



## **11<sup>a</sup> GIORNATA PAVER**

Lunedì 20 Giugno 2011

I trattamenti per la riduzione-delocalizzazione dell'azoto. Un'analisi tecnico-economica delle principali soluzioni oggi disponibili.

*Pierluigi Navarotto*

Università degli Studi di Milano  
Facoltà di Medicina Veterinaria

# Il problema dell'azoto sempre più attuale

- ✓ Accordo Mipaf – Minamb – 5 Regioni  
studio della ripartizione carichi di azoto tra civili e produttivi
- ✓ la Commissione U.E. chiede chiarimenti
- ✓ Il 17 maggio 2011 rinviato ad ottobre l'esame  
della richiesta di proroga!  
vedremo...

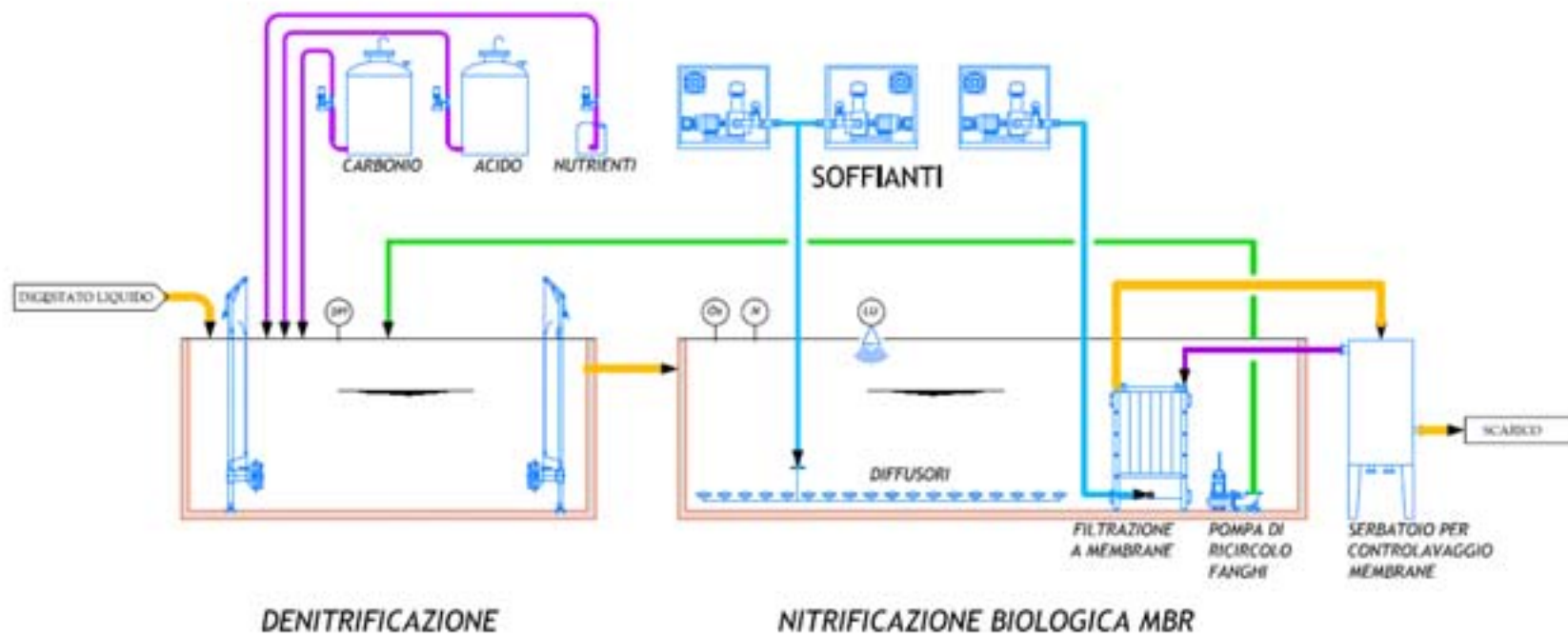
# I possibili approcci

- a) Eliminazione dell'azoto con trattamenti depurativi
  - Varie tecnologie disponibili (trattamenti biologici)
  - Numerose ricerche per sviluppare tecniche meno energivore (denitro da nitriti, ecc...)

**SOLUZIONE LIMITE PER CASI... DISPERATI**

**(allevamenti senza terra in zone ad alto carico zootecnico)**

# DENITRIFICAZIONE BIOLOGICA



b) la valorizzazione dell'azoto e' la soluzione da privilegiare

Con i trattamenti finalizzati al recupero del  
potenziale fertilizzante degli effluenti per  
destinarli a zone esterne come veri e propri  
concimi e/o ammendanti

# TRATTAMENTI DI SEPARAZIONE DELL'AZOTO

Essenziale considerare le diverse forme di azoto presenti negli effluenti.

AZOTO presente come:

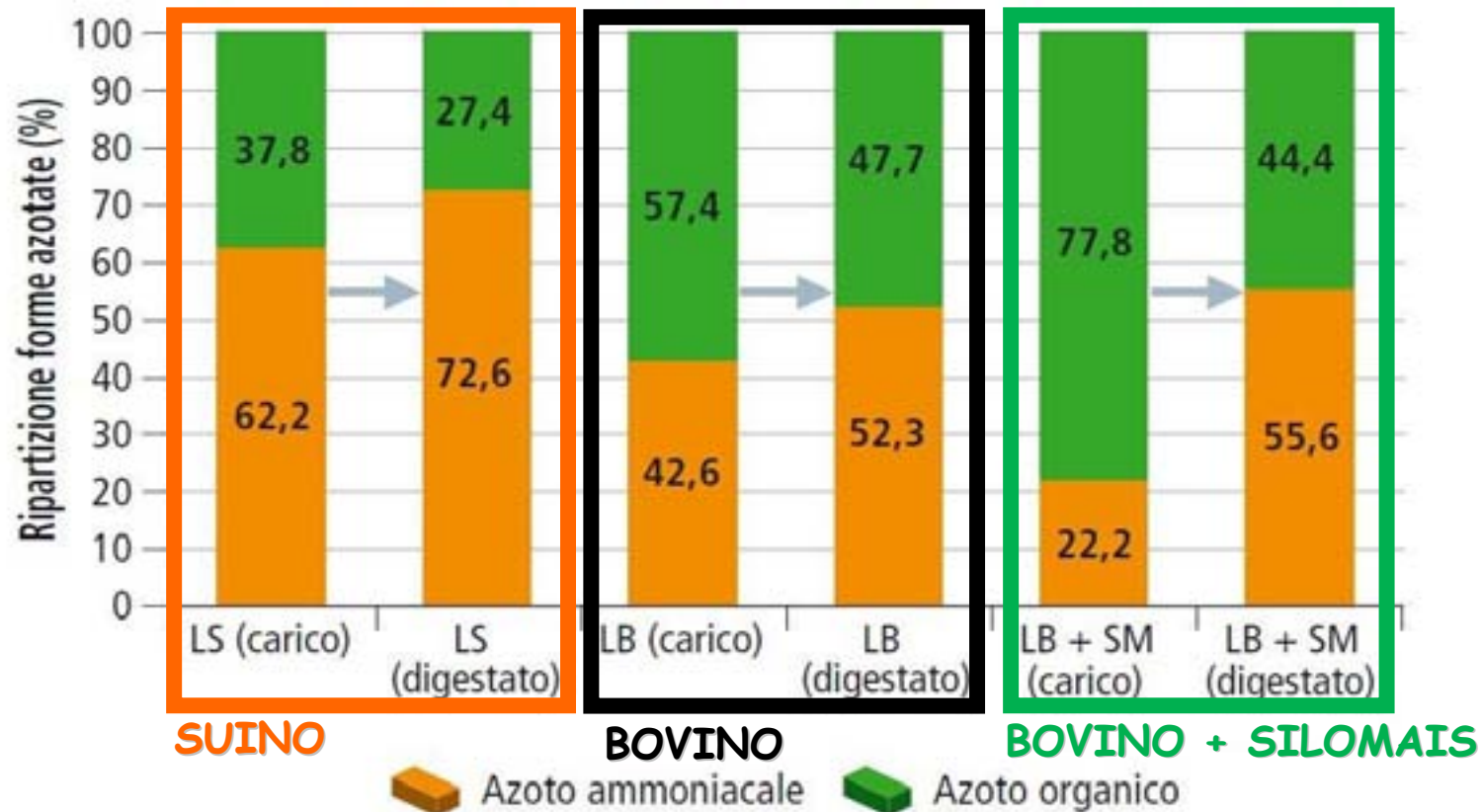
1. N particolato (proteine della frazione solida)
2. N organico disciolto e colloidale: proteine e aminoacidi
3. N ammoniacale (solo disciolto): ionico ( $\text{NH}_4^+$ ) e non ionico ( $\text{NH}_3$ )

• RIPARTIZIONI TRA:

- 1) N Particolato (solidi) / N disciolto:
  - *dipende da* tempi e modalità di stabulazione, stoccaggio.
  - *determina* l'efficienza di rimozione per separazione solido/liquido
- 2) N ammoniacale / N organico (proteico)
  - *determina* l'efficienza di rimozione dell'azoto per via biochimica
- 3) N ammoniacale / N organico E  $\text{N-NH}_3/\text{N-NH}_4^+$ 
  - *determina* l'efficienza di rimozione dell'azoto per strippaggio
- 4) Carbonio biodegradabile / Azoto = C / N
  - *determina* la trattabilità ed i costi della rimozione biologica

# LA DIGESTIONE ANAEROBICA

come modifica la ripartizione dell'azoto



# Il Digestato

- Può essere considerato un buon materiale fertilizzante, ad effetto concimante più o meno pronto a seconda della sua origine.

Parametri chimici	Unità di misura	<b>Digestato da liquami suini</b>	<b>Digestato da liquami bovini + biomasse vegetali</b>	<b>Digestato da biomasse vegetali</b>
pH	-	8,3	7,8	7,9
Solidi Totali (ST)	% t.q.	3,0	4,3	6,8
Solidi Volatili (SV)	% ST	52	66	65
Azoto Totale (NTK)	g/kg t.q.	3,9	3,8	4,0
Azoto Ammoniacale	% NTK	77	62	53
Fosforo Totale	g/kg t.q.	0,8	0,5	0,5



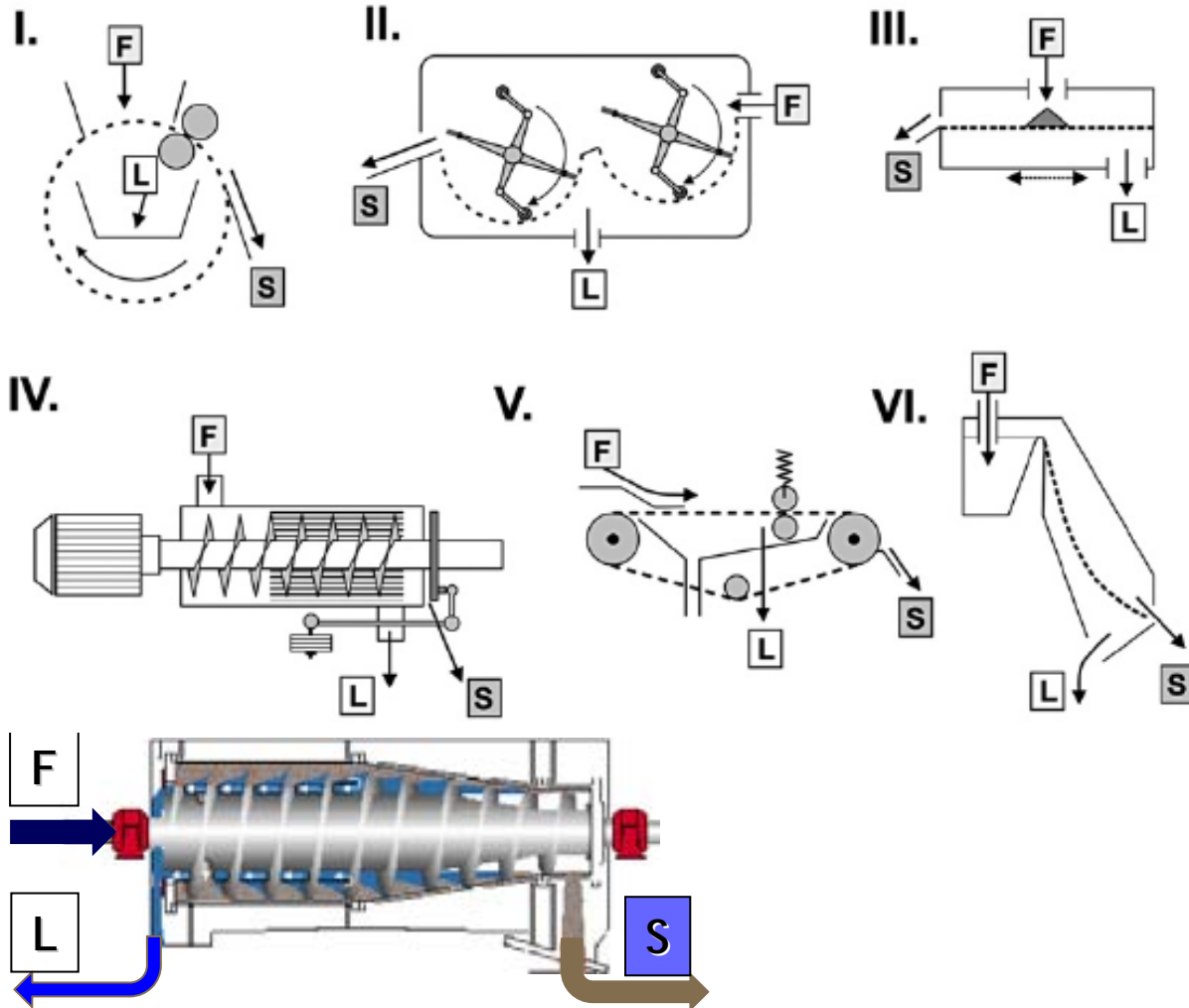
# I trattamenti di separazione delle frazioni solida e liquida

**Efficienze ottenibili nella rimozione della sostanza secca e dei nutrienti (N e P) insieme alle caratteristiche della frazione solida separata (fonte: CRPA)**

Dispositivo di separazione	Efficienza di separazione [a]			Frazione solida o densa separata			
	SS (%)	N (%)	P (%)	SS (%)	N (kg/t)	P (kg/t)	kg/m <sup>3</sup> liquame [b]
Vibro-rotovaglio	20-25	4-7	8-12	12-15	3,0-4,6	1,2-2,3	30-50
Separatore cilindrico rotante	20-35	5-15	10-17	18-20	4,0-5,5	5,0-8,0	50-60
Separatore a compressione elicoidale [c]	22-37	3-9	9-20	27-35	4,1-4,9	3,3-4,1	20-40
Separatore per flottazione + vaglio cilindrico rotativo [d]	60-62	37-40	73-77	10-11	4,9-5,4	3,9-4,2	85-90
Flottatore [e]	50-70	30-40	80-90	7-10	3,4-4,8	2,1-3,5	350-450
Centrifuga ad asse orizzontale	50-75	20-35	60-70	20-28	7,0-11,0	6,0-10,0	100-200

# SEPARAZIONE SOLIDO/LIQUIDO

- Alternative disponibili (Fonte: Burton, 2007)



F = alimento,

L = frazione liquida,

S = frazione solida

I, II, III, VI = vagli,  
stacci

IV: presse a vite;

V: filtropressa a nastro;

VII: centrifuga

# Le alternative disponibili

	Manure no.	Age	Separation equipment	Liquid flow rate (l/h)	Energy consumption (kW h/ton)	Removal efficiency (%)			
						DM	TP	TN	COD
Pig manure	1a	2 weeks	Centrifuge	750	6.01	60.48	62.28	29.32	37.23
	1b	1 month	Centrifuge	1189	4.32	48.28	60.43	18.59	ND
	2	21 days	Centrifuge	1036	4.60	62.10	63.56	20.08	ND
	3	28 days	Centrifuge	709	6.30	32.77	65.89	13.12	ND
Cattle manure	4	2 weeks	Centrifuge	983	5.10	65.17	82.00	49.12	59.09
	5	1 month	Centrifuge	1189	4.30	59.00	77.80	31.66	ND
	6	4 months	Centrifuge	1050	7.30	55.02	78.74	26.99	ND
Anaerobically digested	7	Fresh	Centrifuge	869	5.61	68.55	90.95	24.21	48.82
	8	Fresh	Centrifuge	ND	5.00	65.07	64.21	31.01	ND
	9	Fresh	Centrifuge	2000	2.50	59.70	83.33	25.35	ND
	10	Fresh	Centrifuge	1433	3.10	53.50	52.35	23.69	ND
Pig manure	1a	2 weeks	Screw press	2594	0.90	27.25	7.12	6.62	ND
Cattle manure	4	2 weeks	Screw press	1868	ND	29.94	15.46	7.58	ND
	6	4 months	Screw press	3456	1.10	13.12	7.97	4.00	ND
Anaerobically digested	7	Fresh	Screw press	1765	0.60	18.39	10.30	7.36	ND
	10	Fresh	Screw press	3145	1.20	22.98	8.68	6.01	ND

DM = Secco; TP =  $P_{tot}$ ; TN =  $N_{tot}$

# La separazione solido/liquido

- **Rimozione di N** dipende da:
  - % di N in forma sospesa
  - efficienza di separazione dei solidi del dispositivo→ tipo di matrice e suo pretrattamento  
(stoccaggio/digestione)
- **Centrifughe**: maggiori efficienze di separazione - trattengono anche le particelle più fini (0,02 mm)
- **Consumo energetico**: cresce con l'efficienza di separazione ottenibile

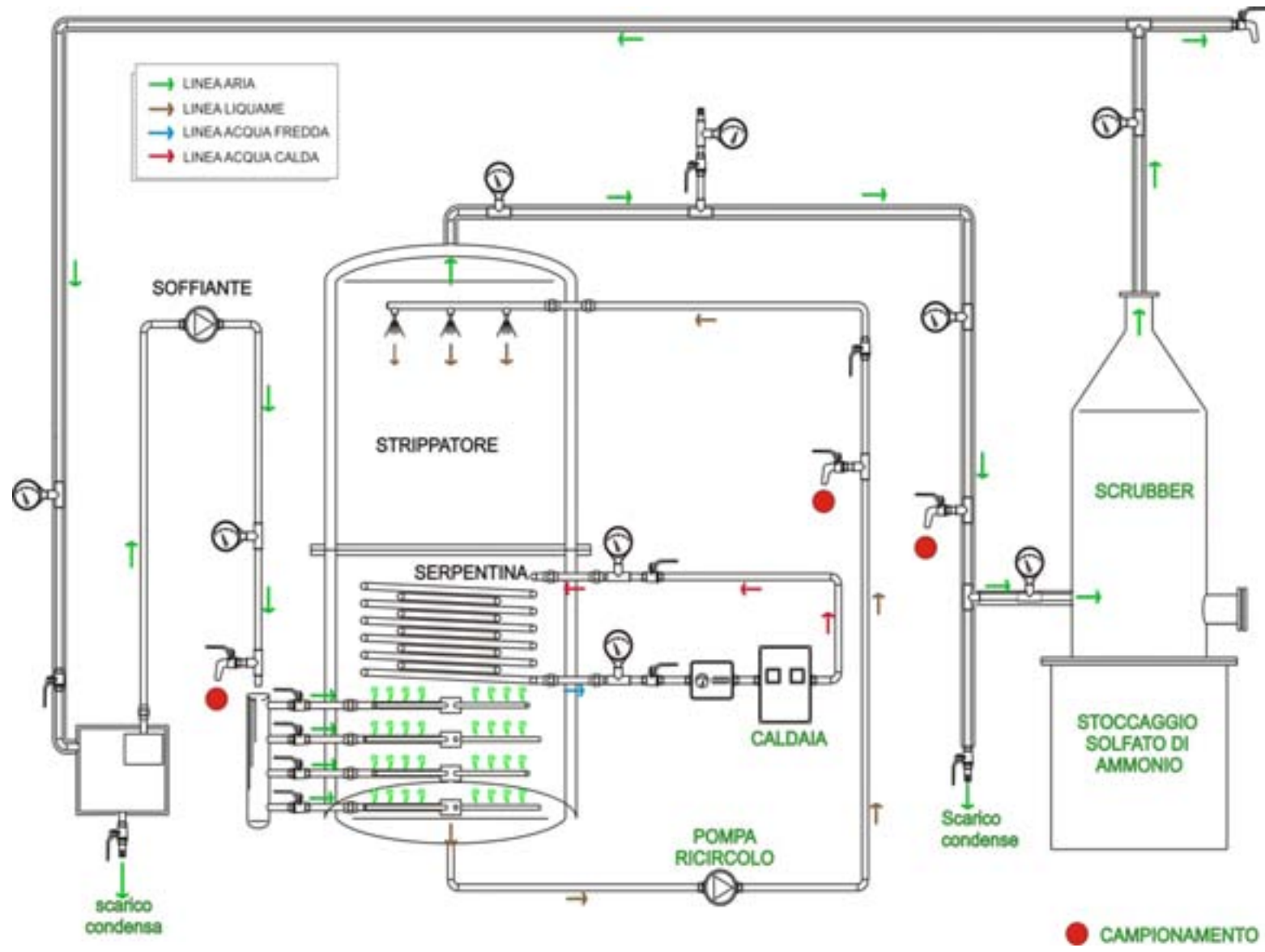
*(su liquami zootecnici: attorno a 5 kWh/t per la centrifuga e 1 kWh/t per le presse a vite)*

# La separazione dell'azoto dalla fase liquida

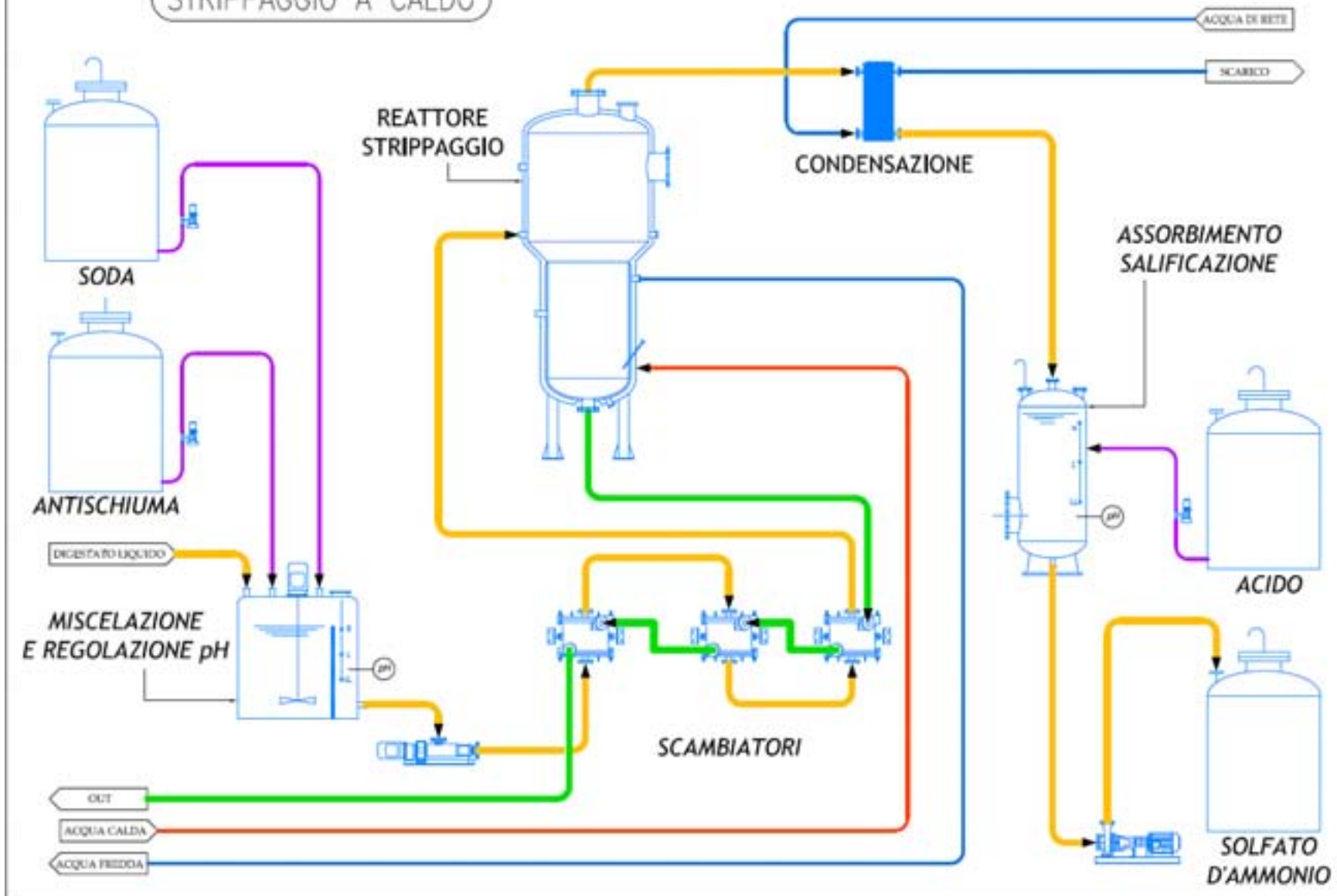
## Lo stripping dell' $\text{NH}_3$

- Possibile raggiungere efficienze di rimozione dell'ammoniaca > del 90%
- Costi determinati da:
  - Dosaggio reagenti (elevati dosaggi di basi per aumentare il pH)
  - Consumi energetici (per riscaldamento ed aerazione)
  - Trattamento e smaltimento residui (se non commerciabili)

# Prototipo usato per le prove CRPA-VSA

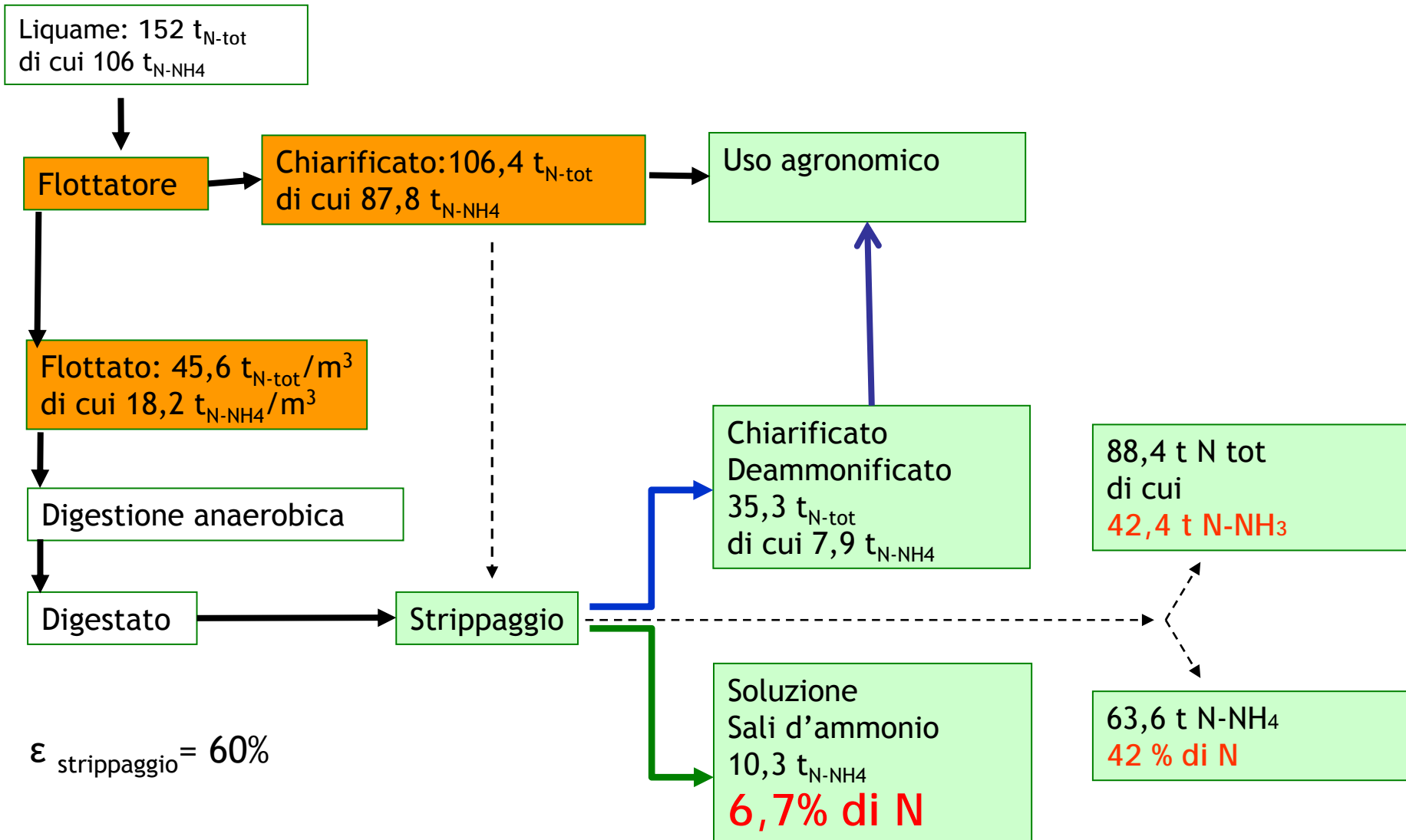


# STRIPPAGGIO A CALDO



# Un esempio:

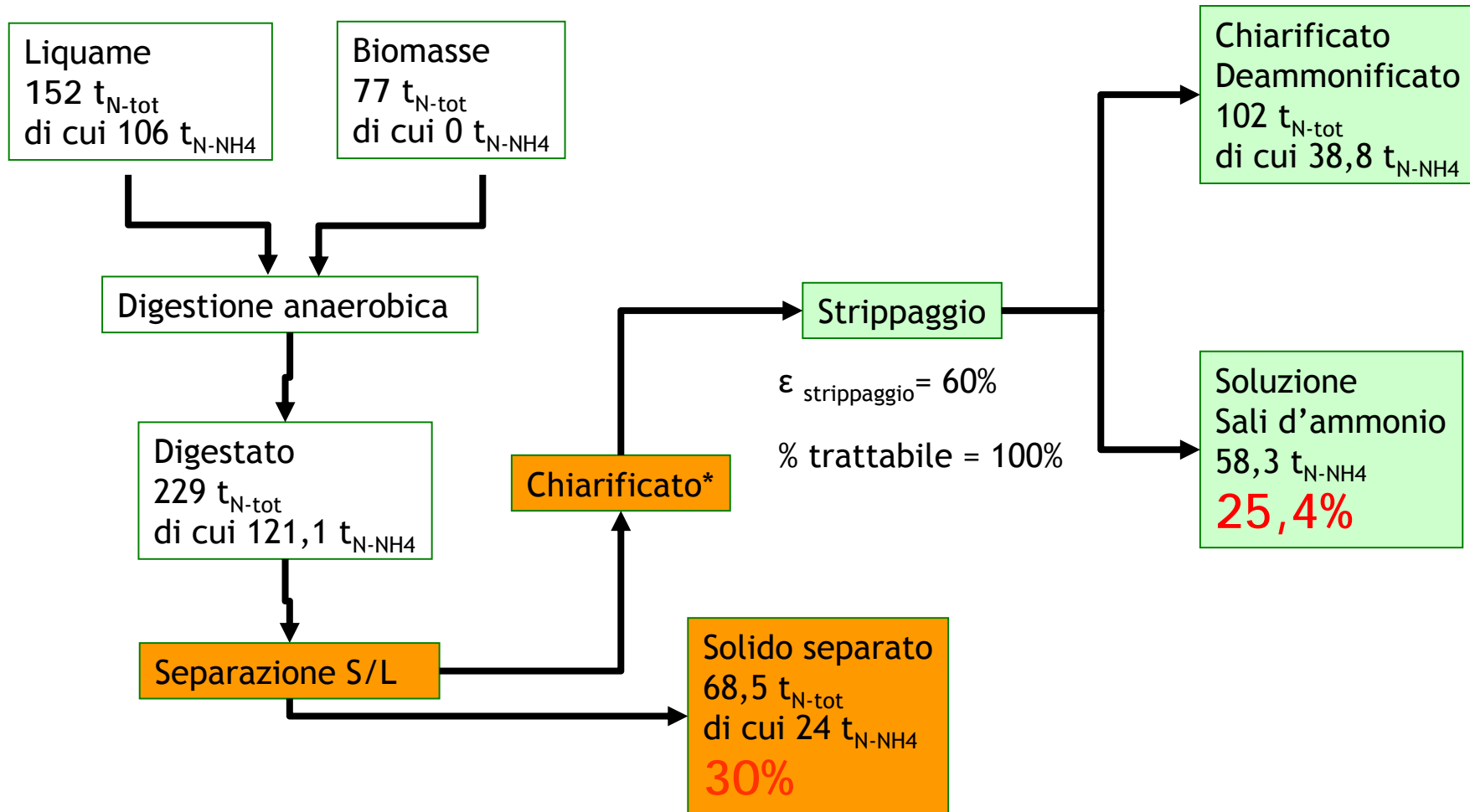
## Strippaggio a caldo dell'azoto da digestato addensato suino





# Se si cofermenta ...

## Strippaggio a caldo dell'azoto da digestato di liquame e colture dedicate



\*Attenzione: il “chiarificato” contiene da 30 a 50 gSS/L

# In conclusione ...

- VANTAGGI
  - Il liquame in uscita ha una **minor concentrazione di azoto.**
  - **costi energetici inferiori** rispetto agli impianti di concentrazione su membrana o per evaporazione
  - **gestione più agevole.**
- CRITICITA'
  - **Complessità** d'impianto.
  - Elevati **costi energetici.**
  - **L'azoto totale** prodotto in azienda non diminuisce
  - **Necessario** valorizzare il solfato di ammonio come fertilizzante
  - Necessario il **trattamento degli effluenti gassosi**

# In conclusione

- ✓ Occorre energia termica gratuita (digestione anaerobica → biogas → cogenerazione);
- ✓ Energia termica da digestione di soli effluenti zootecnici non basta per raggiungere efficienze di stripping significative;
- ✓ L'utilizzo di colture dedicate aumenta la disponibilità termica ma anche le quantità di azoto da gestire in azienda;
- ✓ Occorre valorizzare il prodotto ottenuto (fertilizzante? co-compostaggio?.....)

# L'essiccazione del digestato

La tecnica può essere applicata sia al solido separato dal digestato che al digestato tal quale.

Con l'evaporazione dell'acqua si ha una emissione più che proporzionale di ammoniaca che deve essere catturata in scrubber acidi.

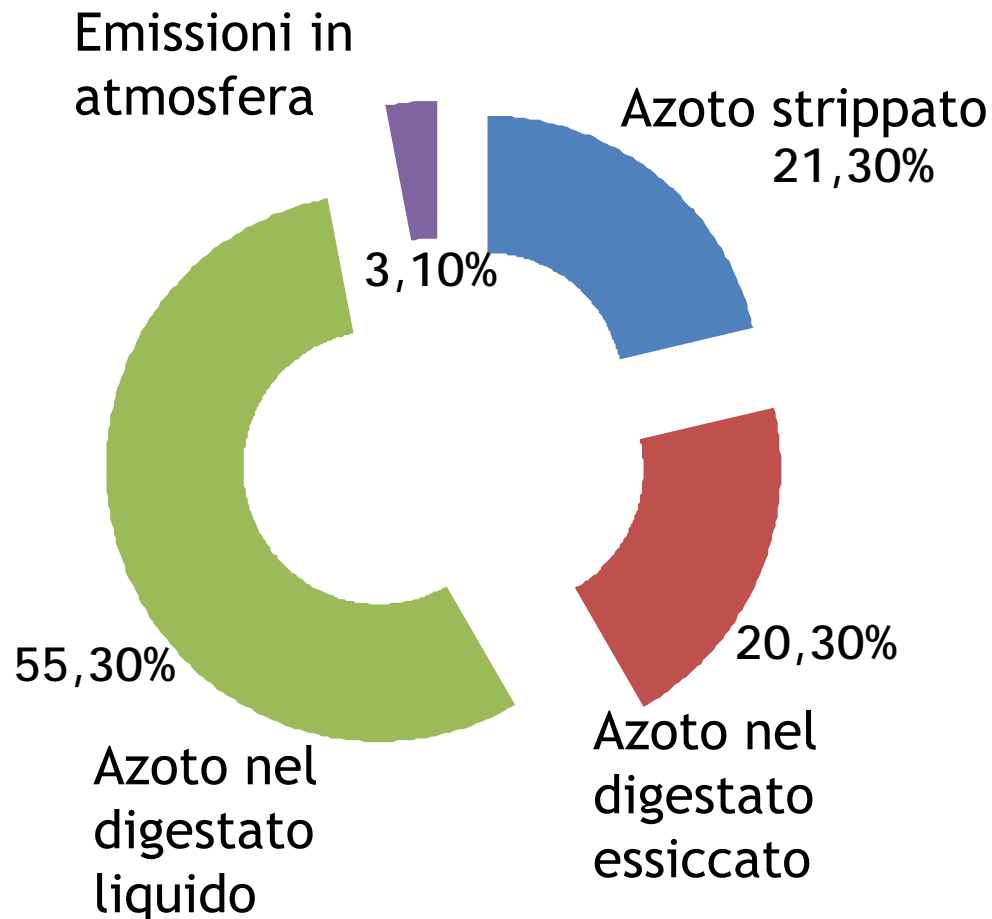


Consente di produrre un solido essiccato ricco di azoto organico, buon ammendante, ed una soluzione di sali di ammonio, ottimo fertilizzante.

# Evaporazione del digestato

## Co-digestione

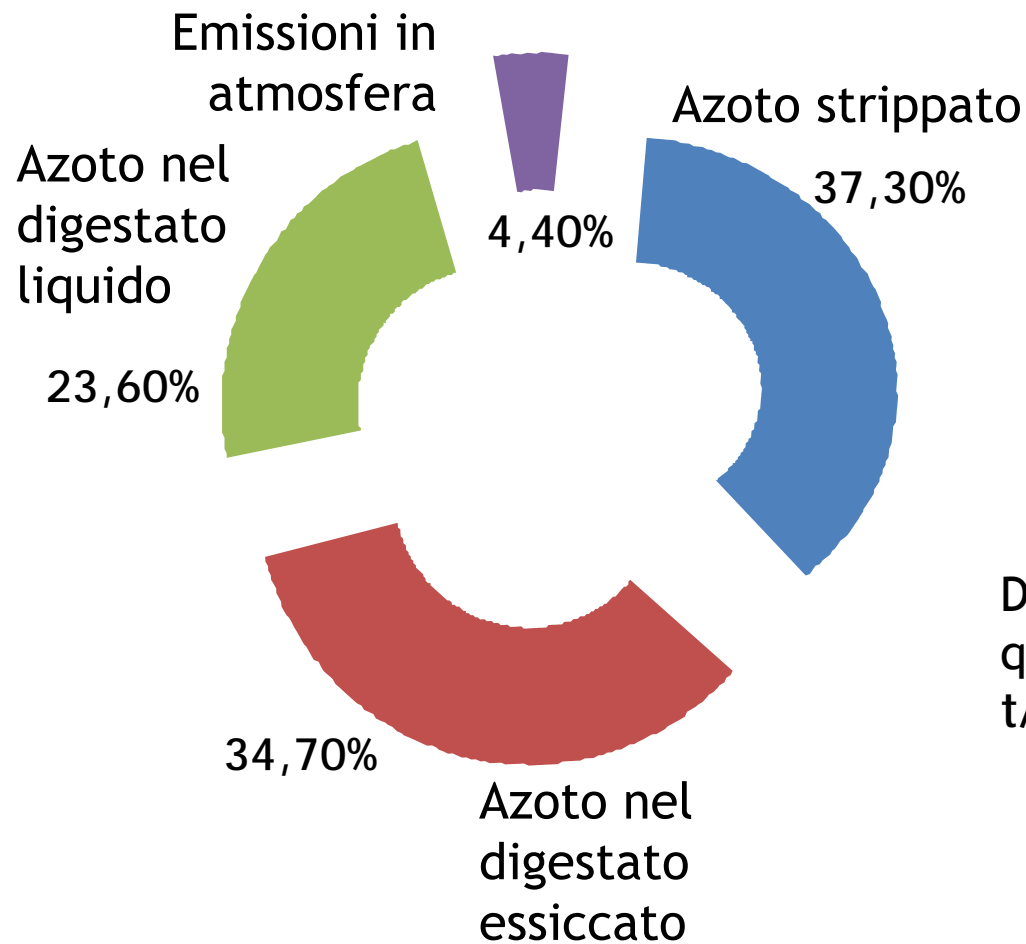
Impianto di biogas da  
1000 kWe



Digestato da co-digestione fra effluenti  
e colture dedicate: quantità di  
digestato pari a 19.000 t/a

# Evaporazione del digestato solo colture dedicate

Impianto di biogas da  
1000 kWe



Digestato da sole colture dedicate:  
quantità di digestato pari a 12.000  
t/a

# L'essiccazione del digestato

- ✓ Occorre energia termica gratuita (digestione anaerobica biogas cogenerazione);
- ✓ Energia termica utile è inversamente proporzionale ai volumi caricati nel digestore
- ✓ L'utilizzo di colture dedicate in co-digestione aumenta la disponibilità termica ma al contempo anche le quantità di azoto;
- ✓ Le quantità di acqua evaporabile sono mediamente pari a 5-7000 m<sup>3</sup>/anno per un impianto da 1000 kW (si riduce il volume della frazione liquida del 40% circa)
- ✓ Possibile eliminare completamente la frazione liquida ricorrendo ad un co-compostaggio

# Sostenibilità economica

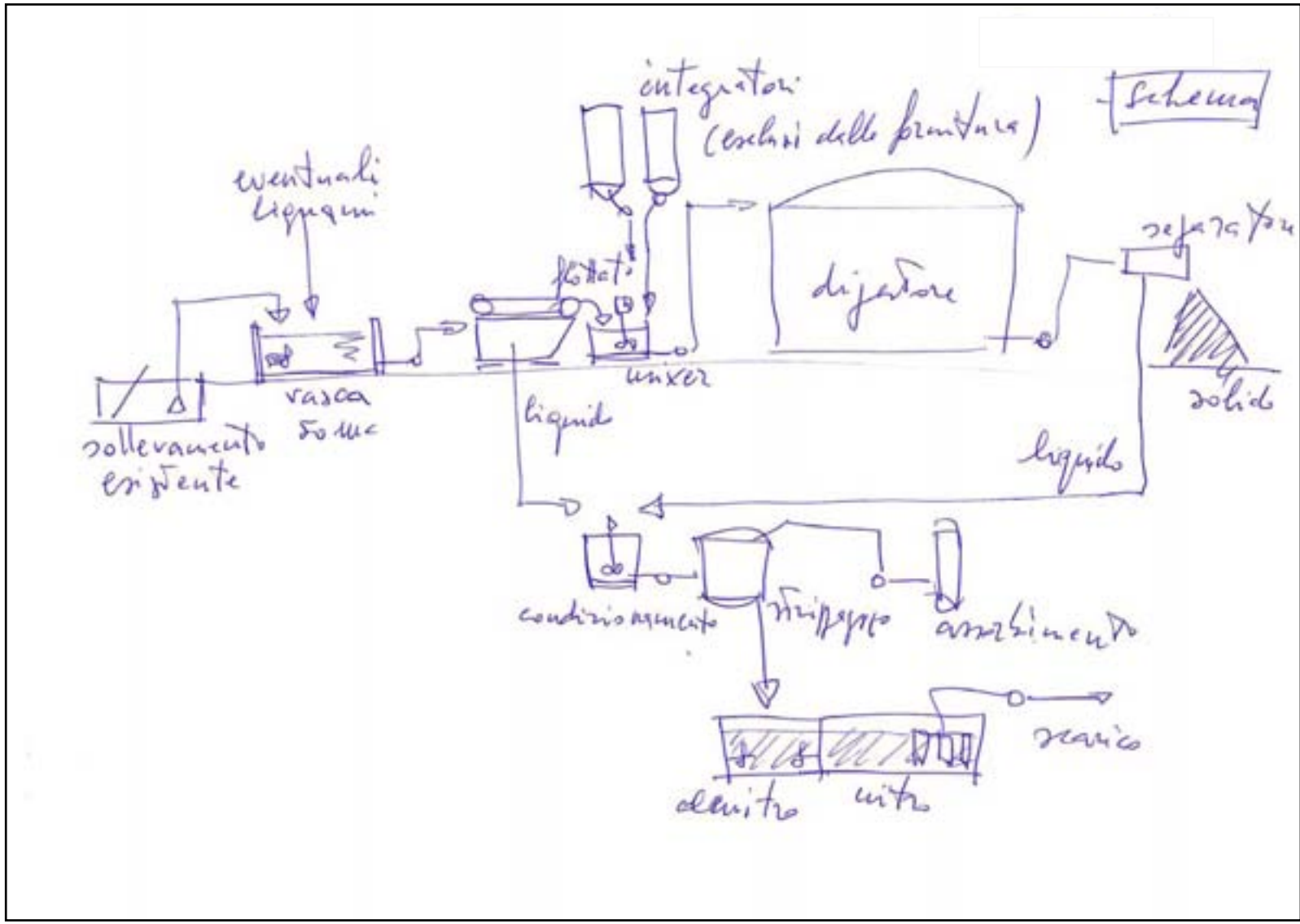
Legata:

- ✓ alla produzione di energia da F.R.
- ✓ Alla valorizzazione dei fertilizzanti –  
ammendanti di risulta



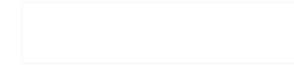
# Il trattamento "limite"

la depurazione con scarico in acque superficiali



# Il trattamento “limite”

Un esempio:



- All.to suinicolo: t p.v. 520
- liquami: m<sup>3</sup>/d 60
- Impianto biogas 250 KWel.
- Investimento: 2,0 MI. €

## COSTI DI GESTIONE

- E. Elettrica per flottazione, decanter, strippaggio, MBR: € 48.000
- Costi per reattivi, ecc....: € 70.000
- Costo per integrazione biomasse: € 120.000
- Costi per manutenzioni: € 72.000

---

TOT: € 310.000

# Il trattamento “limite”

Un esempio:

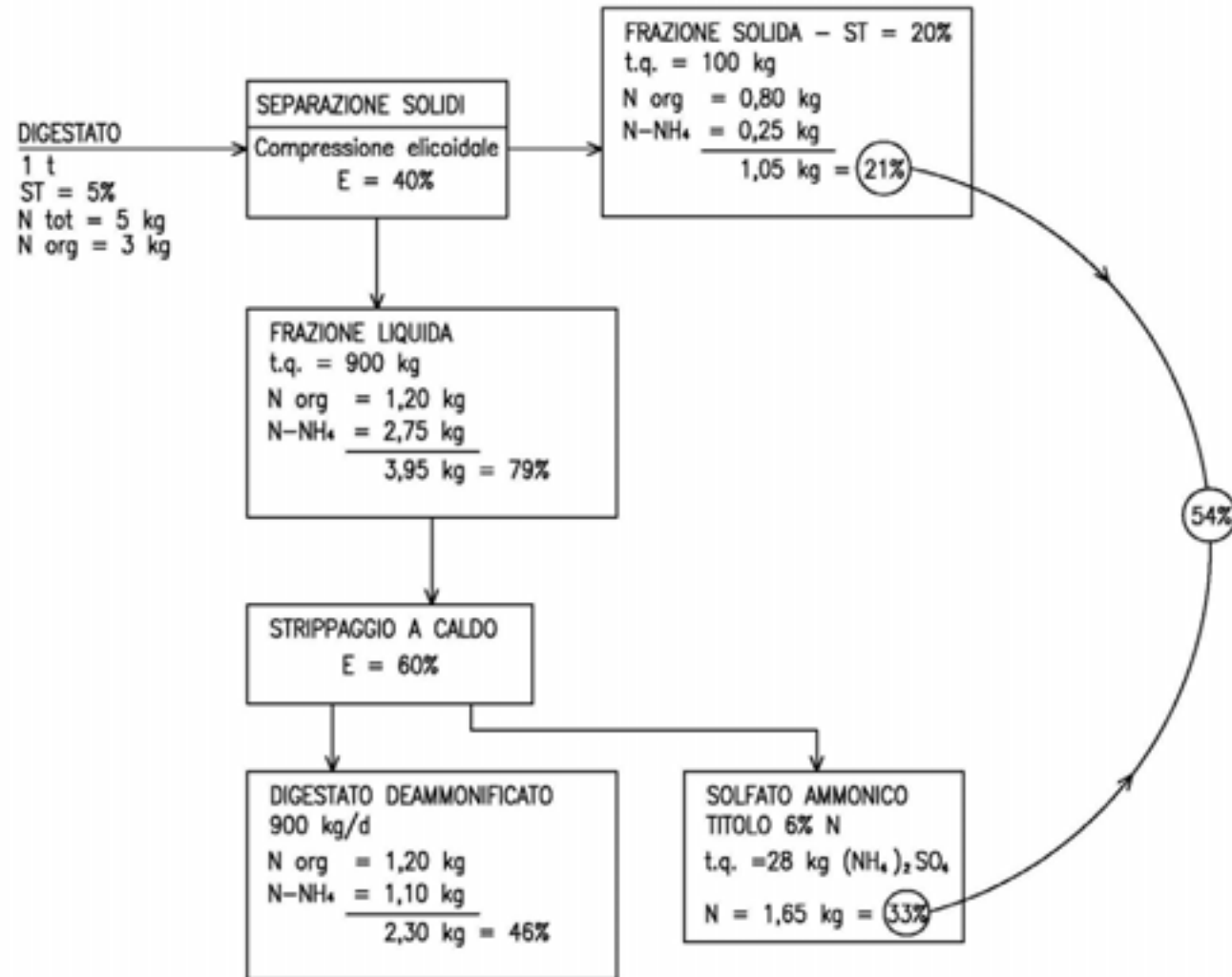
- Riporto costi:	€ 310.000
<b>RICAVI:</b> MWh 1800 x 280:	€ 504.000
<hr/>	
- MOL:	€ 194.000
- Ammortamento (15 anni, $i = 5\%$ ):	€ 192.600
- Utile:	€ 1.400

N.B.: si considera di delocalizzare a costo zero la frazione solida stabilizzata (3000 t/y) ed il solfato ammonico (600 t/y).

**Tariffa omnicomprensiva ed energia termica a costo zero annullano i costi depurativi**

# Le varie linee di trattamento

## Lo strippaggio



$$\Sigma = 900 + 100 + 28 = 1,028 \text{ t}$$

## ESEMPIO

- All.to suinicolo: t p.v. 520
- Impianto biogas 250 KWel.
- liquami: m<sup>3</sup>/d 60
- Investimento: 0,3 MI. €
- Ammortamento (15 anni, i= 5%): € 29.000

## COSTI DI GESTIONE

- E. Elettrica: € 8.750
  - Costi per reattivi, ecc....: € 20.250
  - Manodopera, manutenzioni: € 10.000
- 
- TOT: € 39.000

**COSTO COMPLESSIVO: € 68.000**

Costo unitario fase di strippaggio 1,88 €/Kg di N salificato

Costo unitario compresa separazione 1,15 €/Kg di N delocalizzabile

## **RIPORTO COSTO**

**€68.000**

## **DA IMPIANTO BIOGAS**

(utile per MWh prodotto = 80 €)

- MWh ceduti alla Rete 1800 x 80

€ 144.000

---

RESTANO: € 86.000

## **Da utilizzare:**

- Frazione liquida deammonificata: t/y 20.000

(con il 46% dell'azoto pari a Kg 50.370; circa 300 ha di SAU in ZV)

## **Da delocalizzare:**

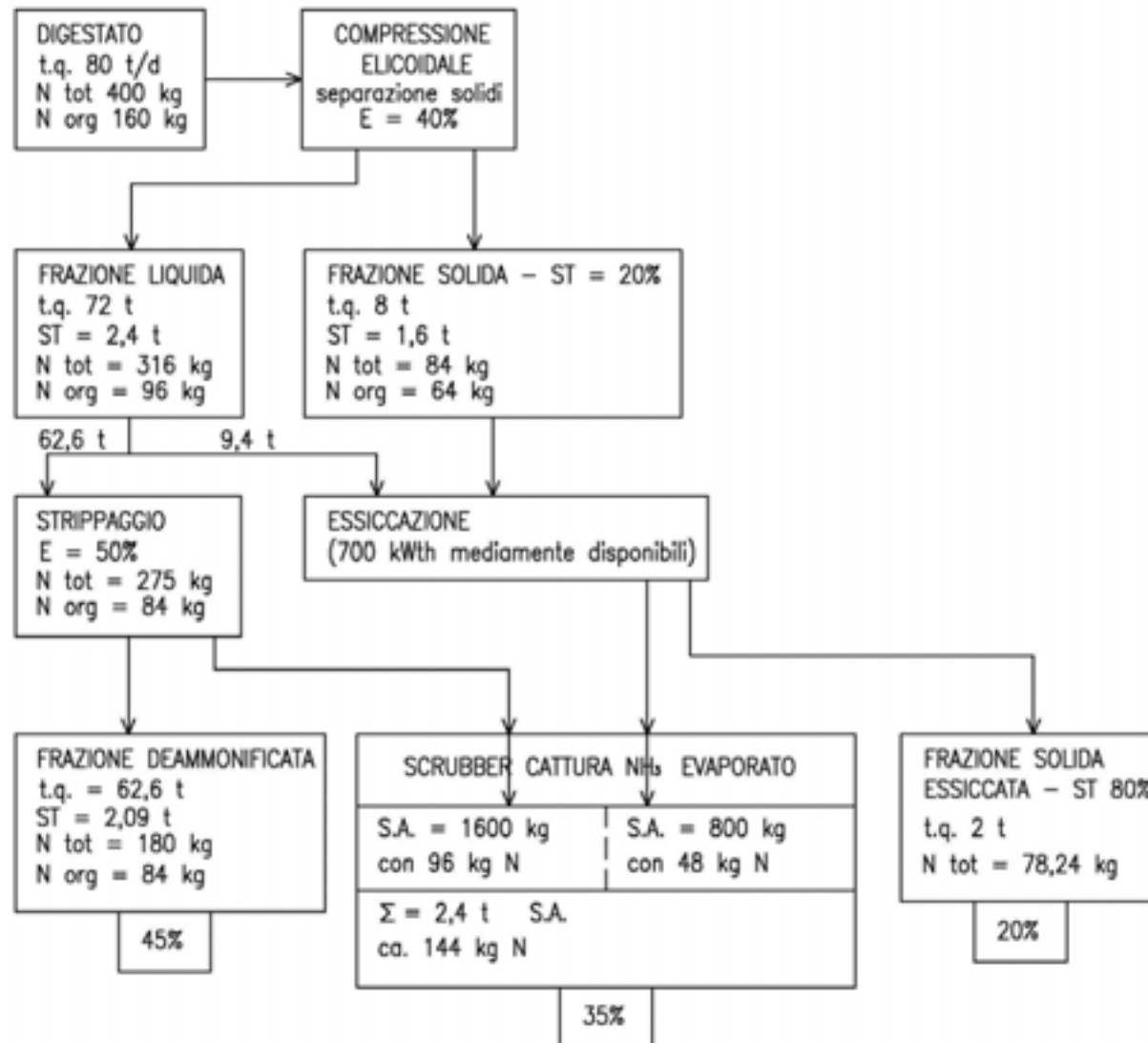
- Frazione solida al 20% di ST: t/y 2.190 (azoto: Kg 23.000)

- Solfato ammonico (30%): t/y 614 (azoto: Kg 36.136)

(in totale 59.136 Kg di azoto per i quali servirebbero 350 ha di SAU, in ZV)

# L'essiccazione del digestato e la potenziale evaporazione della frazione liquida.

(Impianto Biogas 1 MWel, suini 500 t p.v. – 45 t maprov - Digestato 80 t/d)



## Da utilizzare:

- Frazione liquida deammonificata: t/y 22.850

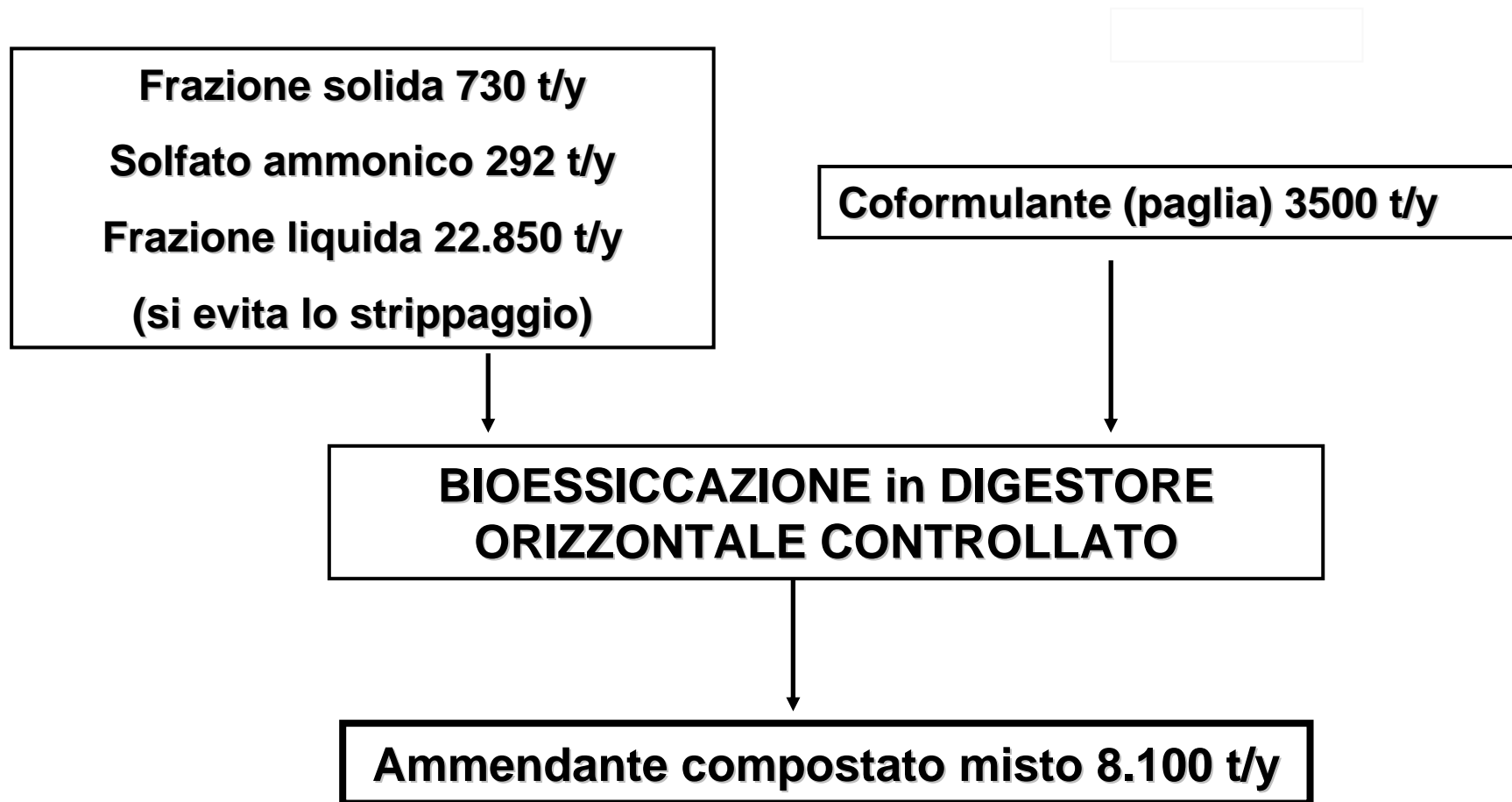
(servono 3 vasche diam. m 30 h 6,00) con 65.700 Kg di N tot (390 ha da SAU in ZV)

## Da delocalizzare:

- Frazione solida all'80% di ST: t/y 730
- Solfato ammonico (30%): t/y 875 (pari a m<sup>3</sup> 725)



# OPZIONE: ZERO FRAZIONE LIQUIDA con produzione di ammendante compostato misto



## **COSTI DI COSTRUZIONE**

- Impianto biogas:	€ MI. 4,00
- Impianto essiccazione:	€ MI. 0,35
- Bioessiccatore:	€ MI. 1,50

---

TOT: € MI. 5,85

## **COSTI GESTIONE**

- Coformulante 3.500 x 101:	€ 353.500
- Energia elettrica per utenze varie:	€ 50.000
- Manodopera:	€ 40.000

---

TOT: € 443.500

## **UTILE BIOGAS (già depurato ammortamento)**

- MWh 7.200 x 70:	€ 504.000
-------------------	-----------

---

**RESTANO: € 60.500**

**Se si valorizzano le 8.100 t di ammendante compostato misto a €t 15,00 si aggiungono:**

**€ 121.500**

# Conclusioni

- ✓ I trattamenti, come ovvio, in continuo divenire ed affinamento, sono disponibili.
- ✓ E' pressoché obbligato il “*pre-requisito*” produzione biogas.
- ✓ La scelta ottimale assolutamente variabile da caso a caso non è cosa da... *mercato* ma deve derivare da seri studi specifici che affrontino sia le problematiche aziendali che quelle territoriali.
- ✓ Indispensabile che la normativa faccia chiarezza sull'utilizzo dei sottoprodotti (biogas) e sulla distribuzione degli ammendanti-fertilizzanti prodotti.
- ✓ Indispensabile che gli enti di controllo si rendano conto che il loro compito, di fronte alla proposta di un progetto, non è quello di “non farlo realizzare”, bensì, se possibile, di farlo realizzare meglio!

# Grazie per l'attenzione!

[pierluigi.navarotto@unimi.it](mailto:pierluigi.navarotto@unimi.it)

*Università degli Studi di Milano*

*Facoltà di Medicina Veterinaria*

*Dipartimento di Scienze e Tecnologie Veterinarie per la Sicurezza Alimentare*