



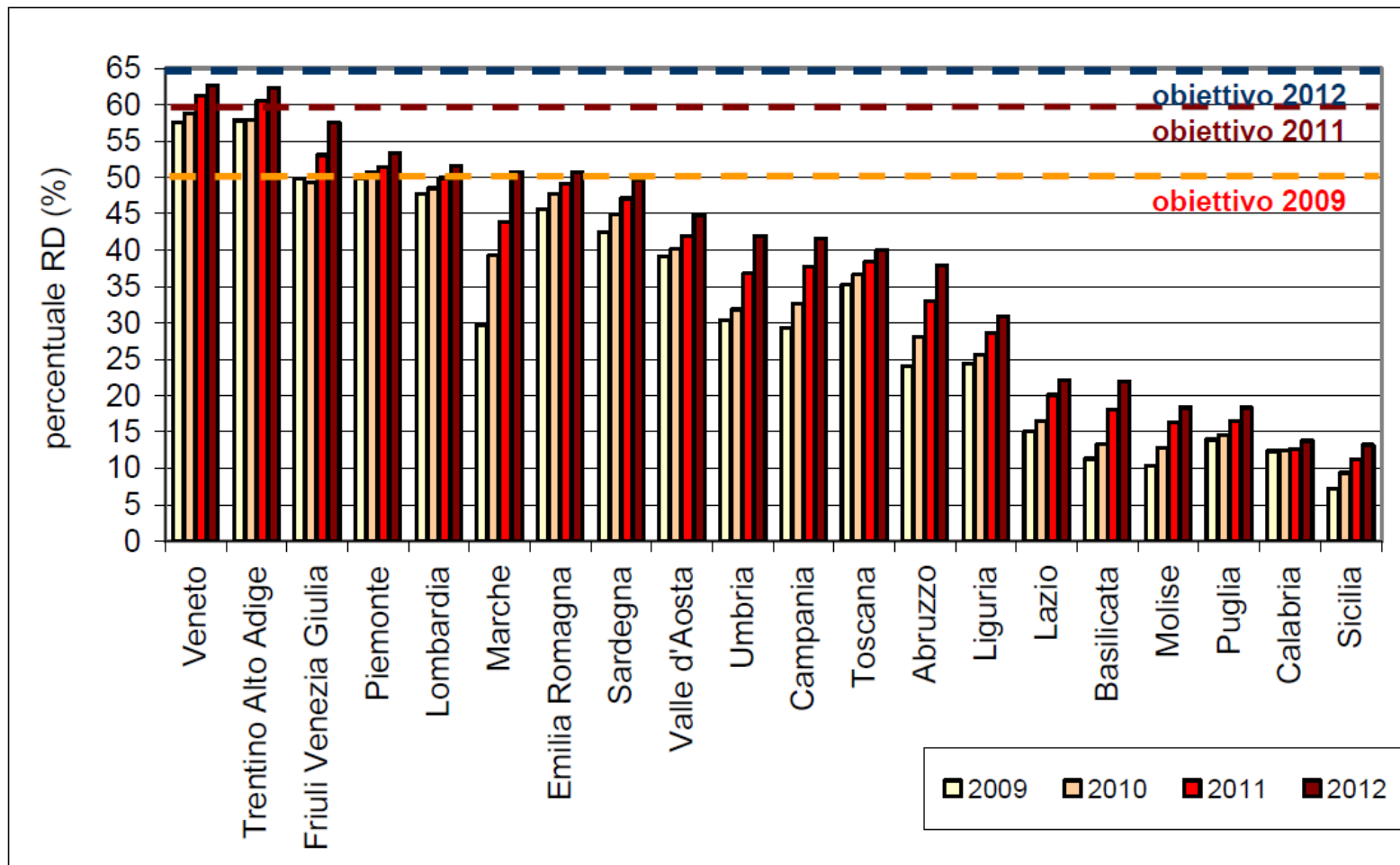
Alternative tecnologiche nella digestione anaerobica per il trattamento della FORSU

David Bolzonella

*Dipartimento di Biotecnologie
Università degli Studi di Verona*



Figura 2.18 – Percentuali di raccolta differenziata dei rifiuti urbani per regione, anni 2009 - 2012



Nota: dati 2012 provvisori
Fonte: ISPRA

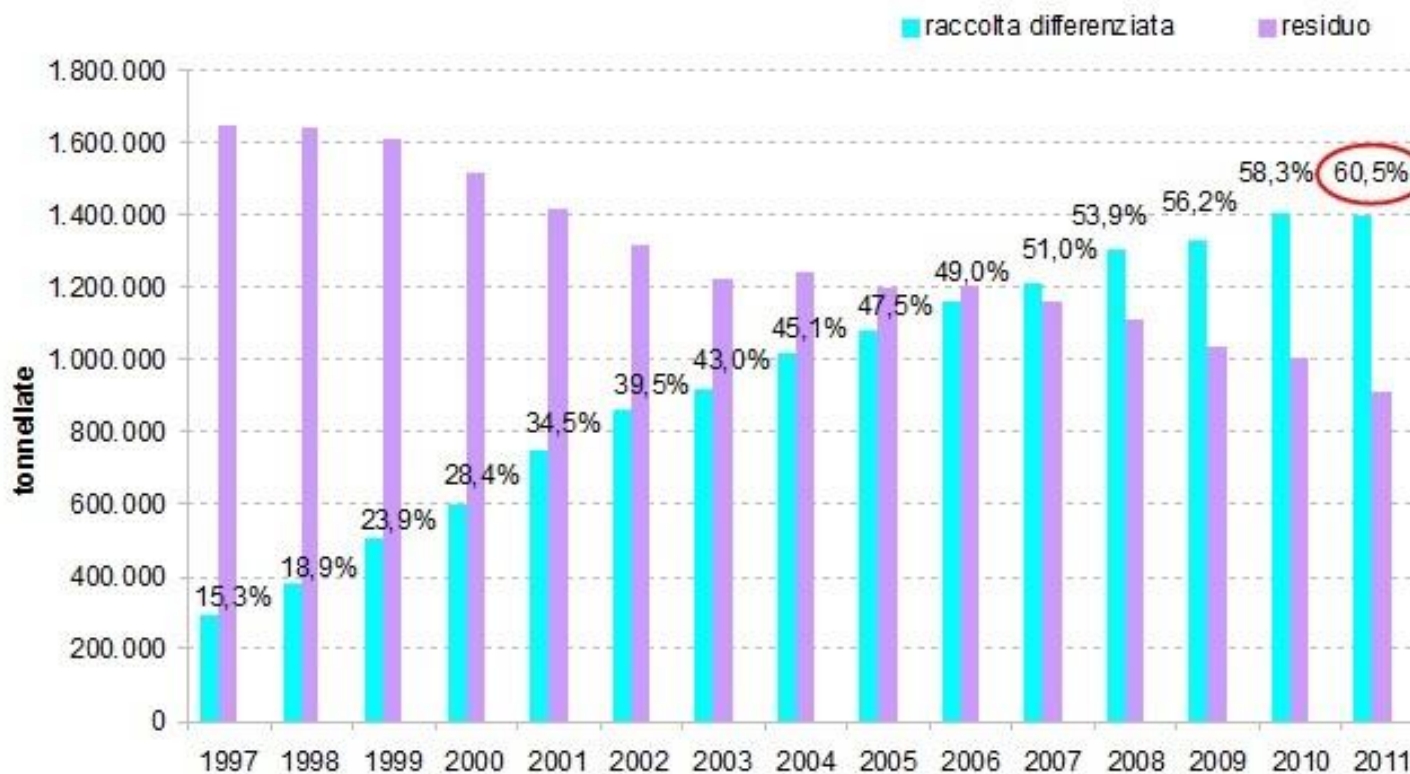
La Raccolta Differenziata, un pre-requisito



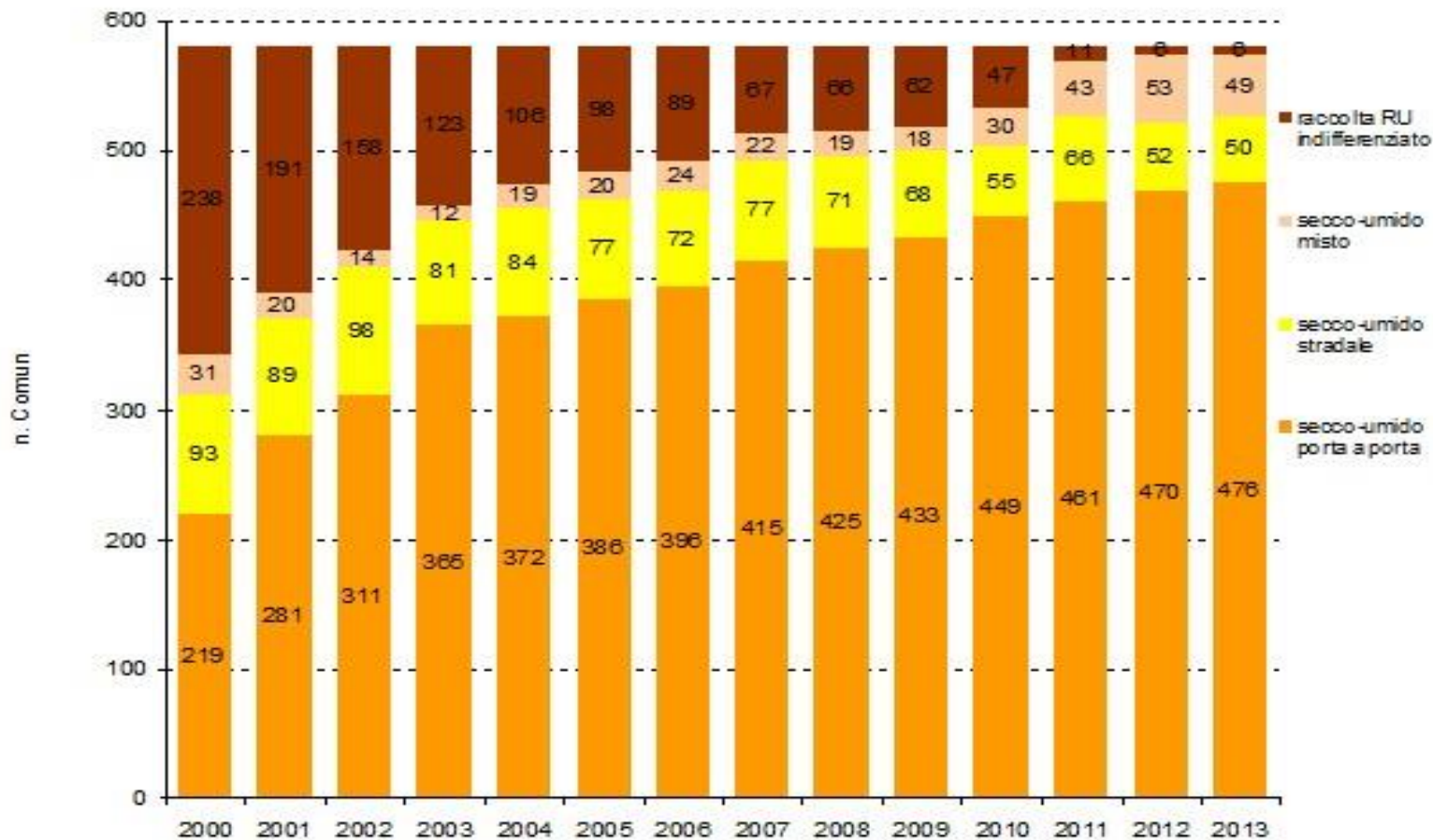
Indice	Unità di misura	ITALIA 2010	VENETO 2011	VENETO 2012
Percentuale di RD	%	35,3	60,5	62,5
Produzione RU pro capite	kg/ab*anno	536	465	447
Quantità organico pro capite	kg/ab*anno	69	126	130
Quantità vetro pro capite	kg/ab*anno	29	40	39
Quantità carta pro capite	kg/ab*anno	51	60	58
Quantità plastica pro capite	kg/ab*anno	11	21	20
RU a recupero	% ^[1]	9	61	68
RU inceneriti	% ^[1]	16	8	9
RU trattati	% ^[1]	29	23	17
RU smaltiti in discarica	% ^[1]	46	8	6

Indice	Unità di misura	ITALIA 2010	VENETO 2011	VENETO 2012
Percentuale di RD	%	35,3	60,5	62,5
Produzione RU pro capite	kg/ab*anno	536	465	447
Quantità organico pro capite	kg/ab*anno	69	126	130
Quantità vetro pro capite	kg/ab*anno	29	40	39
Quantità carta pro capite	kg/ab*anno	51	60	58
Quantità plastica pro capite	kg/ab*anno	11	21	20
RU a recupero	% ^[1]	9	61	68
RU inceneriti	% ^[1]	16	8	9
RU trattati	% ^[1]	29	23	17
RU smaltiti in discarica	% ^[1]	46	8	6

Attuale 65% figlio di una lunga storia di miglioramento



... e di strategie di gestione miste della raccolta differenziata





Cassonetti per raccolta stradale

Cremona 20 aprile 2016

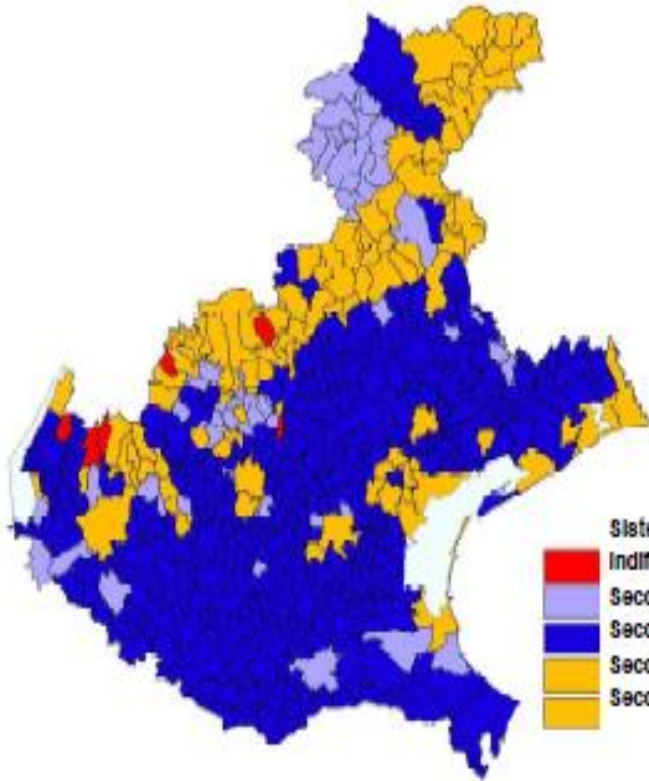




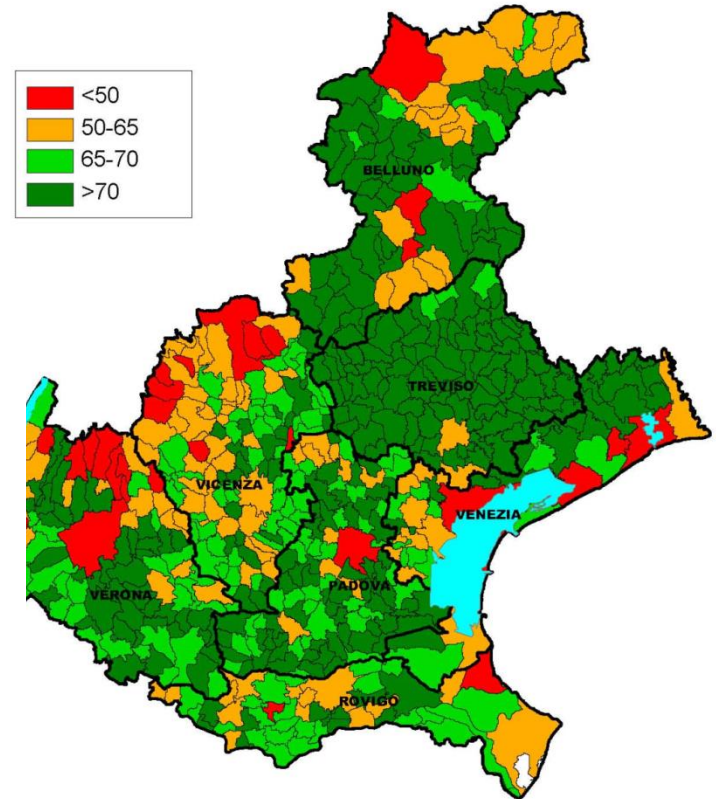
Raccolta «porta a porta»



Raccolta Differenziata



- Indifferenziato
- Secco umido porta a porta
- Secco umido porta a porta spinto
- Secco umido stradale
- Secco umido misto



- <50
- 50-65
- 65-70
- >70



Recupero:

$$IR = \frac{\sum_i RD_i \cdot R_i + \sum_i RUR_i \cdot R_i}{RD + RUR}$$

dove:

RD_i= quantità della frazione oggetto di Raccolta Differenziata;

RUR_i= quantità di rifiuto residuo avviata a un impianto di recupero di materia;

R_i = Percentuale di Recupero associata alla singola frazione;

RD + RUR = Totale Rifiuti Urbani prodotti ovvero somma di tutte le frazioni di RD e Rifiuto Urbano Residuo.



Frazione merceologica		Descrizione		R _i (%)
RACCOLTA DIFFERENZIATA (RD)	Organico	Organico domestico	Porta a porta con sacchetto biodegradabile	98,7
			Porta a porta	97,5
			Stradale	94
			Stradale Comuni > 50000 ab.	90
		Rifiuti dei mercati		99
	Verde	Scarti vegetali		99
	Vetro	Vetro		95
		Imballaggi in vetro		
	Carta e cartone	Carta e cartone		97
		Imballaggi in carta e cartone		99
	Plastica	Plastica		92
		Imballaggi in plastica		
	Metalli	Metallo		98
		Imballaggi metallici		100
	Multimateriale	Imballaggi in materiali misti	VPM	73
			VM	85
			PM	76
			CPM	84
	RAEE	Apparecchiature fuori uso contenenti CFC		90
		Raee non pericolosi		
Raee contenenti componenti pericolosi				
Tubi fluorescenti e altro contenente mercurio				
Altro recuperabile	Terre e rocce		98	
	Pneumatici fuori uso		90	
	Legno	Legno	95	
		Imballaggi in legno		
	Stracci e indumenti smessi	Abbigliamento	90	
		Prodotti tessili		
		Stracci e indumenti smessi		
Imballaggi composti (tetrapack)		98		
Rifiuti particolari	Oli e grassi vegetali		98	
	Pile e batterie	Pile e batterie al piombo, nichel-cadmio, mercurio	80	
		Pile e batterie		
	Accumulatori per auto	Accumulatori al piombo	80	
		Accumulatori esausti		
	Oli, filtri e grassi minerali	Oli, emulsioni e grassi minerali	88	
		Scarti di olio minerale non clorurati		
	Imballaggi contenenti sostanze pericolose		90	
	Vernici, inchiostri, adesivi e resine non pericolosi		98	
	Detergenti non pericolosi		98	
	Cartucce e toner per stampa		98	
		98		
RUR	Rifiuto Residuo avviato ad impianti di recupero materia		18,5	
	Rifiuti urbani non differenziati		10	
	Residui della pulizia delle strade		56	

Tab. 1: Percentuali di recupero di materia R_i assegnate alle diverse frazioni merceologiche.



Frazione merceologica		Descrizione		R _i (%)
RACCOLTA DIFFERENZIATA (RD)	Organico	Organico domestico	Porta a porta con sacchetto biodegradabile	98,7
			Porta a porta	97,5
			Stradale	94
			Stradale Comuni > 50000 ab.	90
		Rifiuti dei mercati		99
	Verde	Scarti vegetali		99
	Vetro	Vetro		95
		Imballaggi in vetro		
	Carta e cartone	Carta e cartone		97
		Imballaggi in carta e cartone		99
	Plastica	Plastica		92
		Imballaggi in plastica		
	Metalli	Metallo		98
		Imballaggi metallici		100
	Multimateriale	Imballaggi in materiali misti	VPM	73
			VM	85
			PM	76
			CPM	84
	RAEE	Apparecchiature fuori uso contenenti CFC		90
		Rae non pericolosi		
Rae contenenti componenti pericolosi				
Tubi fluorescenti e altro contenente mercurio				
Altro recuperabile	Terre e rocce		98	
	Pneumatici fuori uso		90	
	Legno	Legno	95	
		Imballaggi in legno		
	Stracci e indumenti smessi	Abbigliamento	90	
		Prodotti tessili		
		Stracci e indumenti smessi		
Imballaggi composti (tetrapack)		98		
Rifiuti particolari	Oli e grassi vegetali		98	
	Pile e batterie	Pile e batterie al piombo, nichel-cadmio, mercurio	80	
		Pile e batterie		
	Accumulatori per auto	Accumulatori al piombo	80	
		Accumulatori esausti		
	Oli, filtri e grassi minerali	Oli, emulsioni e grassi minerali	88	
		Scarti di olio minerale non clorurati		
	Imballaggi contenenti sostanze pericolose		90	
	Vernici, inchiostri, adesivi e resine non pericolosi		98	
	Detergenti non pericolosi		98	
	Cartucce e toner per stampa		98	
			98	
RUR	Rifiuto Residuo avviato ad impianti di recupero materia		18,5	
	Rifiuti urbani non differenziati		10	
	Residui della pulizia delle strade		56	

Tab. 1: Percentuali di recupero di materia R_i assegnate alle diverse frazioni merceologiche.

Frazione di «Materiale Non Compostabile (MNC)» nella FORSU da RD

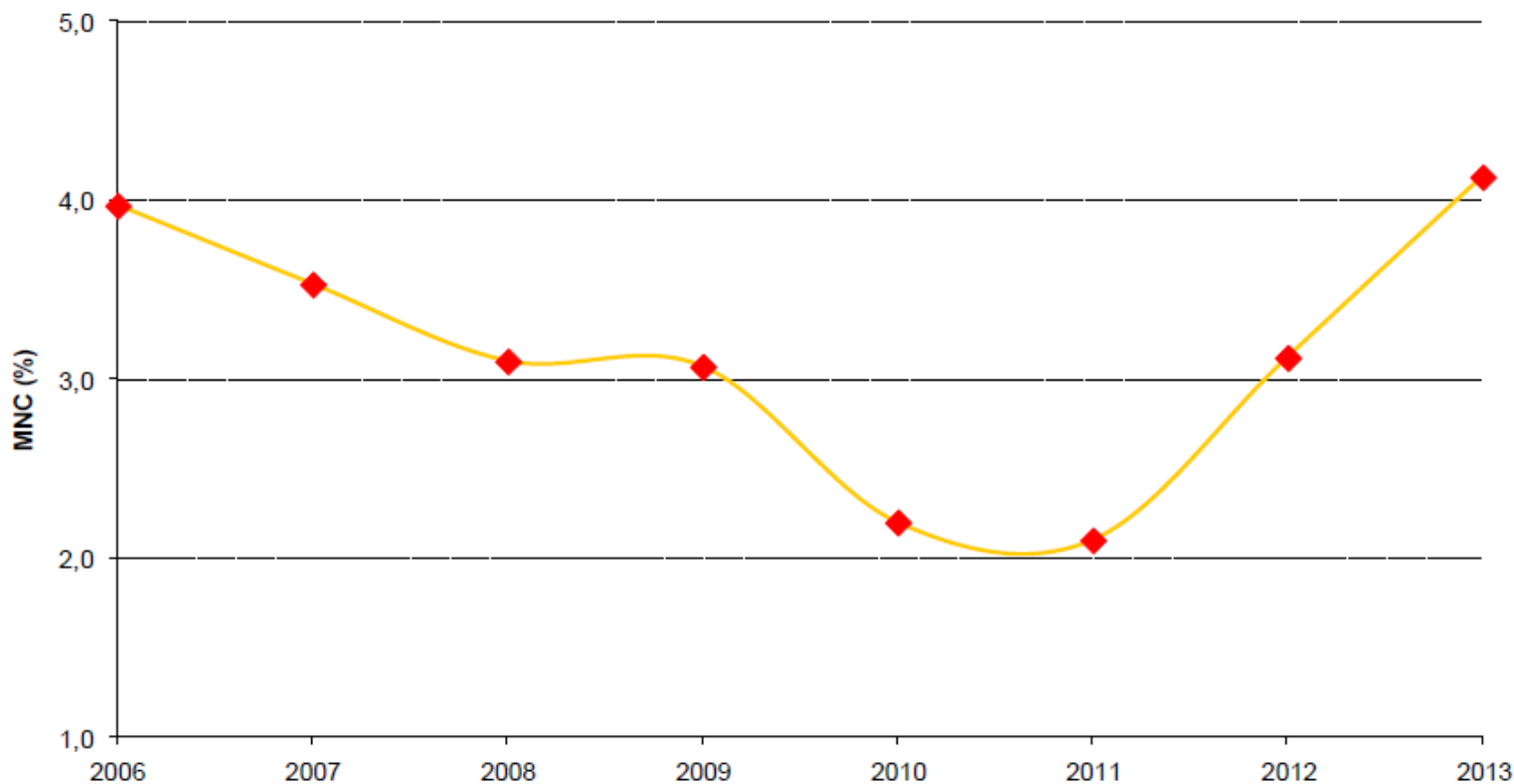


Figura 1 – Trend della percentuale di MNC nella FORSU del Veneto negli anni.



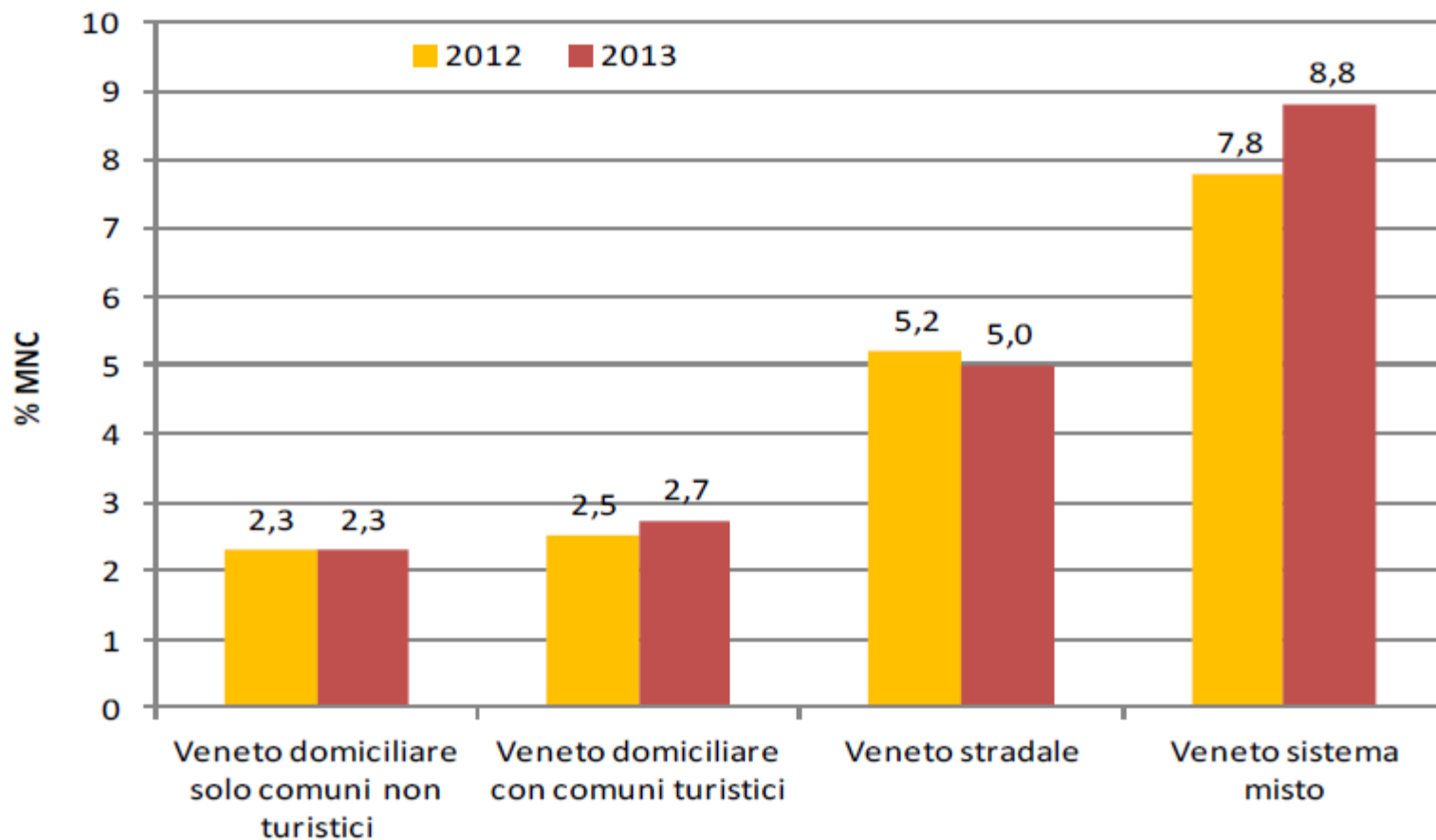


Figura 2 - Percentuale di MNC in funzione della modalità di raccolta della FORSU in Veneto (anni 2012-2013).

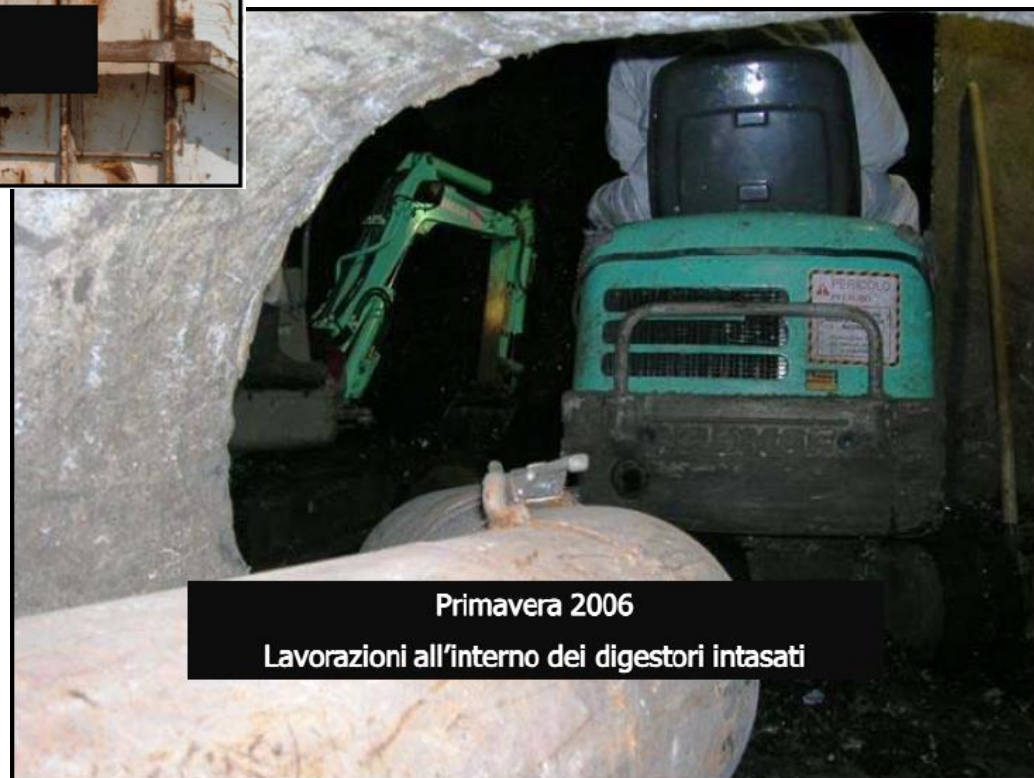


Primavera 2006 - operazioni straordinarie di svuotamento dei digestori

Impianto di digestione anaerobica di Bassano del Grappa, ETRA Spa



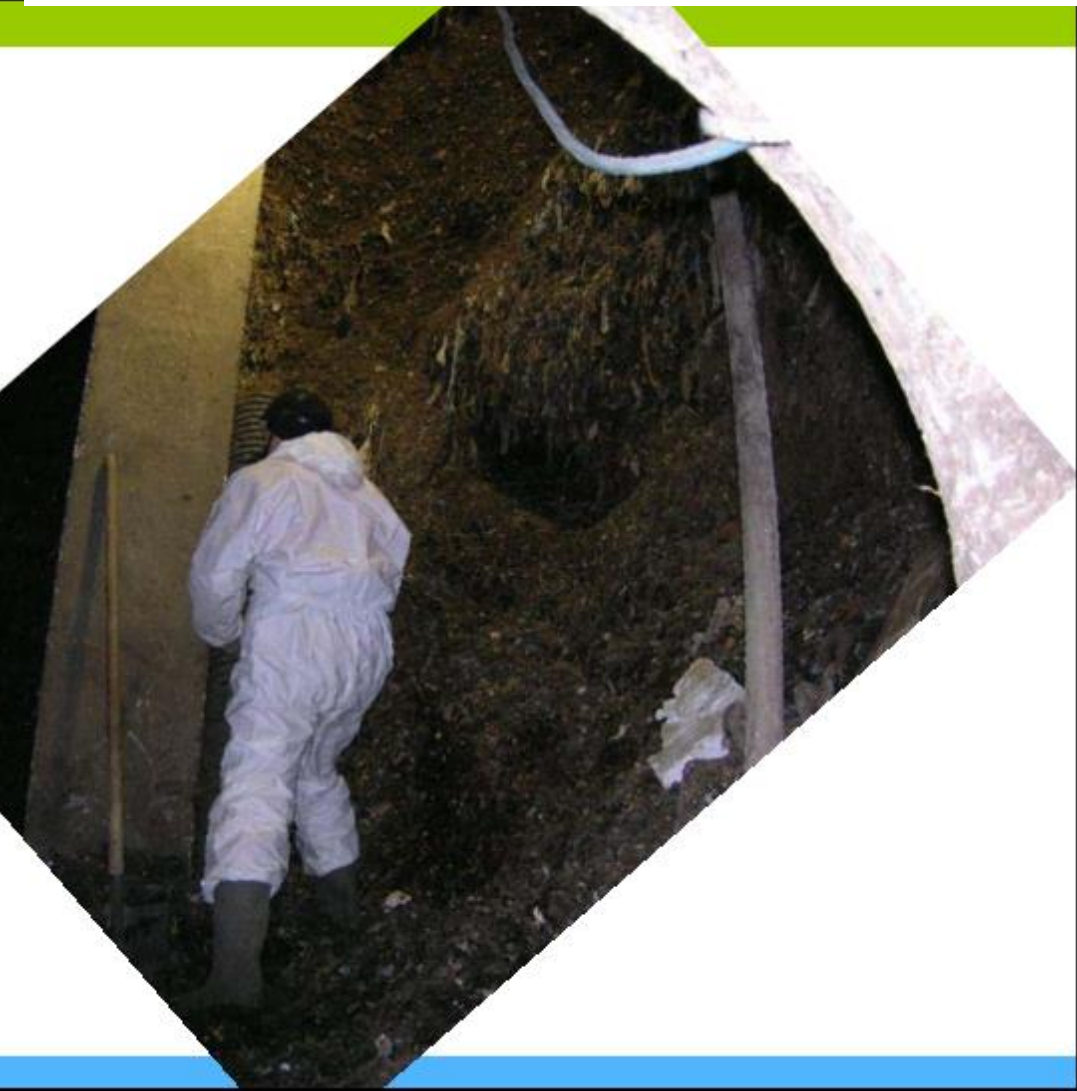
La RD è la chiave per un buon processo di Digestione Anaerobica !!!



Primavera 2006
Lavorazioni all'interno dei digestori intasati

**Primavera 2006
Lavorazioni
all'interno dei
digestori
intasati**

**Sono state
smaltite diverse
centinaia di
tonnellate di
materiale
"inerte"**



Impianti di trattamento FORSU

N.	Provincia	Comune	Ragione sociale	Potenzialità totale autorizzata (t/anno) ^[1]	Attività effettuate		
					Compostaggio	Digestione anaerobica	Depurazione frazione liquida digestato
1	BL	S. Giustina Bellunese	DOLOMITI AMBIENTE	22.000 ^[3]	x	x	
2	PD	Lozzo Atestino	AGRILUX	73.000 ^[2]		x	
3	PD	Camposampiero	ETRA	53.500		x	x
4	PD	Vigonza	ETRA	34.000 ^[6]	x		
5	PD	Este	SESA	330.000	x	x	x
6	RO	Rovigo	NUOVA AMIT	40.000	x		
7	TV	Carbonera	ALTERNATIVA AMBIENTE	1.000	x		
8	TV	Treviso	ALTO TREVIGIANO SERVIZI	6.000 ^[6]		x	x
9	TV	Trevignano	CONTARINA	35.000	x		
10	TV	Orsago	AMBIENTE E FUTURO	8.000	x		
11	VI	Arzignano	AGNO CHIAMPO AMBIENTE	22.000	x		
12	VI	Montecchio Precalcino	BERTUZZO	10.900	x		
13	VI	Bassano del Grappa	ETRA	44.300 ^[3]	x	x	x ^[5]
14	VI	Asigliano V.to	BERICA UTILYA	33.000		x	x
N.	Provincia	Comune	Ragione sociale	Potenzialità totale autorizzata (t/anno) ^[1]	Attività effettuate		
					Compostaggio	Digestione anaerobica	Depurazione frazione liquida digestato
15	VR	S. Bonifacio	VALLIFLOR (ex AGRIFLOR)	37.000	x		
16	VR	Isola della Scala	AGRINORD	76.600	x	x	x
17	VR	Isola della Scala	AGROFERT	35.000	x		
18	VR	Valeggio sul Mincio	BIOGARDA	28.000	x		
19	VR	Villa Bartolomea	FERTITALIA	95.000 + 18.000 ^[4]	x	x	x
20	VR	Cerea	NIMAR	74.520	x		
21	VR	Ronco all'Adige	AGRICER	9.300	x		
22	VR	Isola della Scala	AMIFLORA	9.300	x		
23	VR	Villa Bartolomea	VILLA BIOENERGIE	36.000		x	x
24	VE	Musile di Piave	AGRO T. E C.	8.994	x		
25	VE	Scorzè	TRONCHIN	8.994	x		
26	VE	Caorle	IMPRESA GIRO	500	x		
TOTALE				1.149.908	21	10	8





Approcci per la digestione anaerobica della FORSU e co-digestione fanghi-FORSU negli impianti di depurazione

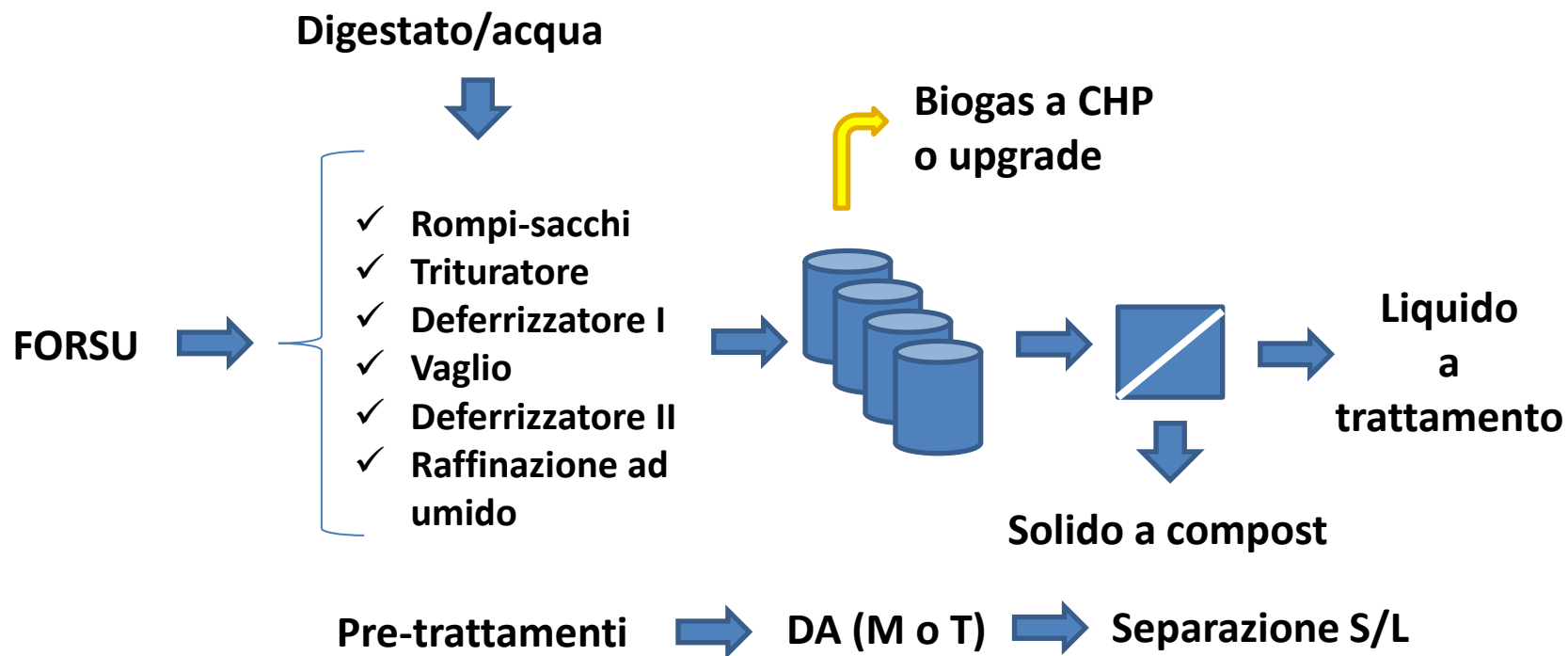


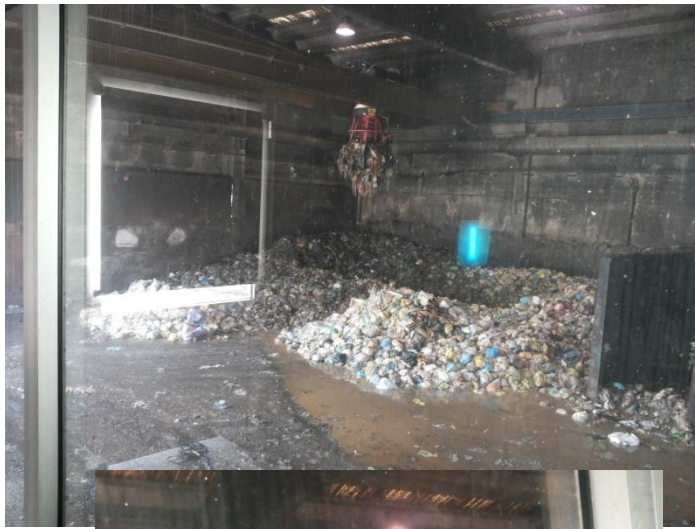


**Digestione anaerobica ad umido
(SS nel reattore < 10% circa)**

Digestato liquido da trattare !

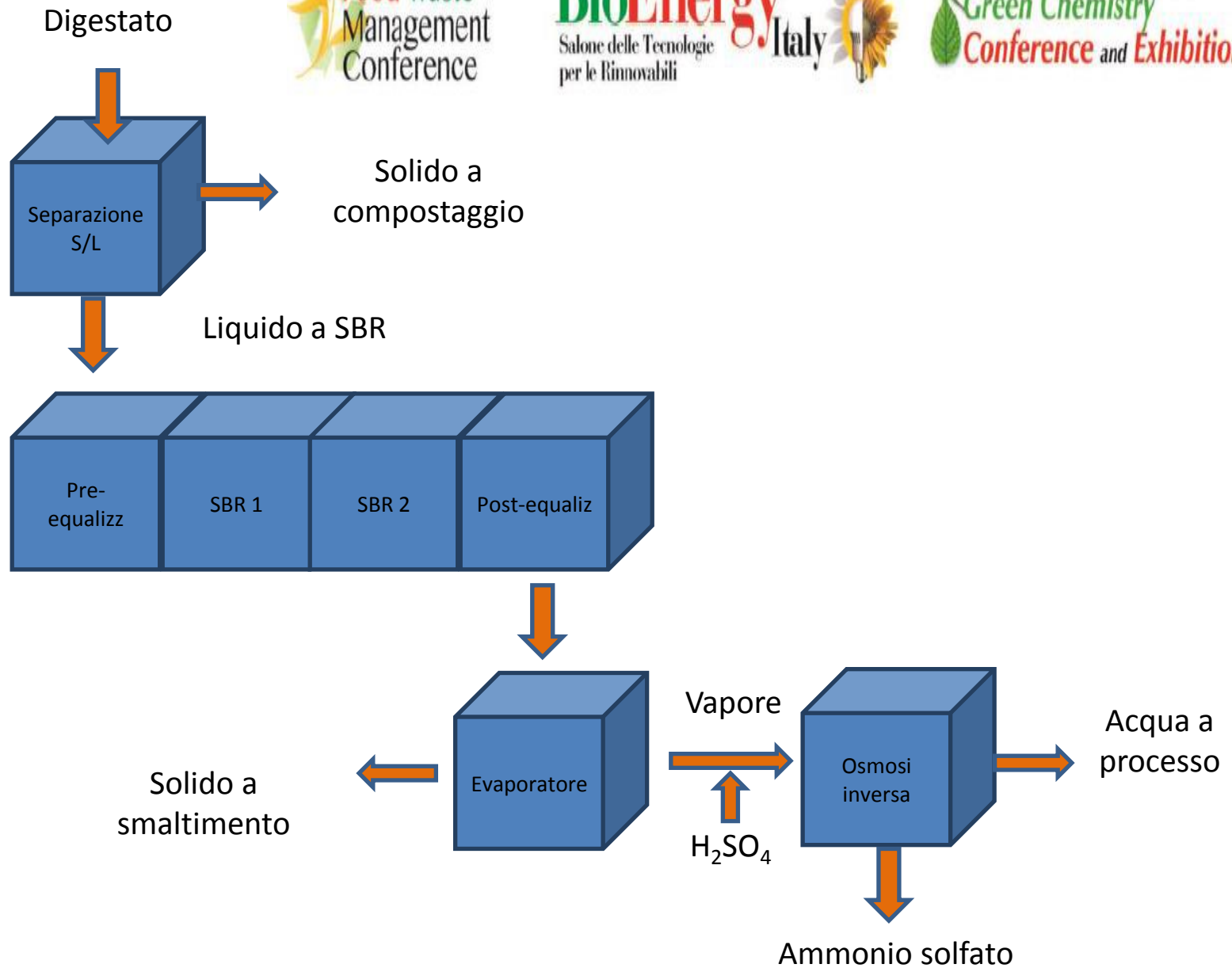






Impianto Alan, Zinasco, Pavia
Nel 2013 sono state trattate 21.800 ton di
cui il 95% 20.01.08, FORSU da raccolta
differenziata, e parte di 20.01.03, verde,
oltre a minime quantità di 02.03.04 e
02.01.02







Digestione anaerobica a secco (SS nel reattore al 20-25% circa)

Ridotta produzione di digestato liquido da trattare !

**Ad es. 30-60 m³/settimana
(variabile tra estate ed inverno)
per una capacità di trattamento di 100 ton/d**

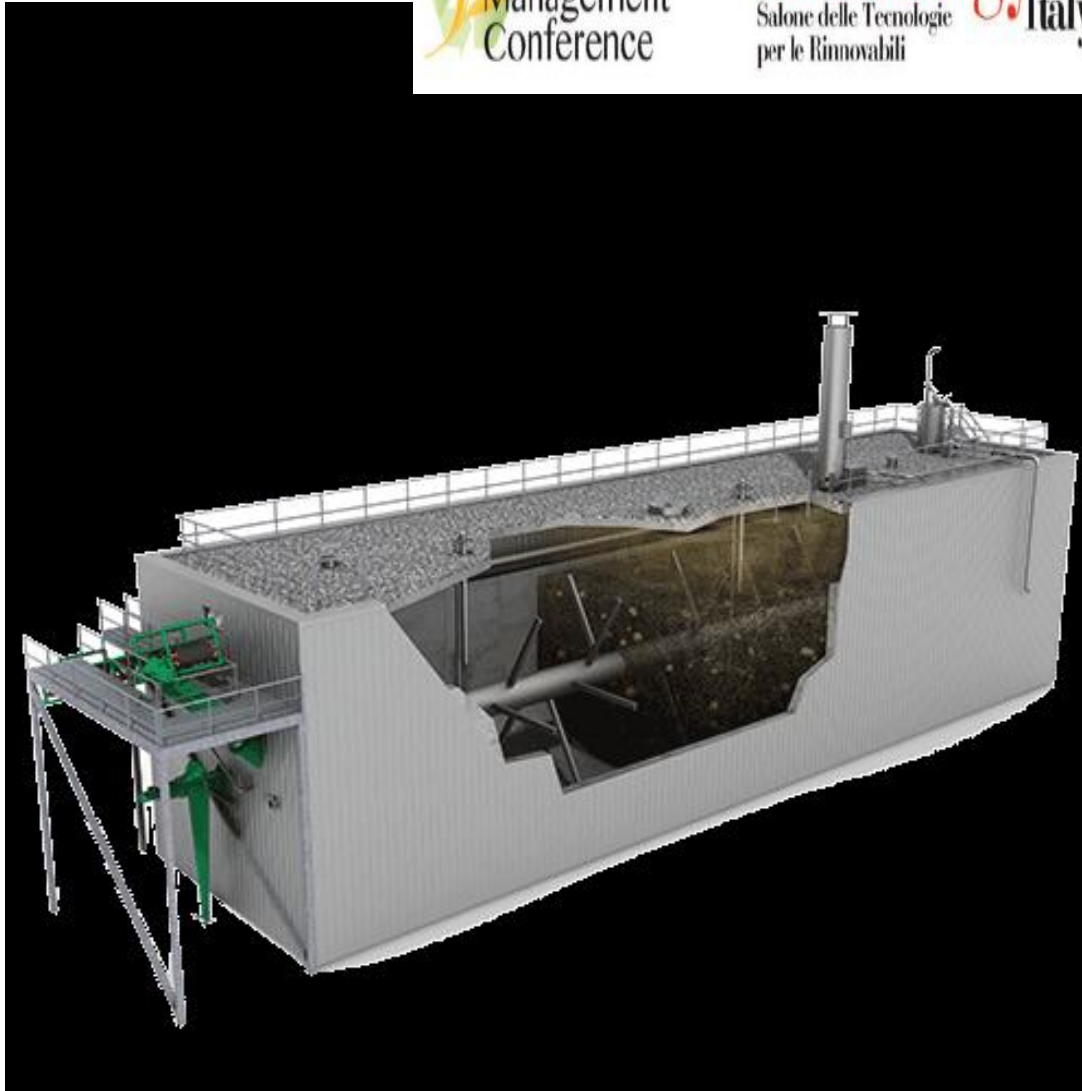


Cadino – Trento



Cadino – Trento





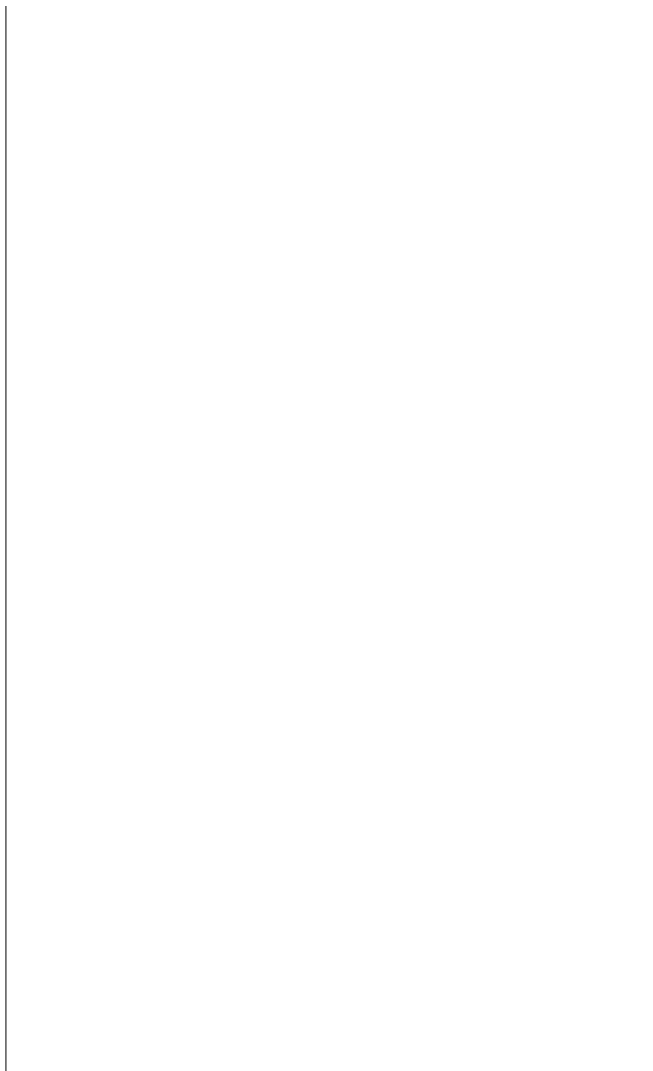


Cadino – Trento, trattamento digestato

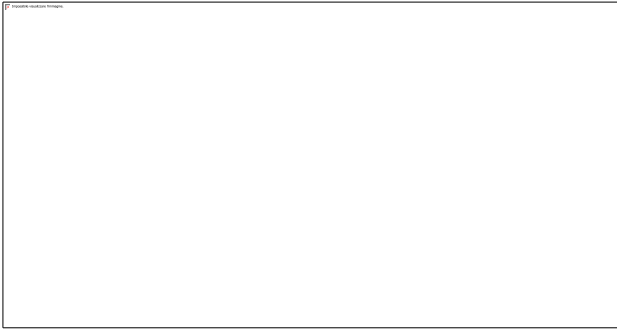


Fase di compostaggio







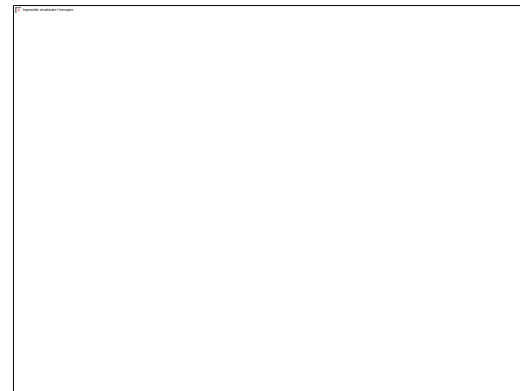
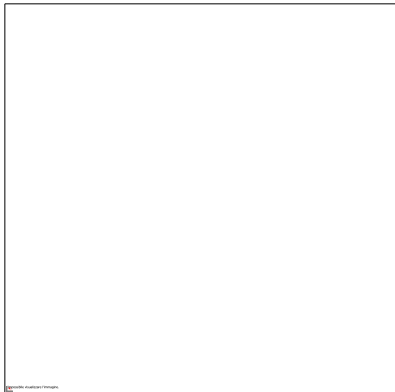


44,000 t/anno di FORSU e verde



12,000 t/anno di compost

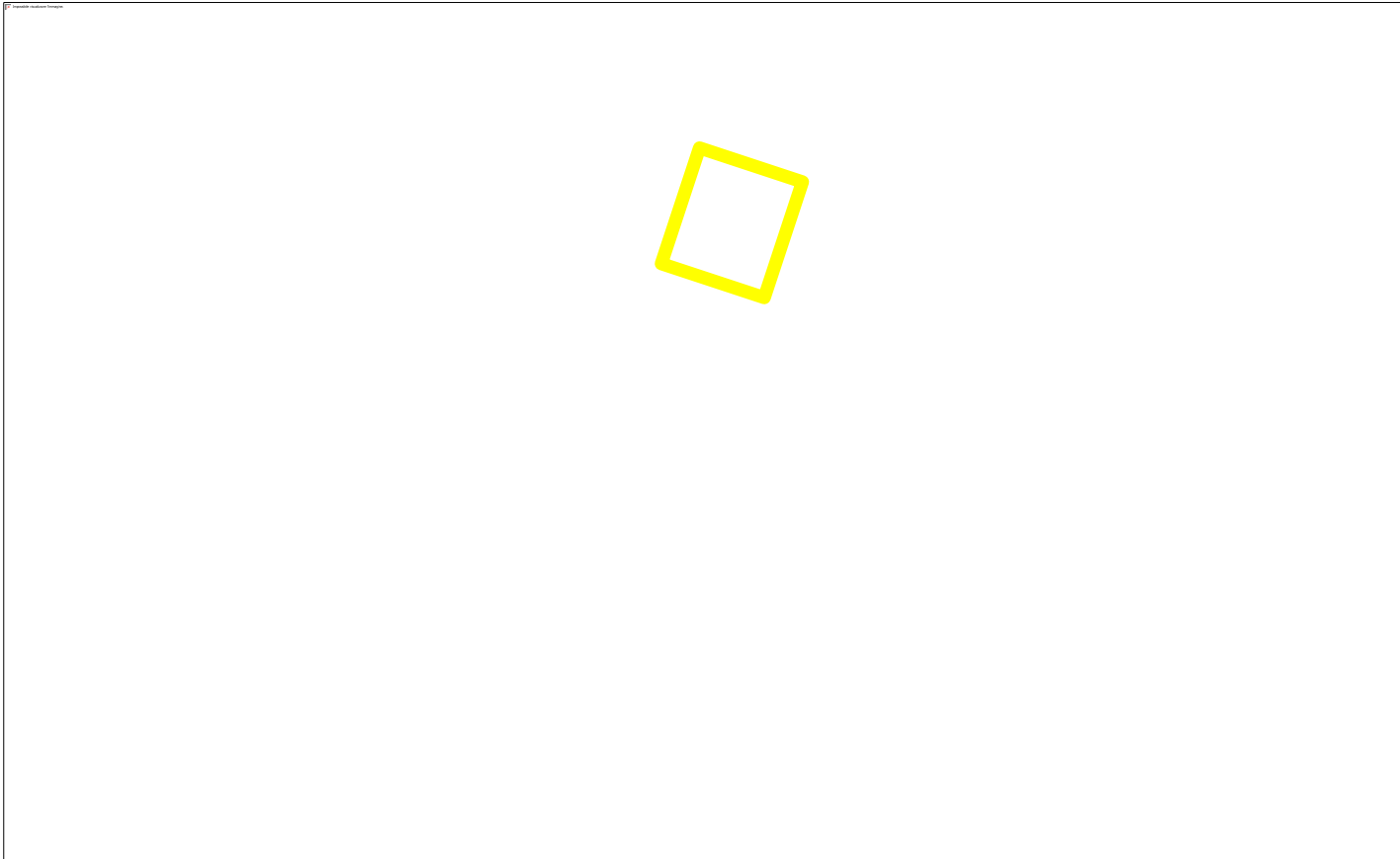
8 milioni di kWh/anno



Co-digestione fanghi FORSU negli impianti di depurazione

- Sfruttamento di struttura esistenti (minori costi investimento)
- Personale formato
- Auto-consumo dell'EE prodotta fino ad autarchia dell'impianto di depurazione
- Idoneo smaltimento delle frazioni liquide (se presente capacità residua)
- Fanghi di buona qualità (in relazione alle caratteristiche del refluo)
- Aumento dei fanghi prodotti**
- Sovraccarico alla linea acque (verifica potenzialità residua)**

Depuratore comunale di Treviso (Alto Trevigiano Servizi) e Contarina Spa



Trattamento FORSU in pressa e separazione delle frazioni solida e liquida (presso Contarina Spa)





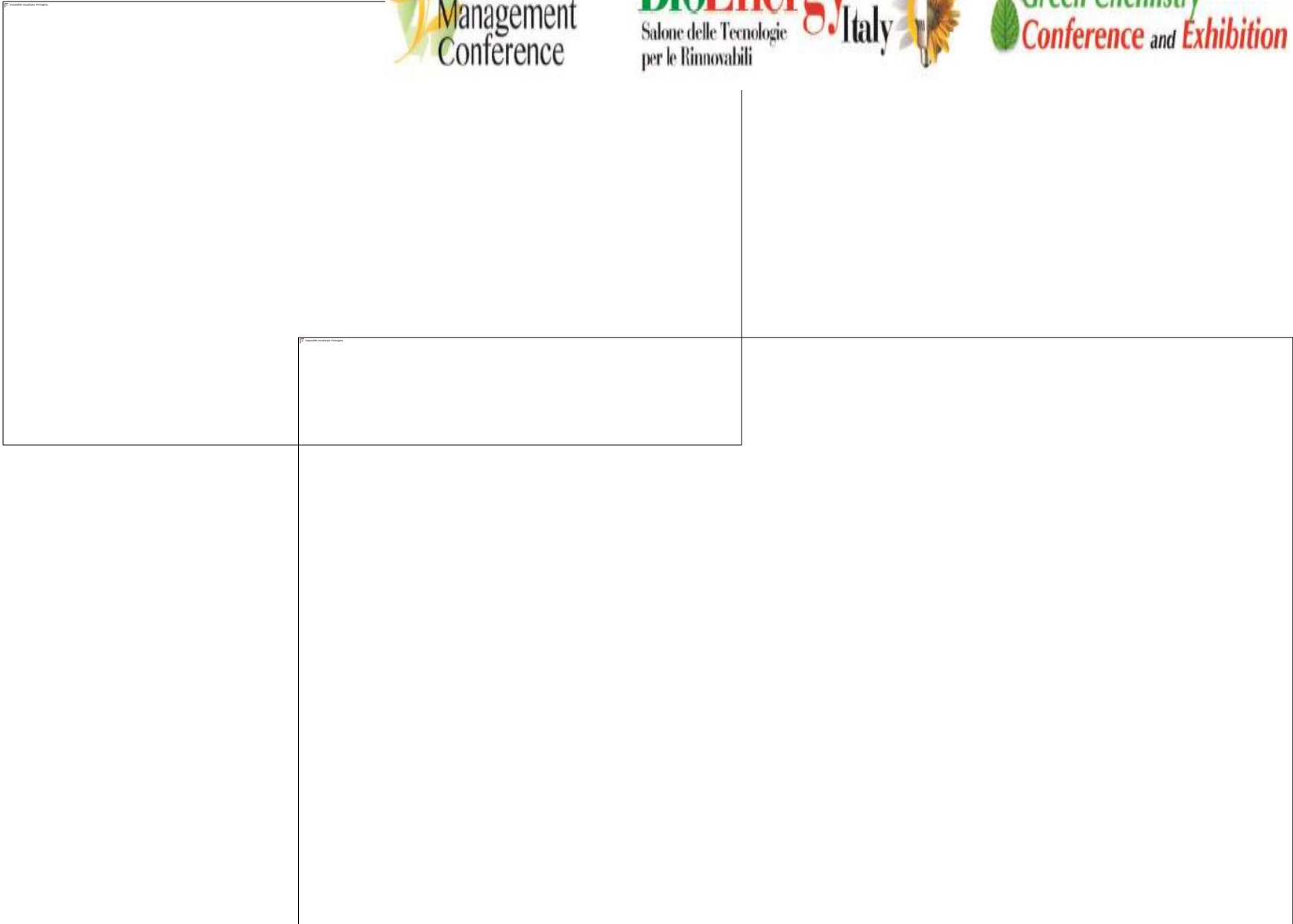
Credits: Contarina/ATS



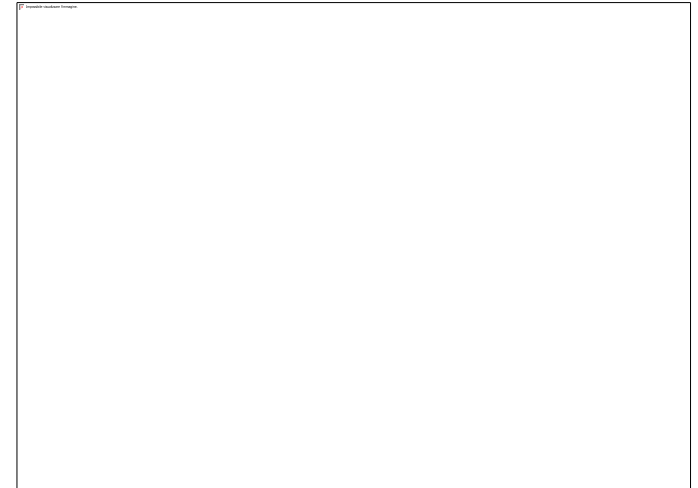
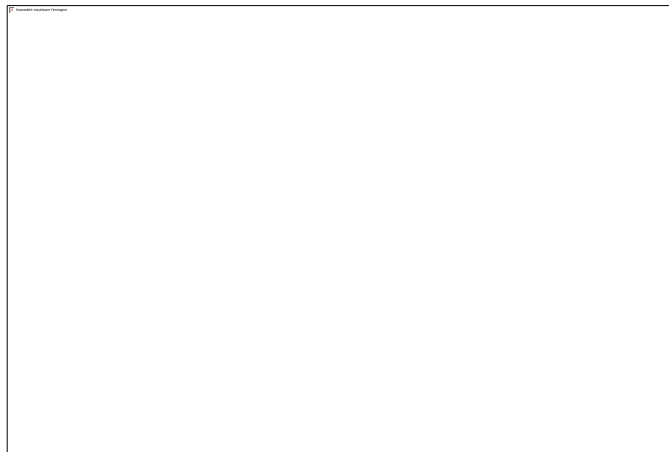
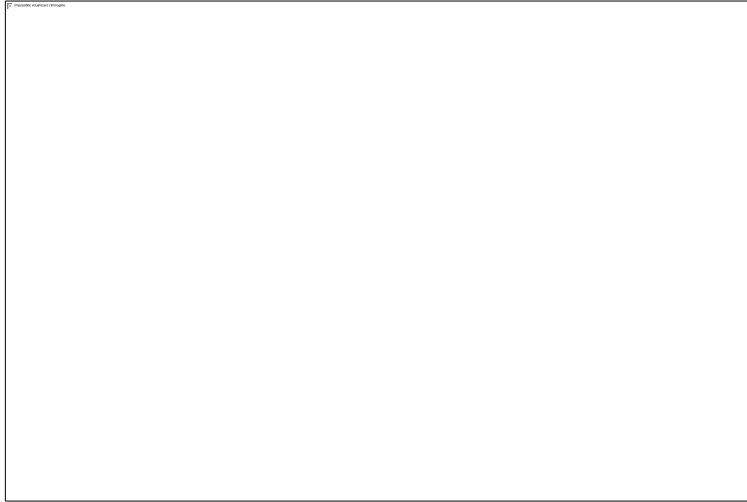


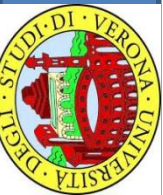
Credits: Contarina/ATS









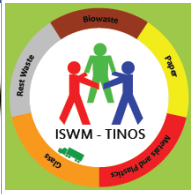
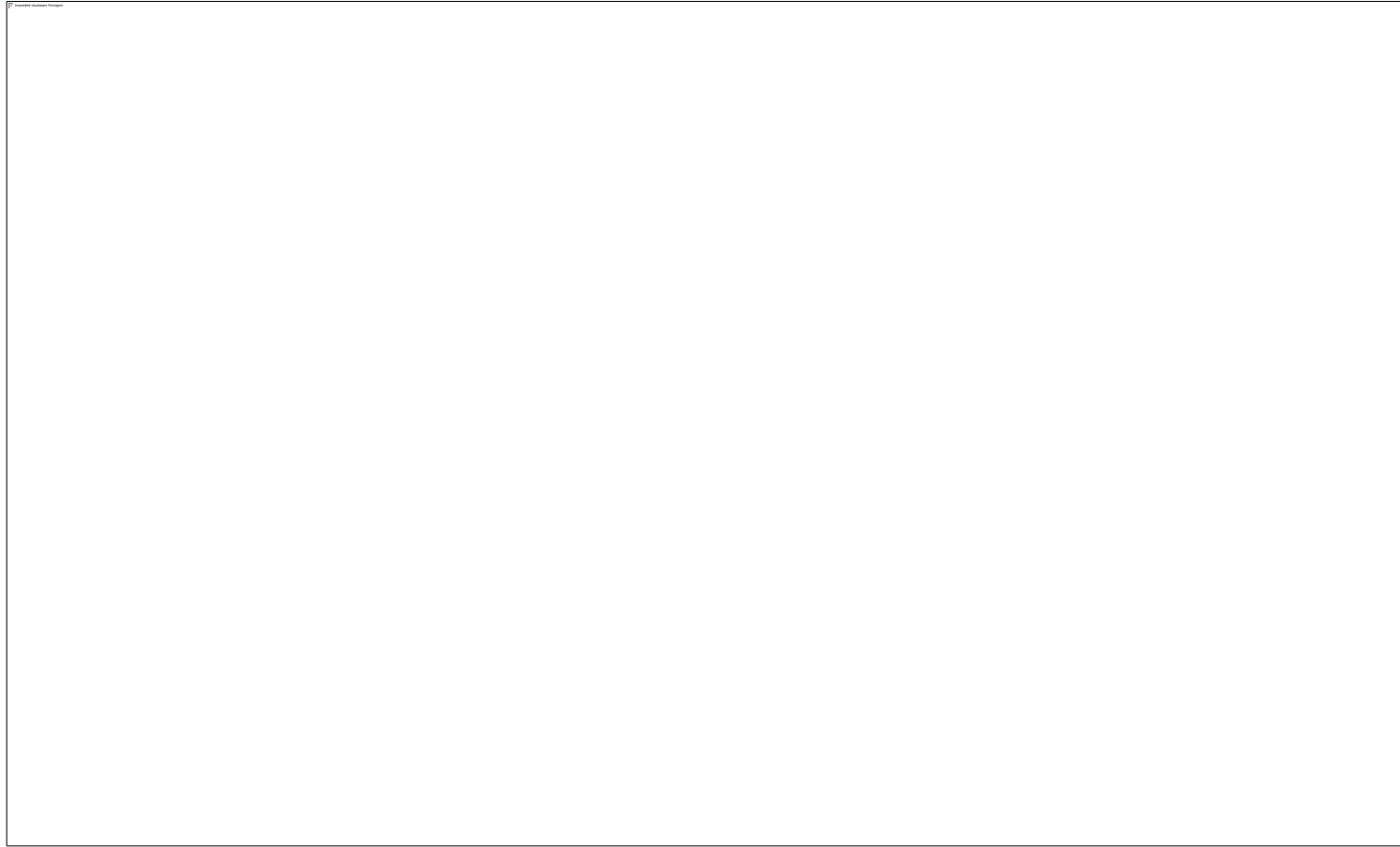


Rovereto, Trento



Cremona 20 aprile 2016

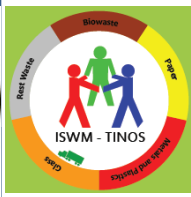
Ricevimento (pesa)

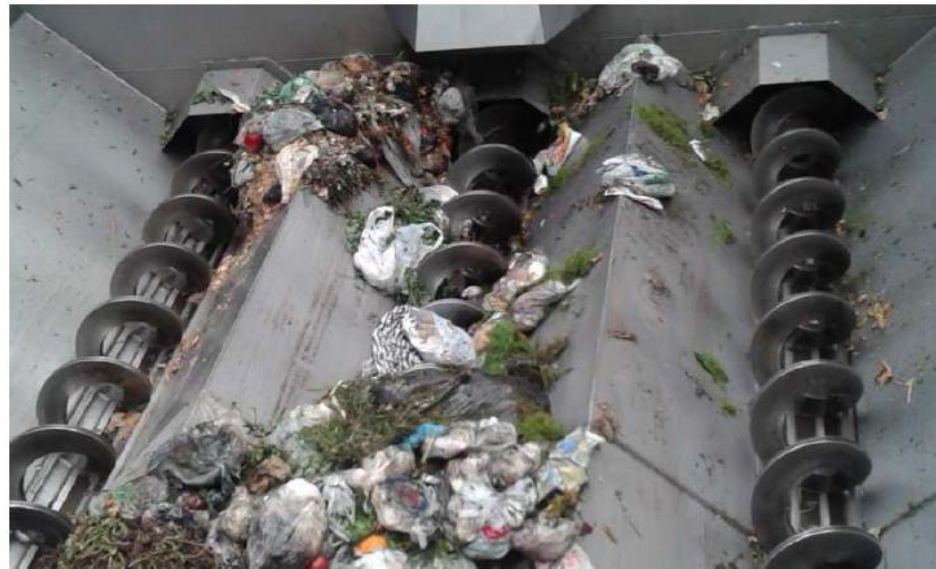


Scarico in fossa



Cremona 20 aprile 2016





Trasporto al
mulino a
martelli
mediante
coclee

Mulino a martelli



Wackerbauer TM75



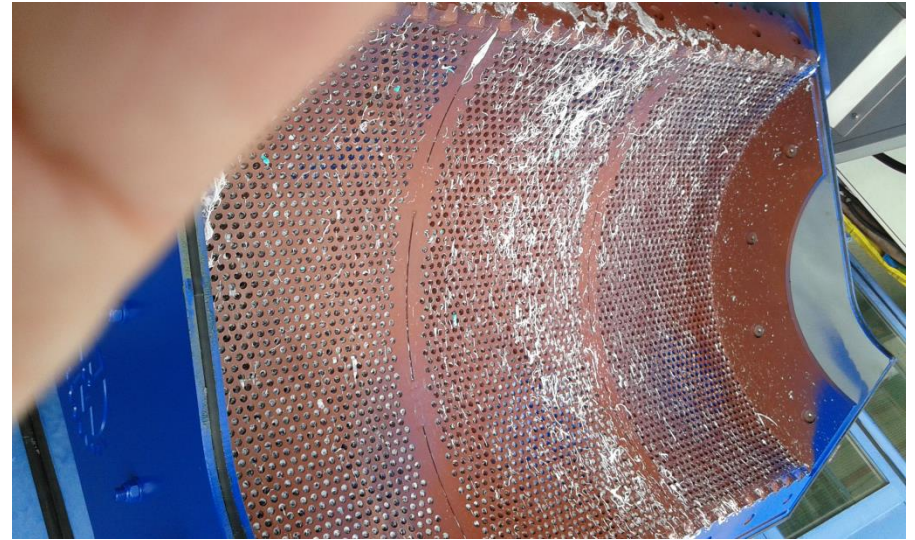
Vaglio (vista interna)

Capacità di trattamento fino a 20 ton/h di FORSU, 400 L acqua per ton FORSU, 400 kW installati

Martelli basculanti, vista interna



Vaglio interno aperto





Frazione residuale (plastiche)



Materiale organico spappolato (SS < 10%)

Idrociclone per la rimozione di inerti pesanti (sabbie)



Lavaggio sabbie

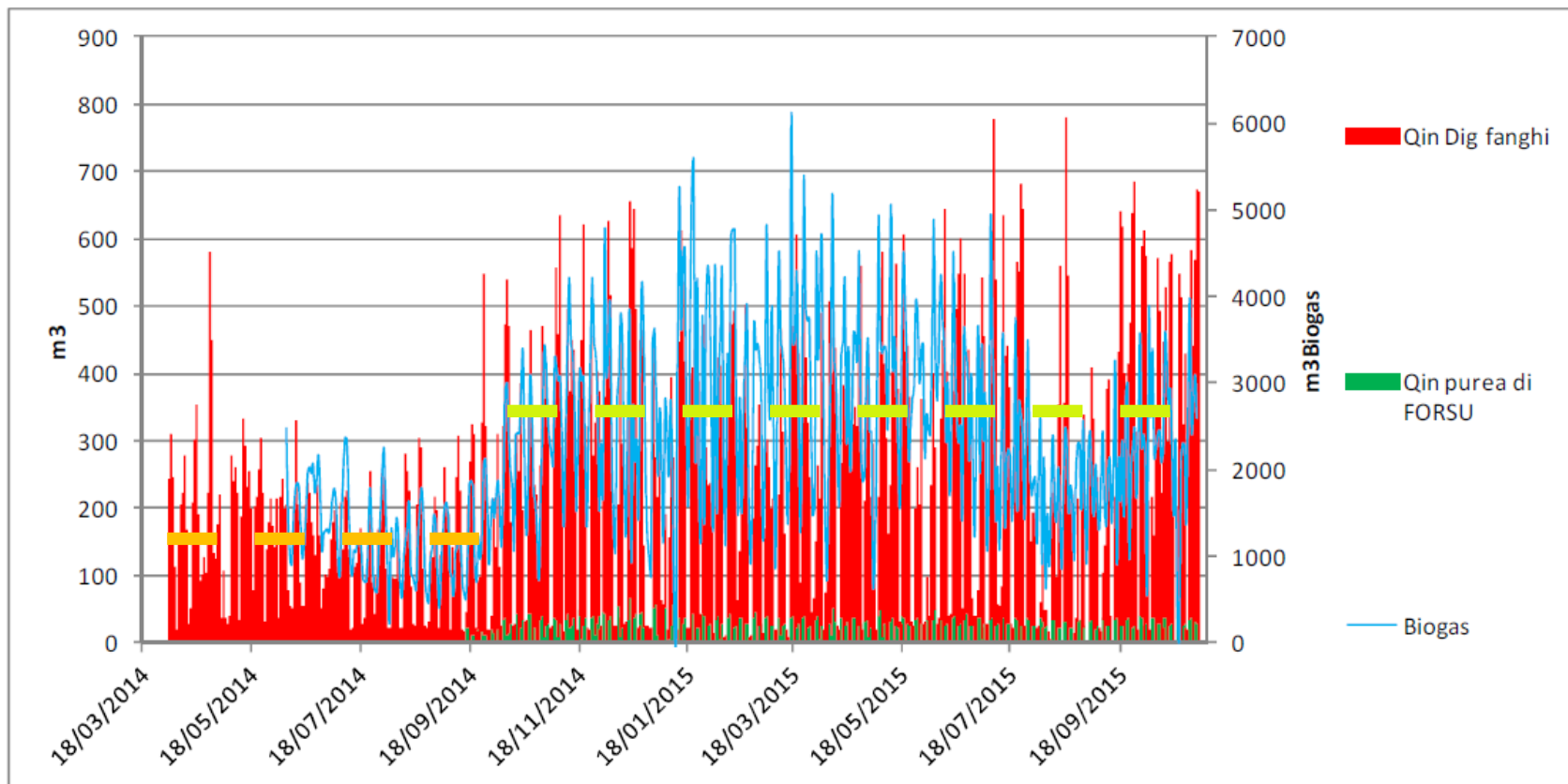


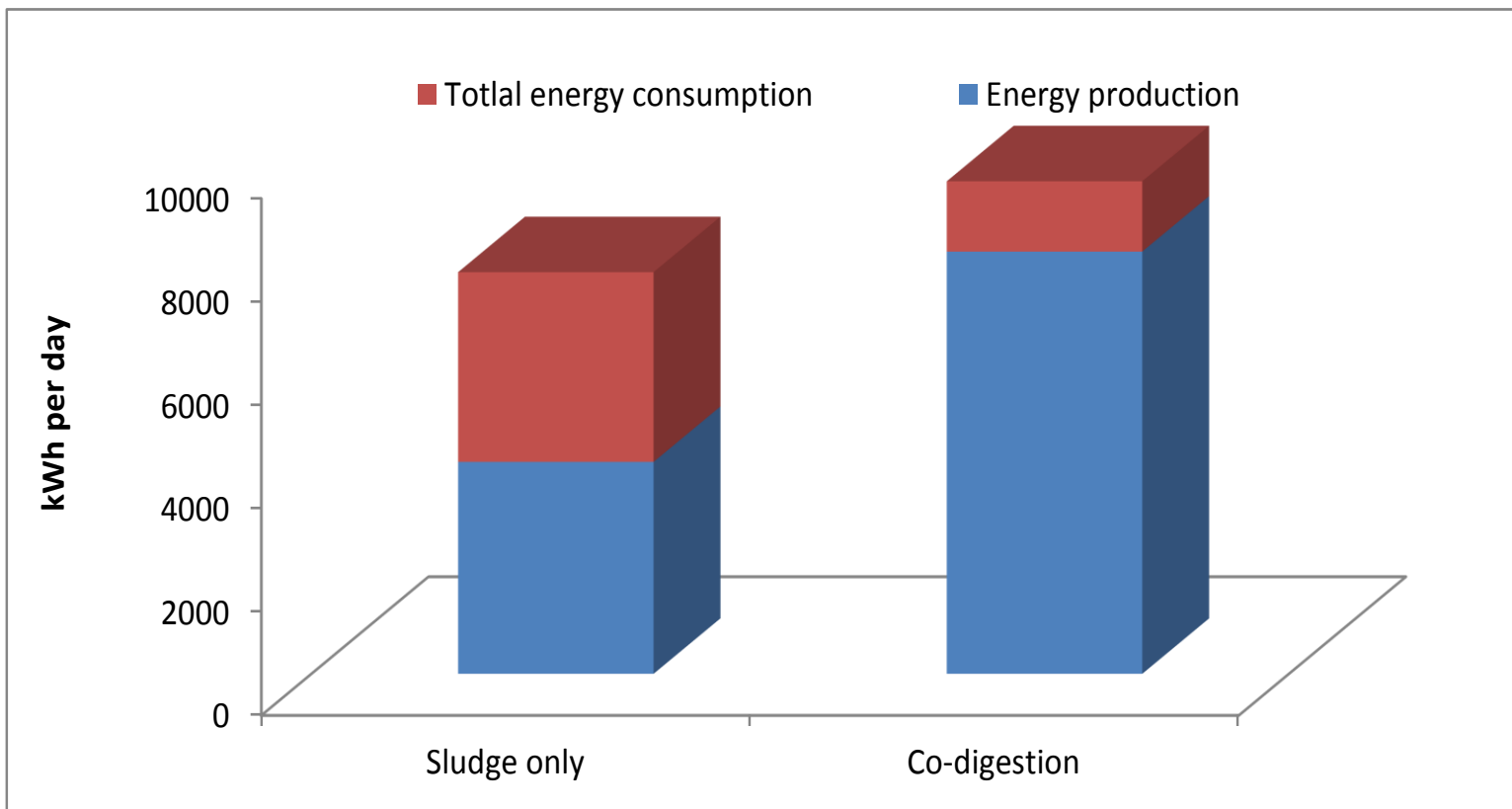
Cremona 20 aprile 2016

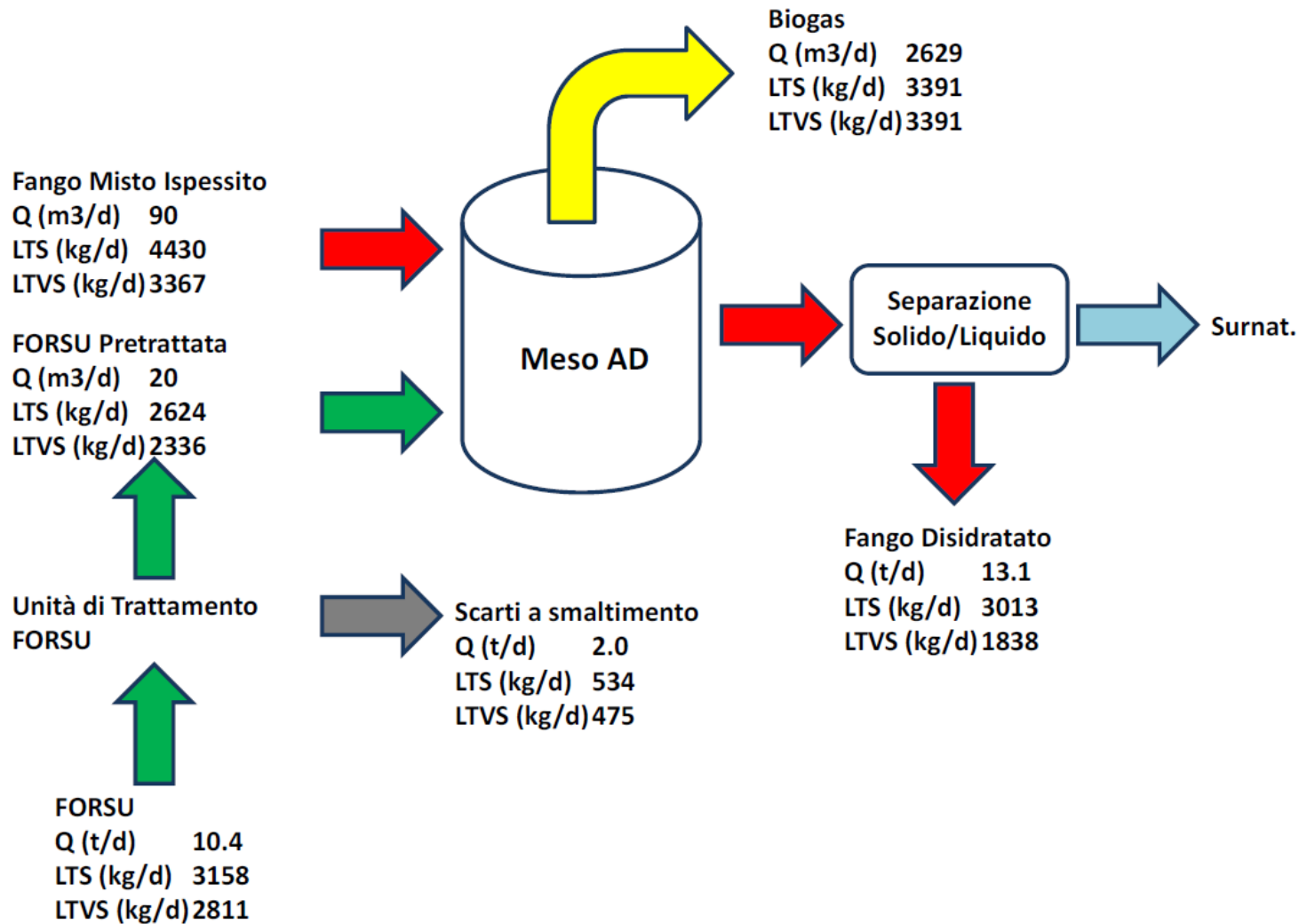


Trattamento aria in doppio scrubber acido-base e biofiltro

Da 1300 a 2600 m³/d di biogas (autoconsumo) con 10 ton/d di FORSU







Parametro	Intervallo	u.m.
Sostanza secca (SS)	260-300	g/kg
Sostanza volatile (SV)	240-270	g/kg
Volatile/Secco	90	%
Sostanza Organica (COD)	250-320	g/kg
Azoto	8-11	gN/kg
Fosforo	0.5-0.8	gP/kg

60-70% dei nutrienti alla
 linea acque:
 10 ton/d di FORSU
 equivalgono a
70 kgN/d
35 kgP/d



Conclusioni

- ✓ **La raccolta differenziata è un pre-requisito per avere flussi di buona qualità appetibili per il mercato**
- ✓ **La Frazione Organica, se raccolta separatamente ed in modo adeguato, ha basso contenuto di sostanze estranee che ne agevolano il recupero attraverso digestione anaerobica/compostaggio**
- ✓ **Il recupero di biogas e compost è economicamente vantaggioso e, unitamente alla tariffa di smaltimento, copre i costi di investimento**