



Processi biologici innovativi di rimozione dell'azoto dai digestati

Politecnico di Milano, Polo di Cremona

20 Giugno 2013

Valutazioni ambientali ed economiche

Alessandro Casula e Gabriele Insabato

Stefano Gambarelli, Nicola Paccanelli, Davide Scaglione, Aronne Teli

Politecnico di Milano



**POLITECNICO
DI MILANO**



**MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE
ALIMENTARI E FORESTALI**



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE**

DICEA
DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA CIVILE
E AMBIENTALE



Situazione zone vulnerabili Nord Italia

Azoto in eccesso

Opzioni tecnologiche processi biologici innovativi

Casi di confronto di valutazione ambientale

Bilancio ambientale (consumi ed emissioni)

Quantificazione degli effetti e delle esternalità

Costi e confronto con altre tecnologie

Scenari di mercato e mercato potenziale

Maturità delle tecnologie studiate e ruolo del Politecnico

Punti di forza e di debolezza delle tecnologie studiate

Impossibilità di una soluzione di libero mercato

Possibili soluzioni al problema (road map)

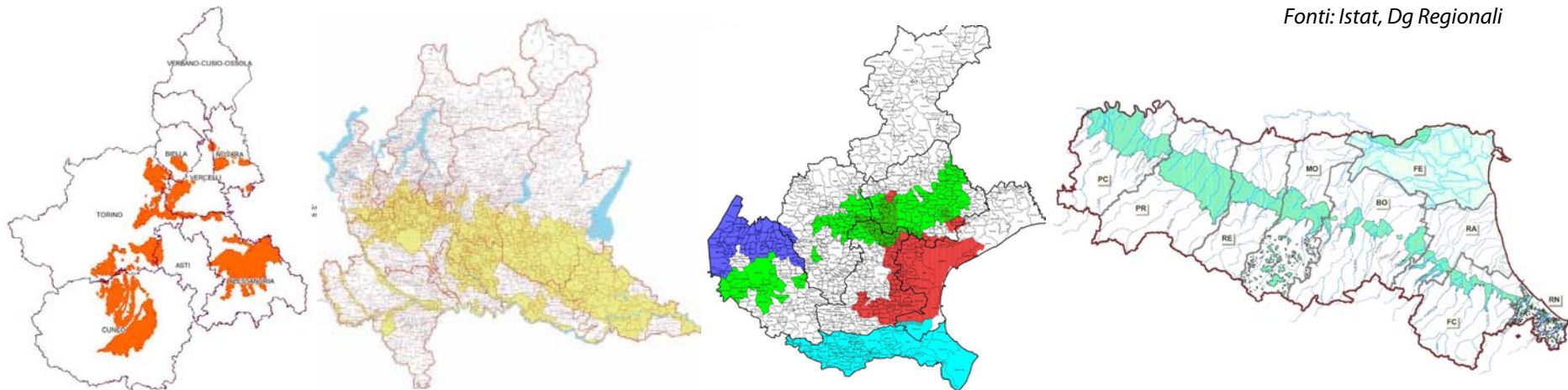
Conclusioni



Le **REGIONI DEL NORD ITALIA** hanno **importanti superfici agricole classificate come *vulnerabili ai nitrati***

REGIONE	AREE AGRICOLE VULNERABILI (ha)	ZVN SU SAU REGIONALE	CAPI BOVINI ALLEVATI	CAPI SUINI ALLEVATI	CAPI AVICOLI ALLEVATI
Piemonte	402.000	54%	820.000	1.120.000	10.760.000
Lombardia	460.000	56%	1.495.000	4.700.000	25.800.000
Veneto	435.000	60%	755.000	795.000	49.400.000
Emilia Romagna	600.000	56%	560.000	1.280.000	26.300.000

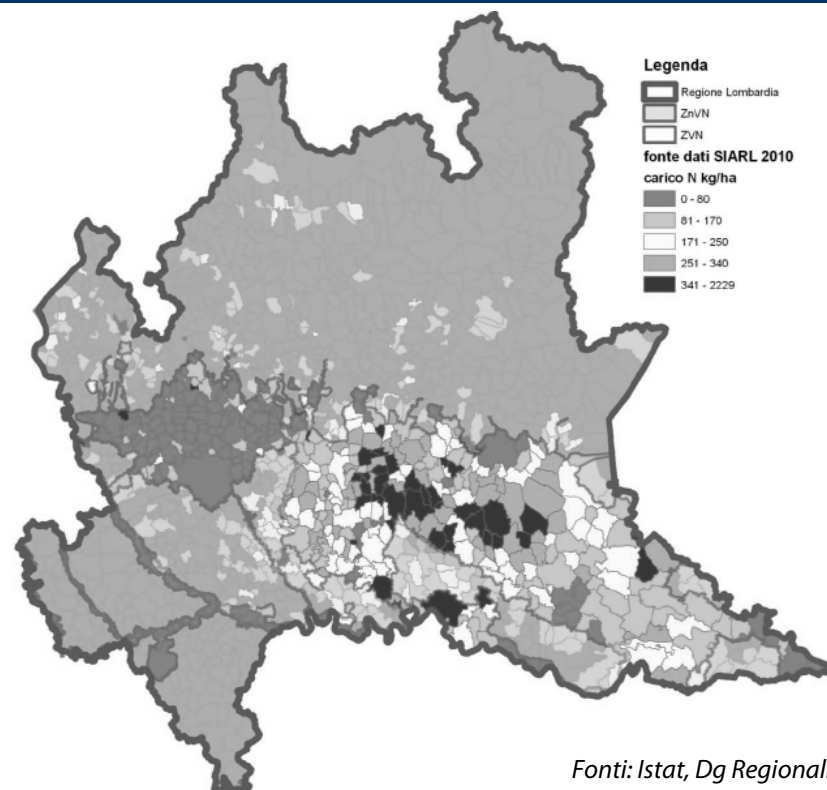
Fonti: Istat, Dg Regionali





La presenza di **allevamenti zootecnici sulle ZVN** può comportare **eccedenze di azoto di origine animale**

Un esempio è costituito dalla **LOMBARDIA** con alcune sue **Province**



Fonti: Istat, Dg Regionali

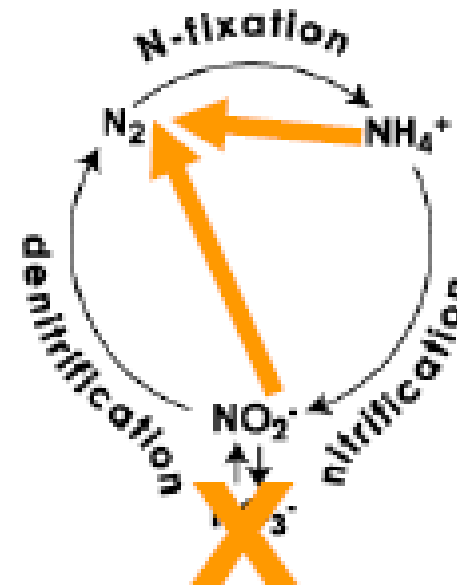
PROVINCIA	SAU in ZVN (ha)	AZOTO AL CAMPO in ZVN (t/a)	CARICO AZOTO in ZVN (kg/ha)	AZOTO in ECCESSO in ZVN (t/a)	SUPERFICIE MANCANTE (ha)
Bergamo	33.245	8.355	251	2.703	15.900
Brescia	116.430	33.113	284	13.320	78.356
Cremona	78.278	18.122	232	4.815	28.321
Mantova	130.286	24.595	189	2.447	14.392



Rimozione dell'azoto dal **digestato** mediante *processi biologici innovativi*



Processo
DENO2



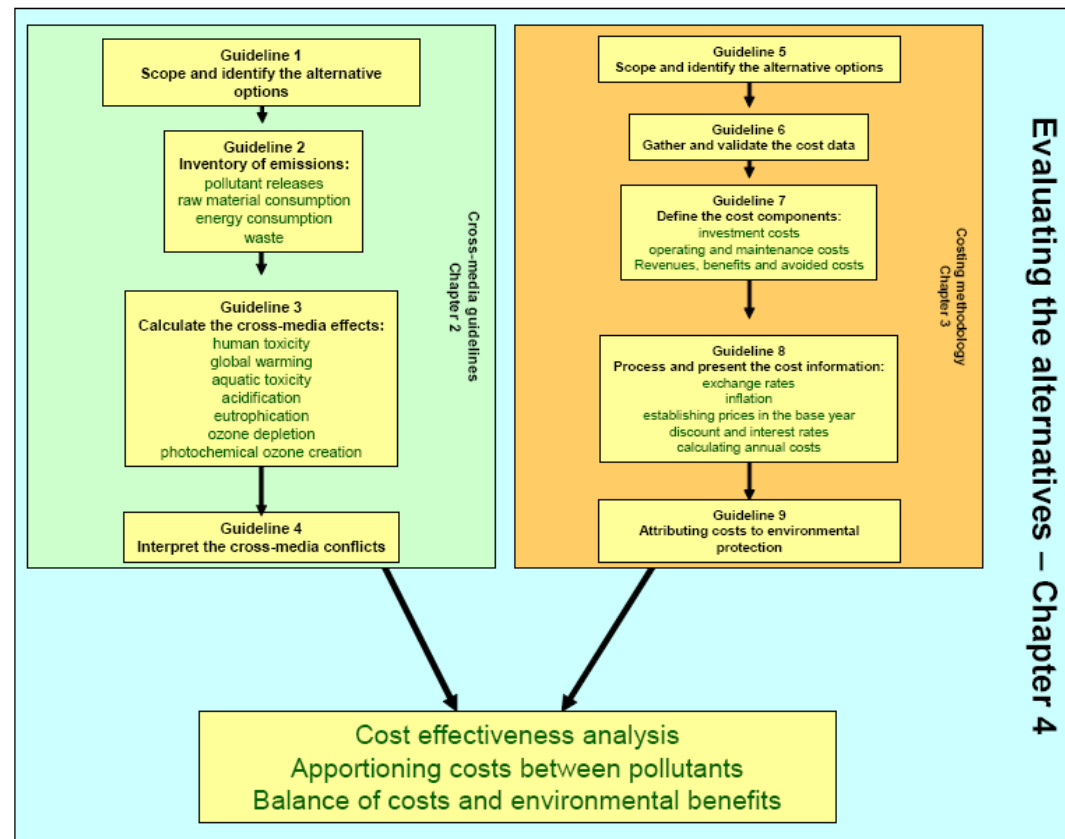
Processo
Anammox



Caso 0
Digestato + Separazione solido-liquido
con compressore elicoidale

Caso 1
Digestato + Separazione solido-liquido
con centrifuga + Trattamento DENO2

Caso 2
Digestato + Separazione solido-liquido
con centrifuga + Trattamento ANAMMOX



Metodologia IPPC-BAT

Reference Document on Economics and Cross-Media Effects - July 2006



PARAMETRI E INDICATORI

BILANCIO DI MASSA/EMISSIONI E CONSUMI					
		CASO 0	CASO 1	CASO 2	FONTE
separazione solido liquido	UdM				
rapporto di liquido aggiunto	Lsoluzione/Ldigestato	0	0,2	0,2	Ricerca BRAIN
conc. Polielettrolita aggiunto	g/kgSS	0	40	40	Ricerca BRAIN
eff. solido/liquido	% in peso	45%	90%	90%	Ricerca BRAIN, Moller et al 2002
energia consumata specifica	kWh/ton digestato	0,9	4	4	Ricerca BRAIN, Moller et al. 2002
efficienza separazione azoto	%N nel solido in peso	15%	50%	50%	Moller et al. 2002
stoccaggio SOLIDO emissioni					
fattore di emissione CH4	kgCH4/ton solido	0,011	0,011	0,011	Ricerca BRAIN
azoto nella frazione solida	% azoto totale al netto volatilizzazione	6%	70%	70%	Decreto ministeriale 7/4/06
stoccaggio LIQUIDO emissioni					
fattore di emissione CH4	kgCH4/ton solido	0,059	0,059	0,059	Ricerca BRAIN
fattore di emissione NH3 in 8 giorni	gN/kgNstoccati	10,46	5,49	5,49	Ricerca BRAIN
biologico					
efficienza di rimozione	% NH3-N	0%	80%	90%	Ricerca BRAIN
dosaggio di acetato	g COD/kgNH3rimossa	-	1053,94	0	Ricerca BRAIN
energia consumata specifica	kWh/m3	-	3,7	1,5	Ricerca BRAIN
fattore di emissione NH3	kgNH3-N emesso/kgN in ingresso	-	0,0023	0,0007	Ricerca BRAIN
al campo					
ammoniaca volatilizzata	% N applicato	4%	4%	4%	ARMOSA
Leaching	% N applicato	10%	10%	10%	ARMOSA
SAU NVZ	kgN al campo/ettaro	170	170	170	Regolamento CE 817/04

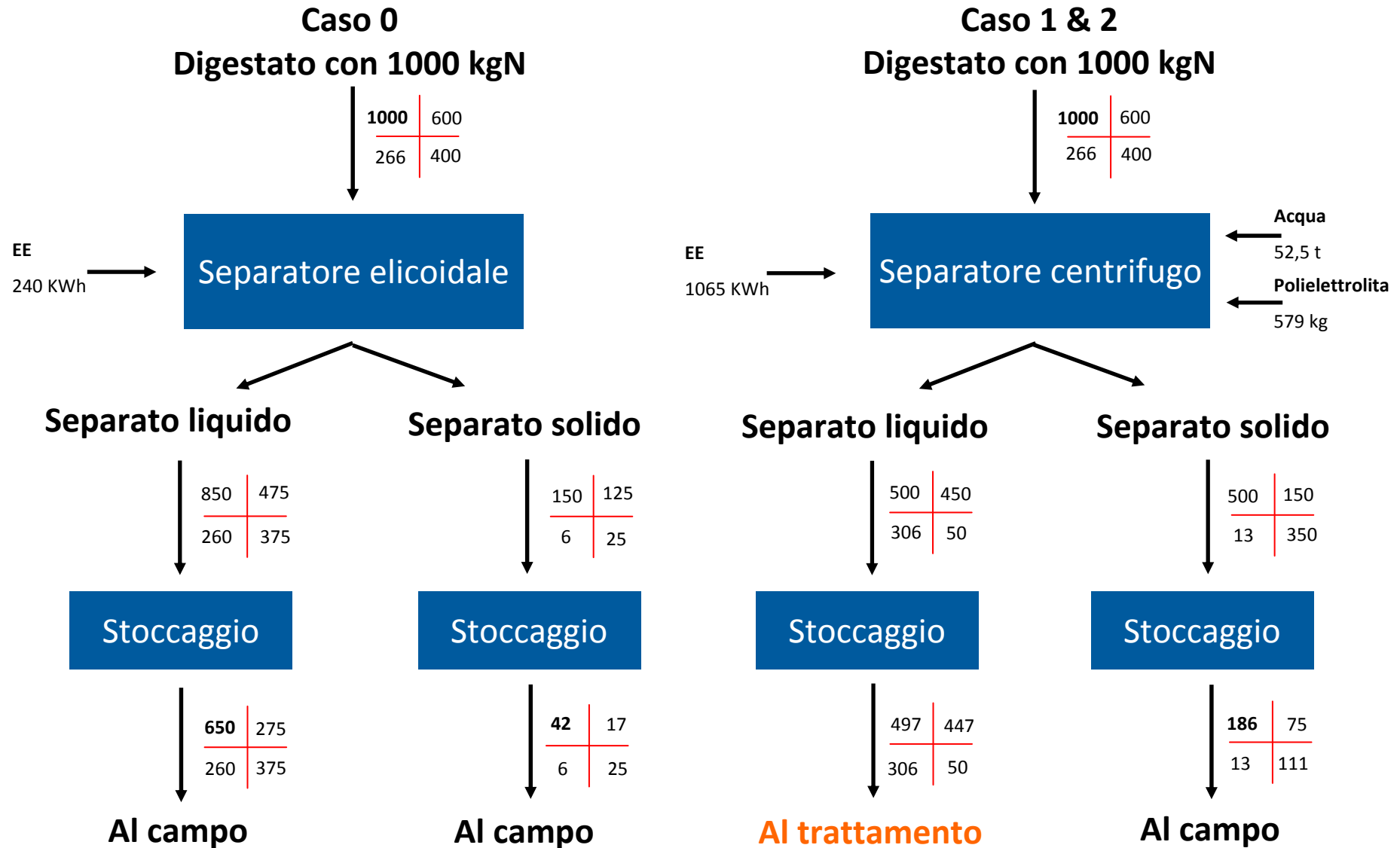
EFFETTI AMBIENTALI			
FATTORE	UdM	VALORE	FONTE
tossicità Ammonia	kg Pb eq./kgNH3	350	Commissione Europea IPPC 2006
riscaldamento globale CH4	kgCO2 eq/kgCH4	23	Commissione Europea IPPC 2006
riscaldamento globale Energia elettrica	kgCO2 eq/MWh	397	CESTEC Regione Lombardia
tossicità idrica Leaching	PNEC in mg/L	50	Regolamento CE 817/04
fattore acidificaz. Ammoniaca	kgSO2 eq./kgNH3	1,6	Commissione Europea IPPC 2006
fattore eutrof. Nitrato	kgPO4 eq/kgNO3	0,1	Commissione Europea IPPC 2006
fattore ozono CH4	kg etilene eq/kgN2O	0,006	Commissione Europea IPPC 2006



BILANCI DI MASSA ED ENERGIA

Kg Ntot | Kg N-NH3
t refluo | Kg Norg

8





BILANCI DI MASSA ED ENERGIA

Kg Ntot	Kg N-NH3
t refluo	Kg Norg

9

Caso 1 Separato liquido

497	447
306	50

EE
1840 kWh
Acetato
477 Kg



138	89
306	49



138	89
306	49

Al campo

Caso 2 Separato liquido

497	447
306	50

EE
746 kWh



94	0
306	94



94	0
306	94

Al campo



			CASO 0	CASO 1	CASO 2
			senza trattamento	deno2	anammox
pre campo	N2	kgN	0	358	403
	NH3	kgN	308	318	317
	energia	kWh	240	2905	1811
	polielettrolita	kg	0	579	579
	acetato	kg	0	477	0
al campo	NH3	kgN	28	13	11
	leaching	kgN	69	32	28
	SAU ZVN	ettari	4,07	1,91	1,65

Emissioni e consumi riferiti all'unità funzionale

UNITA' FUNZIONALE = 1000 kgN nel digestato



	CASO 0	CASO 1	CASO 2
	Digestato senza trattamento	Digestato con trattamento DENO2	Digestato con trattamento ANAMMOX
Energia	base 0	1112,3%	655,7%
Rifiuti	non presente	non presente	non presente
Tossicità umana	base 0	-1,5%	-2,3%
Riscaldamento globale	base 0	976,9%	573,2%
Tossicità idrica	base 0	-53,1%	-59,4%
Acidificazione	base 0	-1,5%	-2,3%
Eutrofizzazione	base 0	-53,1%	-59,4%
Impoverimento ozono	non presente	non presente	non presente
Potenziale creazione ozono	base 0	-57,8%	-57,8%

caso migliore

caso intermedio

caso peggiore

Matrice degli effetti incrociati



Costi sociali legati agli *effetti ambientali* derivanti dalle **emissioni inquinanti**

			COSTI OMBRA euro/unità		CASO 0		CASO 1		CASO 2	
			minimo	massimo	min	max	min	max	min	max
pre campo	N2	kgN	-	-	-	-	-	-	-	-
	NH3	kgNH3	11	32	3388	9856	3494	10165	3485	10139
	energia	kWh	4,0	11,0	0,96	2,64	11,62	31,95	7	20
al campo	NH3	kgNH3	11	32	304	886	143	415	123	359
	leachinh	kgN	-	sanzione EU	non conformità= sanzione EU		conformità direttiva nitrati		conformità direttiva nitrati	
	SAU ZVN	ettari	-	non conformità						
	<u>NH3+MWh</u>	<u>euro/anno</u>	-	-	<u>3693</u>	<u>10744</u>	<u>3649</u>	<u>10612</u>	<u>3616</u>	<u>10519</u>
					+multa	+multa				

I casi 1 e 2 migliorano i **costi sociali complessivi** dati dagli effetti dell'emissioni di *ammoniaca* e di *consumo di energia*

Evitano inoltre la **non conformità** alla *Direttiva Nitrati*:

- procedura di infrazione 2013/2032
- rischio blocco fondi PAC
- rischio restituzione fondi PAC già erogati



		DENO2	ANAMMOX
Separato liquido trattato	m3/g	100	100
N-NH4 in	kg/g	150	150
N-NH4 out	kg/g	15	0
Costo investimento ($\pm 20\%$)	k€	360	360
Costo esercizio	k€/anno	65	30
Costo annuo	k€/anno	100	65
Costo specifico	€/kgN rimosso	2,0	1,2

Confronto costi
specifici di rimozione
dell'azoto
(fonte progetto NiLo)

Costo specifico (*)	€/kgN rimosso
Biologico convenzionale	3,5
DENO2	3,4
ANAMMOX	2,5
Evaporazione	18,4
Strippaggio	12,9

(*) Comprensivo dei costi di separazione S/L



ECCEDENZIA AZOTO da **BOVINI** a CREMONA

2886 tN/anno

Premio incentivi
FER

Nuovi impianti:
MIN: 24 k€/a
MAX: 72 k€/a

1500 CAPI BOVINI

IMPIANTO BIOGAS

≈ 200 kWe

RIMOZIONE AZOTO

≈ - 80 tN/a
- 470 ettari
+120 k€/a
*Trattamento
biologico*

36 IMPIANTI
affiancati a biogas
esistenti o nuovi

+120 k€/a
Separazione

ECCEDENZIA AZOTO da **SUINI** a CREMONA

1786 tN/anno

Nuovi impianti:
MIN: 22 k€/a
MAX: 66 k€/a

Premio incentivi
FER

28 IMPIANTI
affiancati a biogas
esistenti o nuovi

≈ - 63 tN/a
- 370 ettari
+95 k€/a
*Trattamento
biologico*

RIMOZIONE AZOTO

+95 k€/a
Separazione

IMPIANTO BIOGAS

≈ 180 kWe

10000 CAPI SUINI



PROVINCIA	IMPIANTI RIMOZIONE AZOTO		IMPIANTI BIOGAS ESISTENTI (31/12/12)
	DIGESTATO BOVINO	DIGESTATO SUINI	
Bergamo	19	14	11
Brescia	84	80	54
Cremona	36	28	117
Mantova	15	15	32



La **tecnologia DENO2** è disponibile sul mercato ed è applicabile a digestati di biogas e reflui tal quali

La **tecnologia Anammox** non è invece disponibile sul mercato per matrici zootecniche e trova attualmente applicazione in campo civile. Per questa soluzione è necessaria un'ulteriore fase di ottimizzazione e scale up

Il ruolo del Politecnico di Milano e Università di Firenze è dunque quello di *eseguire studi di fattibilità per la scelta tecnologica a livello sistemico o aziendale nonché supportare lo sviluppo esecutivo di soluzioni commercialmente disponibili (DENO2) o prototipali (Anammox)*



I possibili PUNTI DI FORZA delle tecnologie studiate sono:

- *costi ridotti rispetto ad altre soluzioni*
- *sinergia con impianti biogas nuovi o esistenti*
- *applicabilità a digestati da reflui zootecnici in utilizzo nei biogas esistenti e nuovi*
- *tecnologia solida (DENO2)*
- *applicazioni funzionanti in ambito civile e industriale*
- *semplicità gestionale e applicativa*
- *combinazione biogas e trattamento azoto consente di collettare reflui da trattare evitando status di “rifiuto”*



Gli ASPETTI DI DEBOLEZZA individuati invece sono:

- *necessità di separazione s/l ad alta efficienza (comune a tutti i trattamenti)*
- *taglie di impianto medio-grandi*
- *tecnologie in fase di sviluppo pre-industriale (Anammox)*
- *nessun incentivo per trattamento abbinato ad impianti biogas esistenti*
- *impianto biogas in registro con possibile esaurimento incentivi statali*



Il problema della Direttiva Nitrati è un tipico caso di ***economia ambientale***:

- la *risorsa ambientale* è un bene pubblico, quindi l'uso è caratterizzato dalla ***non rivalità*** e ***non escludibilità*** tra utilizzatori anche economici
- il singolo utilizzatore economico è svantaggiato dall'*impoverimento/esaurimento* della risorsa ambientale in quanto necessariamente andrà a limitarne l'attività
- l'utilizzatore economico non si fa carico dei *costi di preservazione* non avendone ***ricavo economico*** e non volendo favorire altri utilizzatori economici affini (dilemma dei pescatori)



Tramite ***intervento pubblico*** o ***cooperazione tra privati***, nell'implementazione degli impianti di rimozione dell'azoto in eccesso, è possibile ***aiutare il mercato*** nel raggiungimento dell'obiettivo di *un'allocazione delle risorse socialmente efficiente*

Ipotesi 1: consorzi pubblici di trattamento (es. Conai)

Ipotesi 2: consorzi privati di trattamento (es. RAEE)

Ipotesi 3: senza accordo su sistemi cooperativi la PA prescrive la tecnologia di rimozione su allevamenti IPPC (Nitrogen Cliff)



È possibile calcolare il **costo di rimozione dell'azoto in eccesso sul totale al campo**, nonché **l'incidenza di un'eventuale tariffa sui beni di consumo che originano una produzione di azoto al campo**

PROVINCIA	N al campo tot [t]	N eccesso in ZVN [t]	Costo rimozione N eccesso*	Tariffa €/KgN al campo
Bergamo	10.358	2.703	8.108.760	0,78
Brescia	35.747	13.320	39.960.000	1,12
Cremona	23.506	4.815	14.445.000	0,61
Mantova	26.264	2.447	7.339.980	0,28
TOTALE	95.875	23.285	69.853.740	

* costi con separazione e tecnologie biologiche avanzate



PROVINCIA	N al campo per bovino latte (KgN/a)	Tariffa €/capo bovino latte
Bergamo	83	65
Brescia	83	93
Cremona	83	51
Mantova	83	23

ESEMPIO:

Si calcola il costo di rimozione dell'eccesso di azoto provinciale ripartito per singolo capo bovino da latte in base al suo contributo di surplus

A questo punto si determina una **tariffa media ponderata** regionale pari a **0,64 c€ per litro di latte** immesso sul mercato

PROVINCIA	Tariffa €/capo bovino latte	Tariffa €/litro latte prodotto*	Produzione latte provinciale (l/a)
Bergamo	65	0,007	498.844.800
Brescia	93	0,010	1.420.070.400
Cremona	51	0,005	1.205.251.200
Mantova	23	0,002	924.729.600

* Calcolata su produzione annuale di 9.600 litri



- È evidente il considerevole ***eccesso di azoto***, soprattutto in alcune zone lombarde, e la non conformità alla ***Direttiva Nitrati***
- La rimozione dell'azoto mediante trattamenti biologici è ***vantaggiosa*** in termini di ***costi-benefici***
- I costi di utilizzo dei trattamenti biologici innovativi sono ***contenuti*** e ***inferiori*** rispetto ad altre tecnologie di rimozione
- Le tecnologie biologiche innovative sono annoverabili nelle ***Migliori Tecniche Disponibili***
- La rimozione del surplus di azoto necessita di soluzioni mediante l'organizzazione di ***sistemi cooperativi/collettivi***
- I costi di soluzione del problema sono ***onerosi*** se sostenuti dai ***singoli allevamenti*** ma ***irrilevanti*** se caricati sul prezzo del bene di consumo che ha determinato il surplus di azoto