



# **VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA SOSTITUZIONE DI COLTURE ENERGETICHE CON LA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI PER UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA ESISTENTE**

*Francesco Di Maria<sup>1</sup>, Marzio Lasagni<sup>2</sup>, Gabriele Anatrini<sup>3</sup>*

**<sup>1</sup>LAR<sup>5</sup> Laboratory - Dipartimento di Ingegneria - Università di Perugia - Via  
G. Duranti 93, 06125, Perugia  
email: [francesco.dimaria@unipg.it](mailto:francesco.dimaria@unipg.it)**

**<sup>2</sup>AISA Impianti spa, str. vicinale dei Mori, 52100, Arezzo**

**<sup>3</sup>Belvedere Angelico srl, viale G. Matteotti 2b/2c, 50031 Barberino di Mugello**



## **Principali aspetti esaminati**

- **Tecnici**
- **Economici**
- **Ambientali mediante LCA – Supporto processi autorizzativi**



## Razionale dello studio

### Directive 2001/77/EC – Obiettivi percentuali energia elettrica rinnovabile. Implementazione di aiuti economici

	RES-E TWh 1997 (**)	RES-E% 1997 (***)	RES-E% 2010 (****)
Belgium	0,86	1,1	6,0
Denmark	3,21	8,7	29,0
Germany	24,91	4,5	12,5
Greece	3,94	8,6	20,1
Spain	37,15	19,9	29,4
France	66,00	15,0	21,0
Ireland	0,84	3,6	13,2
Italy	46,46	16,0	25,0 (!)

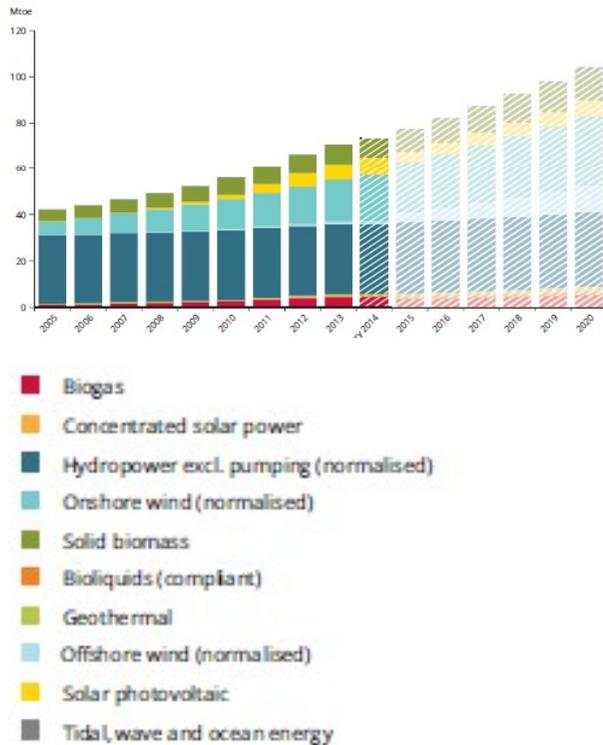
Luxembourg	0,14	2,1	5,7 (!)
Netherlands	3,45	3,5	9,0
Austria	39,05	70,0	78,1 (!)
Portugal	14,30	38,5	39,0 (!)
Finland	19,03	24,7	31,5 (!)
Sweden	72,03	49,1	60,0 (!)
United Kingdom	7,04	1,7	10,0
Community	338,41	13,9 %	22 % (****)



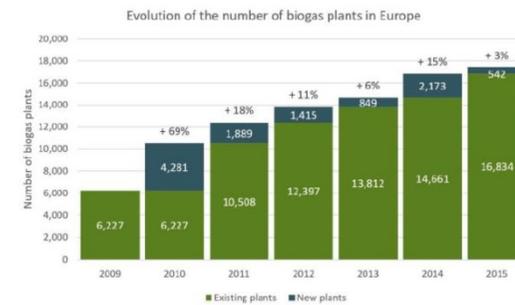
## Razionale dello studio

Durata dell'incentivo: da 12 a 20 anni

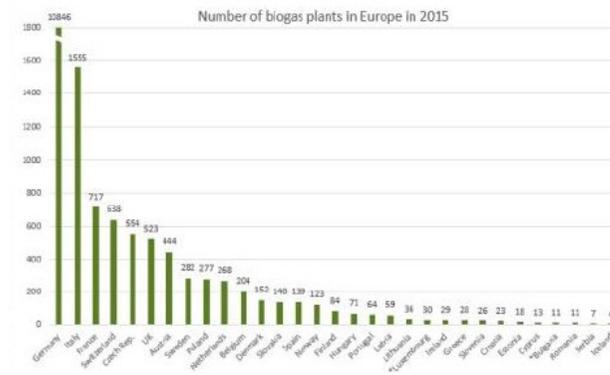
### Quota rinnovabili EU



Incremento DA UE28 ultimi 7 anni  
> 9.000 MW installati



### Impianti DA UE28





## Razionale dello studio

DA colture energetiche (mais) producono > 50% del biogas nell'UE28 (EC, 2017)

Incidenza costo colture energetiche sul kWh prodotto (Schievano et al., 2015)

	Production cost	Biomass cost		UC of biogas	UC of EE
	€ ha <sup>-1</sup>	€ Mg <sup>-1</sup>	€ Mg <sup>-1</sup> DM	€ Nm <sup>-3</sup>	€ kwhe <sup>-1</sup>
Single crops					
Maize (1st crop)	2106	29.8	98	0.162	0.086
Maize (2nd crop)	2098	32.1	104	0.203	0.108
Maize (3rd crop)	2098	37.3	119	0.233	0.123
Rye	1187	45.6	137	0.283	0.150
Grass	988	19.8	91	0.181	0.096
Triticale	1248	13.8	76	0.128	0.068
Sorghum	1655	12.9	86	0.232	0.123
Crop successions					
Rye + Maize (3rd crop)	3285	40.0	125	0.249	0.132
Grass + Maize (2nd crop)	3086	27.5	100	0.196	0.104
Triticale + Sorghum	2903	15.5	94	0.199	0.106
Triticale + Maize (3rd crop)	3346	24.5	98	0.179	0.095

Sostenibilità economica al termine del periodo di durata dell'incentivo?



## Razionale dello studio

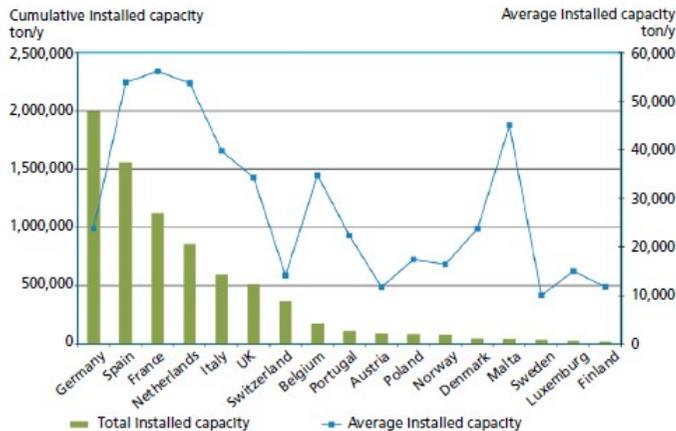
### Potenziale frazione organica (bio-waste) in UE = 90.000.000 Mg

EC green paper (EC, 2008), bio-waste is defined as "biodegradable garden and park waste, food and kitchen waste from households, restaurants, caterers and retail premises, and comparable waste from food processing plants. It does not include forestry or agricultural residues, manure, sewage sludge, or other biodegradable waste such as natural textiles, paper or processed wood. It also excludes those by-products of food production that never become waste."

#### Trattamento/Riciclo FO in UE 28

AD ≈ 8,000,000 Mg in 244 impianti

Compostaggio ≈ 40,000,000 Mg in 3.500 impianti



#### Scenario Italiano (2015)

- Compostaggio ≈ 4.130.000 Mg in 263 impianti
- DA + Comp. ≈ 1.400.000 Mg in 26 impianti
- DA ≈ 220.450 Mg in 20 impianti

#### Ampi margini di implementazione AD nel settore dei rifiuti

- DA è una BAT per il trattamento/riciclo FO
- DA FO coerente obiettivi 2020 e 2030



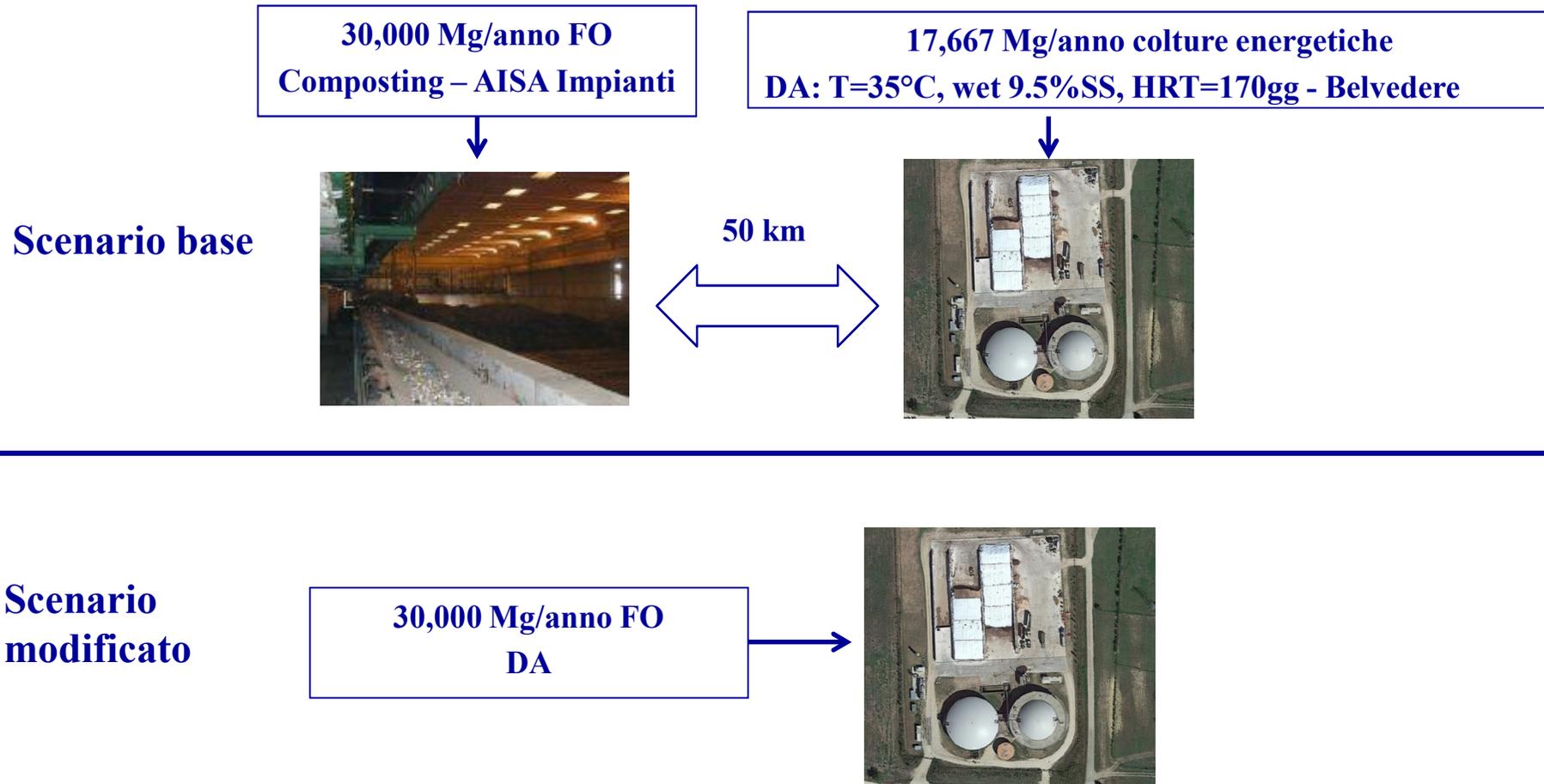
## **Ostacoli per una piena implementazione della DA nel trattamento della FO**

### **Principali ostacoli:**

- **Economici: Costi di investimento/gestione, accesso a finanziamenti;**
- **Politici/legali: Quadro politico/legale, complessità e durata delle procedure amministrative;**
- **Tecnici: Cambiamento giornaliero della qualità/quantità della FO;**
- **Sociali: Percezione e livello di informazione della cittadinanza.**



## Caso di studio

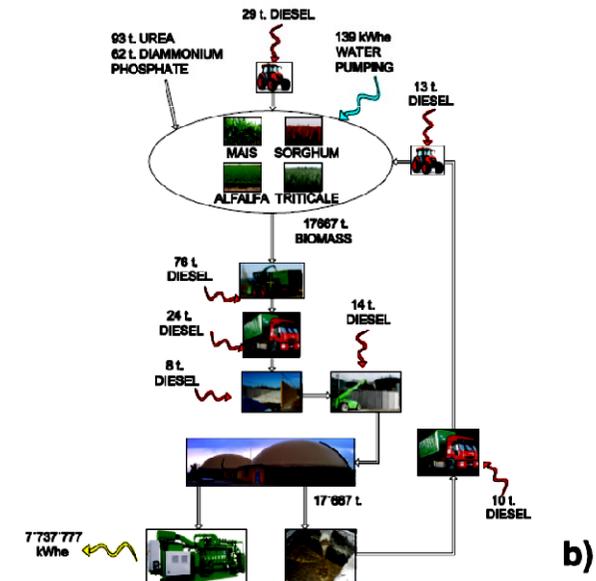
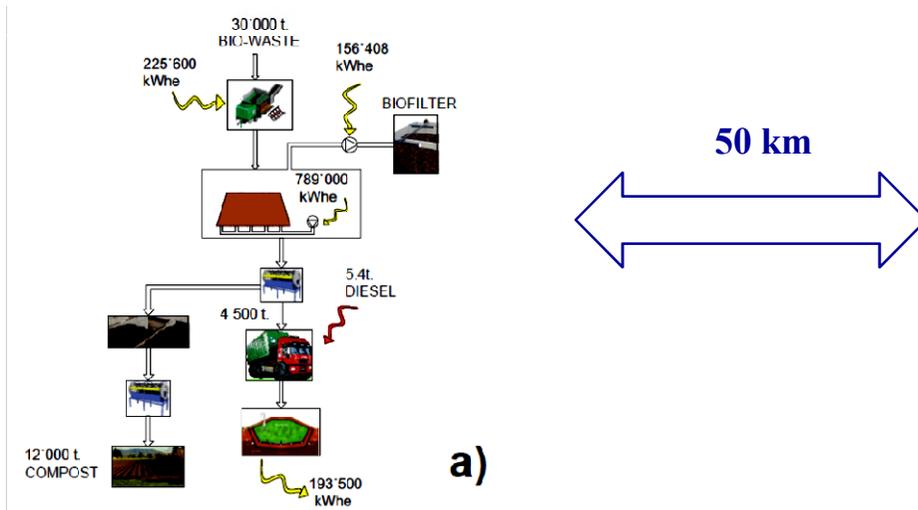




## Il caso di studio: Scenario base

Compostaggio FO presso  
AISA Impianti Spa

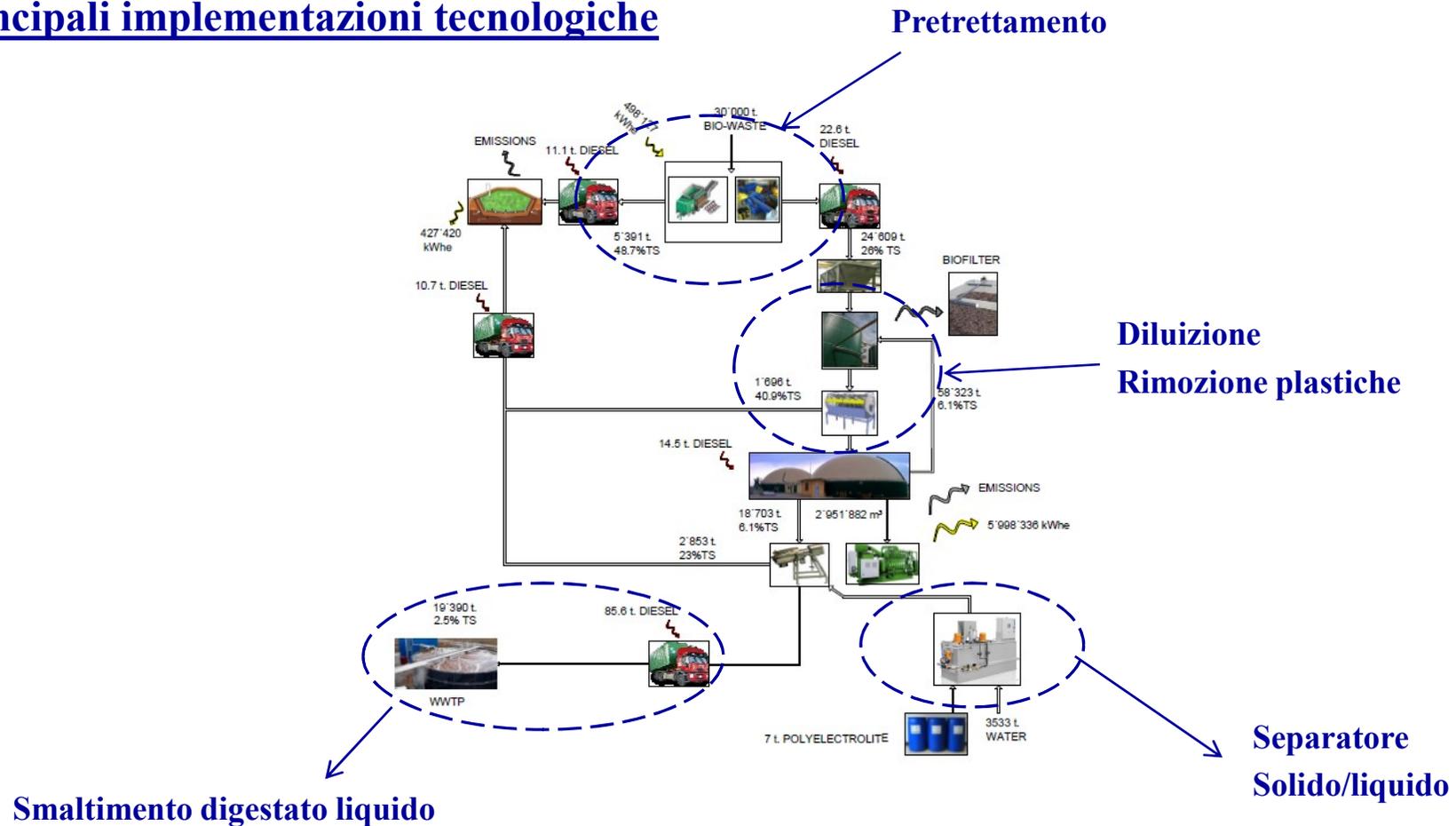
DA colture energetiche presso  
Belvedere srl





## Il caso di studio: Scenario modificato

### Principali implementazioni tecnologiche

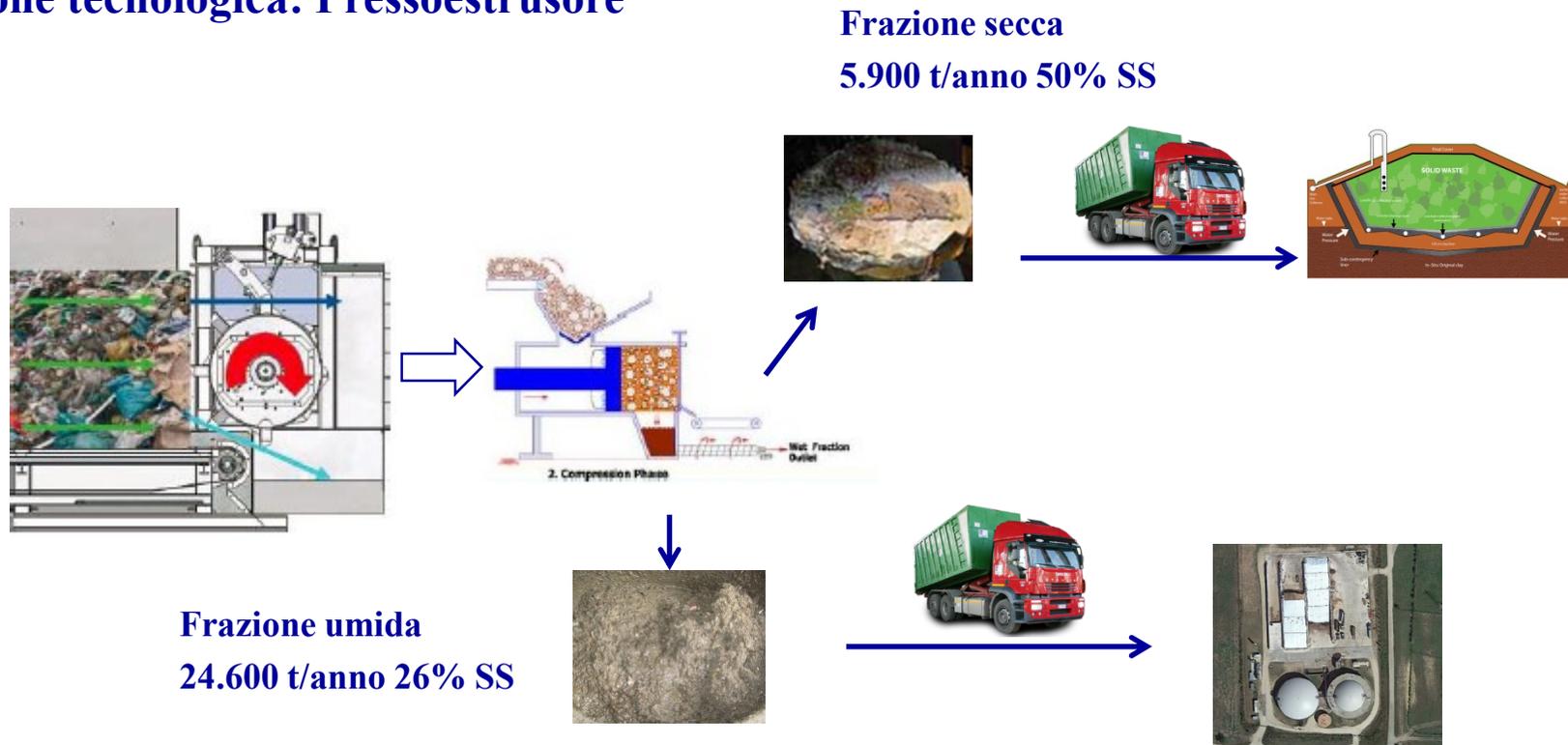




## Il caso di studio: Scenario modificato

### Il pretrattamento della FO

- Dove ? - AISA Impianti Spa
- Soluzione tecnologica: Pressostrusore

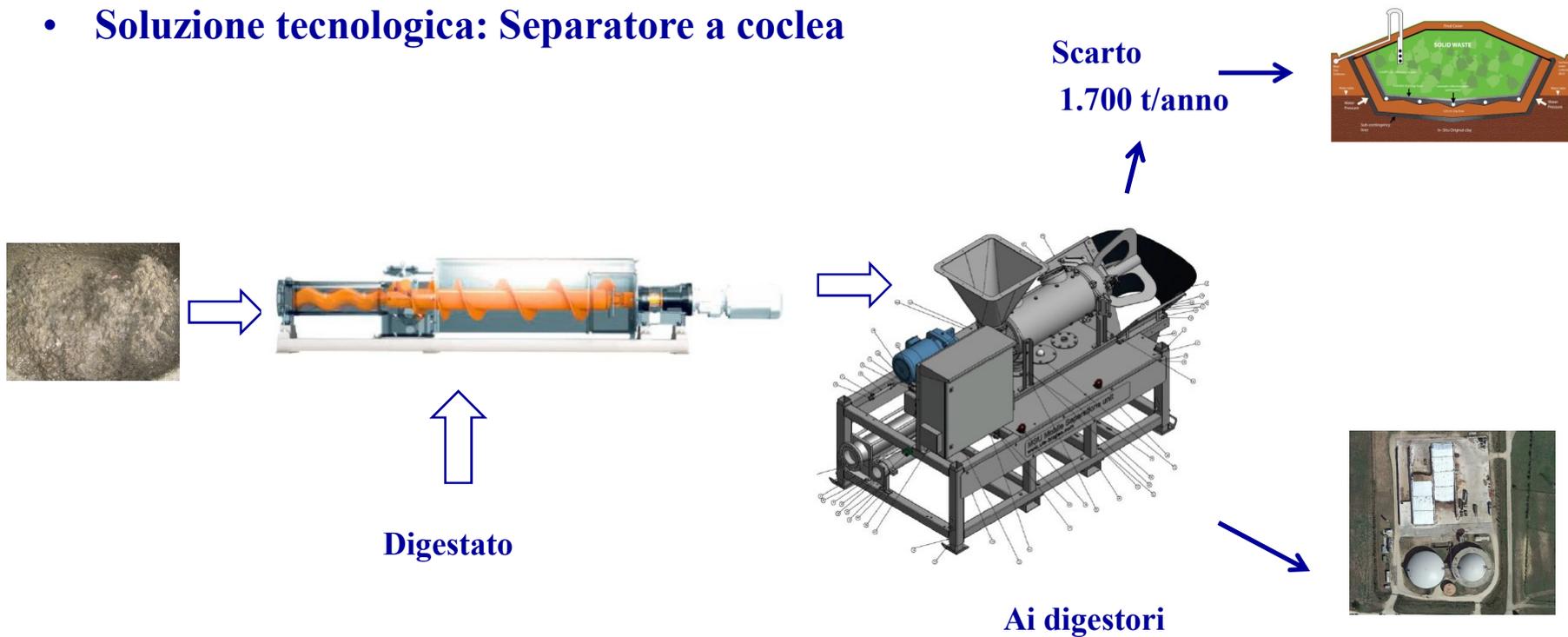




## Il caso di studio: Scenario modificato

### Diluizione e rimozione plastiche

- Dove ? - Presso Impianto Belvedere
- Soluzione tecnologica: Separatore a coclea

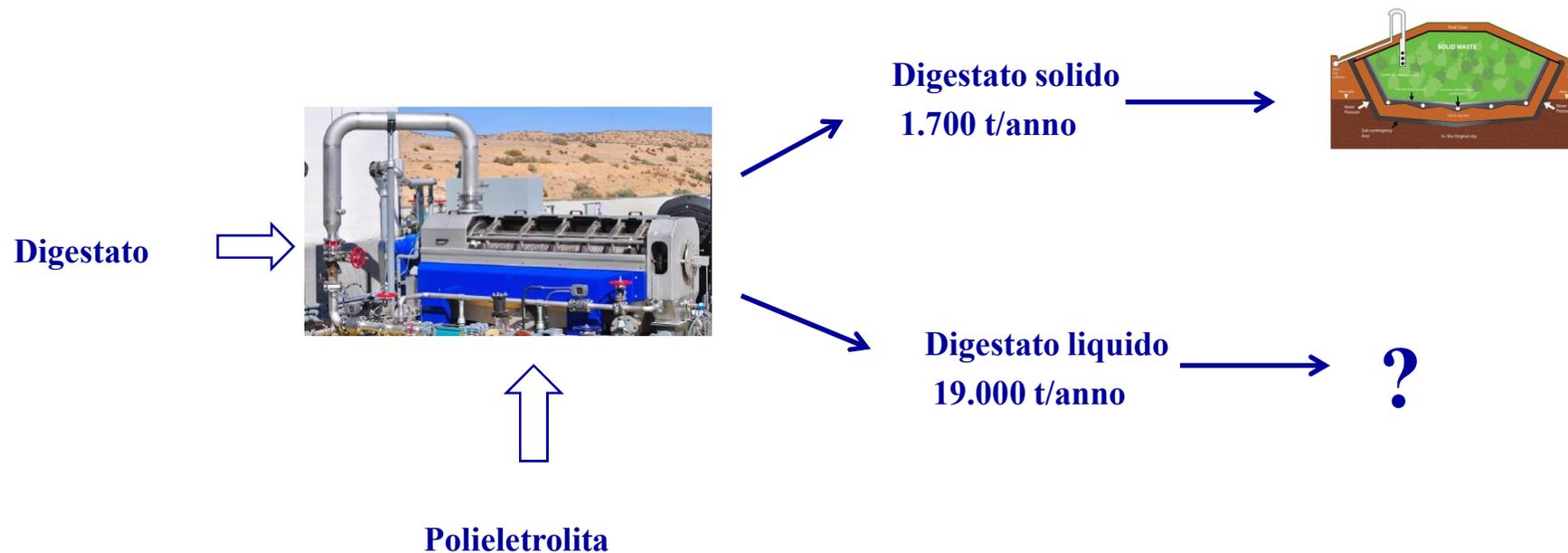




## Il caso di studio: Scenario modificato

### Separazione liquido solido

Dove ? - Presso Impianto Belvedere





## Il caso di studio: Scenario modificato

### Trattamento digestato liquido

#### Opzioni possibili

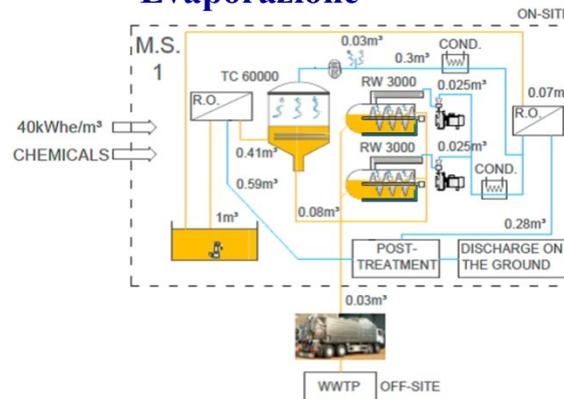
Co-trattamento fuori sito  
con acque reflue civili



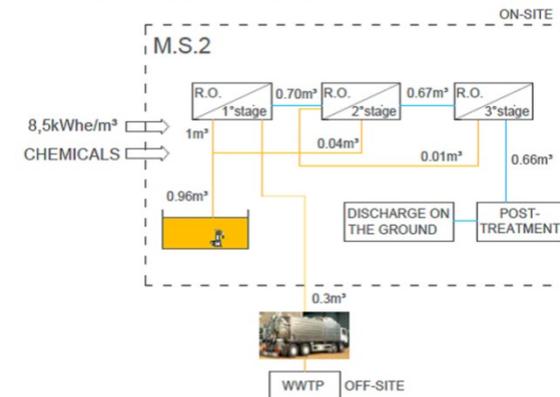
R10

Trattamento in sito

#### Evaporazione



#### Osmosi Inversa





## Il caso di studio: Aspetti energetici

### Potenziale di biometanazione

#### Energy crops

- C/N: 25-60
- Humidity < 70% w/w
- CH<sub>4</sub>: 50-54%v/v

Crop	CH <sub>4</sub> yield m <sup>3</sup> /MgVS	Crop	CH <sub>4</sub> yield m <sup>3</sup> /MgVS
Maize	205-450	Barely	353-658
Wheat	384-425	Triticale	337-555
Oats	250-295	Sorghum	295-372
Rye	283-492	Alfalfa	340-500
Grass	298-467	Sunflower	154-400
Miscanthus	179-218	Leaves	417-453

#### Bio-waste

- C/N: 11-35
- Humidity > 60% w/w
- CH<sub>4</sub>: 55-60%v/v

Bio-waste	CH <sub>4</sub> yield m <sup>3</sup> /MgVS
Fruit and vegetable waste	335-430
Organic fraction of Municipal solid waste	210-370

1 Mg → 1,4 Mg



## Il caso di studio: Aspetti energetici, consumo/recupero materia

Mass and energy input/output		Base	Modified
<b>ENERGY, FUEL</b>	FUEL CONSUMPTION (Mg)	180	124.5
	ENERGY CONSUMPTION (kWh)	1.171.008	1.543.704
	NET ENERGY RECOVERY (kWh)	7.737.777+193.500	5.186.586+427.420
<b>MINERAL FERTILIZER</b>	UREA (Mg)	93	-
	DIAMMONIUM PHOSPHATE (Mg)	62	-
<b>REPLACED FERTILIZER</b>	N (Mg)	204	-
	K <sub>2</sub> O (Mg)	132	-
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Mg)	99,8	-
	Corg (Mg)	3.048	-
<b>CHEMICALS</b>	POLYELECTROLITE (Mg)	-	7
<b>DISPOSAL</b>	WWTP (Mg)	-	19,390
	LANDFILL (Mg)	4,500	9.940



## Il caso di studio: Aspetti economici

CAPEX	€
<i>Bio-waste pre-treatment</i>	
Bags opener	1,875,000
Extrusion	
Ancillary components	
Electrical equipments	
<i>Existing AD facility improvement</i>	
New feeder	1,110,000
Mixing system	
Plastics removal	
Loading pump	
Piping	
Electric and electronic upgrading	
Liquid/solid separation	
<b>Total</b>	<b>2,985,000</b>
<b>OPeX</b>	<b>€/year</b>
O&M bio-waste pre-treatment	105,000
O&M AD facility, co-generator and liquid/solid separator	215,000
Chemicals	35,500
WWTP	425,000
Disposal	300,000
Transports	850,000
<b>Total</b>	<b>1,930,500</b>
<b>Revenews for electricity</b>	
Electrical energy sold (no incentive, 5-7 €/kWh)	321,304-449,826
Electrical energy sold (current incentive, 0.28 €/kWh)	1,799,305.2



## **Il caso di studio: Aspetti ambientali**

### **LCA: Struttura metodologica**

- **Obiettivo: Impatto sostituzione CE con FO per DA – Supporto procedimento autorizzativo**
- **Ambito:**
  - **Unità Funzionale: produzione di energia elettrica (kWh) netta nei due scenari**
  - **Flusso di riferimento: 1 kWh**
  - **Sistema in espansione, LCI consequenziale, energia marginale GN IT**
  - **Origine dei dati: Misure dirette, laboratorio, database Ecoinvent 3.0, ELCD, Agryblise...**
  - **Metodo di valutazione dell'impatto: ILCD 2011+ Midpoint**



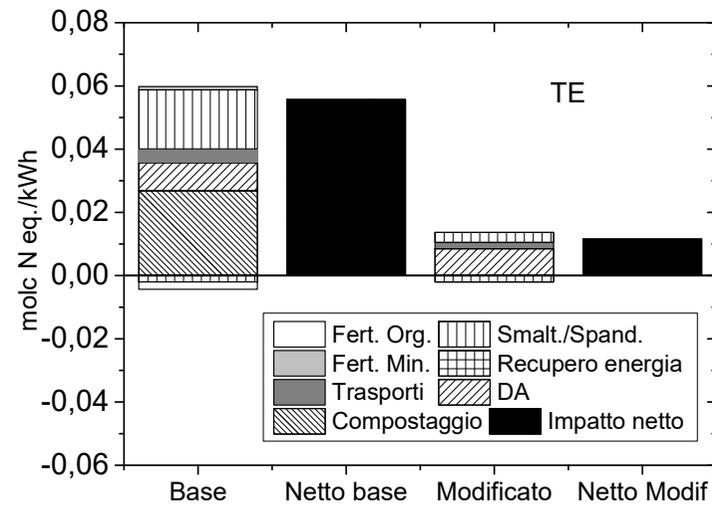
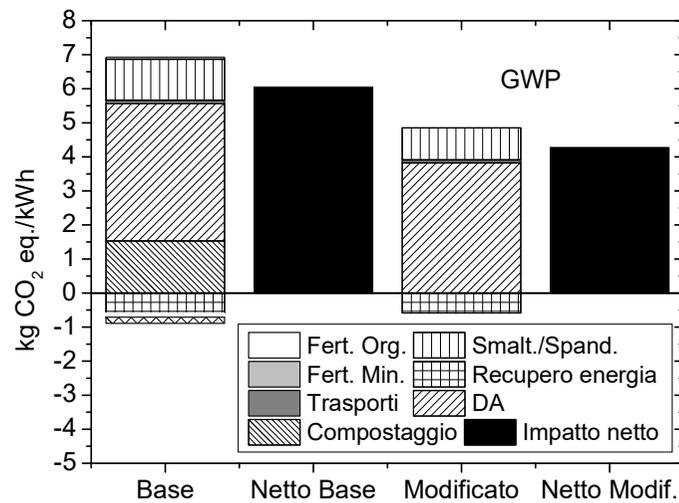
## Il caso di studio: Aspetti ambientali

### Categorie d'impatto

Categorie	Unità di misura
<b>GWP</b>	kgCO <sub>2</sub> eq.
<b>ODP</b>	kgCFC-11 eq.
<b>PM</b>	kgPM2.5 eq.
<b>POF</b>	kgNMVOC eq.
<b>A</b>	molc H <sup>+</sup> eq.
<b>ET</b>	molc N eq.
<b>FWE</b>	kg P eq.
<b>RD</b>	kg Sb eq.
<b>FWec</b>	CTUeq.

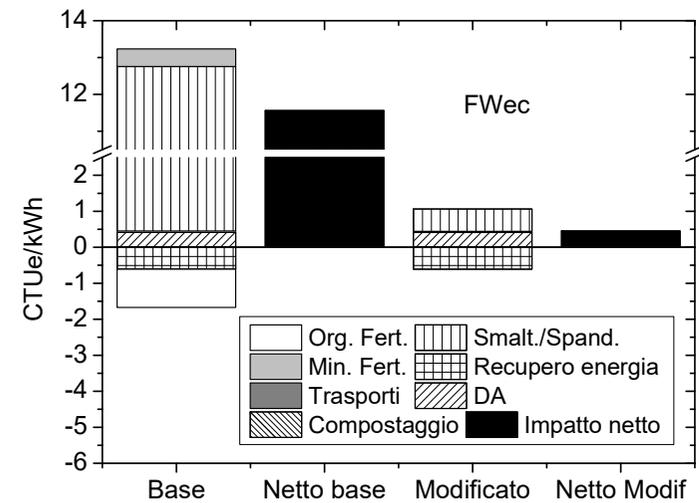
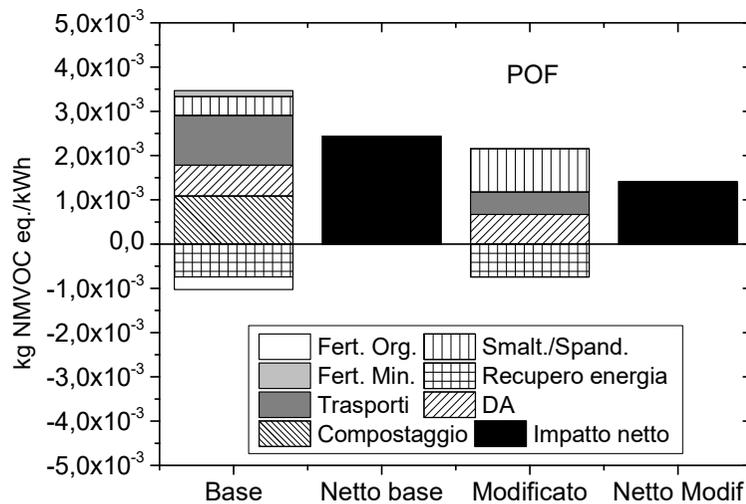


## Il caso di studio: Aspetti ambientali – principali risultati





## Il caso di studio: Aspetti ambientali – principali risultati





## CONCLUSIONI

### Vantaggi

- **Ridotti investimenti per inserire AD nel trattamento FO**
- **Sostenibilità economica impianti AD alimentati a EC**
- **Riduzione degli impatti per kWh generato**

### Svantaggi

- **Minore recupero energetico**
- **Incremento smaltimenti**
- **Costi di gestione (trasporti e smaltimento)**



**GRAZIE PER L’ATTENZIONE!**

*Francesco Di Maria*

***LAR<sup>5</sup> Laboratory - Dipartimento di Ingegneria  
University of Perugia  
Via G. Duranti 93, 06125, Perugia, Italy  
Email: [francesco.dimaria@unipg.it](mailto:francesco.dimaria@unipg.it)***