello". Per esempio, le figure 28-30 illustrano il calcolo dei costi dell'utilizzo agronomico del tal quale per il solito allevamento da 6.000 suini.

**Figura 28 – Massa, volume e contenuto azotato dell'effluente tal quale**

Produzione complessiva di effluenti dell'allevamento									
	Numero di capi	Tipo di stabulazione	Produzione di liquame	Produzione di letame		Azoto al campo al netto delle perdite (kg/anno)			
			mc/anno	t/anno	mc/anno	totale	nel liquame	nel letame	
<b>Bovini da latte</b>									
vacche in produzione	0	1	0	0	0	0	0	0	0
capi da rimonta	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>Bovini da carne</b>									
Posti stalla vitellone	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>Suini</b>									
Posti stalla suini da ingrasso	6000	1	19.800	0	0	58.800	58.800	0	0
<b>Totale</b>			<b>19.800</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>58.800</b>	<b>58.800</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Figura 29 – Superfici per l'utilizzo agronomico del tal quale**

Superficie necessaria per lo spandimento dei reflui e costi di asservimento			
		Unità	Valore
Azoto totale da gestire		kg/anno	58.800
Vincolo all'utilizzo di azoto sui terreni aziendali		kg/ha/anno	170
Superficie terreni aziendali		ha	40
Azoto zootecnico utilizzabile sui terreni aziendali		kg/anno	6.800
Azoto zootecnico residuo da gestire		kg/anno	52.000
Vincolo all'utilizzo di azoto sui terreni in assenso		kg/anno	170
Ettari in assenso necessari allo spandimento		ha	306
Costo dei terreni in asservimento		EUR/anno	200
<b>Costo (finanziario) per terreni in assenso</b>		<b>EUR/anno</b>	<b>61.200</b>

**Figura 30 – Costi di trasporto e spandimento dell'effluente tal quale**

Costi di trasporto e spandimento degli effluenti di allevamento			
		Unità	Valore
Componente fissa		EUR/carico	60
Componente variabile		EUR/km	1
Distanza terreni aziendali		km	1
Distanza terreni in assenso		km	7
Capacità di carico: effluente palabile		mc/carico	26
Capacità di carico: effluente non palabile		mc/carico	15
Quantitativi da distribuire			
Effluente palabile		mc/anno	0
Effluente non palabile		mc/anno	19.800
Concentrazione dell'azoto negli effluenti			
Palabili		kg/mc	#DIV/0!
Non palabili		kg/mc	3,0
Azoto zootecnico applicabile ai terreni in asservimento			
Azoto zootecnico applicabile ai terreni in asservimento		kg/anno	52.000
Effluente palabile max applicabile a terreni in asservimento		mc/anno	#DIV/0!
Effluente palabile da distribuire complessivamente		mc/anno	0
Effluente palabile verso terreni in asservimento		mc/anno	#DIV/0!
Effluente palabile da distribuire su terreni aziendali		mc/anno	#DIV/0!
Azoto effl. non palabile applicabile su terreni aziendali			
Azoto effl. non palabile applicabile su terreni aziendali		kg/anno	6.800
Effluente non palabile max applicabile su terreni aziendali		mc/anno	2.290
Effluente non palabile da distribuire complessivamente		mc/anno	19.800
Effluente non palabile verso terreni aziendali		mc/anno	2.290
Effluente non palabile verso terreni in asservimento		mc/anno	17.510
Distribuzione degli effluenti:			
palabile verso terreni aziendali		mc/anno	0
palabile verso terreni in asservimento		mc/anno	0
non palabile verso terreni aziendali		mc/anno	2.290
non palabile verso terreni in asservimento		mc/anno	17.510
Costi unitari di trasporto			
Effluente palabile verso terreni aziendali		EUR/mc	2,35
Effluente palabile verso terreni in asservimento		EUR/mc	2,58
Effluente non palabile verso terreni aziendali		EUR/mc	4,07
Effluente non palabile verso terreni in asservimento		EUR/mc	4,47
<b>Costo complessivo di trasporto e distribuzione degli effluenti</b>		<b>EUR/anno</b>	<b>87.590</b>

### 5.3 Considerazioni conclusive

Il modello ValEA è uno strumento di analisi economico-finanziaria su scala aziendale di facile utilizzo in grado di confrontare diverse filiere integrate di gestione e trattamento degli EA. Date le caratteristiche dell'azienda fornite dall'utente, il file consente di stimare e mettere a confronto i costi di investimento e di gestione derivanti dall'adozione di vari modelli di trattamento degli EA e di calcolare degli indicatori sintetici della loro *performance* economica, finanziaria e ambientale.

Nel costruire il modello si è pensato a due modalità di utilizzo. Da un lato, esso può assistere gli allevamenti (di bovini o di suini) nella scelta tra diversi modelli di gestione dei reflui zootecnici. ValEA consente agli allevatori di effettuare un primo *screening* delle opzioni a disposizione, in modo da individuare quelle che, date le caratteristiche aziendali, si dimostrano più promettenti e meritano un supplemento di indagine.

D'altro canto, il modello ValEA e la base di dati in esso contenuta possono essere utilizzati da un *policy maker* per valutare in quale modo diverse scelte di politica agricola, ambientale o energetica influiscano sulla convenienza relativa delle diverse filiere integrate.

Un'interessante domanda sulla quale il modello ValEA aiuta a far luce è la seguente: dal punto di vista dell'azienda che deve far fronte ai costi di gestione degli EA, i ricavi derivanti dalla vendita dell'energia elettrica prodotta in un eventuale impianto a biogas sono in grado di compensare i costi di un trattamento (di rimozione o di recupero) dell'azoto? Benché ovviamente la possibilità di compensare i costi di gestione degli EA attraverso l'investimento in un impianto a biogas dipenda in maniera cruciale dalle caratteristiche aziendali, il modello ValEA suggerisce che nel caso di molti allevamenti la risposta a questa domanda è sì.

Da un punto di vista di *policy*, d'altra parte, è necessario tenere presente che, incoraggiando in maniera massiccia la costruzione di impianti per la produzione di energia da biogas che consumino – oltre ad EA – quantità non trascurabili di biomasse dedicate, si corre il rischio di determinare, a livello locale, un'intensificazione della competizione per l'accesso ai terreni e alle materie prime agricole, e un conseguente aggravio dei costi a carico delle attività di allevamento. Il modello ValEA, implementato su scala aziendale, non tiene conto in maniera esplicita di questo genere di (possibili) effetti di secondo ordine.

D'altra parte, le analisi condotte utilizzando il modello ValEA lasciano pensare che, da un punto di vista aziendale, l'investimento in filiere integrate di gestione degli EA costituite dal solo impianto a biogas siano spesso più convenienti rispetto alle filiere integrate che prevedono anche un successivo trattamento dell'azoto nel digestato. È chiaro, tuttavia, come le norme che definiscono un limite nel contenuto di azoto degli effluenti ai fini della Direttiva Nitrati e ne disciplinano l'utilizzo agronomico svolgano un ruolo di primo piano nel determinare questi rapporti di convenienza relativa. Qualora in futuro dovessero intervenire delle modifiche normative in questo ambito, è possibile che le filiere integrate che prevedano anche un trattamento dell'azoto diventino economicamente più attraenti di quanto non siano nelle condizioni attuali.

Nell'esaminare i risultati ottenuti dal modello ValEA è necessario tenere a mente alcune limitazioni dell'analisi intrinseca nell'approccio metodologico utilizzato. In primo luogo, per un corretto utilizzo dello strumento, si presuppone che sul medio periodo i principali fattori economici, parte dei quali sono stati utilizzati per definire i parametri iniziali, siano noti con certezza e rimangano invariati nel tempo. La convenienza di un investimento può risentire della diffusione nel medio periodo della tecnologia, perché questa è in grado di condizionare i prezzi di mercato degli *input* o *output* ad essa connessi. Se da un lato si possono verificare aumenti nei costi delle materie prime legati a fattori di competizione, dall'altro la diffusione della stessa può migliorare i rendimenti degli investimenti grazie alle economie di scala.

Secondariamente, l'impostazione dell'analisi assume che, nello scenario BAU, tutti gli EA prodotti dall'azienda vengano avviati all'utilizzo agronomico nel rispetto della normativa sui nitrati (per es. nel rispetto dei tempi di stoccaggio e dei limiti all'utilizzo dell'azoto imposti dalla Direttiva Nitrati), ma senza aver ricevuto alcun tipo di trattamento.

Inoltre, per quanto concerne l'analisi economica, è necessario ricordare come questa non possa che essere parziale in quanto, facendo riferimento a singoli contesti aziendali, non sono stati quantificati in maniera completa i diversi effetti ambientali che derivano dall'implementazione di un progetto di filiera integrata di gestione degli EA. Poiché tali effetti sono in genere positivi rispetto alle condizioni BAU, i risultati dell'analisi economica derivanti dall'applicazione del *software* vanno considerati come prudenziali.

## Riferimenti bibliografici

- Adani F., A. Schievano, G. D'imporzano (2008). *I fattori che rendono ottimale la razione per il digestore*. *Informatore Agrario* 40/2008, pp. 19-22.
- Balsari P., F. Gioelli, E. Dinuccio, E. Santoro (2006). *Monitoraggio degli impianti di separazione solido liquido dei liquami di suini e di bovini*. Relazione finale. Disponibile online: [www.regione.piemonte.it/agri/dirett\\_nitrati/dwd/relazionetotale.pdf](http://www.regione.piemonte.it/agri/dirett_nitrati/dwd/relazionetotale.pdf)
- European Commission (2008). *Guide to cost-benefit analysis of investment projects*. Structural funds, cohesion fund and instruments for pre-accession. Final report.
- Moeller H.B., S.G. Sommer, B.K. Ahring (2002). *Separation efficiency and particle size distribution in relation to manure type and storage conditions*. *Bioresource Technology* 85, 189-196.
- Pretolani R., A. Campi, M. Peri, D. Pedrotti, R. Canziani, E. Ficara, F. Malpei, D. Scaglione (a cura di) (2011). *NILO - Aspetti economici, gestionali e tecnologici dell'applicazione della Direttiva Nitrati in Lombardia*. Regione Lombardia, Quaderni della Ricerca n. 117.
- Ragazzoni A. (2010). *Biogas. Come ottenere nuovo reddito per l'agricoltura*. Edizioni l'Informatore Agrario.
- Regione Emilia Romagna (2007). *Prezzario regionale per opere ed interventi in agricoltura*. Adeguamento 2007.