



*Impianto di termovalorizzazione rifiuti
non pericolosi - Forlì*

Valutazione di Impatto Ambientale

D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
Progetto di massimizzazione del recupero di
energia da rifiuti

ELABORATO 5.5
Bilancio delle emissioni dei gas serra
(GHG)

Approvato	K. Gamberini S. Tondini		
Controllato	D. Mascheroni F. Zanni		
Redatto	A. Santinelli D. Mascheroni		
Rev.	00	Data	23/03/2026
Cod. Doc.	TV 01 FC VA 01 SI IM 05.05	Pagine	1 di 8

SOMMARIO

A	INTRODUZIONE	3
A.1	SCOPO	3
A.2	PREMESSA.....	3
B	METODOLOGIA ADOTTATA.....	5
B.1	EMISSIONI DIRETTE	5
B.2	EMISSIONI EVITATE	6
B.3	BILANCIO EMISSIONI	7

TV 01 FC VA 01 SI IM 05.05	Bilancio delle emissioni dei gas serra	00	23/03/26	2 di 8
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

A INTRODUZIONE

A.1 SCOPO

Scopo del presente documento è l'illustrazione della stima del Bilancio delle Emissioni di Gas Serra (GHG) per l'impianto di termovalorizzazione di rifiuti WTE Forlì (FC) relativamente allo stato attualmente autorizzato e allo stato di progetto che prevede l'attuazione del progetto denominato "Progetto di massimizzazione del recupero di energia da rifiuti", oggetto della presente procedura di PAUR, Provvedimento Autorizzativo Unico Regionale, ai sensi dell'art. 27-bis del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

A.2 PREMESSA

Il bilancio dei gas serra, sulla base dei dati di progetto, dei dati a consuntivo per l'anno di riferimento e dei dati di letteratura, tiene conto di diverse voci che contribuiscono a costituire i due componenti principali che rientrano nel calcolo del bilancio.

Le emissioni nette (ovvero il bilancio delle emissioni dei gas serra) associabili alla combustione di rifiuti è determinata dalla differenza fra emissioni dirette ed emissioni evitate.

Le due voci sono così definite:

1. **emissioni dirette:** sono le emissioni GHG derivanti direttamente dal processo di combustione (ovvero le emissioni al camino, derivanti dal processo di combustione rifiuti, dall'utilizzo di combustibili ausiliari e del bicarbonato di sodio impiegato come reagente per l'abbattimento delle emissioni di gas acidi);
2. **emissioni evitate:** sono le emissioni associate alla produzione di energia elettrica e termica dell'impianto e allo smaltimento (alternativo alla termovalorizzazione) dei rifiuti in discarica. Derivano quindi dall'evitato utilizzo di combustibili fossili per la produzione della equivalente quantità di energia elettrica e termica da parte di sistemi di generazione tradizionali.

Gli scenari che saranno valutati nel presente documento sono:

TV 01 FC VA 01 SI IM 05.05	Bilancio delle emissioni dei gas serra	00	23/03/26	3 di 8
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

A. **SCENARIO AUTORIZZATO:** tale scenario prevede il trattamento di 120.000 t/a di rifiuti; dal punto di vista energetico sarà caratterizzato da:

a. una produzione di energia termica pari a 33.500 MWh/a. La produzione di energia termica dipende dalla domanda del TLR che tiene già conto del contributo che sarà richiesto al termovalorizzatore quando sarà avviato l'ampliamento della rete del teleriscaldamento dal Sistema Fiera (Zona industriale di Coriano) ai sistemi Foro Boario e Centro Campus ubicati nel centro del Comune di Forlì (ampliamento già autorizzato e in fase di realizzazione);

b. una produzione di energia elettrica netta pari a 51.842 MWh/a elettrici.

B. **SCENARIO DI PROGETTO:** tale scenario prevede l'esercizio al carico termico nominale e quindi il conseguente trattamento di 150.000 t/a di rifiuti (indicativamente +30.000 t/a), l'installazione di uno scambiatore di calore per il recupero dell'energia dai fumi e l'allaccio alla rete di teleriscaldamento del Museo San Domenico e della Biblioteca Ruffilli "ex asilo Santarelli" ubicati nel centro del Comune di Forlì che saranno quindi alimentati dal calore generato dal termovalorizzatore. Dal punto di vista energetico sarà caratterizzato da:

a. una produzione di energia termica pari a 35.054 MWh/a (ai 33.500 MWh/a previsti per lo SCENARIO AUTORIZZATO è aggiunta la domanda termica di 1.554 MWh/a per alimentare Museo San Domenico e della biblioteca ex Santarelli);

b. una produzione di energia elettrica netta pari a 69.250 MWh/a elettrici. Rispetto allo SCENARIO AUTORIZZATO si aggiungono:

- la maggiore quantità di energia elettrica prodotta per dall'esercizio dell'impianto a saturazione della capacità termica nominale;
- l'energia recuperata dallo scambiatore di calore.

TV 01 FC VA 01 SI IM 05.05	Bilancio delle emissioni dei gas serra	00	23/03/26	4 di 8
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

B METODOLOGIA ADOTTATA

B.1 EMISSIONI DIRETTE

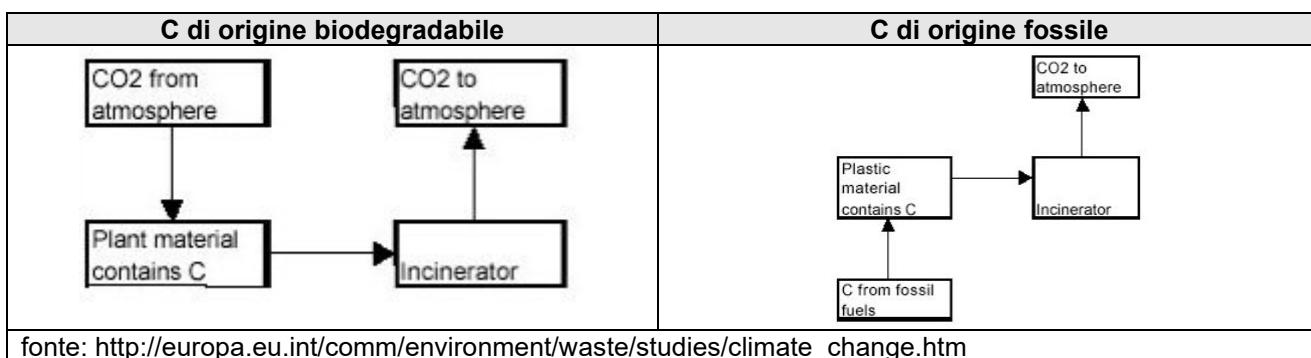
La combustione dei rifiuti comporta la completa trasformazione del carbonio in essi contenuto, sia quello di origine biologica (presente nel legno, carta, cartone, tessile, organico, ecc.) che quello di origine fossile (presente nella plastica, gomma e resine sintetiche, ecc.).

In particolare, il carbonio contenuto nelle frazioni di origine biologica è stato inizialmente rimosso dall'atmosfera tramite fotosintesi clorofilliana da parte delle piante e, in condizioni naturali, tornerebbe all'atmosfera sotto forma di CO₂ derivante da processi di degradazione. La combustione, in pratica, non fa altro che accelerare un processo che avverrebbe, comunque, in modo spontaneo.

Pertanto, convenzionalmente si assume che l'anidride carbonica derivante dalla combustione del carbonio organico non contribuisca all'effetto serra e non viene considerata nel calcolo delle emissioni climalteranti di CO₂.

Ai fini della stima delle emissioni di CO₂ che derivano direttamente dalla combustione, si terrà conto unicamente della frazione di carbonio che proviene da fonti fossili.

Tabella 1- Il ciclo del C di origine fossile e di origine biologica negli impianti di termovalorizzazione dei rifiuti.



La determinazione delle emissioni annue di CO₂ fossile al camino dell'impianto viene effettuata in adempimento a quanto prescritto dal D. Lgs. n. 47/2020 e s.m.i. (recepimento della Direttiva ETS), che ne ha prescritto il monitoraggio a decorrere dal 01/01/2024.

Il metodo adottato è quello costituito dalla "Metodologia fondata su misure" prevista dal "Regolamento di esecuzione (UE) 2018/2066 della Commissione del 19 dicembre 2018

TV 01 FC VA 01 SI IM 05.05	Bilancio delle emissioni dei gas serra	00	23/03/26	5 di 8
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

concernente il monitoraggio e la comunicazione delle emissioni di gas a effetto serra ai sensi della direttiva 2003/87/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, che modifica il regolamento (UE) 601/2012 della Commissione” (c.d. Regolamento MRR).

Il metodo prevede l'utilizzo dello SME per determinare il flusso di CO₂ totale (fossile + biogenica) presente nei fumi di combustione, e l'esecuzione di campionamenti periodici per la determinazione della percentuale di CO₂ biogenica presente in tale flusso. Tale determinazione è effettuata secondo la norma EN 13833 da laboratori analitici accreditati attraverso la misura del radiocarbonio ¹⁴C presente nel campione.

Le misure effettuate nell'anno 2024 hanno permesso di determinare un fattore di emissione medio di CO₂ fossile pari a 0,494 ton(CO₂)/ton(rifiuto), che viene applicato ai due scenari a confronto.

B.2 EMISSIONI EVITATE

Anche la stima delle emissioni evitate fa uso di fattori di emissione specifici:

- A. emissioni evitate da produzione di elettrica: il calcolo è effettuato sulla base del fattore di emissione 0,2566 t(CO₂)/MWh riferito alla produzione elettrica nazionale (fonte ISPRA¹). E' stato inoltre considerato anche il contributo delle emissioni evitate di N₂O attraverso il fattore di emissione 0,000093 t(N₂O)/MWh e il fattore GWP (Global Warming Potential) 295 t(CO₂)/t(N₂O)².
- B. emissioni evitate da produzione di energia termica ceduta alla rete di teleriscaldamento cittadina: il fattore di emissione adottato pari a 0,234 t(CO₂)/MWh è stato ottenuto nell'ipotesi che il parco caldaie sostituito dalla rete di TLR sia alimentato per il 90% a metano e per il restante 10% a gasolio, ed ipotizzando per tali caldaie un rendimento del 90% (rendimento minimo di una caldaia standard da 30 kW previsto dalla normativa di riferimento). Per i fattori di emissione si fa riferimento a quelli forniti dal Ministero dell'Ambiente³.

¹ Rapporto ISPRA – “Efficiency and decarbonization indicators in Italy and in the biggest European Countries - Edition 2024”

² P. De Stefanis - Metodologia di stima delle emissioni di gas serra dalla combustione di rifiuti – ENEA C.R. Casaccia Roma - 2012

³ Tabella dei parametri standard nazionali, aggiornamento del 13 gennaio 2025

TV 01 FC VA 01 SI IM 05.05	Bilancio delle emissioni dei gas serra	00	23/03/26	6 di 8
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

La stima delle emissioni evitate dall'abbancamento degli stessi quantitativi di rifiuti in discarica è stata invece effettuata sulla base dei dati riportati nella metodologia ENEA (De Stefanis, 2012⁴) ed in particolare:

- C. fattore di produzione biogas pari a 92 Nm³ per tonnellata di rifiuto abbancato (che porta ad un fattore di emissione pari a 0,348 tCO₂eq/t rifiuto, ottenuto ipotizzando una composizione del biogas costituita da 50% di CO₂ e 50% di CH₄, con un'efficienza del sistema di captazione pari al 60%. Il GWP (Global Warming Potential) del CH₄, utilizzato è pari a 28;
- D. fattore di emissione per la stima delle emissioni evitate in discarica dalla produzione di energia elettrica dal recupero del biogas: 0,021 t(CO₂)/t(rifiuto). Tale parametro, riportato nella metodologia ENEA (e riferito all'anno 2001 dove il fattore di emissione ENEL era pari a 0,7 tCO₂ evitate per MWh di energia elettrica prodotta) pari a 0,056 tCO₂eq/t rifiuto, è stato aggiornato sulla base dei fattori di emissione del Rapporto ISPRA 2024⁵.

B.3 BILANCIO EMISSIONI

La tabella seguente riporta il bilancio delle emissioni di CO₂ nei due scenari considerati.

Per completezza sono state considerate anche le emissioni indirette da traffico indotto di cui al paragrafo B.1.2 dell'Elaborato 5 (Valutazione degli impatti) del Volume 1 (SIA).

⁴ P. De Stefanis - Metodologia di stima delle emissioni di gas serra dalla combustione di rifiuti – ENEA C.R. Casaccia Roma - 2012

⁵ Rapporto ISPRA – “Efficiency and decarbonization indicators in Italy and in the biggest European Countries - Edition 2024”

TV 01 FC VA 01 SI IM 05.05	Bilancio delle emissioni dei gas serra	00	23/03/26	7 di 8
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Tabella 2- Bilancio CO2 SCENARIO AUTORIZZATO e SCENARIO DI PROGETTO.

N	Descrizione	u.m.	SCENARIO AUTORIZZATO (120.000 t/a)	SCENARIO DI PROGETTO (150.000 t/a)
A	EMISSIONI DIRETTE	t CO ₂	59.287	74.109
B	EMISSIONI INDIRETTE DA TRAFFICO INDOTTO	t CO ₂	451	104
C	EMISSIONI EVITATE DA GENERAZIONE DI ENERGIA TERMICA	t CO ₂	7.840	8.203
D	EMISSIONI EVITATE DA GENERAZIONE DI ENERGIA ELETTRICA	t CO ₂	14.580	19.476
E	EMISSIONI EVITATE IN DISCARICA	t CO ₂	41.779	52.224
A+B-C-D-E	BILANCIO NETTO	t CO ₂	-4.461	-5.691

Dal bilancio emerge un risparmio delle emissioni nello scenario di progetto pari a **1.230 t(CO₂)**.

TV 01 FC VA 01 SI IM 05.05	Bilancio delle emissioni dei gas serra	00	23/03/26	8 di 8
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	