



Regione Lombardia



Overview delle tecnologie di essiccazione del digestato: vantaggi e svantaggi

Giuseppe Moscatelli
Giuseppe Bonazzi

CRPA - Reggio Emilia

Convegno su reflui zootecnici, digestato e Direttiva Nitrati:
QUALI SOLUZIONI AL PROBLEMA NITRATI
Scelte ottimali in un contesto di risorse limitate

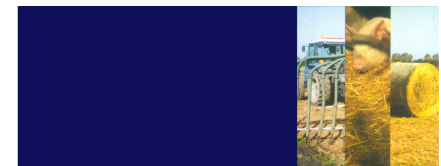
Politecnico di Milano
Polo Territoriale di Cremona
14 Febbraio 2014



LIBERA
ASSOCIAZIONE
AGRICOLTORI
CREMONESI



Centro Ricerche Produzioni Animali – C.R.P.A. S.p.A.



La tecnologia di essiccazione:

Conveniente se è disponibile energia termica

- **a bassissimo costo**
- **nel medesimo luogo**

**Ideale è lo sfruttamento dei cascami termici in surplus dell'unità
CHP alimentata a biogas per produrre E.E. (al netto dei fabbisogni
dell'impianto per la termostatazione e riscaldamento delle
biomasse)**

Spesso occorre utilizzare E.E. per dissipare questo calore in surplus



L'essiccazione è una tecnologia di trattamento del digestato:

- Conservativa: permette di concentrare e recuperare gli elementi nutritivi in esso contenuti (N:P:K) e di esportarli, con ridotti costi di trasporto, in zone a basso carico zootecnico;
- Produce un materiale essiccato/pelletizzato commercializzabile come fertilizzante organico;
- Produce, generalmente, un fertilizzante liquido commercializzabile come solfato d'ammonio (titolo minimo N:6%);
- Riduce il digestato di volume;
- Per impianti operanti in regime di cogenerazione ad alto rendimento (costruiti dopo il 31/12/2012) che prevedano il recupero dell'azoto, sarebbe previsto un premio aggiuntivo;

Essiccazione, quali tecnologie:

Bassa temperatura (< 110°C)	Tramite scambiatore che scalda l'aria di processo (Energia termica dell'acqua e/o dei fumi)	Tappeto, nastro ventilato o dischi rotanti sovrapposti	Aperto, con scarico in atmosfera
	Uso diretto dei fumi		
Alta temperatura (>> 120°C)	Tramite scambiatore con Olio diatermico o uso diretto dei fumi	Cilindro rotante	Aperto, con scarico in atmosfera Chiuso con condensazione della fumana e ricircolo dell'aeriforme
		Con rotore interno	Aperto, con scarico in atmosfera Chiuso con condensazione della fumana e ricircolo dell'aeriforme
Evaporazione / Addensamento	A singolo stadio	Pressione ambiente o in depressione / sottovuoto	Aperto, con scarico in atmosfera
	A doppio stadio con condensazione del vapore e recupero del cascame termico		Chiuso con condensazione della fumana e ricircolo dell'aeriforme
Bioessiccazione	Ventilazione naturale o forzata	rivoltamento automatico o con pala meccanica	Aperto, con scarico in atmosfera
	Ventilazione forzata e riscaldamento artificiale		Chiuso con trattamento dell'aria tramite biofiltro e/o scrubber

Essiccazione, quali tecnologie:

Il Progetto regionale
EQUIZOO

Essiccatore a nastro
Fonte: Dorset



Essiccatore a nastro
Fonte: Scolari



Essiccazione, quali tecnologie:

Il Progetto regionale
EQUIZOO



**Bioessiccazione a tunnel
aerato-riscaldato
Fonte: Candiracci**

**Evaporatore
sottovuoto
Fonte: Ecotecno**

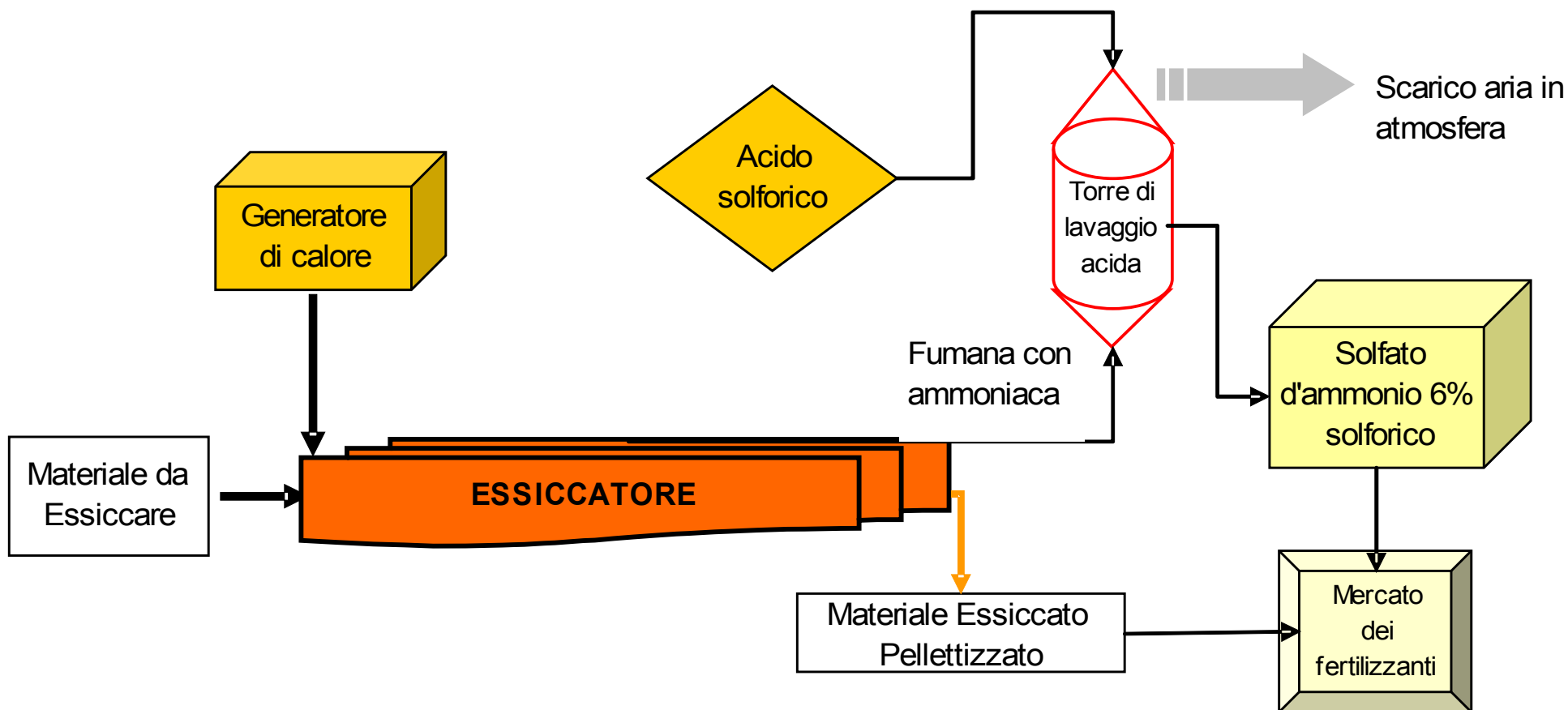


Esistono tecnologie per essiccare:

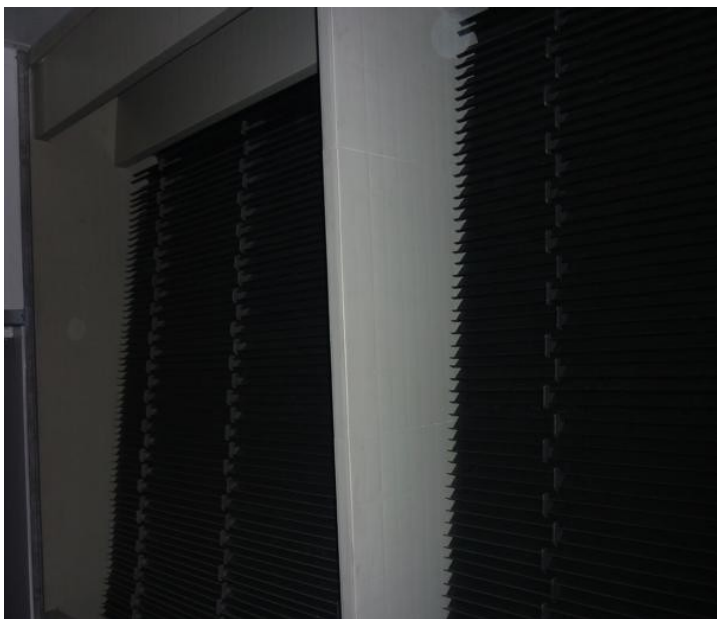
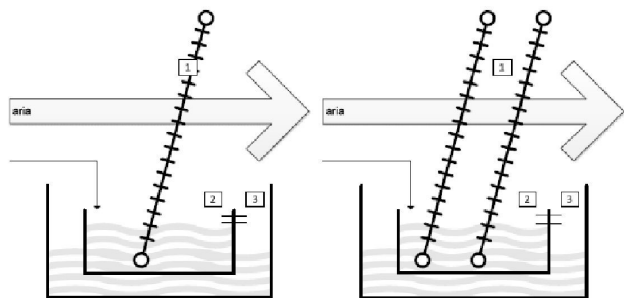
- frazione solida separata
 - frazione solida separata ed in aggiunta frazione liquida
 - tal quale preventivamente miscelato con frazione essiccata in uscita
-
- Essiccazione con tecnologia a sistemi ventilati (sistemi aperti con cattura dell'ammoniaca) – 300 kWth
 - Essiccazione con tecnologia a rotore ad alta temperatura (circuito chiuso con condensazione del flusso d'aria e ricircolo) – 1000 kWth

Essiccazione a bassa temperatura a circuito aperto (1)

Schema di processo



Essiccazione a bassa temperatura a circuito aperto (2)



Fonte: BTS

Essiccazione a bassa temperatura a circuito aperto (3)

Parametro		Digestato tal quale	Digestato essiccato		
			Media \pm Dev.ST	min	max
pH	[-]	7,9 \pm 0,08	7,3 \pm 0,7	6.12	8.28
ST	[g/kg]	106,1 \pm 10,9	881 \pm 112,7	570.7	983.0
	[%]	10,6 \pm 1	88,1 \pm 11,2	57.1	98.3
SV	[g/kg]	81,9 \pm 9,8	692,8 \pm 90,4	425.9	781.9
	[%ST]	77 \pm 2	78,6 \pm 2,5	74.6	82.5
NTK	[mg/kg]	6953 \pm 726	18696 \pm 3101	12590	24660
	[%ST]	6,5 \pm 0,5	2,1 \pm 0,2	1.6	2.6
NH ₄ ⁺ - N	[mg/kg]	3903 \pm 354	1856 \pm 1468	416	5362
	[%NTK]	56,2 \pm 2	9,9 \pm 7,3	2.9	23.0
P	[mg/kg]	1434 \pm 193	10610 \pm 2505	6968	14784
	[%ST]	1,3 \pm 0,1	1,1 \pm 0,2	0.8	1.6
K	[mg/kg]	4680 \pm 380	26282 \pm 12277	8292	63503
	[%ST]	4,4 \pm 0,5	2,9 \pm 1,2	1.1	7.0
TOC	[%ST]	-	40,3 \pm 1,6	38	43.93
	C/N	-	19,1 \pm 2	15.4	23.8
E.Coli	MPN/g (*)	-	98 \pm 158	52	529
Salmonella	P/A in 25 g (**)	-	Assente	Assente	Assente

* Most Probable Number

** Presence/Absence

- undetected

Essiccazione a bassa temperatura a circuito aperto (4)

Il Progetto regionale
EQUIZOO

Investimenti

Descrizione bene

Nastro+torre lavaggio+opere accessorie
Pellettatrice
Opere edili ed accessorie

Attivo

Risorsa

Vendita fertilizzante
Risparmio convenzione terreni
Vendita solfato d'ammonio
Risparmio costi di trasporto
Bonus (Obiettivo 30% N)

Passivo: Gestione e manutenzione

Risorsa

Personale
E.E.
H2SO4
Trasporto frazione liquida
Manutenzione

Analisi finanziaria (Metodo del flusso di cassa scontato)

Tasso interesse applicato al prestito del **5%**
Pay back time pari a **8** anni



LIBERA
ASSOCIAZIONE
AGRICOLTORI
CREMONESI

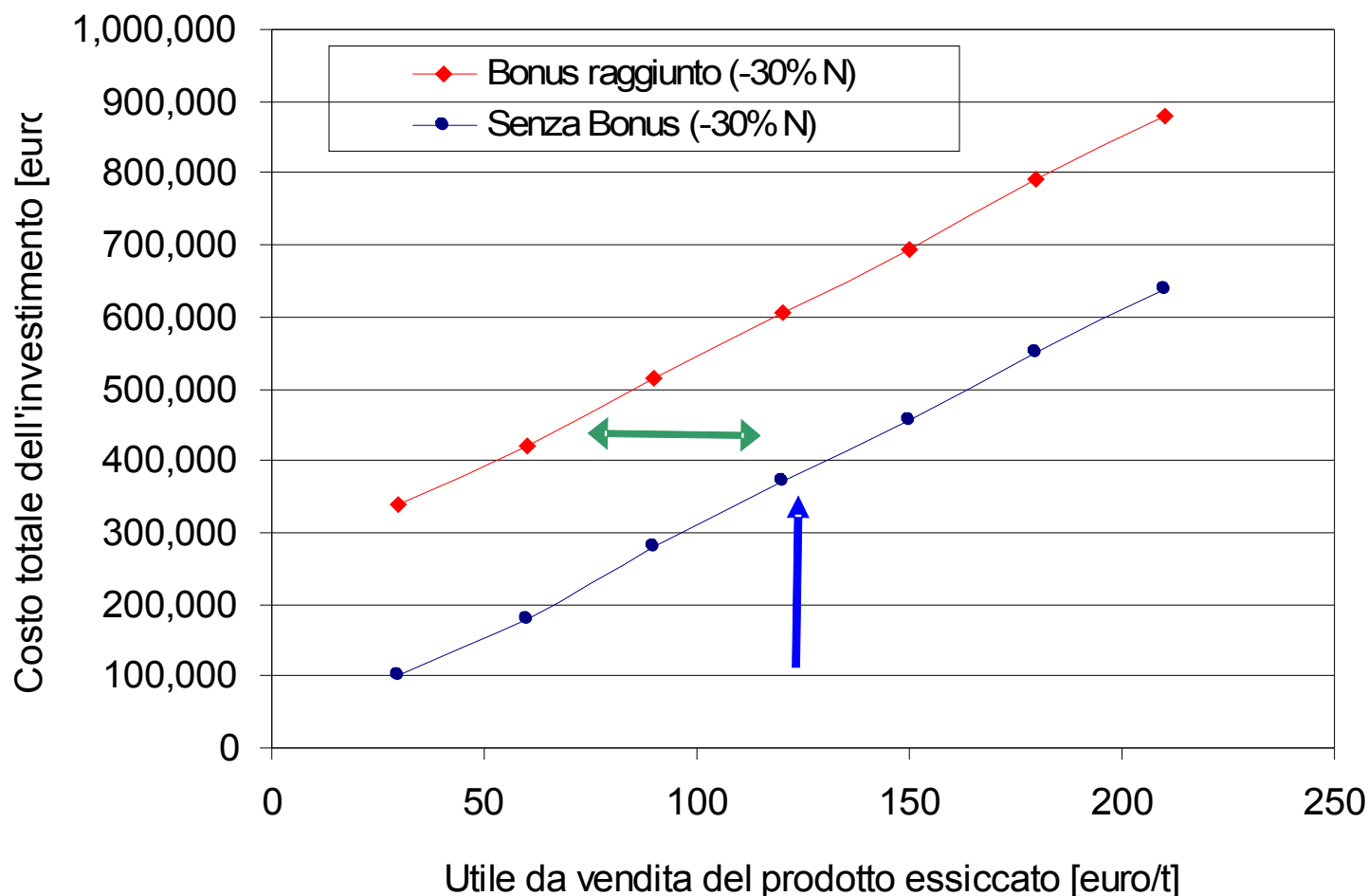
Polo Territoriale di Cremona - 14 Febbraio 2014



Centro Ricerche Produzioni Animali - C.R.P.A. S.p.A

Essiccazione a bassa temperatura a circuito aperto (5)

Sostenibilità dell'investimento



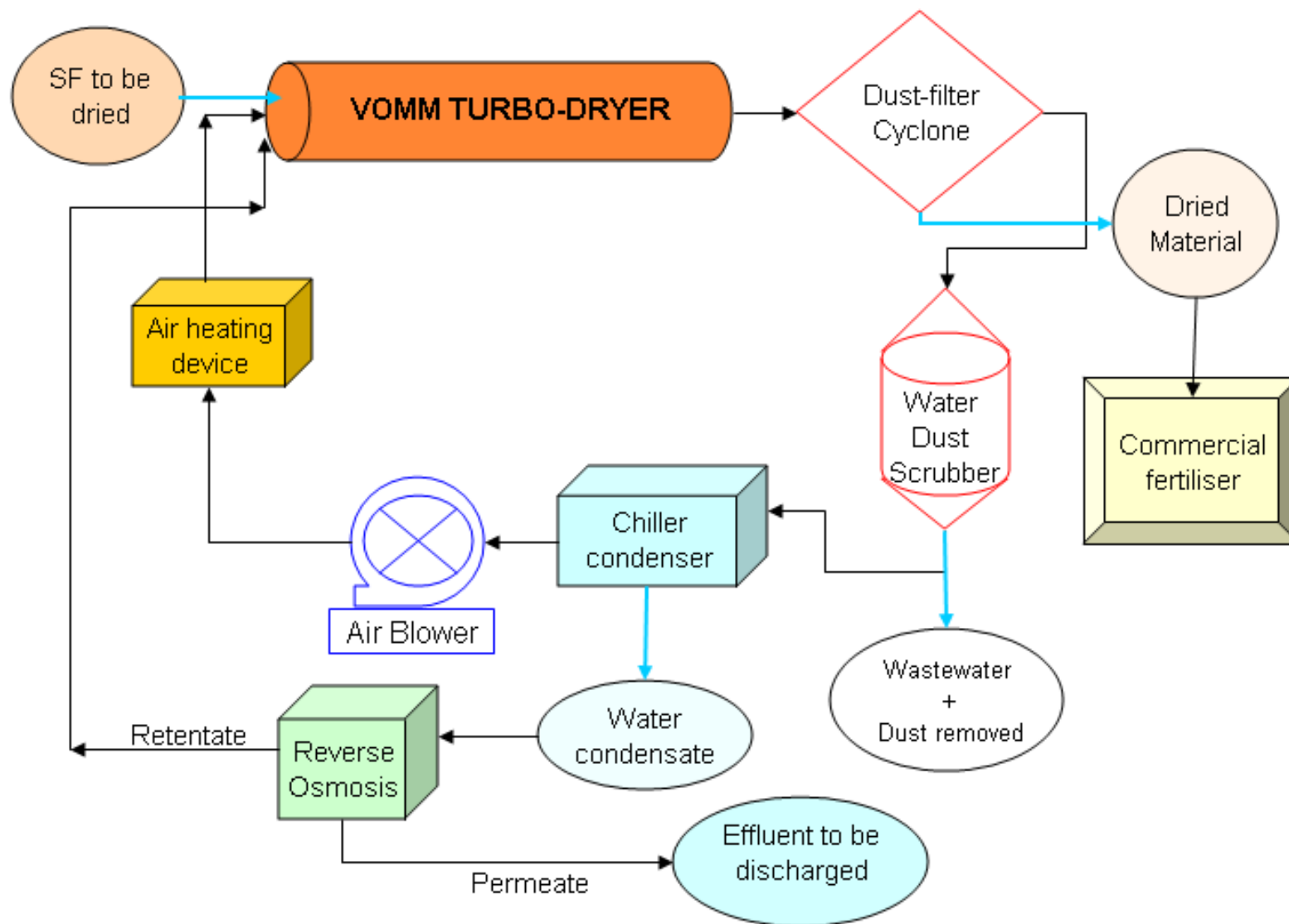
Costo: 5 – 7 €/kg N rimosso

Benefici con Bonus Azoto: 8,4 – 9 €/kg N rimosso

Benefici senza Bonus Azoto: 6 – 6,6 €/kg N rimosso



Essiccazione ad alta temperatura a circuito chiuso (1)



Essiccazione ad alta temperatura a circuito chiuso (2)

Il Progetto regionale
EQUIZOO

TurboDryer
Fonte: VOMM



**LIBERA
ASSOCIAZIONE
AGRICOLTORI
CREMONESI**

Polo Territoriale di Cremona - 14 Febbraio 2014



Centro Ricerche Produzioni Animali - C.R.P.A. S.p.A

Essiccazione ad alta temperatura a circuito chiuso – Tecnologia VOMM (3)

Tabella – Analisi chimiche dei materiali tal quali trattati e delle frazioni ottenute alla fine del processo

	Parametro	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT
Materiali trattati	Unità di misura	ST [%tq]		NTK [%tq]		P [%tq]	
Digestato	22% s.s.	22.0	88.2	0.43	1.62	0.19	0.71
Digestato	18% s.s.	17.9	83.0	0.40	1.41	0.17	0.70
Digestato	14% s.s.	13.9	81.8	0.34	1.44	0.13	0.61
Letame/Elicoidale	19% s.s.	19.1	87.6	0.37	1.40	0.10	0.49
Letame/Elicoidale	16% s.s.	15.8	85.8	0.39	1.40	0.10	0.47
Letame/Rulli	18% s.s.	18.2	89.8	0.41	1.62	0.08	0.35

Essiccazione ad alta temperatura a circuito chiuso – Tecnologia VOMM (4)

Condensato in ingresso a UF+OI

Condensato in uscita da UF+OI

NTK	N-NH4+	P tot	COD	SST
[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
729	707	7.9	1358	60
5.6	1.9	0.08	23	12

Tab.3 All,5 Sezione III D.Lgs 152/2006

Essiccazione ad alta temperatura a circuito chiuso (5)

Il Progetto regionale
EQUIZOO

Investimenti

Descrizione bene

TurboDryer
UF+OI
Pellettatrice
Opere civili + Accessori

Attivo

Risorsa

Vendita fertilizzante
Risparmio convenzione terreni
Certificati bianchi
Risparmio costi di trasporto

Passivo: Gestione e manutenzione

Risorsa

Personale
E.E.
H2SO4
Reagenti
Manutenzione

Analisi finanziaria (Metodo del flusso di cassa scontato)

Tasso interesse applicato al prestito del **5%**
Pay back time pari a **15** anni



LIBERA
ASSOCIAZIONE
AGRICOLTORI
CREMONESI

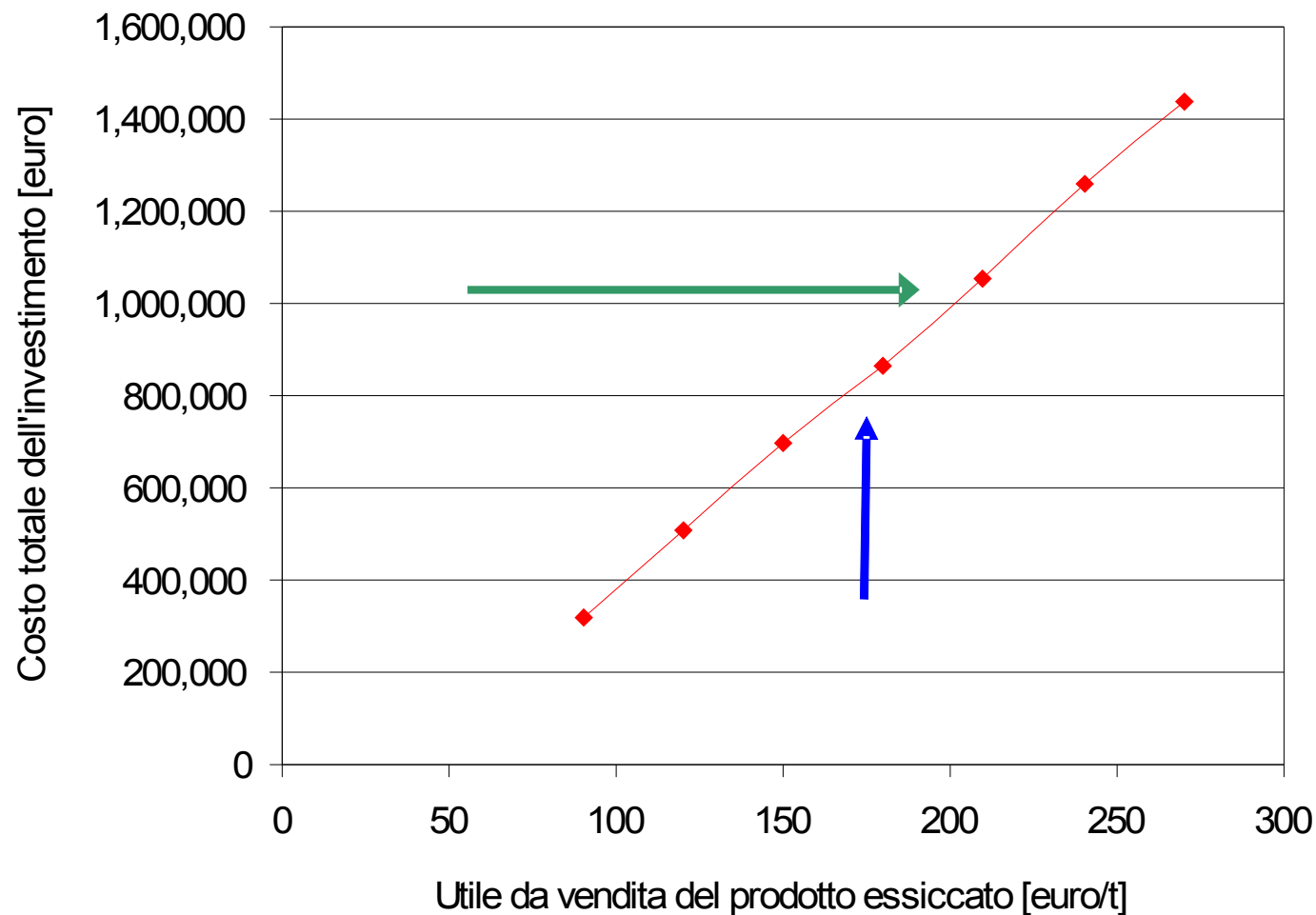
Polo Territoriale di Cremona - 14 Febbraio 2014



Centro Ricerche Produzioni Animali - C.R.P.A. S.p.A

Essiccazione ad alta temperatura a circuito chiuso (6)

Sostenibilità dell'investimento



Costo: 6 – 8 €/kg N rimosso

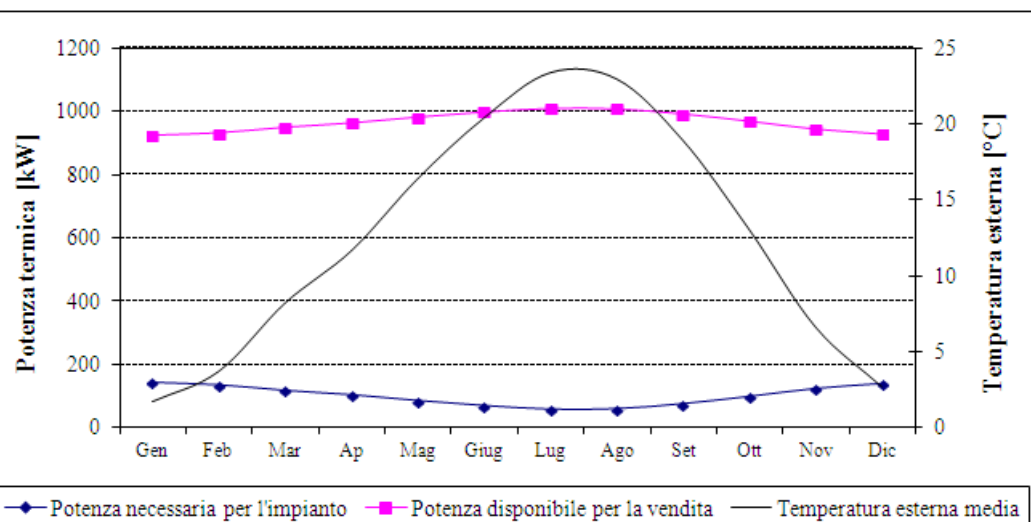
Benefici con Bonus Azoto: ?

Benefici senza Bonus Azoto: 6 – 6,5 €/kg N rimosso



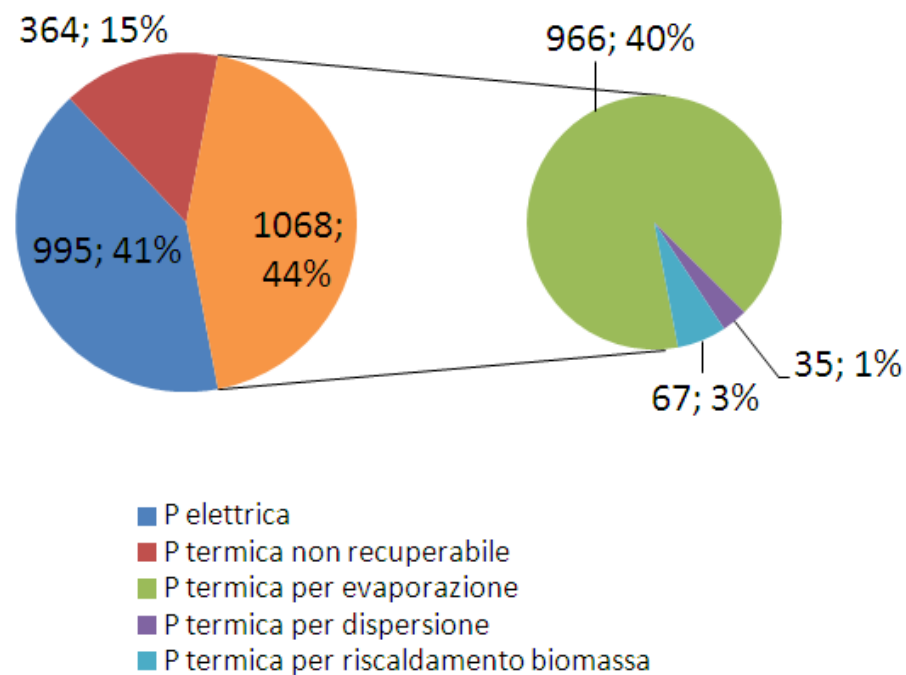
Evaporazione/Essidazione e azoto esportabile: impianto DA da 1MW a sole colture dedicate (Caso 1)

Bilancio termico della potenza disponibile



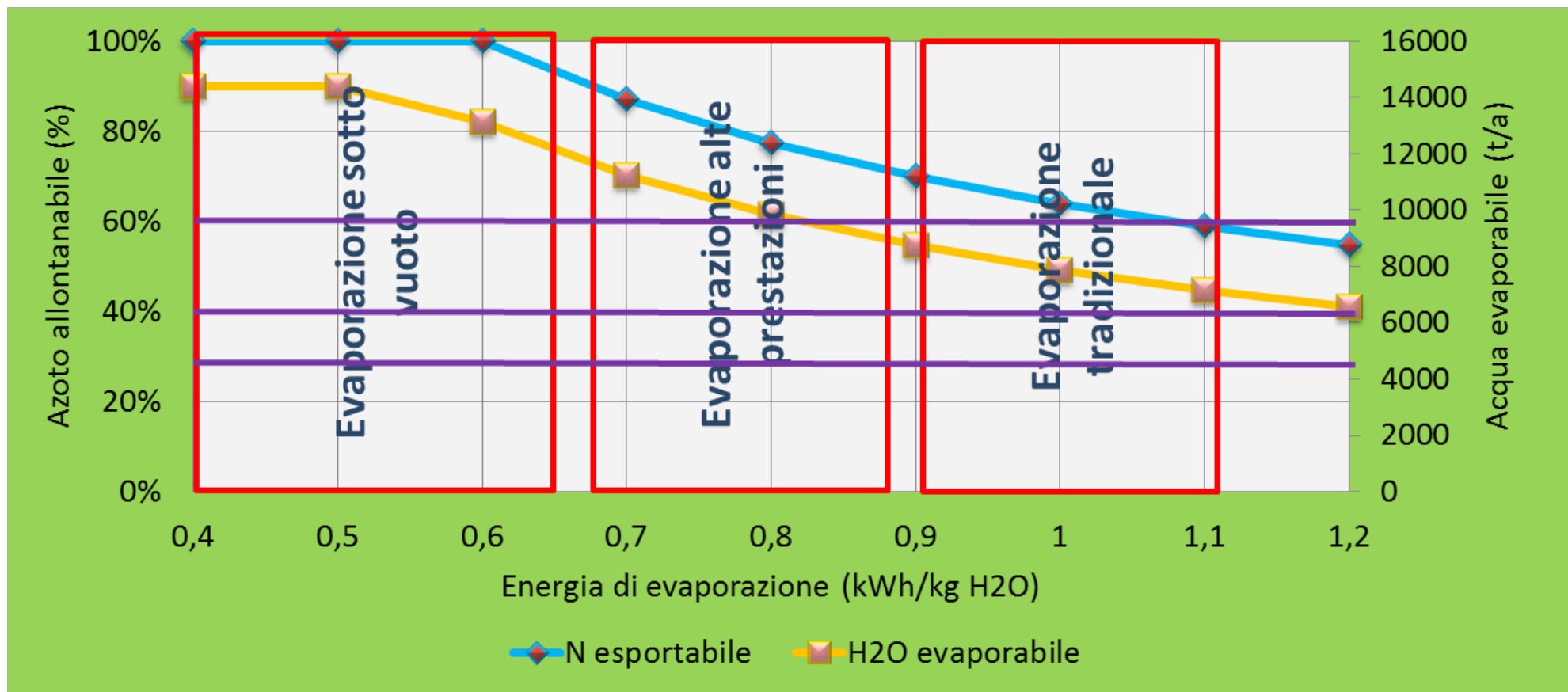
Biomassa	Quantità (t/g)	Solidi volatili (t/g)	Metano (Nm3/g)
Insilato mais	54	17,1	5.890

Ripartizione della potenza disponibile (kW ; %)



Digestato prodotto (t/anno)	Azoto tot.- NTK (t/anno)
14387	91,1

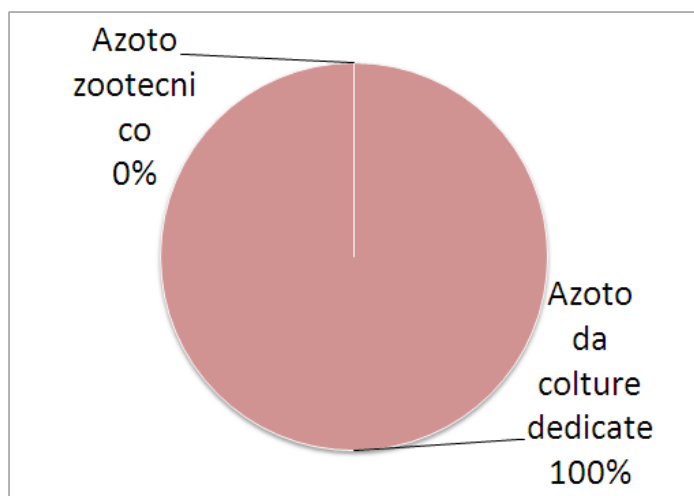
Evaporazione/Essidazione e azoto esportabile: impianto DA da 1MW a sole colture dedicate (Caso 1)



Può essere sempre raggiunto un ottimo grado di rimozione % dell'Azoto già con efficienza di essiccazione pari a 1,3 kWh/kg H₂O (1200kcal/kg H₂O)

Evaporazione/Essidazione e azoto esportabile: impianto DA da 1MW a sole colture dedicate (Caso 1)

N
Caricato
91,1 t/anno



N emesso in atmosfera (NH₃)
2,2 t/anno
2,4 % di N caricato

N
Allontanato con
l'essiccato e/o solfato
d'ammonio
55,2 t/anno
60,6 % di N caricato

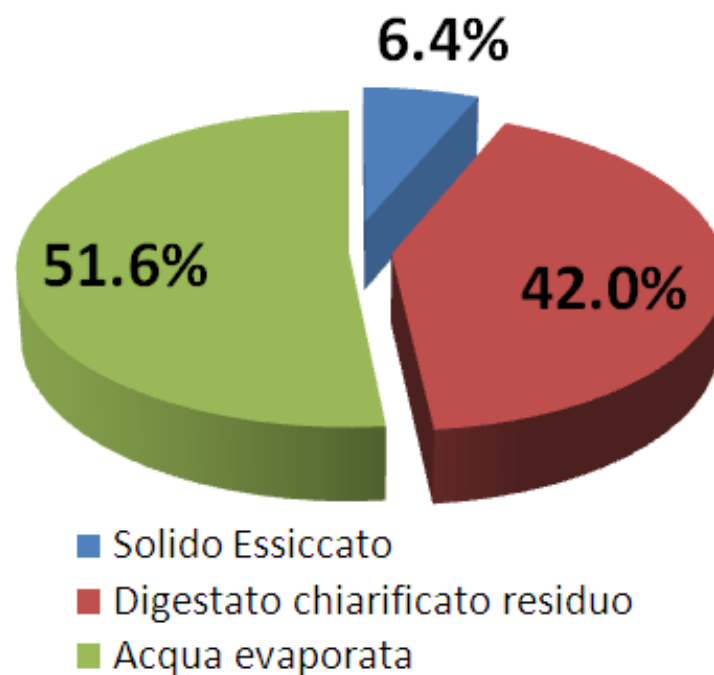
N
Residuo che rimane in
azienda per uso
agronomico
33,7 t/anno
37 % di N caricato

Evaporazione/Essidcazione e azoto esportabile: impianto DA da 1MW a sole colture dedicate (Caso 1)

Il Progetto regionale
EQUIZOO

	t/anno
Digestato tal quale	14,387
Solido Essiccato	920
Digestato chiarificato residuo	6041
Acqua evaporata	7427
Soluzione solfato di ammonio al 6%	1,435

Ripartizione in peso delle frazioni
(% espresse sul digestato tal quale)

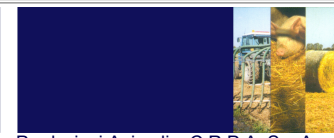


8000 ore/anno di cogenerazione
85 % Tenore di sostanza secca nell'essiccato
1,05 kWh / kg acqua evaporata



LIBERA
ASSOCIAZIONE
AGRICOLTORI
CREMONESI

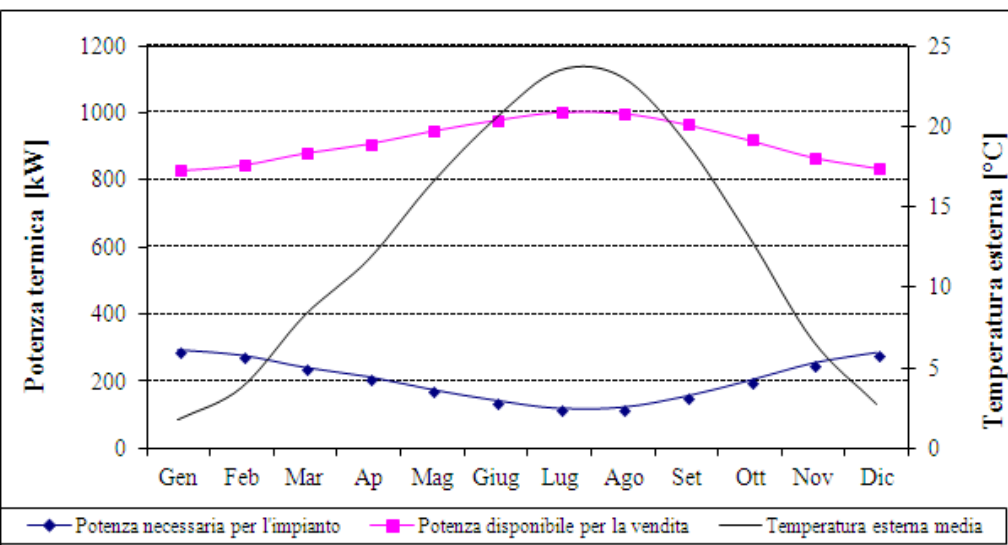
Polo Territoriale di Cremona - 14 Febbraio 2014



Evaporazione/Essidazione e azoto esportabile: impianto DA da 1MW a prevalente carico zootecnico bovino (70%) (Caso 2)

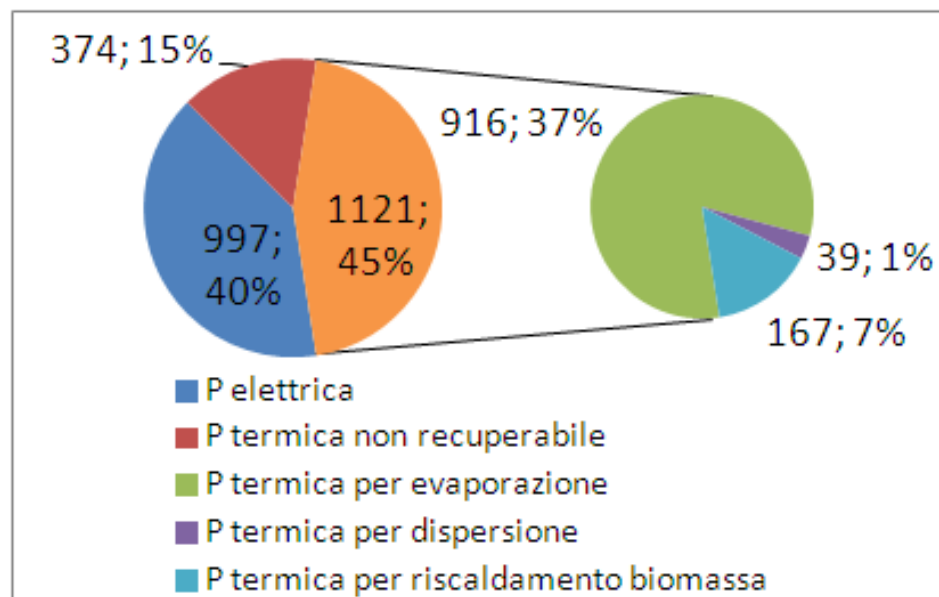
Il Progetto regionale
EQUIZOO

Bilancio termico della potenza disponibile



Biomassa	Quantità (t/g)	Solidi volatili (t/g)	Metano (Nm3/g)
Liquame bovino	90 (66,6%)	7,4	1683
Letame bovino	8 (6%)	1,4	329
Insilato	37 (27,4%)	11,7	4038
Totale	135	20,5	6050

Ripartizione della potenza disponibile (kW ; %)



Digestato
prodotto
(t/anno)

44004

Azoto tot.-
NTK (t/anno)

256



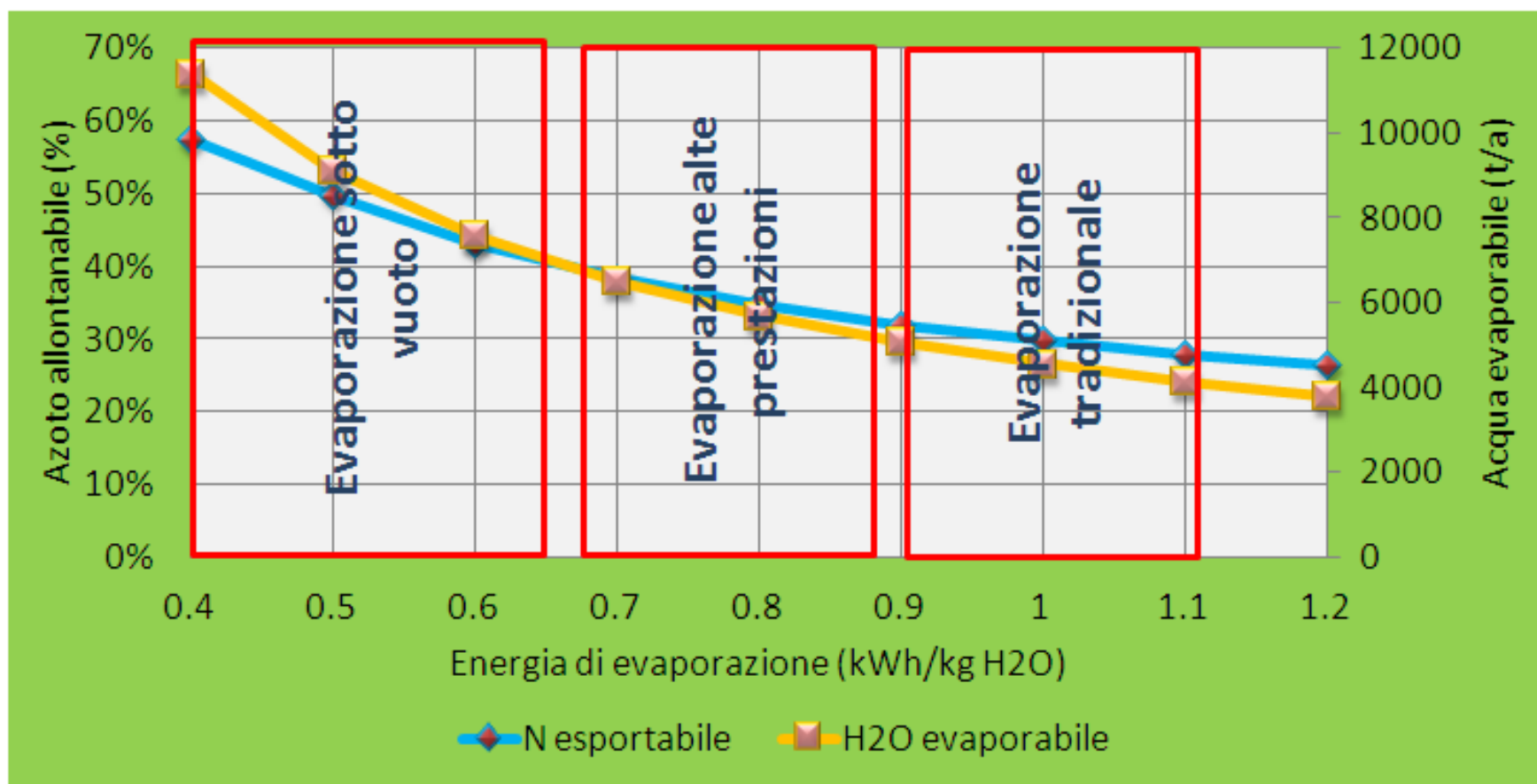
LIBERA
ASSOCIAZIONE
AGRICOLTORI
CREMONESI

Polo Territoriale di Cremona - 14 Febbraio 2014



Evaporazione/Essidazione e azoto esportabile: impianto DA da 1MW a prevalente carico zootecnico bovino (70%) (Caso 2)

Il Progetto regionale
EQUIZOO



La quantità di azoto esportabile è discreta solo in condizioni ottimali: 8.000 h/a di funzionamento CHP e consumo specifico ad alte prestazioni < 0,95 kWh/kg H2O (circa 810 kcal/kg H2O) (Bonus Azoto 30% raggiungibili se impianto < 600 kWel)



LIBERA
ASSOCIAZIONE
AGRICOLTORI
CREMONESI

Polo Territoriale di Cremona - 14 Febbraio 2014

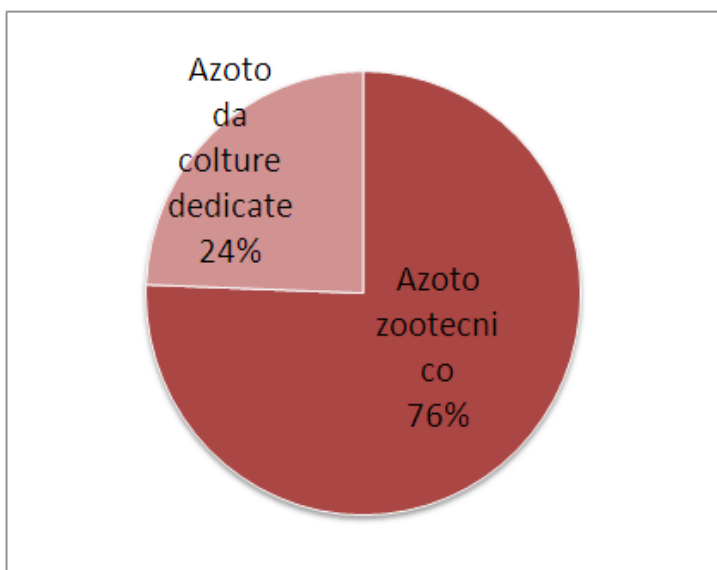


Evaporazione/Essidazione e azoto esportabile: impianto DA da 1MW a prevalente carico zootecnico bovino (70%) (Caso 2)

1,05 kWh / kg acqua evaporata

N

Caricato
256 t/anno



N emesso in atmosfera (NH₃)
2,8 t/anno
1,1 % di N caricato

N

Allontanato con
l'essiccato e/o solfato
d'ammonio
61,5 t/anno
24,1 % di N caricato

N

Residuo che rimane in
azienda per uso
agronomico
191,6 t/anno
74,8 % di N caricato

Evaporazione/Essidcazione e azoto esportabile: impianto DA da 1MW a prevalente carico zootecnico bovino (70%) (Caso 2)

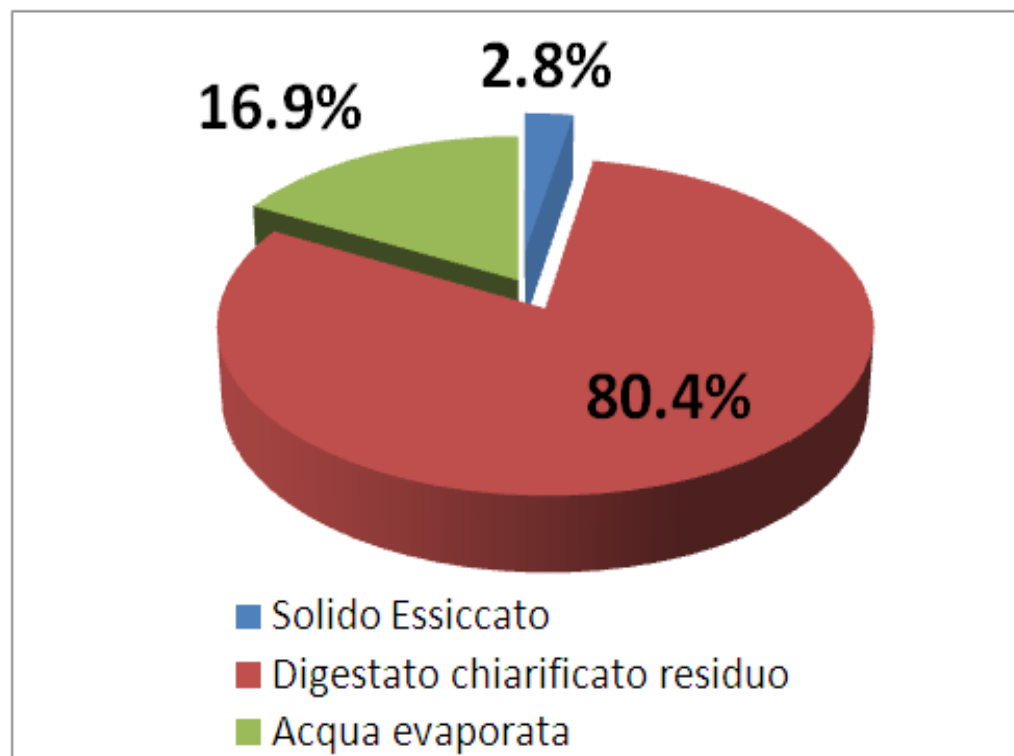
Il Progetto regionale
EQUIZOO

	t/anno
Digestato tal quale	44004
Solido Essiccato	<u>1213</u>
Digestato chiarificato residuo	35368
Acqua evaporata	7422
Soluzione solfato di ammonio al 6%	1309

Elevata produzione di essiccato, si opera in gran parte sulla frazione solida

8000 ore/anno di cogenerazione
85 % Tenore di sostanza secca nell'essiccato
1,05 kWh / kg acqua evaporata

Ripartizione in peso delle frazioni
(% espresse sul digestato tal quale)



LIBERA
ASSOCIAZIONE
AGRICOLTORI
CREMONESI

Polo Territoriale di Cremona - 14 Febbraio 2014

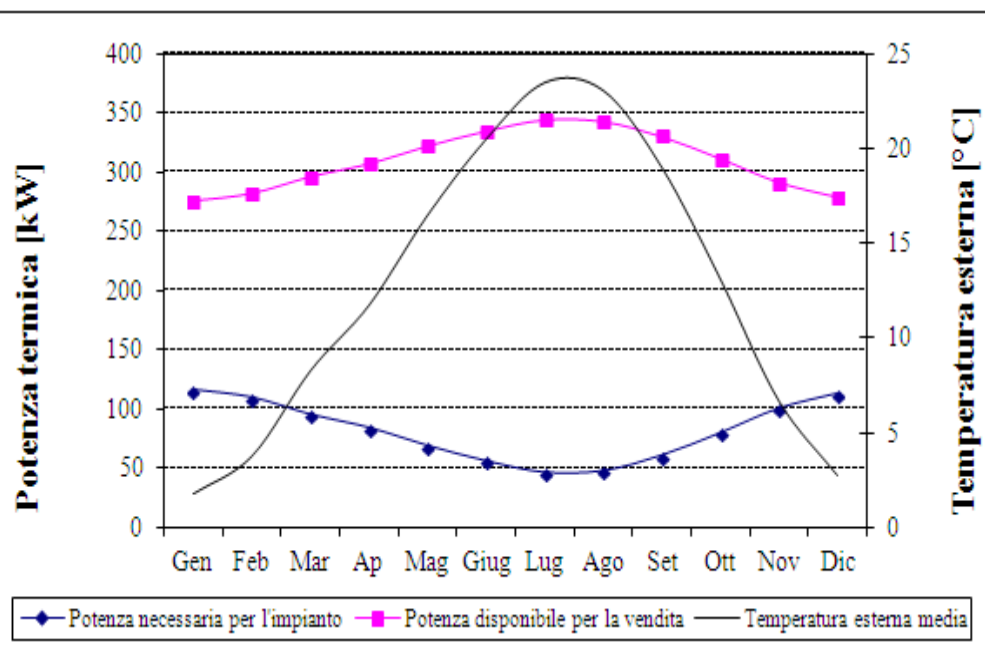


Centro Ricerche Produzioni Animali - C.R.P.A. S.p.A

Evaporazione/Essidazione e azoto esportabile: impianto DA da 300 kW a prevalente carico zootecnico suino (70%) (Caso 3)

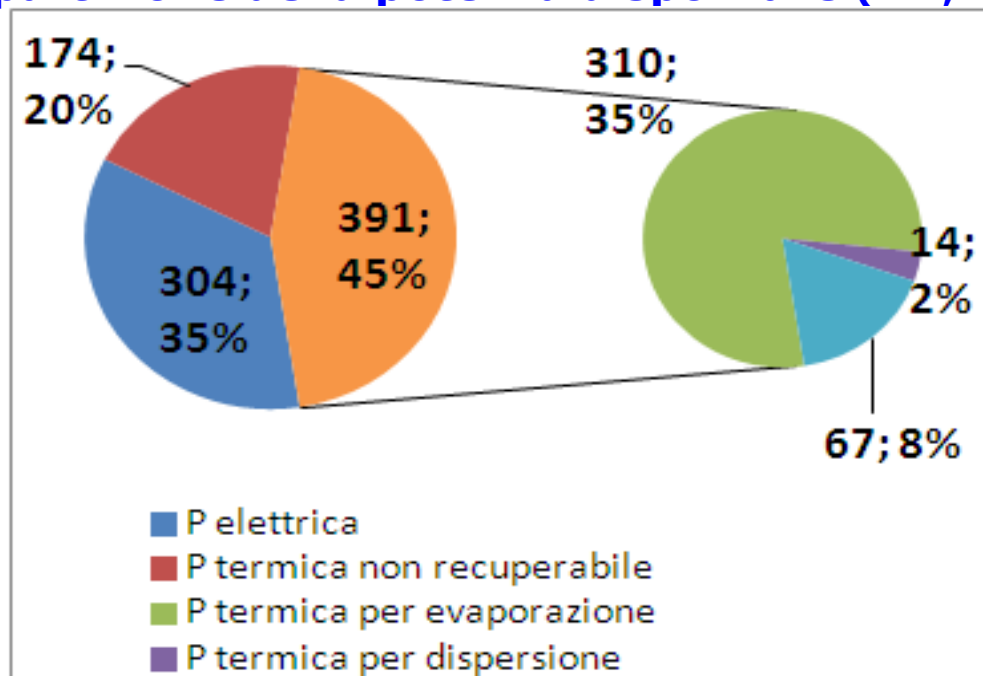
Il Progetto regionale
EQUIZOO

Bilancio termico della potenza disponibile



Biomassa	Quantità (t/g)	Solidi volatili (t/g)	Metano (Nm3/g)
Liquame suino	38 (70%)	1,14	333
Insilato	16,3 (30%)	5,16	1777
Totale	54,3	6,3	2110

Ripartizione della potenza disponibile (kW;%)



Digestato
prodotto
(t/anno)

17992

Azoto tot.-
NTK (t/anno)

80,2

Polo Territoriale di Cremona - 14 Febbraio 2014

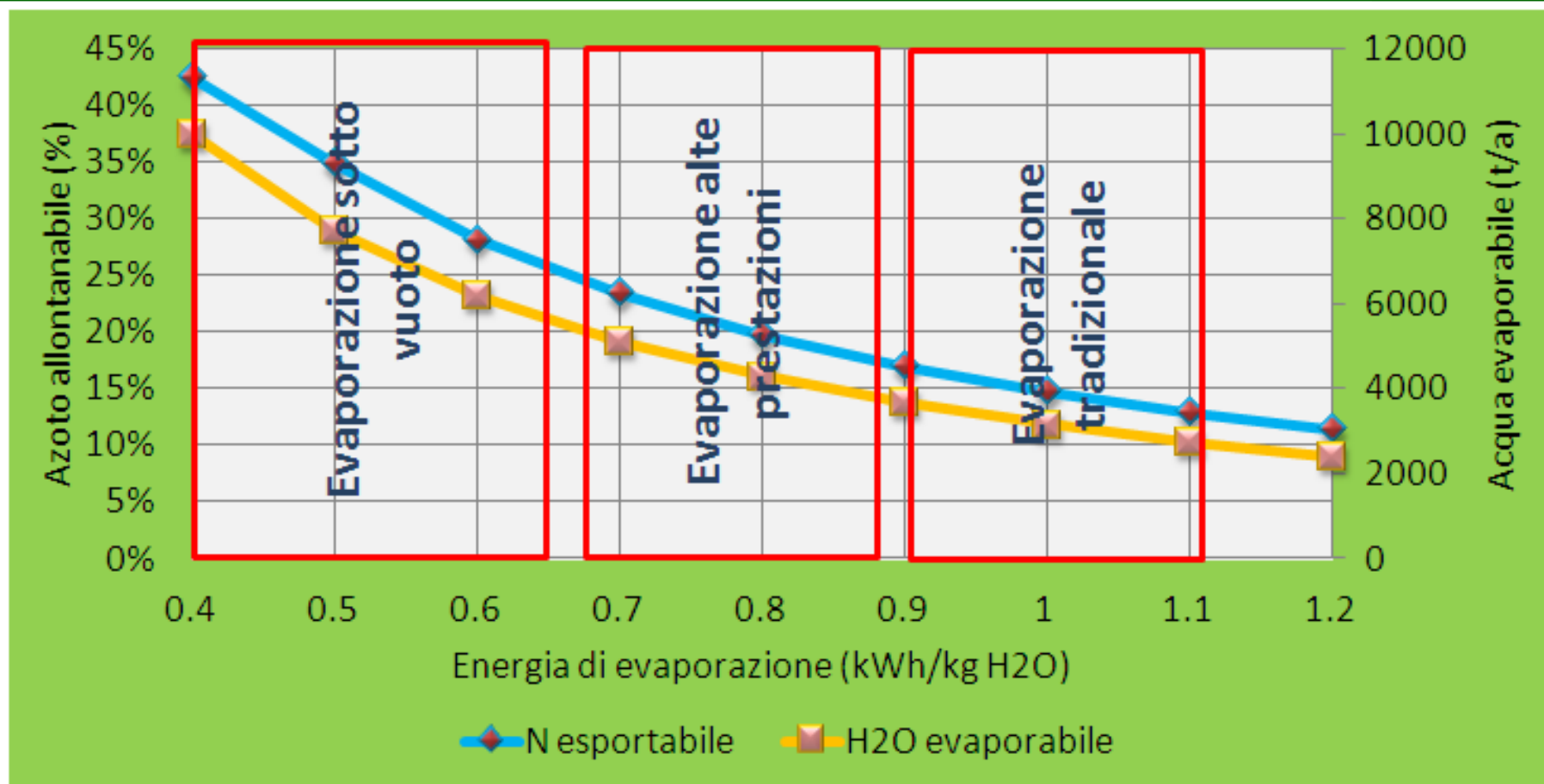


Centro Ricerche Produzioni Animali - C.R.P.A. S.p.A

LIBERA
ASSOCIAZIONE
AGRICOLTORI
CREMONESI

Evaporazione/Essidazione e azoto esportabile per un impianto da 300 kW a prevalente carico zootecnico suino (70%) (Caso 3)

Il Progetto regionale EQUIZOO

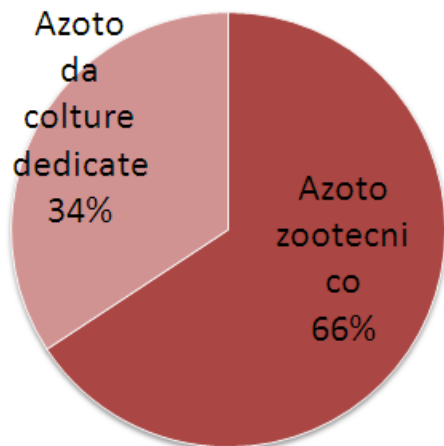


La quantità di azoto esportabile è ridotta anche in condizioni ottimali: 8.000 h/a di funzionamento CHP ed essiccazione ad elevatissime prestazioni < 0,7 kWh/kg H₂O (circa 600 kcal/kg H₂O)

Evaporazione/Essidazione e azoto esportabile: impianto DA da 300 kW a prevalente carico zootecnico suino (70%) (Caso 3)

N
Caricato
80,2 t/anno

N
Allontanato con
l'essiccato e/o solfato
d'ammonio
15 t/anno
18,7 % di N caricato



N
Residuo che rimane in
azienda per uso
agronomico
63,7 t/anno
79,4 % di N caricato

N emesso in atmosfera (NH₃)
1,5 t/anno
1,9 % di N caricato

Evaporazione/Essidazione e azoto esportabile: impianto DA da 300 kW a prevalente carico zootecnico suino (70%) (Caso 3)

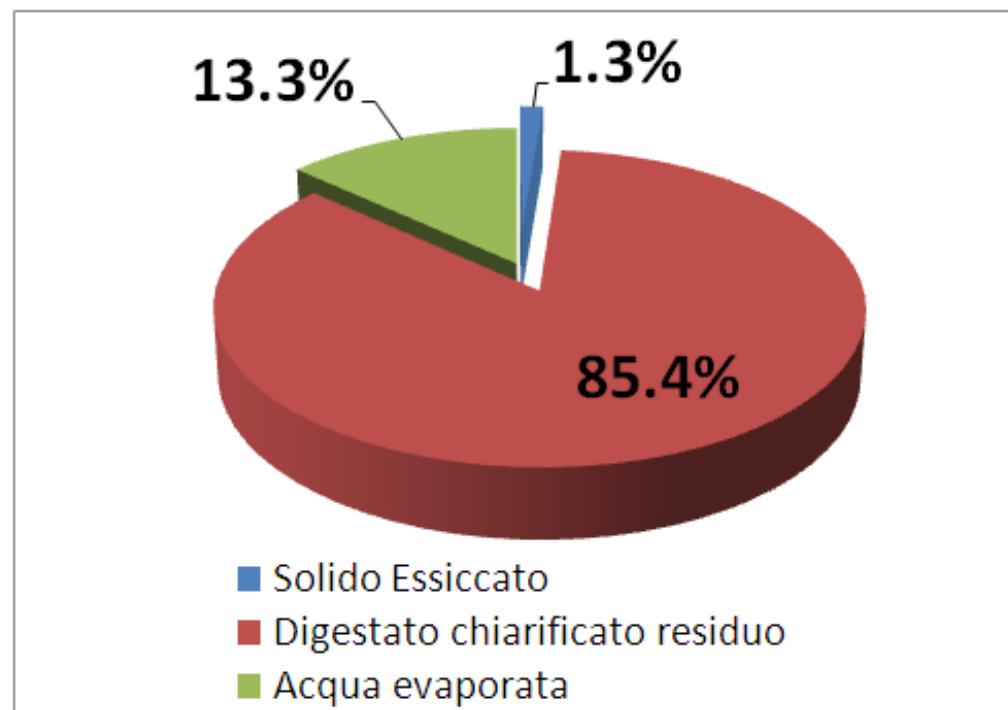
Il Progetto regionale
EQUIZOO

	t/anno
Digestato tal quale	17992
Solido Essiccato	234
Digestato chiarificato residuo	15364
Acqua evaporata	2394
Soluzione solfato di ammonio al 6%	310

Ridotte quantità di prodotto essiccato

8000 ore/anno di cogenerazione
85 % Tenore di sostanza secca nell'essiccato
1,05 kWh / kg acqua evaporata

Ripartizione in peso delle frazioni
(% espresse sul digestato tal quale)



LIBERA
ASSOCIAZIONE
AGRICOLTORI
CREMONESI

Polo Territoriale di Cremona - 14 Febbraio 2014



Centro Ricerche Produzioni Animali - C.R.P.A. S.p.A



Conclusioni (1)

Potenza elettrica	1000 kW	1000 kW	300 kW
Matrici al carico DA	100 % biomasse	70 % effluenti bovino 30% biomasse	70 % effluenti suino 30 % biomasse
Solido Essiccato	920 t/anno	1213 t/anno	234 t/anno
Azoto esportabile	60,6 %	24,1 %	18,7 %
Acqua evaporata	51,6 %	16,9 %	13,3 %



- Le tecnologie per l'essiccazione sono mature ma richiedono, per una buona penetrazione sul mercato, di una riduzione dei costi di investimento;
- L'utilizzo completo del calore di co generazione può essere molto difficile, sono tecnologie che comunque necessitano di mano d'opera, interventi tecnici e manutenzioni;
- Le tecnologie di rimozione / recupero dell'azoto potrebbero essere molto più appetibili se decollasse un mercato dei fertilizzanti prodotti da tali tecnologie (pellet da digestato essiccato e solfato d'ammonio);
- Manca una chiara incentivazione di tali tecnologie: il bonus azoto e CAR è di difficile applicabilità;
- Nella normativa che regola la commercializzazione dei fertilizzanti (Dlgs 75/2010) non è per ora previsto il prodotto “digestato essiccato”.



Regione Lombardia



**Vi ringrazio per
l'attenzione**

**Convegno su reflui
zootecnici, digestato e
Direttiva Nitrati:
QUALI SOLUZIONI AL
PROBLEMA NITRATI
Scelte ottimali in un
contesto di risorse limitate**

**Politecnico di Milano
Polo Territoriale di Cremona
14 Febbraio 2014**

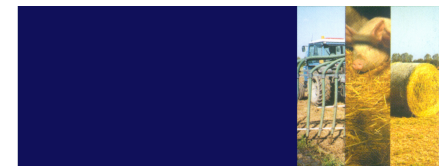
**Giuseppe Moscatelli
Giuseppe Bonazzi
g.moscatelli@crpa.it
www.crpa.it
CRPA - Reggio Emilia**



**LIBERA
ASSOCIAZIONE
AGRICOLTORI
CREMONESI**



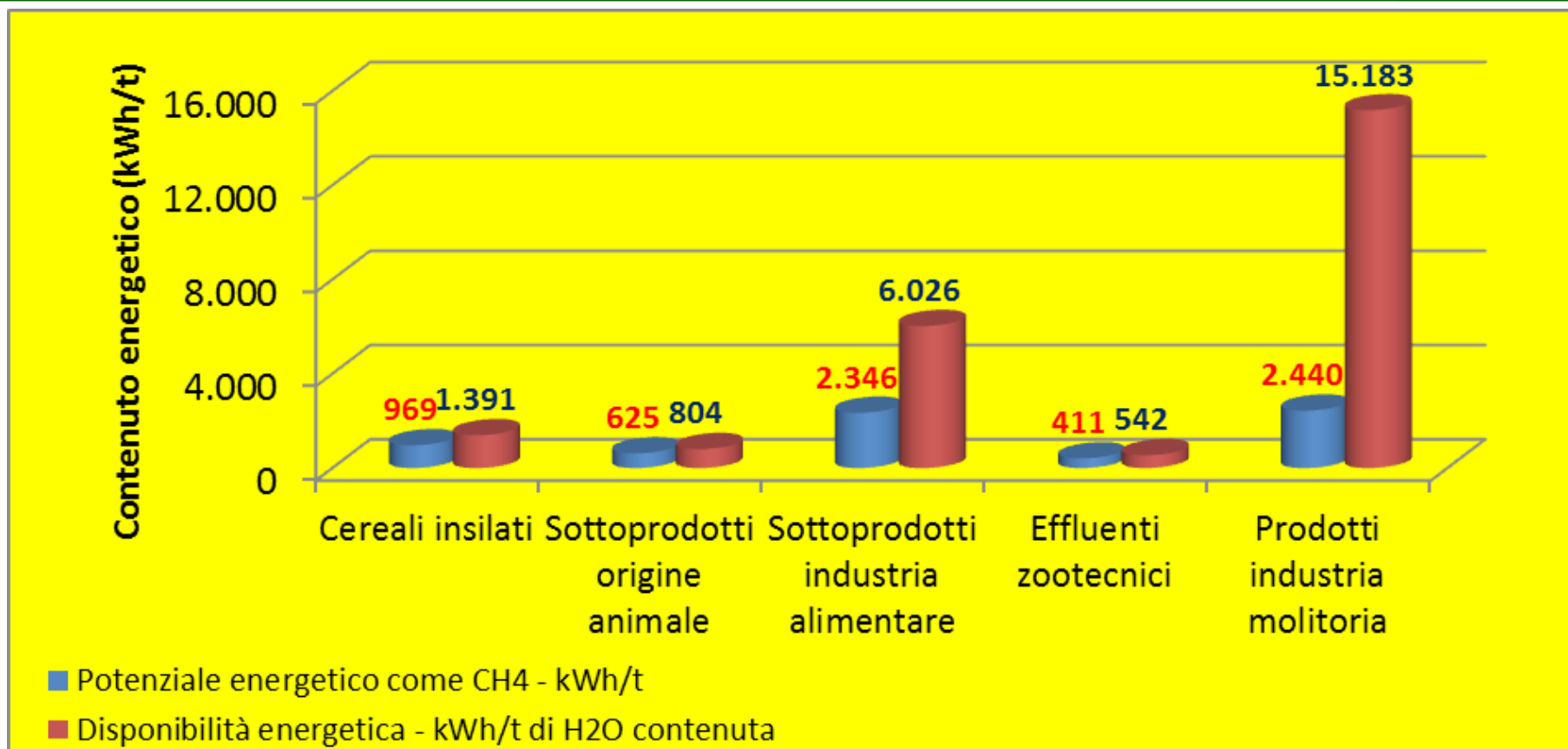
Centro Ricerche Produzioni Animali – C.R.P.A. S.p.A.



Tipo di impianto biogas	Assetto cogenerativo ad alto rendimento	Efficienza di rimozione dell'N totale in ingresso [%]	Produzione di fertilizzante	Condizioni Relative alle emissioni	Premio aggiuntivo (Euro/MWh)
Qualsiasi potenza installata	Si	60	Si, commerciale	Copertura vasche	30
Potenza fino a 600 kW	Si	30	Si, anche non commerciale	Copertura vasche No emissioni ammoniacali	20
Potenza fino a 600 kW	Non necessario	40	Non necessaria	No condizioni	15



Disponibilità energetica fornita dalle differenti biomasse rapportata alla tonnellata di acqua da evaporare



Ogni biomassa ha un potenziale energetico, espresso come CH₄ (kWh/t), diverso e un contenuto di acqua differente che si traduce in una disponibilità energetica per l'evaporazione/essiccazione differente (kWh/t H₂O)

Essiccazione a bassa temperatura a circuito aperto

Il Progetto regionale
EQUIZOO

Investimenti

Descrizione bene	Costo	Ammortamento [anni]
	€ 410,000	
Nastro+torre lavaggio+opere accessorie	€ 210,000	8
Pellettatrice + opere accessorie	€ 100,000	8
Opere edili ed accessorie	€ 100,000	8

Passivo: Gestione e manutenzione

Risorsa	Costo risorsa
	€ 63,067
Personale	€ 28,800
E.E.	€ 13,199
H2SO4	€ 4,394
Trasporto frazione liquida	€ 4,374
Manutenzione	€ 12,300 3%

Attivo

Risorsa	Valore risorsa
	€ 174,690
Vendita fertilizzante	€ 83,550
Risparmio convenzione terreni	€ 29,266
Vendita solfato d'ammonio	€ 4,394
Risparmio costi di trasporto	€ 9,480
Bonus (Obiettivo 30% N)	€ 48,000



**LIBERA
ASSOCIAZIONE
AGRICOLTORI
CREMONESI**

Polo Territoriale di Cremona - 14 Febbraio 2014



Centro Ricerche Produzioni Animali – C.R.P.A. S.p.A



Essiccazione ad alta temperatura a circuito chiuso

Il Progetto regionale
EQUIZOO

Investimenti

Descrizione bene	Costo	Ammortamento [anni]
	€ 1,070,000	
TurboDryer	€ 650,000	15
UF+OI	€ 120,000	15
Pellettatrice	€ 100,000	15
Opere civili + Accessori	€ 200,000	15

Passivo: Gestione e manutenzione

Risorsa	Costo risorsa
	€ 172,398
Personale	€ 48,000
E.E.	€ 86,048
H2SO4	€ 4,751
Reagenti	€ 1,500
Manutenzione	€ 32,100 3%

Attivo

Risorsa	Valore risorsa
	€ 222,072
Vendita fertilizzante	€ 117,996
Risparmio convenzione terreni	€ 52,345
Certificati bianchi	€ 30,000
Risparmio costi di trasporto	€ 21,731