



# **Analisi ambientale ed economica dell'inceneritore di Bergamo con la metodologia LCA**

**Simone Scarpellini**

In collaborazione:

**Prof. Alessandro Vaglio**

**Dipartimento di Scienze Aziendali, Economiche e Metodi Quantitativi**

**Università degli Studi di Bergamo**



## **OBIETTIVO DELLO STUDIO**

Valutazione dell'impatto ambientale ed economico, mediante metodologia LCA, dell'incenerimento degli RSU.

## **UNITA' FUNZIONALE DEL PROCESSO PRINCIPALE**

L'Unità funzionale è la quantità di Combustibile Derivato dai Rifiuti trattato in 1 anno dall'inceneritore di BG. Il CDR trattato è il prodotto di un processo multioutput del quale le energie elettrica e termica prodotte sono i coprodotti.

## **CONFINI DEL SISTEMA**

I confini del sistema vanno dalla raccolta dei rifiuti allo smaltimento dei residui prodotti dalla combustione.



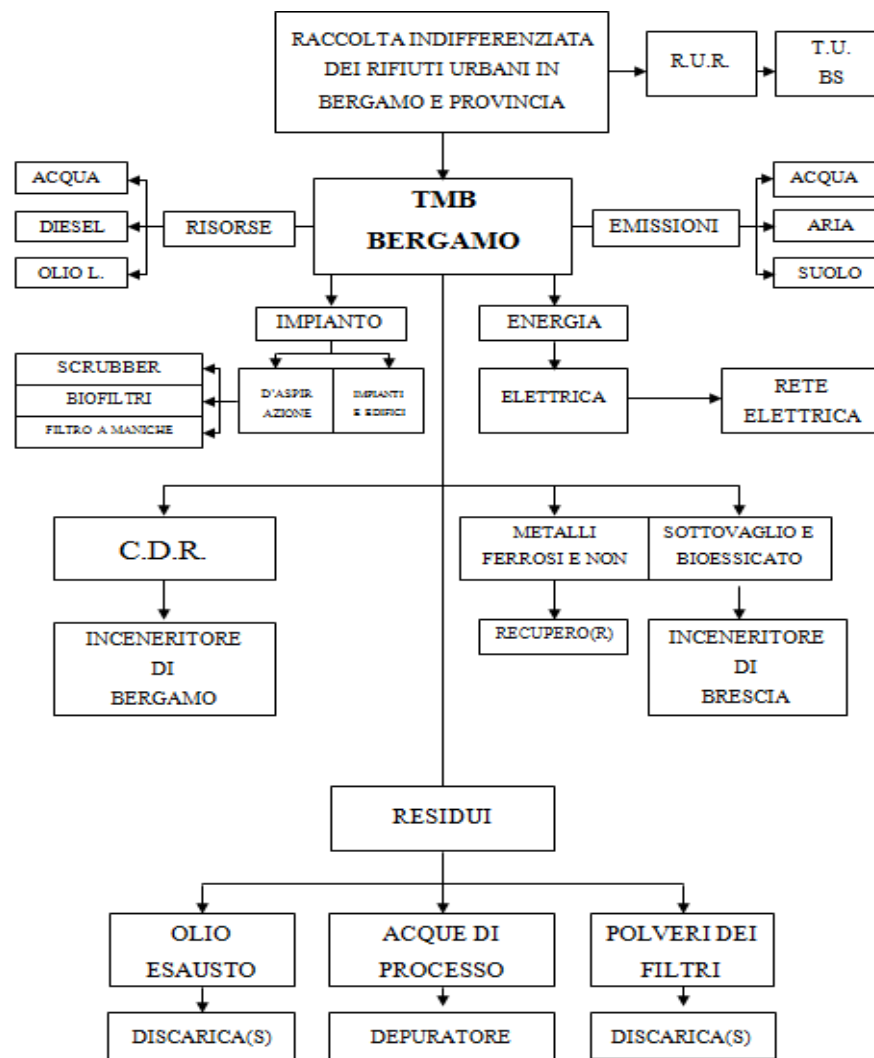
Per lo studio viene utilizzato il codice SimaPro7.3.3. I dati utilizzati per la definizione delle Unità Funzionali e dei sottoprocessi sono primari. Molti dati relativi alla costruzione dei sottoprocessi provengono da stime o da dati di letteratura.

## QUALITA' DEI DATI

Per molti processi, come quelli riguardanti le energie e i trasporti, sono stati usati processi di banca dati, quando presenti, anche se questi non rappresentavano i processi reali.

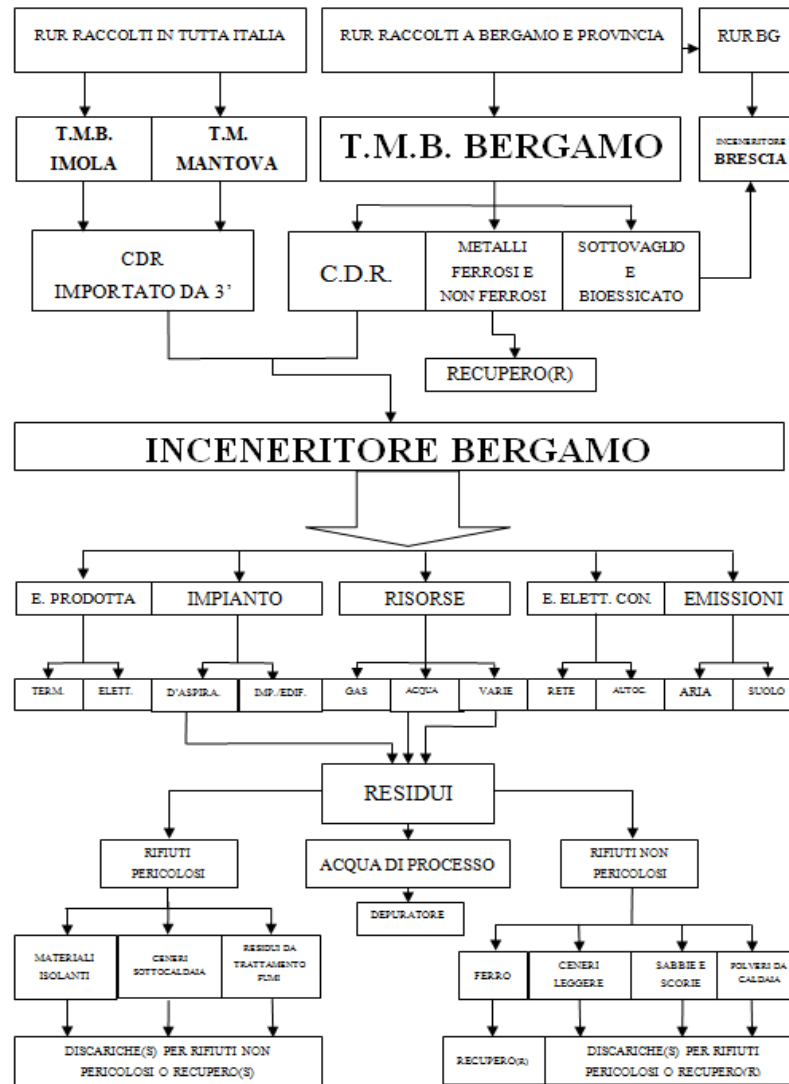


# Flow chart Trattamento Meccanico-Biologico





# Flow chart Termovalorizzatore





# Life Cycle Inventory Termovalorizzatore



Category	Components	Quantity	unit
Energia utilizzata	Elettricità da rete	2293	MWh
	Autoconsumi di E.E.	6000	MWh
Materiali	Acqua	5274	m <sup>3</sup>
	Gas naturale	4,4485E7	MJ
	Acido cloridrico	10	t
	Idrossido di sodio(Soda)	11	t
	Dolomite	776	t
	Bicarbonato di sodio	926	t
	Ammoniaca	138	t
	Sabbia	320	t
	Olio lubrificante	2	t
	Gas refrigerante R134a	0,006	t
	Carbone attivo	39	t
	Antiossidanti	5	t
	Combustibili	Combustibile derivato dai rifiuti di Bergamo	13841,07
Combustibile derivato dai rifiuti di Imola		22773	t
Combustibile derivato dai rifiuti di Mantova		22773	t
Emissioni in aria	Particulates < 2.5 µm	9,3416E7	mg
	Particulates > 10 µm	2,2276E8	mg
	Particulates > 2.5 µm and < 10 µm	4,3115E7	mg
	Idrocarburi policiclici aromatici	1,2575E10	ng
	Cadmium	5,95882E5	mg
	Mercury	9,5811E6	mg
	NOx	3,2336E10	mg
	PCB	2,036E9	ng
	Diossine	1,1976E6	ng
	Antimony	5,9882E5	mg
	Arsenic	5,9882E5	mg
	Lead	5,9882E5	mg
	Chromium	5,9882E5	mg
	Cobalt	5,9882E5	mg
	Copper	5,9882E5	mg
	Magnesium	5,9882E5	mg
	Nickel	5,9882E5	mg
	Vanadium	5,9882E5	mg
	Zinc	5,3894E6	mg



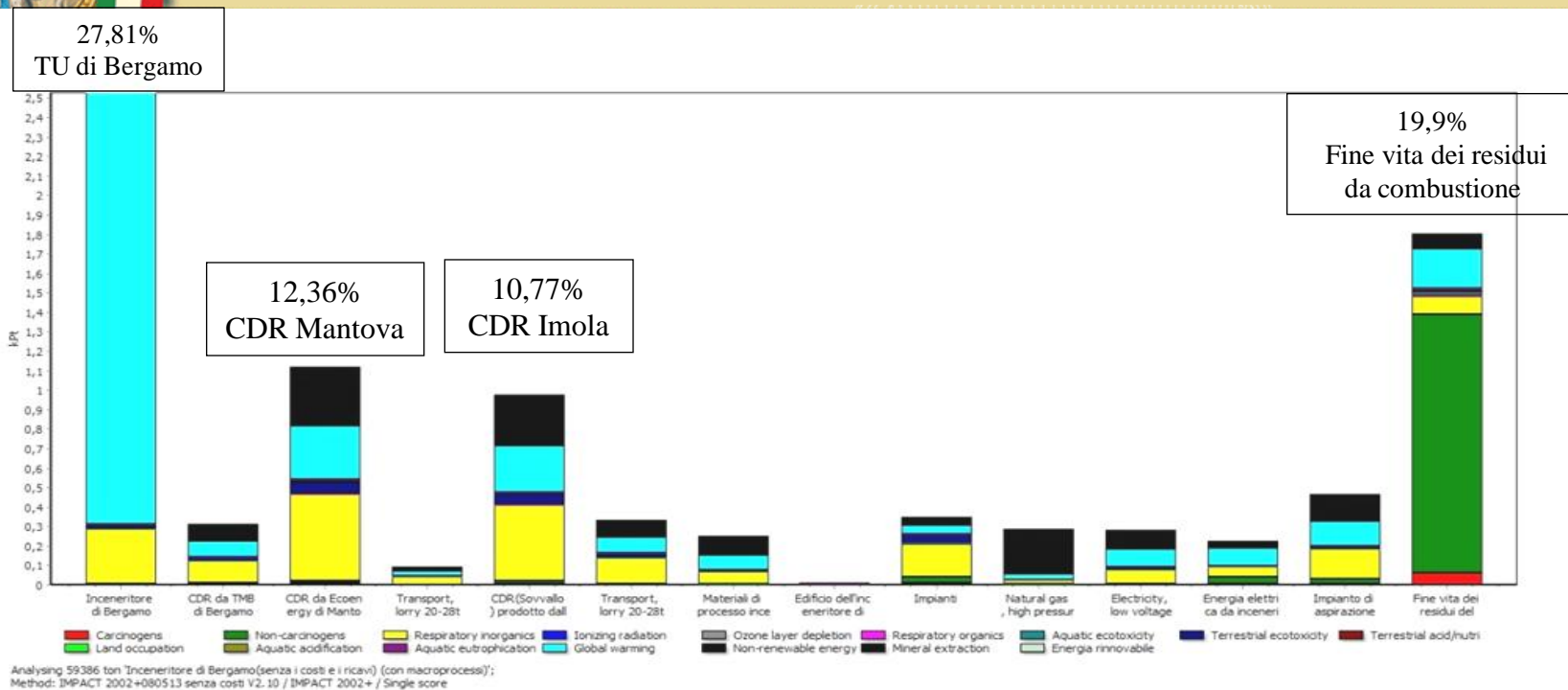
# Life Cycle Inventory Termovalorizzatore



Category	Components	Quantity	unit
	Carbon monoxide biogenic	1,8108E9	mg
	Carbon monoxide fossil	1,833E9	mg
	NMVOG	1,1976E8	mg
	Hydrogen fluoride(HF)	3,5929E7	mg
	Sulfur dioxide(SO2)	5,9882E6	mg
	Hydrogen chloride(HCL)	2,1557E9	mg
	CO <sub>2</sub> fossil	3,3354E7	kg
	CO <sub>2</sub> biogenic	7,2049E7	kg
	Hydrocarbons unspecified	0,02	t
Emissioni nel suolo	Oils, unspecified	0,58	t
Energia generata	Energia elettrica	76000	MWh
	Energia termica	5700	MWh
Residui	Sabbie e scorie	1969,41	t
	Polveri di caldaia	513	t
	Ceneri leggere	31	t
	Residui pericolosi da trattamento fumi	4497	t
	Ceneri di caldaia con sostanze pericolose	2387,22	t
	Assorbenti, materiali filtranti contaminanti	4,11	t
	Materiali isolanti	1,37	t
	Materiale ferroso	195	t
Acqua di processo	5279	m3	



# Valutazione danno ambientale con IMPACT 2002+



Damage category	% di danno	Processo più impattante	% di impatto	Impact category
Climate change	39,58%	TU di Bergamo	61,66%	Global warming
Resources	16,85%	CDR di Mantova	19,88%	Non-renewable energy
Human Health	39,68%	Fine vita residui da combustione	41,14%	Respiratory inorganics
Ecosystem Quality	3,9%	CDR di Mantova	21,08%	Terrestrial ecotoxicity





# Analisi economica-finanziaria

Ricavo smaltimento rifiuti	4.448.340,00
Ricavi diversi	10.383,00
<b>Ricavi di gestione linea CDR</b>	<b>4.458.723,00</b>
Costo smaltimento e trasporto rifiuti	2.184.910,00
Costo energia elettrica	394.354,00
Costo del personale	970.687,00
Costi materiali di consumo, materie prime e additivi	168.207,00
Costo prestazioni e servizi di terzi	201.712,00
Oneri esterni	2,00
Costi non ricorrenti	380,00
Oneri finanziari	46.971,73
Quota ammortamento immobilizzazioni e impianti	628.628,12
<b>Costi di gestione linea CDR</b>	<b>4.595.851,85</b>
<b>Risultato di gestione linea CDR</b>	<b>-137.128,85</b>

Ricavo smaltimento rifiuti	2.729.480,00
Ricavi da energia elettrica	16.739.919,00
Ricavi vendita energia termica	269.825,00
Ricavi diversi	39.829,00
<b>Ricavi di gestione TU</b>	<b>19.779.053,00</b>
Costo smaltimento e trasporto rifiuti	1.376.363,00
Costo energia elettrica	1.411.876,00
Costo del metano	499.259,00
Costo del personale	1.479.156,00
Costi materiali di consumo, materie prime e additivi	986.001,00
Costo prestazioni e servizi di terzi	1.280.547,00
Oneri esterni	74.348,00
Costi non ricorrenti	21.806,00
Oneri finanziari	516.967,25
Quota ammortamento immobilizzazioni e impianti	2.891.342,94
<b>Costi di gestione TU</b>	<b>10.537.666,19</b>
<b>Risultato gestione TU</b>	<b>9.241.386,81</b>



# Risultato economico di gestione



CDR		TU	
Costi di gestione	-4.595.851,85	Costi di gestione	-10.537.666,19
Ricavi di gestione	4.458.723,00	Ricavi di gestione	19.779.053,00
Risultato di gestione linea CDR	-137.128,85	Risultato di gestione TU	9.241.386,81

Reddito ante-imposte	9.104.257,96
IRES	-2.503.670,94
Reddito netto	6.600.587,02



# Costi esterni

	Human health[€]	Ecosystem quality[€]	Climate change[€]	Resources[€]	Totale[€]
<b>Inceneritore</b>	797.021,83	22.272,942	278.210,66	4.841.175,3	5.938.680,732
<b>Energia elettrica</b>	384.609,57	10.747,995	134.252,89	2.336.149,8	2865760,255
<b>Energia termica</b>	28.845,718	806,09965	10.068,967	175.211,23	214,932,0147
<b>Totale[€]</b>	1.210.477,118	33.827,036	422.532,517	7.352.536,33	9,019,373,002

La somma dei costi di gestione vale € 15.133.518,04. Dal confronto con il costo esterno totale (€ 9.019.373,002) si nota che il costo interno è 1,68 volte quello esterno.

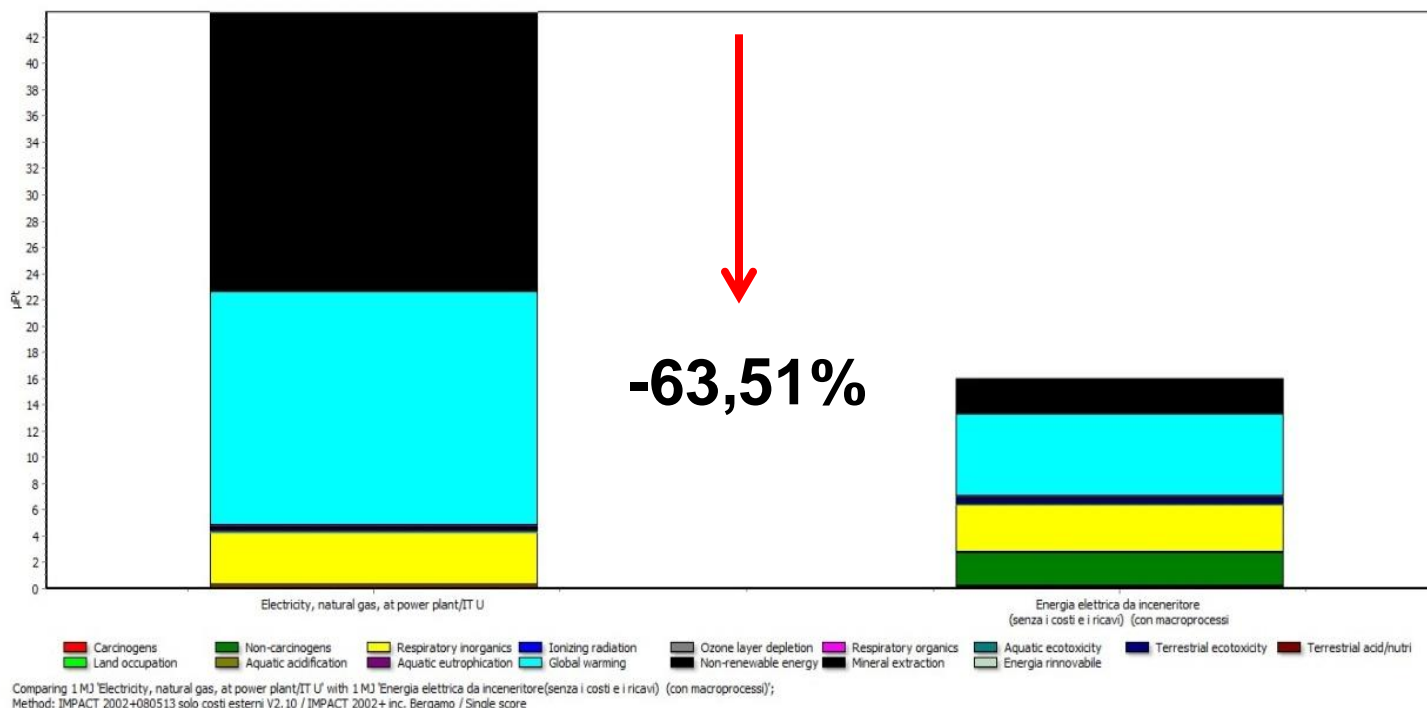
	Human health [€]	Ecosystem quality[€]	Climate change[€]	Resources[€]	Totale[€]
<b>Inceneritore</b>	1.210.480,6	33.826,57	422.532	7.352.450	9.019.289,17
<b>Tot. danno inceneritore</b>	3,719E5	-16.094	41.028	-9,1680E6	-8.763.266
<b>Danno evitato elettricità</b>	-8,3379E5	-49.745	-371.160	-1,5988E7	-17.242.695
<b>Danno evitato energia termica</b>	-4.790,6	-175,57	-10.344	-524.553	-539.860,17

Dall'analisi dei costi esterni ottenuti con il modello dell'inceneritore con energie evitate risulta che esso evita un danno pari a € 8.763.266. Questo beneficio, che costituisce un vantaggio ambientale, è l'alter ego ambientale del ricavo economico procurato dalla vendita delle due energie.



# Analisi di sensibilità 1

Sono stati messi a confronto un impianto per la produzione di energia elettrica da gas naturale (Electricity, natural gas, at power plant/IT) e l'energia elettrica prodotta dall'inceneritore di BG (Energia elettrica da inceneritore).

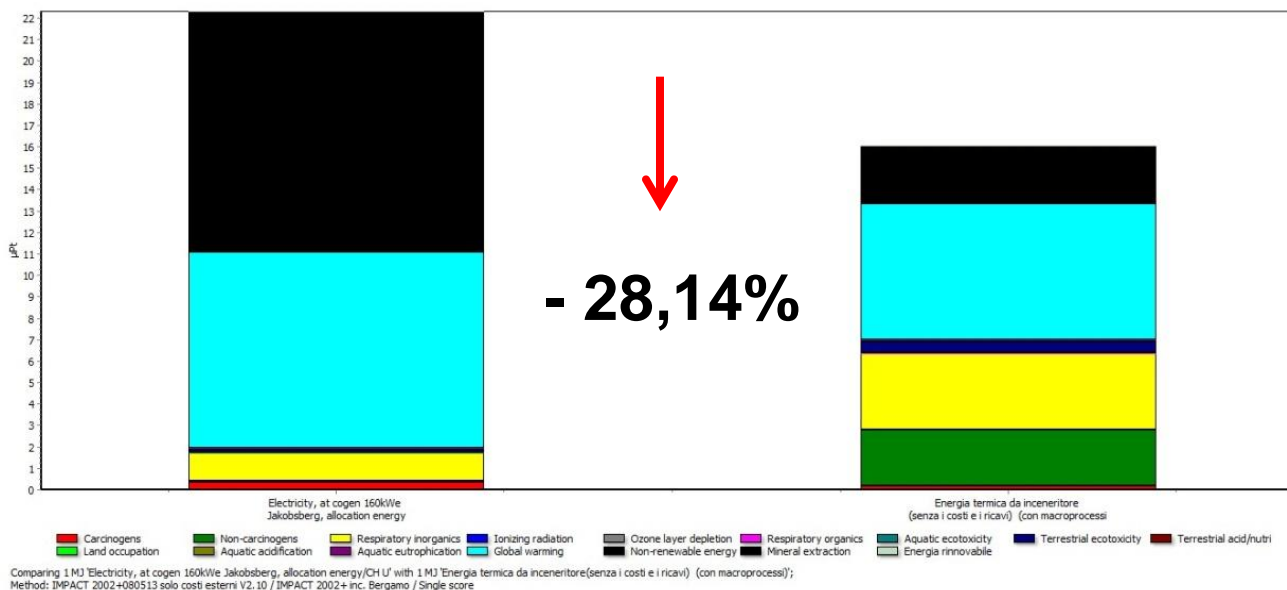


**Dal confronto risulta che il danno dovuto all'energia elettrica da inceneritore è inferiore del 63,51% rispetto a quello prodotto dall'impianto a gas naturale.**



# Analisi di sensibilità 2

Sono stati messi a confronto un impianto per la produzione di energia termica da gas naturale (Heat, at cogen 160kWe Jakobsberg, allocation energy/CH) e l'energia termica prodotta dall'inceneritore di BG (Energia termica da inceneritore).



**Dal confronto risulta che il danno dovuto all'energia termica da inceneritore è inferiore del 28,14% a quello prodotto da un impianto di cogenerazione a gas naturale.**



# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

**Dott. Simone Scarpellini**