

**Comune di CARPI**  
**Provincia di MODENA**  
**Regione EMILIA ROMAGNA**

**IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO**  
**RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI NON PERICOLOSI**  
**via Valle n° 21 Fossoli di Carpi (MO)**

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE**  
**ANAEROBICA DEL RIFIUTO ORGANICO**  
**DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATO**  
**ALLA PRODUZIONE DI BIOMETANO**

COMMITTENTE:



Via Maestri del Lavoro n. 38 - 41037 - Mirandola (MO)  
web: [www.aimag.it](http://www.aimag.it) - e-mail: [info@aimag.it](mailto:info@aimag.it)

Il Responsabile  
Area Impianti Ambiente

(ing. Paolo Monoscalco)

TITOLARE INCARICO:



e3 Studio associato di consulenza

via G. Rossetti, 40 25128 - Brescia - email: [info@ecubo.it](mailto:info@ecubo.it)

Il Progettista  
  
(ing. Rizzipelli Davide)

**Studio d'Impatto Ambientale - S.I.A.-**

Data	Giugno 2021
Scala	---
Disegnatore:	---
REVISIONE	DATA
00	Emissione
Cartigli relazioni.dwg	

**STUDIO BILANCIO EMISSIONI**  
**CO<sub>2</sub>, NOX E PM<sub>10</sub>**

TAVOLA **SIA\_010**



**Oggetto: Studio sul bilancio delle emissioni di GHG del ciclo di vita e sulle emissioni dirette di CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e PM<sub>10</sub> del progetto di produzione di biometano da FORSU presso il sito di Fossoli di Carpi.**

## 1) Premessa ed aspetti metodologici

Il presente report costituisce la sintesi delle analisi effettuate nell'ambito della consulenza richiesta da AIMAG per l'iter di autorizzazione ( Conferenza di Servizi) dell'impianto di produzione di biometano da FORSU (modifica ed ampliamento sito esistente ed autorizzato) di Fossoli di Carpi.

Nello specifico lo studio è relativo a due ambiti:

- il bilancio delle emissioni gas serra (GHG *green house gases* espressi come CO<sub>2</sub>eq) generate dal processo di produzione del biometano con approccio del ciclo di vita;
- il calcolo delle emissioni dirette di CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e PM<sub>10</sub> derivante dalle attività di cantiere per la realizzazione del sito, dai trasporti indotti dal progetto (intesi come valori incrementali rispetto a quanto già autorizzato) e dall'autoproduzione di energia in cogenerazione (mediante un motore endotermico a gas naturale).

Per far fronte ai due ambiti oggetto di studio si sono adottati approcci differenziati, di seguito descritti e contestualizzati.

In sintesi la differenza sostanziale è legata al fatto che l'approccio locale non considera:

- le emissioni indirette legate al ciclo di vita (estrazione, produzione, trasporto, trasformazione etc) dei combustibili, energia e materie prime ed ausiliarie consumate per il processo di produzione di biometano;
- il contributo degli altri gas serra diversi dalla CO<sub>2</sub> ma con rilevante contributo ai cambiamenti climatici (in particolare CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O);
- le emissioni evitate al di fuori dei confini del sito per effetto dell'immissione al consumo di un biocarburante (biometano) in sostituzione a prodotti energetici di origine fossile (la CO<sub>2</sub> liquefatta refrigerata è stata considerata in quanto azione di mitigazione prescrittiva).

L'obiettivo del presente studio è pertanto quello di evidenziare i diversi risultati in termini di impatti ambientali derivanti dai due approcci di valutazione e di contestualizzare le strategie di mitigazione e riduzione degli impatti potenzialmente percorribili.

## 2) Bilancio delle emissioni GHG con approccio del ciclo di vita

La metodologia adottata è mutuata dalla disciplina Europea in materia di biocarburanti che fa riferimento alle seguenti direttive europee ad agli schemi di certificazione della sostenibilità e tracciabilità collegati:

- Direttiva (UE) 2018/2001 del 11/12/19 (RED II) sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili (rifusione ed abrogazione della direttiva 2009/28/CE cd RED);
- Direttiva (UE) 2009/28 del 23/04/2009 (RED I) sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.

Il tool di calcolo di riferimento è costituito da *Biograce - Harmonized Calculation of GreenHouse Gases Emissions in Europe*. (<https://www.biograce.net/home>).

I requisiti di sostenibilità e tracciabilità e le relative metodologie di verifica e calcolo costituiscono un prerequisito mandatorio per l'incentivazione delle bioenergie ed il conteggio ai fini degli obiettivi strategici Europei e Nazionali.

### 2.1 Metodologia di calcolo

#### Confini del sistema

I confini del sistema oggetto di studio comprendono:



- Upstream: logistica in ingresso della FORSU e del verde
- Core: processi di:
  - o Pretrattamento;
  - o Digestione anaerobica per produzione di biogas;
  - o Upgrading del biogas in biometano;
  - o Liquefazione della CO<sub>2</sub>;
- Downstream: logistica in uscita di compost e soppelli e CO<sub>2</sub> liquefatta, trasporto in rete del biometano (compressione).

I prodotti principali del processo considerati sono:

- Biometano compresso;
- Anidride Carbonica liquefatta refrigerata.

Il digestato separato solido è stato considerato come un sottoprodotto destinato al processo di compostaggio; il compost in uscita a fronte del suo basso valore commerciale non è stato considerato come prodotto evitato nel bilancio globale.

#### **Criterio di cut-off**

E' stato utilizzato un cut-off su base massa pari al 5%, secondo il quale i flussi di materiali che nell'insieme rappresentano meno del 5% del flusso di materia o energia complessivo in ingresso, possono essere trascurati.

Sono stati inseriti in cut off:

- mobilità dei dipendenti
- consumi di materie prime ausiliarie per manutenzioni e pulizie impianto;
- imballaggi e trasporti associati ai consumi di materie prime ed ausiliari (polielettrolita e carboni attivi).

#### **Fattori di caratterizzazione**

Lo studio è stato limitato all'analisi della categoria di impatto Climate Change, utilizzando il metodo di valutazione "IPCC 2013 GWP 100 anni" proposto da Biograce e modificato ed integrato per adattarlo alle esigenze specifiche del processo oggetto di analisi.

I fattori di caratterizzazione per i principali gas serra sono i seguenti: i gas serra considerati per il calcolo della CO<sub>2</sub> eq sono: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O con i rispettivi fattori di *global warming potential* (GWP pari a 25 per il CH<sub>4</sub> e 298 per l'N<sub>2</sub>O).

I risultati ottenuti dallo studio sono espressi in kg CO<sub>2</sub>equivalente.

#### **Metodologia utilizzata**

Il calcolo delle emissioni è stato effettuato utilizzando un foglio di calcolo excell moltiplicando i dati attività (es: consumi di materiali, consumi di energia, etc) per il relativo fattore di emissione:

$$\text{Emissioni di gas serra [kgCO}_2\text{e]} = \text{Dati sulle attività [massa/volume/kWh/km]} \times \text{Fattore di emissione [kgCO}_2\text{e/(massa/volume/kWh/km)]}$$

I fattori di emissione comprendono gli impatti espressi in termini di CO<sub>2</sub>e di tutto il ciclo di vita di produzione della voce considerata (compresi pertanto gli impatti indiretti delle fasi di estrazione, produzione, trasporto, trasformazione etc).

I fattori di emissione utilizzati sono riportati nella tabella seguente; in parte sono derivati da Biograce standard values e additional standard values ed in parte da database Ecoinvent validati e riconosciuti.



Prodotto	Valore	UM	Fonte
Truck for dry product (Diesel)	82,15	gCO <sub>2</sub> /ton km trasportata	Biograce SV
Truck for liquids (Diesel)	88,46	gCO <sub>2</sub> /ton km trasportata	Biograce SV
CO <sub>2</sub> liquida refrigerata	0,76	Kg CO <sub>2</sub> /Kg CO <sub>2</sub> liq	Ecoinvent: Carbon dioxide liquid (RER) production - cut off U
Energia elettrica MT ITA mix	138,00	g CO <sub>2</sub> /MJ ee	Biograce add. st. values
Energia elettrica CHP	105,28	g CO <sub>2</sub> /MJ ee	Energy mix
Energia elettrica mix reale	124,91	g CO <sub>2</sub> /MJ ee	calcolo
Natural gas (4000 km, EU Mix quality)	67,98	g CO <sub>2</sub> /MJ NG	Biograce SV
Energia termica CHP	3,36	g CO <sub>2</sub> /MJ	Energy mix
Biogas combusto in torcia	16,78	g CO <sub>2</sub> /MJ	calcolo
Carbone attivo	8,04	g CO <sub>2</sub> /Kg carbone	Ecoinvent: 1 kg Activated carbon, granular {RER}   activated carbon production, granular from hard coal   Cut-off, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, cut-off by classification +
Polielettrolita	2,79	g CO <sub>2</sub> /Kg poly	Ecoinvent: 1 kg Polyacrylamide {GLO}   production   Cut-off, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, cut-off by classification - system)
Depurazione separato liquido	1,02	gCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	Ecoinvent: 1 m <sup>3</sup> Wastewater from potato starch production {RoW}   treatment of, capacity 1.1E10l/year   Cut-off, S (of project Ecoinvent 3 - allocation, cut-off by classification - system)
Fuel Fossil Comparator	94	gCO <sub>2</sub> /MJ	Direttiva 2018/2001/UE (RED 2)

Per le fasi sopra descritte si sono considerati i consumi di energia elettrica e termica, di materie ausiliarie (le principali: carboni attivi e polielettrolita), di combustibili per il trasporto (diesel), le emissioni di CH<sub>4</sub> biogenico nel flusso di off-gas da Upgrading (perdite di metano), la combustione del biogas in torcia, le emissioni derivanti dalla depurazione del separato liquido.

Altri dati utili al calcolo sono stati reperiti nella documentazione di progetto dell'impianto, in particolare:

- o % CH<sub>4</sub> nel biogas prodotto da FORSU pari al 58% - PCI biogas pari a 21,42 MJ/Nm<sup>3</sup>;
- o %CH<sub>4</sub> nel biometano prodotto pari al 99% - PCI biometano pari a 34,65 MJ/Nm<sup>3</sup>;
- o Densità della CO<sub>2</sub> liquefatta pari a 1,05 Kg/litro;
- o Fuel mix energetico (60% ee da rete nazionale in MT, 40% ee autoprodotta con motore endotermico cogenerativo di potenza 530 kW<sub>el</sub>, contributo impianto Fotovoltaico trascurabile).

#### Periodo di riferimento

I dati sono riferiti alla situazione di progetto presentata in fase di autorizzazione in particolare riferendosi al Bilancio di Massa e di Energia su base annuale fornito dal committente.

#### Limitazioni dello studio

- Lo studio si riferisce alla sola categoria di impatto Global Warming (effetto serra) e non valuta altri impatti ambientali, sociali o economici derivanti dal processo.
- E' esclusa dallo studio la fase di costruzione, realizzazione e di decommissioning dell'impianto per la quale gli impatti sul ciclo di vita di 20 anni sono ritenuti trascurabili rispetto a quelli calcolati.



- Nel presente studio è stato ritenuto non applicabile il land use change (LUC emissioni di gas ad effetto serra conseguenti alla conversione di un terreno da una categoria d'uso ad un'altra), essendo le matrici utilizzate per la produzione di biometano dei rifiuti.
- Nel bilancio globale non si è considerato in via cautelativa il compost in uscita come prodotto evitato (fertilizzante equivalente) a fronte del basso valore economico residuo dello stesso.

## 2.2. Ipotesi di calcolo

Di seguito si riportano le principali assunzioni di calcolo che hanno rilevanza ed influenza sui risultati finali.

### - Bilancio di massa.

Si è assunto come riferimento per tutti i calcoli il bilancio di massa di progetto fornito dal Committente i cui principali valori di riferimento sono di seguito enumerati:

- o Matrici in ingresso: 66.000 ton/a (forsi in ingresso al nuovo digestore anaerobico per la produzione di biometano)
- o Matrici ingestate: 76.400 ton/a (forsi+separato liquido)
- o Biogas prodotto: 9.504.000 Nm<sup>3</sup> al 60% di CH<sub>4</sub> (resa di digestione pari a 160 Nm<sup>3</sup>/ton)
- o Biometano prodotto: 5.533.151 Nm<sup>3</sup> al 98% di CH<sub>4</sub> (resa di upgrading 0,58 Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup> biogas)
- o Anidride carbonica liquida refrigerata: 3.688.767 m<sup>3</sup> pari a 3.873 ton/a
- o Digestato: separato solido al compostaggio 15.861 ton/a – separato liquido a depurazione 46.445 ton/a (il resto riciccoli)
- o I consumi di chemicals (carboni attivi, polielettrolita) e il biogas combuto in torcia sono stati stimati con dati conservativi desunti da altri impianti simili già in esercizio.

### - Energy fuel mix.

Si sono assunti i dati del bilancio energetico di progetto.

- o Energia elettrica: 60% prelevata da rete Nazionale e 40% autoprodotta con cogeneratore a gas naturale da 530 kWe
- o Energia termica: 100% autoprodotta con cogeneratore a gas naturale da 530 kWe – 648 kWt;
- o Rendimenti motore cogenerativo: 38% elettrico e 42% termico (valori attesi);
- o Energia termica motore dissipata pari al 30% della prodotta (ipotesi conservativa ma ragionevole).

Il fattore di emissione dell'energia elettrica e termica cogenerativa è stato calcolato secondo i criteri di allocazione europei COM(2020)11 del 25/02/2010

(<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0011:FIN:EN:PDF>).

### - Efficienza processo di digestione ed upgrading.

Si è assunto un processo di purificazione a membrane a tre stadi con perdite di metano pari a 1%.

Per i consumi specifici di energia elettrica si è fatto riferimento a valori conservativi desunti da altri impianti simili già in esercizio e validati con il bilancio energetico di progetto.

Per i consumi specifici di energia termica si è fatto riferimento a prestazioni di digestori con tecnologia standard ad umido.

### - Digestato chiuso.

Si è assunto che il digestato separato solido venga avviato in tempi rapidi (max 1-2 giorni) a trattamento aerobico di compostaggio senza trovarsi in condizioni anossiche e sviluppare metano una volta in uscita dalle centrifughe.

Si sono trascurate le emissioni di N<sub>2</sub>O dalla gestione del digestato in compostaggio in assenza di validi studi di letteratura in materia.



- Torcia

Si è ipotizzato un funzionamento della torcia di emergenza (presidio ambientale in caso di anomalie o malfunzionamenti/fermi all'impianto di upgrading anche per attività manutentive) assumendo i dati del bilancio di massa di progetto ovvero la combustione di 282.082 mc/anno di biogas. Il fattore di emissione del biogas assunto, pari a 16,78 gCO<sub>2</sub> eq/MJ biogas, è quello calcolato considerando le fasi a monte del processo di upgrading.

## 2.3 Risultati

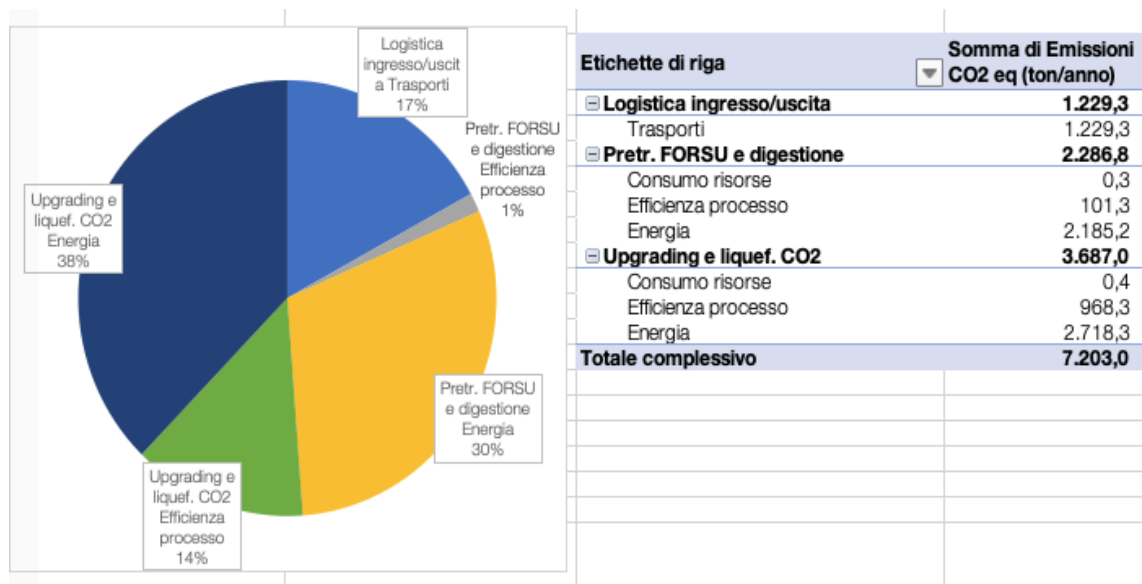
Nella seguente tabella sono riportati i valori annui di emissioni di CO<sub>2</sub> eq calcolati dal modello.

Emerge che la prima voce che contribuisce agli impatti è il consumo di energia elettrica (68%), seguita dalle emissioni indotte dai trasporti in ingresso ed uscita (17%) e dalle perdite di metano del processo (14%). Le restanti voci pesano per meno dell'1% sul totale annuo di emissioni che è pari a 7.200 ton/a di CO<sub>2</sub> eq.

Per quanto riguarda i prodotti (fossil-based) evitati conseguenti dall'immissione al consumo dei prodotti del processo (bio-based), si è considerato:

- biometano: utilizzato nel settore dei trasporti - il fattore di emissione medio del fuel mix europeo assunto come *fuel fossil comparator* nell'ambito della Direttiva RED 2 è pari a 94 gCO<sub>2</sub> eq/MJ;
- anidride carbonica liquida refrigerata: utilizzata in ambito industriale/alimentare – il fattore di emissione assunto è quello per processi tradizionali di produzione e pari a 0,76 KgCO<sub>2</sub>eq/Kg CO<sub>2</sub> liquida.

Fase	Tipologia	Descrizione	Emissioni CO <sub>2</sub> eq (ton/anno)
Logistica ingresso/uscita	Trasporti	Emissioni totali trasporti indotti	1.229,27
Pretr. FORSU e digestione	Energia	Emissioni consumi energia elettrica	2.136,92
Pretr. FORSU e digestione	Energia	Emissioni consumi energia termica	48,25
Pretr. FORSU e digestione	Consumo risorse	Emissioni consumi polielettrolita	0,21
Pretr. FORSU e digestione	Consumo risorse	Emissioni depurazione separato liquido	0,05
Pretr. FORSU e digestione	Efficienza processo	Emissioni biogas combusto in torcia	101,35
Upgrading e liquef. CO <sub>2</sub>	Energia	Emissioni consumo energia elettrica	2.718,28
Upgrading e liquef. CO <sub>2</sub>	Consumo risorse	Emissioni carboni attivi	0,38
Upgrading e liquef. CO <sub>2</sub>	Efficienza processo	Emissioni da perdite di metano processo	968,30
Upgrading e liquef. CO <sub>2</sub>	Efficienza processo	Emissioni da digestato	-
			<b>7.203,01</b>
		Emissioni evitate biometano	- 17.841,81
		Emissioni evitate CO <sub>2</sub>	- 2.955,26
			<b>- 20.797,06</b>
		Bilancio netto GHG	<b>- 13.594,05</b>



### 3) Calcolo delle emissioni dirette di CO2, NOx e PM10

Le fasi considerate per la stima delle emissioni dirette sono le seguenti.

- a) Cantiere di realizzazione dell'impianto:
  - a.1) Emissioni (polveri PM10, NOx e CO2) da consumo di combustibile macchine operatrici e mezzi di cantiere;
  - a.2) Emissioni (polveri PM10) da scarico e carico materiali e terre e rocce da scavo;
  - a.3) Emissioni (polveri PM10) da risollevarimento per transito mezzi;
- b) Emissioni (polveri PM10, NOx e CO2) da logistica in ingresso ed uscita (traffico indotto incrementale);
- c) Autoproduzione di energia elettrica e termica mediante cogeneratore a gas naturale (emissioni di polveri PM10, NOx e CO2).

Le fonti di dati utilizzate per i calcoli sono le seguenti:

- o Valutazione acustica di cantiere ai sensi del D.G.R. 1197/2020 per integrazione impiantistica relativa alla realizzazione di impianto di digestione anaerobica del rifiuto organico da raccolta differenziata, finalizzato alla produzione di biometano – PGM giugno 2021
- o GEO\_002 - Piano di gestione delle terre e rocce da scavo – GEO group giugno 2020 Rif. 716bis/18
- o SIA\_006A - Studio modellistico delle emissioni in atmosfera allegato allo Studio di Impatto Ambientale

Le emissioni imputabili al cantiere sono per NOx e CO2 prevalentemente associate al consumo di gasolio da parte dei mezzi d'opera e per le polveri associate alle emissioni di polveri da movimentazione terre e rocce e risollevarimento transito mezzi. Tali emissioni sono a carattere puntuale e relative all'anno zero di costruzione dell'impianto.

Le emissioni associate alla logistica e all'inserimento del cogeneratore a gas naturale sono invece emissioni annue che si ripetono per tutto la vita utile dell'impianto.

Ai fini della valutazione delle riduzioni/mitigazioni sia le emissioni di cantiere (puntuali all'anno zero) che quelle di logistica/cogeneratore (annue) sono state conteggiate mediante analisi cumulata, si rimanda al paragrafo 5.



### 3.1 Cantiere – a.1) consumo di combustibile macchine operatrici e mezzi di cantiere

Le ipotesi assunte per il calcolo dei consumi di gasolio dall'attività di cantiere sono di seguito riepilogate.

Durata cantiere	53	settimane
Ore di esercizio effettive mezzi d'opera	6h5d	30 h/settimana
Ore totali di occupazione mezzi d'opera	1590	h/cantiere
n. di mezzi d'opera operanti in contemporanea in cantiere	3	Ipotesi conservativa
Consumi specifici	15	litri gasolio/h
Consumi di gasolio totali mezzi d'opera	71.550	litri
Potere calorifico del gasolio	36	MJ/litro

Fattori di emissione: Ecoivent - *Process name: diesel, burned in building machine GLO (1 MJ fuel)*

PM10 - Particulates, > 10 um	6,28	mg/MJ
NOx - Nitrogen oxides	1,03	g/MJ
CO2 - Carbon dioxide, fossil	73	g/MJ

Emissioni dirette a.1)		
NOx	2.686	kg NOx
PM 2.5-10	257	kg PM10
CO2	190.360	kg CO2

### 3.2 Cantiere – a.2) da scarico e carico materiali e terre e rocce da scavo

La quantità di polveri emesse a causa delle operazioni di carico e scarico degli inerti viene calcolata utilizzando la metodologia AP42 della US-EPA (*AP-42 Fifth Edition, Volume I, Chapter 13, 13.2.4 Aggregate Handling and storage Piles*). Il fattore di emissione F espresso in kg di polveri per t di inerti movimentati è il seguente:

$$F = 0.0016 k \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$$

Dove:

- k è un parametro adimensionale il cui valore dipende dalla granulometria delle polveri in esame:

Granulometria	K (lb/miglio)
PM30	0.74
PM15	0.48
PM10	0.35

- U la velocità del vento (m/s);
- M l'umidità del materiale movimentato (%).

La formula è applicabile per velocità U comprese nell'intervallo 0,6 – 6.7 m/s e per umidità, M comprese tra 0.25% e 4.80%. Essa è inoltre valida per *silt content* (cioè il contenuto di particelle di diametro non superiore a 75 micron) compreso tra 0.44% e 19%, che è caratteristico di molte aree di lavoro.





La quantità di movimentazione di terra è definita nel piano di gestione delle terre e rocce da scavo. Utilizzando una densità di 1600 kg/m<sup>3</sup>, un valore di velocità del vento di 2 m/s (conservativo) e un valore di umidità pari a 1.5% (coerente con le strategie di gestione del cantiere mediante irrigazione dei cumuli e delle strade) si ottengono i seguenti risultati.

Volumi di terre e rocce da scavo movimentate	18.630	mc
Volumi di terre e rocce da scavo riutilizzate in sito	3.000	mc
k (PM10)	0,35	lb/mil
densità	1600	kg/m <sup>3</sup>
umidità M	1,50%	
velocità vento U	2	m/s
fattore di emissione F	0,046	kg PM10/ton inerti mov

**Emissioni dirette a.2)**

NOx	-	kg NOx
PM 2.5-10	1.379	kg PM10
CO2	-	kg CO2

**3.3 Cantiere – a.3) risollevarmento polveri per transito mezzi**

Per determinare le emissioni per risollevarmento e risospensione causate dai veicoli di cantiere e per il trasporto di materiali è stata adottata la metodologia AP42 della US-EPA (capitolo "Unpaved roads"). L'equazione utilizzata per la stima delle emissioni da risollevarmento è la seguente:

$$E = k \left( \frac{s}{12} \right)^a \left( \frac{W}{3} \right)^b$$

Dove:

- E indica le emissioni in termini di lb/miglio;
- s il già definito silt content (contenuto di fini);
- W il peso del veicolo (t).

I coefficienti k, a e b dipendono dalla granulometria dell'aerosol come indicato in Tabella seguente.

Granulometria	K (lb/miglio)	a	b
PM2.5	0.15	0.9	0.45
PM10	1.5	0.9	0.45
PM30	4.9	0.7	0.45

In via cautelativa i calcoli sono stati effettuati ipotizzando strade non asfaltate e assumendo un silt content pari a 8.3%, come suggerito dalla metodologia AP-42 per siti di costruzione. La distanza media percorsa all'interno del cantiere è stata ipotizzata pari a circa 3 km giorno per mezzo e la taglia del mezzo pari a 40 ton. Si tratta di ipotesi conservative che portano a sovrastimare le emissioni.

silt content s	8,30%
distanza media percorsa nel cantiere L	3 km/gg/mezzo



peso mezzo transito W	40 ton
emissioni E	0,055 lb/miglio
emissioni E	0,039 kg/Km

Le emissioni di polveri per risollevarimento stimate, sono le seguenti.

<b>Emissioni dirette a.3)</b>		
NOx	-	kg NOx
PM 2.5-10	94	kg PM10
CO2	-	kg CO2

Si sottolinea, al fine di ridurre la movimentazione di polveri, durante la realizzazione delle attività di costruzione è prevista la bagnatura sistematica delle strade che verranno percorse dai mezzi di cantiere.

### 3.4 Logistica ingresso ed uscita (traffico indotto incrementale)

Per il calcolo delle emissioni dirette associate al traffico indotto dal progetto si sono considerate le seguenti quantità movimentate incrementalmente rispetto allo stato autorizzato attuale e con le relative distanze di percorrenza.

Prodotto	(ton/anno)	distanze (km/v)
Forsu in ingresso	21.550 t/anno	600
Verde in ingresso	3.450 t/anno	60
Compost in uscita	9.776 t/anno	100
Sovvalli in uscita	-795 t/anno	20
CO2 liquida in uscita	3.873 t/anno	200

Le ipotesi di percorrenza, in particolare per la forsu in ingresso (600 Km) e la CO2 liquida in uscita (200 Km), sono cautelative e consentono di sovrastimare le emissioni potenziale. Alle percorrenze assunte si è successivamente applicata la "franchigia" prevista per impianto "in osmosi con il territorio"; a fronte della presenza entro una distanza inferiore ai 30 Km di un altro impianto di produzione di biogas alimentato a biomasse la franchigia applicata è pari a 40 Km in luogo dei 60 Km.

Per tutte le percorrenze si è ipotizzato il ritorno a vuoto del mezzo alla destinazione di origine (ipotesi molto conservativa). Le capienze dei mezzi sono state mantenute pari a quelle assunte nella Relazione SIA\_006A - Studio modellistico delle emissioni in atmosfera allegato allo Studio di Impatto Ambientale.

Di seguito i fattori di emissione desunti da INEMAR ARPA LOMBARDIA (Fattori di emissione medi da traffico per settore, combustibile e tipo legislativo in Lombardia nel 2017).

Tipo C - Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus – diesel - Euro V - COM(1998) 776

fe CO2	665,88 g/Km
fe NOx	4,78 g/Km
fe PM10	0,16 g/Km

Nella pagina seguente sono riportate le tabelle coi calcoli dei Km di traffico indotto che sono pari a circa 964.000 Km/anno considerando i ritorni a vuoto dei mezzi.



soluzioni per la sostenibilità e l'energia

## LOGISTICA IN INGRESSO/USCITA (TRAFFICO INDOTTO)

Valori incrementali rispetto AIA autorizzata

Prodotto	(ton/anno)	distanze (km/v)	capienza mezzo (ton/v)	viaggi/anno	Km/anno	Km/anno (con ritorno a vuoto)
Forsu in ingresso	21.550 t/anno	600	28	770	461.786	923.571
Verde in ingresso	3.450 t/anno	60	15	230	13.800	27.600
Compost in uscita	9.776 t/anno	100	26	376	37.600	75.200
Sovvalli in uscita	-795 t/anno	20	27	29	589	1.178
Totale flussi di massa solidi	<b>33.981</b> t/anno			<b>1.346</b>	<b>512.597</b>	<b>1.025.194</b>
CO2 liquida in uscita	3.688.767 mc/anno					
CO2 liquida in uscita	3.873 t/anno	200	26	149	<b>29.794</b>	<b>59.588</b>
Totali				<b>1.495</b>	<b>542.391</b>	<b>1.084.781</b>

Traffico indotto incrementale rispetto al riferimento (extra "franchigia" per impianto in osmosi con il territorio)

Prodotto	(ton/anno)	distanze (km/v)	capienza mezzo (ton/v)	viaggi/anno	Km/anno	Km/anno (con ritorno a vuoto)
Forsu in ingresso	21.550 t/anno	560	28	770	431.000	862.000
Verde in ingresso	3.450 t/anno	20	15	230	4.600	9.200
Compost in uscita	9.776 t/anno	60	26	376	22.560	45.120
Sovvalli in uscita	-795 t/anno		27	29	-	-
Totale flussi di massa solidi	<b>33.981</b> t/anno			<b>1.346</b>	<b>458.160</b>	<b>916.320</b>
CO2 liquida in uscita	3.688.767 mc/anno					
CO2 liquida in uscita	3.873 t/anno	160	26	149	<b>23.835</b>	<b>47.670</b>
Totali				<b>1.495</b>	<b>481.995</b>	<b>963.990</b>



Le emissioni dirette associate alla logistica in ingresso ed uscita sono pertanto le seguenti.

<b>Emissioni dirette b)</b>		
NOx	4.598	kg NOx/anno
PM10	152	kg PM10/anno
CO2	642.017	kg CO2/anno

### 3.5 Autoproduzione di energia elettrica e termica mediante cogeneratore a gas naturale

Si è modellizzato l'inserimento del cogeneratore motore endotermico a gas naturale di potenza 530 kWe come da bilancio energetico di progetto, ipotizzando 8.500 h/anno di disponibilità.

Le emissioni sono state calcolate adottando i fattori emissione desunti da Ecoinvent - Processo: *1 MJ Electricity, high voltage {RoW}| heat and power co-generation, natural gas, 500kW electrical, lean burn | Cut-off, S* di seguito riportati.

PM10 - Particulates, > 10 um	6,5	mg/MJ
NOx - Nitrogen oxides	0,204	g/MJ
CO2 - Carbon dioxide, fossil	140	g/MJ

Il calcolo restituisce i seguenti valori.

<b>Emissioni dirette c)</b>		
NOx	3.322	kg NOx/anno
PM10	106	kg PM10/anno
CO2	2.279.446	kg CO2/anno

## 4) Riduzione e mitigazione emissioni dirette

La somma delle emissioni dirette calcolate al paragrafo precedente costituisce il caso base rispetto al quale sono stati analizzate le seguenti azioni di riduzione e mitigazione degli impatti:

- 0 - RIDUZIONE - Recupero mediante liquefazione della CO2 del flusso di off-gas di Upgrading;
- 1 - RIDUZIONE - Organizzativo/gestionale: impiego di mezzi EURO 6 diesel
- 2 - RIDUZIONE - Tecnologico-impiantistico: efficienza energetica e recuperi termici di processo, downsizing del cogeneratore (500--> 400 kW);
- 3 - RIDUZIONE - Tecnologico-impiantistico: sistema di abbattimento NOx nuovo cogeneratore a gas naturale (400 kW);
- 4 - RIDUZIONE - Tecnologico-impiantistico: sistema di abbattimento NOx cogeneratore esistente a biogas (600 kW);
- 5 - MITIGAZIONE - Conversione parziale del parco mezzi AIMAG a biometano.
- 6 - MITIGAZIONE - Piantumazione compensativa.



#### 4.1 Azione (0) - RIDUZIONE - Recupero mediante liquefazione della CO<sub>2</sub> del flusso di off-gas di Upgrading

La sezione di upgrading prevede la purificazione del biogas per separare il biometano dai cosiddetti off-gas costituiti al 99% da CO<sub>2</sub> che in condizioni normali vengono sfatati in atmosfera. In conformità alla Delibera Regionale 2347:2019 è previsto il recupero della CO<sub>2</sub> biogenica di tale flusso mediante una sezione di liquefazione per compressione.

Pertanto tale azioni evita l'immissione in atmosfera di 3.873 ton/anno di CO<sub>2</sub> come da bilancio di massa di progetto.

Emissioni evitate – azione 0		
NO <sub>x</sub>		kg NO <sub>x</sub> /anno
PM <sub>10</sub>		kg PM <sub>10</sub> /anno
CO <sub>2</sub>	- 3.873.000	kg CO <sub>2</sub> /anno

L'obiettivo è misurabile attraverso il bilancio di massa dei flussi in uscita.

#### 4.2 Azione (1) - RIDUZIONE - Organizzativo/gestionale: impiego di mezzi EURO 6 diesel

Nel calcolo delle emissioni dirette generate dai trasporti indotti si è conservativamente applicata una classe di efficienza del parco mezzi coinvolti ragionevolmente rappresentativa dell'attuale parco mezzi circolante (Euro 5).

Adottando adeguate policy di selezione dei fornitori in fase di gara è possibile migliorare il parco automezzi interessato dalle attività di conferimento e ritiro attraverso l'impiego di automezzi di classe Euro 6 con fattori di emissione specifici migliori per NO<sub>x</sub> e PM<sub>10</sub>.

Di seguito i fattori di emissione desunti da INEMAR ARPA LOMBARDIA (Fattori di emissione medi da traffico per settore, combustibile e tipo legislativo in Lombardia nel 2017 – Veicoli pesanti >3,5 ton).

Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus – diesel - Euro VI - Reg EC 595/2009

fe CO <sub>2</sub>	679,48	g/Km
fe NO <sub>x</sub>	0,50	g/Km
fe PM <sub>10</sub>	0,12	g/Km

Ipotizzano una percentuale pari al 10% dei movimenti effettuati con mezzi Euro 6 di seguito si calcolano le emissioni evitate.

Prodotto	(ton/anno)		distanze (km/v)	capienza mezzo (ton/v)	viaggi/anno	Km/anno	Km/anno (con ritorno a vuoto)
Forsu in ingresso	21.550	t/anno	560	28	770	431.000	862.000
Verde in ingresso	3.450	t/anno	20	15	230	4.600	9.200
Compost in uscita	9.776	t/anno	60	26	376	22.560	45.120
Sovvalli in uscita	-795	t/anno	0	27	29	-	-
Totale flussi di massa solidi	<b>33.981</b>	t/anno			<b>1.346</b>	<b>458.160</b>	<b>916.320</b>
CO <sub>2</sub> liquida in uscita	3.688.767	mc/anno					
CO <sub>2</sub> liquida in uscita	3.873	t/anno	160	26	149	<b>23.835</b>	<b>47.670</b>
Totale					<b>1.495</b>	<b>481.995</b>	<b>963.990</b>

(\*) percorrenze riferite al caso base decurtata la "franchigia" di 40 Km per impianto in osmosi con il territorio



<b>Emissioni dirette</b>	Caso base	Euro 6	Totale	
NOx	4.138	49	4.187	Kg Nox/anno
PM10	137	12	149	Kg PM10/anno
CO2	577.816	65.501	643.317	Kg CO2/anno

<b>Emissioni evitate – azione 2</b>			
NOx	-	411	kg NOx/anno
PM10	-	4	kg PM10/anno
CO2	+	1.299	kg CO2/anno

L'obiettivo è misurabile mediante il monitoraggio delle statistiche dei conferimenti e ritiri.

#### 4.3 Azione (2) - RIDUZIONE - Tecnologico-impiantistico: efficienza energetica e recuperi termici di processo, downsizing del cogeneratore (500--> 400 kW)

Nel calcolo delle emissioni dirette generate si è considerata l'introduzione del motore endotermico a gas naturale per la cogenerazione di energia elettrica e termica ipotizzando il dimensionamento di progetto (potenza elettrica 500 kWe).

Attraverso l'adozione in fase progettuale di soluzioni di efficienza energetica (quali per esempio il recupero di cascami termici) è possibile ridurre il fabbisogno energetico del processo di upgrading e contestualmente rimodulare la taglia del motore cogenerativo con conseguente riduzione delle emissioni dirette in atmosfera dei prodotti della combustione del gas naturale.

Sulla base di valutazioni preliminari, che saranno oggetto del bilancio energetico in fase di progettazione esecutiva, è ragionevole ipotizzare una riduzione di taglia del motore di almeno 100 kWe scendendo a 400 kWe installati. Sulla base di tale ipotesi, adottando i medesimi fattori di emissione assunti (riferiti ad Ecoinvent - Processo: *1 MJ Electricity, high voltage {RoW}| heat and power co-generation, natural gas, 500kW electrical, lean burn | Cut-off, S*) e le stesse ore di disponibilità dell'impianto (8.500 h/anno) le emissioni evitate sono le seguenti.

<b>Emissioni evitate – azione 3</b>			
NOx	-	815	kg NOx/anno
PM10	-	26	kg PM10/anno
CO2	-	559.109	kg CO2/anno

L'obiettivo è misurabile mediante il monitoraggio indiretto delle h di funzionamento o dei kWh elettrici prodotti.

#### 4.4 Azione (3) - RIDUZIONE - Tecnologico-impiantistico: sistema di abbattimento NOx nuovo cogeneratore a gas naturale (400 kW)

Nel calcolo delle emissioni dirette generate si è considerata l'introduzione del motore endotermico a gas naturale per la cogenerazione di energia elettrica e termica ipotizzando il dimensionamento di progetto (potenza elettrica 500 kWe) e l'assenza di sistemi di abbattimento spinto degli NOX.



Nell'ipotesi di dotare il cogeneratore di taglia ridotta da 400 kW (azione n.3) di un sistema di abbattimento degli NOx mediante DENOx-SCR o simili è possibile ridurre le concentrazioni di NOx emesse in atmosfera al di sotto dei 100 mg/Nm<sup>3</sup>.

Di seguito il calcolo delle emissioni evitate.

h esercizio annue CHP	8500	h/anno
conc Nox ante	350,0	mg / Nm <sup>3</sup>
conc Nox post	100,0	mg / Nm <sup>3</sup>
Portata emissione fumi secchi al 5% di O <sub>2</sub>	1450,0	Nm <sup>3</sup> /h
Potenza CHP post modifica	400	kWe

**Emissioni evitate – azione 4**

NOx	-	3.081	kg NOx/anno
PM10			kg PM10/anno
CO <sub>2</sub>			kg CO <sub>2</sub> /anno

L'obiettivo è misurabile mediante il monitoraggio periodico (analitico) delle emissioni in atmosfera e dello stato di funzionamento del sistema di abbattimento.

**4.5 Azione (4) - RIDUZIONE - Tecnologico-impiantistico: sistema di abbattimento NOx cogeneratore esistente a biogas (600 kW)**

Tale scenario è riferito all'applicazione di un sistema di abbattimento degli NOx mediante DENOx-SCR o simili al cogeneratore a biogas esistente di taglia pari a 600 kW. In analogia all'azione n.4 è possibile assumere una riduzione delle concentrazioni di NOx emesse in atmosfera al di sotto dei 100 mg/Nm<sup>3</sup> rispetto ai valori attuali.

L'iniziativa essendo rivolta ad un impianto esistente autorizzato ed incentivato dal GSE, per il quale le modifiche alla configurazione ed al funzionamento non sono ammesse, potrà essere realizzato solamente a fine del periodo di incentivazione medesimo ovvero a partire dall'anno 2028.

Di seguito il calcolo delle emissioni evitate.

h esercizio annue CHP	8500	h/anno
conc Nox ante	350,0	mg / Nm <sup>3</sup>
conc Nox post	100,0	mg / Nm <sup>3</sup>
Portata emissione fumi secchi al 5% di O <sub>2</sub>	1620,0	Nm <sup>3</sup> /h

(\*) dati desunti da analisi rapporto di prova EVPROJECT-20-007933

**Emissioni evitate – azione 4**

NOx	-	3.443	kg NOx/anno
PM10			kg PM10/anno
CO <sub>2</sub>			kg CO <sub>2</sub> /anno

L'obiettivo è misurabile mediante il monitoraggio periodico (analitico) delle emissioni in atmosfera e dello stato di funzionamento del sistema di abbattimento.



#### 4.6 Azione (5) - MITIGAZIONE - Efficientamento ambientale del parco automezzi AIMAG

Il parco automezzi che AIMAG utilizza per le sue attività di raccolta e trasporto rifiuti è composto in parte anche da automezzi alimentati a gasolio. Non si tratta dei mezzi che conferiscono FORSU all'impianto oggetto di studio ma bensì di automezzi utilizzati nell'ambito delle attività aziendali svolte da AIMAG.

Nell'ambito di un processo di riconversione ed efficientamento della flotta aziendale è possibile valutare le emissioni di NOx e PM10 evitate dalla conversione dei mezzi diesel obsoleti a mezzi alimentati a diesel con classe Euro 6 dotati di opportuni sistemi di trattamento del particolato e degli NOx.

Per calcolare le emissioni evitate da tale scenario si è effettuata un'analisi delle percorrenze relative all'anno 2020 per l'intero parco automezzi AIMAG. Selezionando i mezzi interessati dalla riconversione (combustibile: gasolio, classi EURO 3-4-5) a partire dall'anno 2022 fino al 2026 emerge quanto riportato nella tabella a pagina seguente.

Il totale dei Km annui interessati dalla riconversione è pari a 708.425 con il seguente dettaglio per classe Euro e per tipologia di mezzo.

MEZZO DA SOTITUIRE	X
COMBUSTIBILE	gasolio
ANNO DI RINNOVO - RECOVERY	2022-2026
CARBURANTE NUOVO MEZZO	Gasolio EURO 6

Classe Euro	Tipo (FE)	Somma di KM PERCORSI
<b>3</b>		22.475
GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. > 35 Q.LI	B	22.475
<b>5</b>		210.975
GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. < 35 Q.LI	A	67.438
GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. > 35 Q.LI	C	143.538
<b>5B</b>		474.975
GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. > 35 Q.LI	C	434.838
GESTIONE PORTER/APECAR	A	40.138
<b>Totale complessivo</b>		<b>708.425</b>

Di seguito i fattori di emissione desunti da INEMAR ARPA LOMBARDIA (Fattori di emissione medi da traffico per settore, combustibile e tipo legislativo in Lombardia nel 2017) per tipologia di mezzo considerato.

##### Tipo A - Veicoli leggeri < 3.5 t – diesel - Euro 5 - EC 715/2007

fe CO2	230,92	g/Km
fe NOx	1,30	g/Km
fe PM10	0,04	g/Km

##### Tipo B- Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus – diesel - Euro III - 1999/96/EC

fe CO2	669,13	g/Km
fe NOx	6,36	g/Km
fe PM10	0,26	g/Km





Tipo C - Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus – diesel - Euro V - COM(1998) 776

fe CO2	665,88	g/Km
fe NOx	4,78	g/Km
fe PM10	0,16	g/Km

Tipo D - Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus – diesel - Euro VI - Reg EC 595/2009

fe CO2	679,48	g/Km
fe NOx	0,50	g/Km
fe PM10	0,12	g/Km

Si segnala che le emissioni di CO2 specifiche per Km dei mezzi Euro 6 sono di poco (2%) superiori rispetto a quelle dei mezzi di classe di efficienza precedente mentre il miglioramento sul fronte di NOx e PM10 è decisamente apprezzabile.

Nella tabella seguente è sintetizzato il calcolo delle emissioni annue evitate una volta completata la riconversione a mezzi Euro 6 diesel della flotta (2026).

Inquinante	Ante (2020)	Post (2026)	Delta	
CO2	425.009	433.107	8.098	Kg/anno
NOx	3.046	415	- 2.631	Kg/anno
PM10	101	76	- 25	Kg/anno

#### 4.7 Azione (6) - MITIGAZIONE – Piantumazione compensativa

Il progetto di realizzazione dell'impianto prevede l'espianto di una zona verde boschiva (alberi ed arbusti).

Il calcolo delle emissioni associate alla perdita di capacità di accumulo della CO2 di tale area verde è stato effettuato da un tecnico competente Dott. Agr. Giovanni Mondani, considerando anche il contributo positivo delle piantumazioni e siepi perimetrali già in progetto, ed ha evidenziato circa 1.668 ton CO2 sull'orizzonte temporale di 20 anni.

Si è valutato pertanto un intervento di piantumazione compensativa realizzabile in due soluzioni (ipotesi 1 siepe singola, ipotesi 2 area boscata latifoglie autoctone) e descritto in dettaglio nella Relazione Tecnica specialistica.

Tale azione, essendo finalizzata alla mitigazione degli impatti derivanti dal mancato sequestro di CO2 nel tempo generato dal bosco espianato, non è stata conteggiata ai fini del presente studio.



soluzioni per la sostenibilità e l'energia

TARGA	TIPO MEZZO	EURO	DATA IMMATRICOLAZIONE	ANNO	MODELLO	ORE 2020	KM PERCORSI 2020	ANNO DI RINNOVO - RECOVERY	CARBURANTE NUOVO MEZZO
DF727JC	GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. > 35 Q.LI	3	07/03/2007	2007	IVECO 100 CON GRU AMCO	224	11200	2022	metano
DA238CD	GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. > 35 Q.LI	3	11/01/2006	2006	Iveco ML 75 E 17 Amco-Veba	225,5	11275	2023	metano
ES957AK	GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. > 35 Q.LI	5	15/10/13	2013	ISUZU N2RME 75D Costip. Lat. Dx	769,5	38475	2023	metano
EV425EW	GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. > 35 Q.LI	5			MITSUBISHI FUSO FE4P10-02	839,25	41962,5	2023	metano
EV928EW	GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. > 35 Q.LI	5	02/09/14	2014	MITSUBISHI FUSO FE4P10-02	887,5	44375	2023	metano
EN748WD	GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. > 35 Q.LI	5	14/03/13	2013	ISUZU N2R 75D con cassone ribaltabile posteriore	374,5	18725	2024	metano
EX124JG	GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. > 35 Q.LI	5B	16/10/14	2014	IVECO	1101,25	55062,5	2024	metano
FC852BR	GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. < 35 Q.LI	5	29/06/16	2016	ISUZU 35 PIANALE CON PEDANA CARICATRICE	1348,75	67437,5	2025	metano
EX130JG	GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. > 35 Q.LI	5B	16/10/14	2014	IVECO	909	45450	2025	metano
ZA223XE	GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. > 35 Q.LI	5B	23/10/14	2014	IVECO	785	39250	2025	metano
FA968XY	GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. > 35 Q.LI	5B			ISUZU	942,25	47112,5	2025	metano
FC111BR	GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. > 35 Q.LI	5B			IVECO	442,5	22125	2026	metano
FC114BR	GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. > 35 Q.LI	5B	05/01/16	2016	IVECO	1158,5	57925	2026	metano
ER797EJ	GESTIONE PORTER/APECAR	5B	26/06/13	2013	FIAT DUCATO	802,75	40137,5	2026	metano
FE559SK	GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. > 35 Q.LI	5B	05/08/16	2016	IVECO	1060,25	53012,5	2026	metano
ZA810TA	GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. > 35 Q.LI	5B			Iveco Daily 65C17 Tecno	1104	55200	2026	metano
ZA811TA	GESTIONE AUTOCARRO P.T.T. > 35 Q.LI	5B			Iveco Daily 65C17 Tecno	1194	59700	2026	metano
							708.425		



## 5) Sintesi dei risultati ed analisi dei risultati

Il bilancio dei gas serra GHG condotto secondo l'approccio LCA evidenzia che le emissioni di CO<sub>2</sub> eq generate sono in gran lunga compensate e superate dalle emissioni evitate dall'immissione al consumo di Biometano e CO<sub>2</sub> liquida refrigerata.

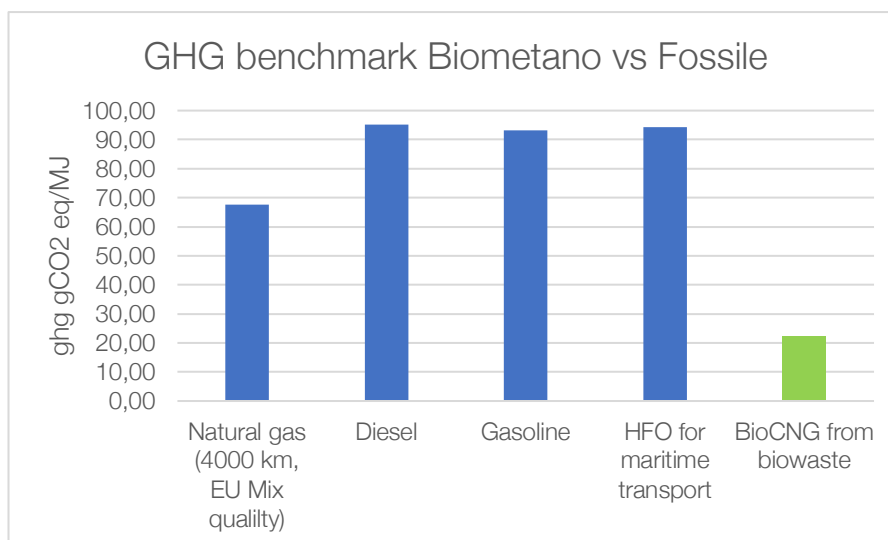
Il bilancio netto vede un risparmio annuo di CO<sub>2</sub> eq pari a circa 13.500 ton.

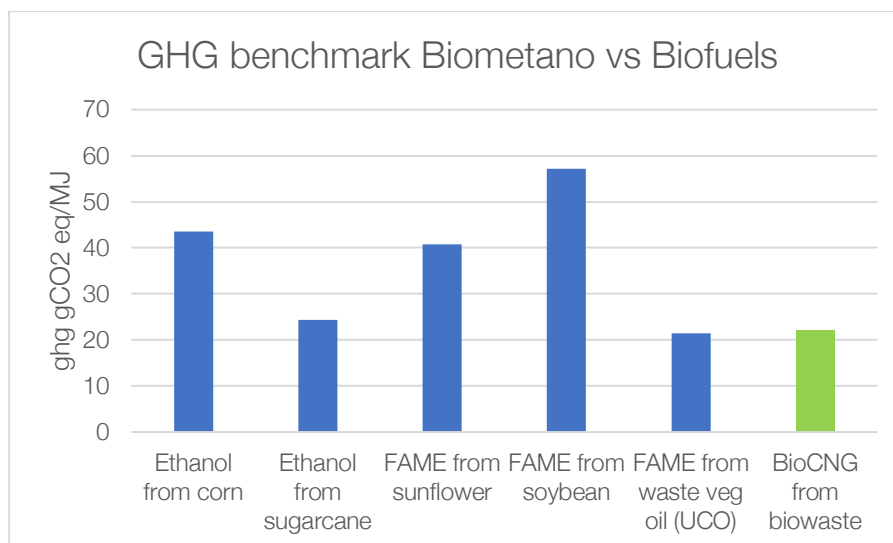
Il ghg saving del biometano rispetto all'equivalente fossile, un prerequisito previsto dalla disciplina Europea in materia di bioenergie, è di seguito calcolato. Ipotesi di calcolo:

- emissioni ghg biometano pari a 22,16 gCO<sub>2</sub>/MJ calcolate considerando i contributi del processo di produzione del biometano (37,57 gCO<sub>2</sub>/MJ) e delle emissioni evitate dal recupero della CO<sub>2</sub> liquida refrigerata (-15,41 gCO<sub>2</sub>/MJ);
- fuel fossil comparator pari a 94 gCO<sub>2</sub>/MJ (direttiva RED2);
- GHG saving  $(22,16 - 94)/(94)$  è pari al 76% ampiamente superiore al valore minimo richiesto pari al 65% per impianti in esercizio dal gennaio 2021.

Di seguito si riporta un benchmark delle emissioni ghg del ciclo di vita del biometano rispetto a biocarburanti fossili e altri biofuels.

Benchmark Biometano (fonti Biograce)		gCO <sub>2</sub> eq/MJ	
Fossil Fuels	Natural gas (4000 km, EU Mix quality)	67,59	Definition of input data to assess GHG default emissions from biofuels in EU legislation: Version 1c - July 2017
	Diesel	95,10	
	Gasoline	93,30	
	HFO for maritime transport	94,2	
Biofuels	Ethanol from corn	43,6	Attenzione: questi valori non comprendono l'ILUC
	Ethanol from sugarcane	24,3	
	FAME from sunflower	40,8	
	FAME from soybean	57,2	
	FAME from waste veg oil (UCO)	21,4	





A fronte dei dati sopra riportati emerge che:

- il biometano è sostenibile secondo i requisiti della Direttiva RED2 e la disciplina prevista dallo Schema Nazionale di Certificazione della tracciabilità e sostenibilità dei biocarburanti (DM 14/11/2019) con ghg saving del 76%;
- le emissioni di ghg del biometano sono inferiori alle filiere di produzione di biofuels da materie prime organiche sostenibili (coltivate su terreni che non hanno generato Land Use Change e modifiche alla biodiversità secondo i principi della Direttiva RED2) in linea con il biodiesel prodotto da oli di cucina usati (rifiuti).

Il bilancio delle emissioni dirette generate da:

- la fase di realizzazione dell'impianto (una tantum durante le 53 settimane di cantiere);
- dal processo (emissioni annue per effetto di traffico indotto e utilizzo del cogeneratore);

evidenzia quanto segue in termini di valori assoluti:

EMISSIONI	NOx Kg/anno	PM10 Kg/anno	CO2 Kg/anno
a) Cantiere di realizzazione dell'impianto (puntuali anno zero)	<b>2.686</b>	<b>1.730</b>	<b>190.360</b>
a.1) Emissioni da consumo di combustibile macchine operatrici e mezzi di cantiere;	2.686	257	190.360
a.2) Emissioni da scarico e carico materiali e terre e rocce da scavo;	-	1.379	-
a.3) Emissioni da risollevarmento per transito mezzi;	-	94	-
b) Emissioni da logistica in ingresso ed uscita (traffico indotto incrementale);	<b>4.598</b>	<b>152</b>	<b>642.017</b>
c) Autoproduzione di energia elettrica e termica mediante cogeneratore a gas naturale.	<b>3.322</b>	<b>106</b>	<b>2.279.446</b>

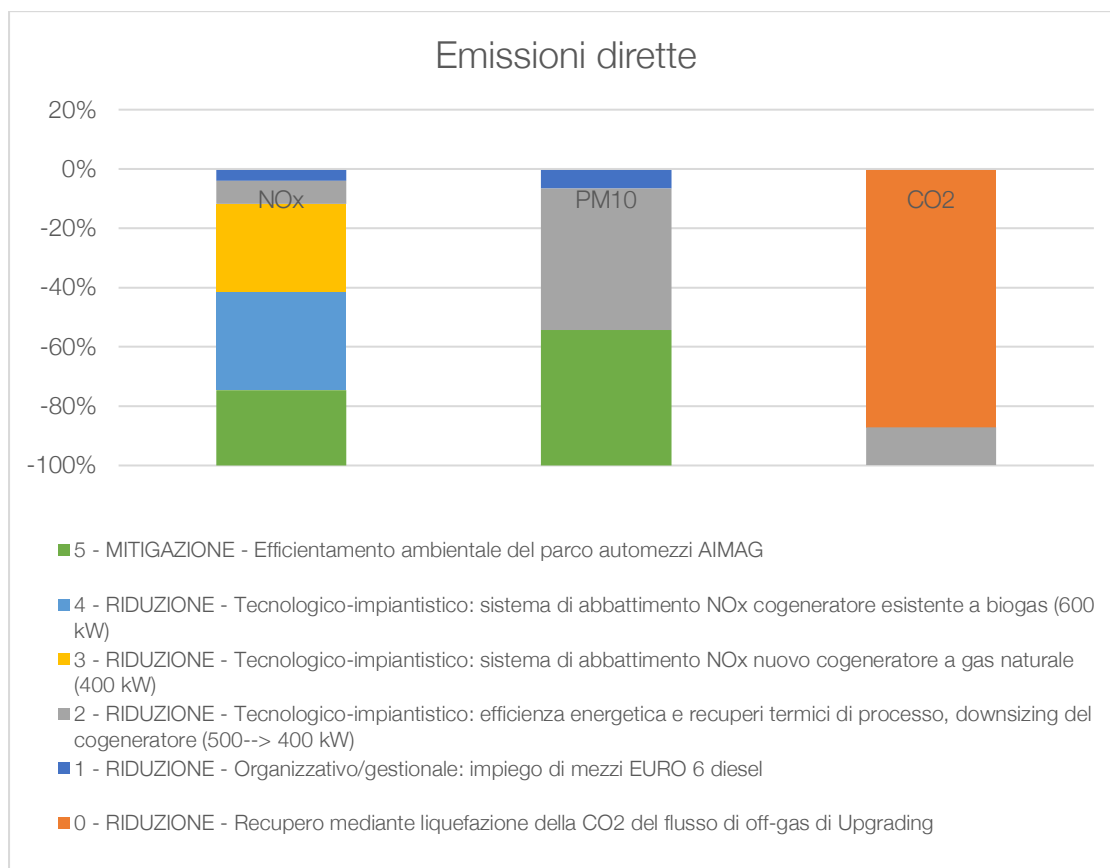
In merito alle strategie di riduzione e mitigazione delle emissioni dirette descritte al Paragrafo 3 si evidenzia quanto segue.



In termini di valori assoluti:

RIDUZIONI E MITIGAZIONI	NOx		PM10		CO2	
	Kg/anno		Kg/anno		Kg/anno	
0 - RIDUZIONE - Recupero mediante liquefazione della CO2 del flusso di off-gas di Upgrading					-	3.873.000
1 - RIDUZIONE - Organizzativo/gestionale: impiego di mezzi EURO 6 diesel	-	411	-	4		1.299
2 - RIDUZIONE - Tecnologico-impiantistico: efficienza energetica e recuperi termici di processo, downsizing del cogeneratore (500--> 400 kW)	-	815	-	26	-	559.109
3 - RIDUZIONE - Tecnologico-impiantistico: sistema di abbattimento NOx nuovo cogeneratore a gas naturale (400 kW)	-	3.081				
4 - RIDUZIONE - Tecnologico-impiantistico: sistema di abbattimento NOx cogeneratore esistente a biogas (600 kW)	-	3.443				
5 - MITIGAZIONE - Efficientamento ambientale del parco automezzi AIMAG	-	2.631	-	25		8.098
<b>Totale</b>	-	<b>10.381</b>	-	<b>55</b>	-	<b>4.422.712</b>

In termini relativi (distribuzione % per tipo di inquinante emesso):





1. Il recupero della CO<sub>2</sub> biogenica del flusso di off-gas di upgrading (0) costituisce da solo un intervento di compensazione delle emissioni totali generate. Si apprezza pertanto la virtuosità delle prescrizioni Regionali (Delibera 2347) in materia di autorizzazione di impianti di produzione di biometano.
2. Le azioni di riduzione di carattere gestionale/organizzativo e tecnologico (1-5) generano dei benefici potenziali apprezzabili in particolare sul fronte degli NO<sub>x</sub> e della CO<sub>2</sub>.
3. Le azioni di mitigazione di carattere ambientale sulle emissioni dei cogeneratori (3 e 4) consentono da sole di mitigare più del 50% delle emissioni di NO<sub>x</sub> ma non generano risultati apprezzabili sul fronte delle polveri e della CO<sub>2</sub> che anzi peggiorerebbe per le emissioni indirette associate alla produzione e consumo di urea (processo tradizionale ammoniacale da reforming di gas naturale) utilizzata per il DeNO<sub>x</sub> SCR.
4. Tutte le azioni individuate hanno la caratteristica di essere misurabili mediante opportuni indicatori o metodologie di analisi dirette/indirette e pertanto si prestano ad una rendicontazione nel tempo delle emissioni evitate.
5. Per quanto riguarda l'azione n.5 si segnala che le emissioni di CO<sub>2</sub>/Km dei mezzi Euro 6 a diesel sono di poco (2%) superiori rispetto a quelle dei mezzi di classe di efficienza precedente mentre il miglioramento sul fronte di NO<sub>x</sub> e PM<sub>10</sub> è decisamente apprezzabile; ne deriva un incremento di circa 8 ton/anno di CO<sub>2</sub> che però risulta ampiamente compensato dalle restanti iniziative valutate.

Lo scenario in termini di emissioni generate ed evitate su un orizzonte temporale di 20 anni di funzionamento dell'impianto e considerando le diverse date di attuazione ed entrata a regime delle azioni di riduzione e mitigazione proposte è rappresentato nella tabella alla pagina seguente.

Le emissioni di CO<sub>2</sub> sono ampiamente compensate dalle azioni previste già a partire dal secondo anno di esercizio dell'impianto (2024) e sull'orizzonte dei 20 anni i benefici cumulati sono pari a circa 30.000 ton.

Le emissioni di NO<sub>x</sub> vengono compensate a seguito dell'entrata a regime di tutte le azioni proposte a partire dall'anno di esercizio n.14 (2036) generando benefici cumulati a 20 anni pari a circa 17 ton.

Le emissioni di PM<sub>10</sub> vengono compensate solo parzialmente dalle azioni individuate per circa il 14% del totale; a tal proposito è ragionevole attendere nel tempo un graduale incremento della percentuale di diffusione di mezzi diesel Euro 6 che costituiranno la totalità del parco circolante a partire dal 2030 in avanti e pertanto è possibile prevedere un graduale azzeramento del contributo della voce b) delle emissioni generate dalla logistica indotta dall'impianto.

Inoltre si ritiene opportuno evidenziare che in termini di valori assoluti (Kg totali cumulati sui 20 anni) le emissioni di polveri costituiscono una parte residuale rispetto alla CO<sub>2</sub> (0,01%) e rispetto agli NO<sub>x</sub> (4,3%).



soluzioni per la sostenibilità e l'energia

Analisi cumulata		Emissioni dirette			Compensazioni/Mitigazioni		
ANNO	Descrizione (attività ed azioni riduzione/mitigazione)	NOx Kg/anno	PM10 Kg/anno	CO2 Kg/anno	NOx Kg/anno	PM10 Kg/anno	CO2 Kg/anno
2022	Cantiere realizzazione impianto	2.686	1.730	190.360	-	-	-
2023	Messa in esercizio (avvio biologia e produzione biometano) - azione 1	7.284	1.882	832.378	- 411	- 4	1.299
2024	Impianto a regime (liquefazione CO2) e CHP gas naturale – azioni 0, 2 e 3	15.204	2.140	3.753.841	- 4.719	- 33	- 4.429.510
2025		23.124	2.398	6.675.304	- 9.026	- 63	- 8.860.320
2026		31.044	2.656	9.596.767	- 13.333	- 92	- 13.291.130
2027	Completata riconversione parco automezzi AIMAG - azione 5	38.963	2.914	12.518.230	- 20.272	- 147	- 17.713.842
2028		46.883	3.173	15.439.693	- 27.210	- 202	- 22.136.554
2029	Fine incentivazione CHP biogas, installazione DENOx - azione 4	54.803	3.431	18.361.156	- 37.591	- 256	- 26.559.265
2030		62.723	3.689	21.282.619	- 47.971	- 311	- 30.981.977
2031		70.643	3.947	24.204.082	- 58.352	- 366	- 35.404.689
2032		78.562	4.205	27.125.545	- 68.733	- 420	- 39.827.401
2033		86.482	4.463	30.047.008	- 79.114	- 475	- 44.250.113
2034		94.402	4.721	32.968.471	- 89.495	- 529	- 48.672.825
2035		102.322	4.980	35.889.934	- 99.875	- 584	- 53.095.536
2036		110.242	5.238	38.811.397	- 110.256	- 639	- 57.518.248
2037		118.161	5.496	41.732.860	- 120.637	- 693	- 61.940.960
2038		126.081	5.754	44.654.323	- 131.018	- 748	- 66.363.672
2039		134.001	6.012	47.575.786	- 141.399	- 802	- 70.786.384
2040		141.921	6.270	50.497.249	- 151.779	- 857	- 75.209.096
2041		149.841	6.528	53.418.712	- 162.160	- 912	- 79.631.807
2042		157.760	6.787	56.340.175	- 172.541	- 966	- 84.054.519
<b>2043</b>		<b>165.680</b>	<b>7.045</b>	<b>59.261.638</b>	- <b>182.922</b>	- <b>1.021</b>	- <b>88.477.231</b>
					-110%	-14%	-149%



## 6) Commenti finali

Le analisi effettuate nell'ambito del presente studio hanno consentito di mettere in evidenza le risultanze in termini di impatti ambientali generati dall'iniziativa in oggetto sia da un punto di vista del "ciclo di vita" (approccio globale) considerando le emissioni indirette che squisitamente dal punto di vista delle emissioni dirette (approccio locale).

In termini di emissioni globali (dirette+indirette) è emerso che in termini di ciclo di vita la produzione di biometano da forsu risulta ampiamente a credito di emissioni di CO<sub>2</sub>eq e risulta classificabile come sostenibile secondo la *vision UE* ed i requisiti di incentivazione Nazionali (ovvero genera un ghg saving >65%).

Per quanto riguarda le emissioni dirette, il calcolo ha evidenziato gli impatti principali e consentito di individuare delle azioni di riduzione e mitigazione mirate, credibili e misurabili che consentiranno di neutralizzare gli impatti legati alle emissioni di CO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>.

In merito alle emissioni di PM<sub>10</sub> si evidenzia che le stesse sono state sovrastimate in via cautelativa, che le azioni individuate consentono comunque una mitigazione parziale degli impatti (15% circa) e che comunque in termini assoluti costituiscono un impatto marginale rispetto agli altri inquinanti considerati.

Infine si evidenzia che in entrambi gli scenari (emissioni globali/dirette) il contributo della fase di recupero della CO<sub>2</sub> del flusso di off-gas da upgrading del biogas costituisce un intervento significativo di mitigazione.

## 7) Firma e validità dello studio

Lo studio commissionato da AIMAG, il cui presente documento costituisce report di sintesi, è stato svolto secondo i principi metodologici caratteristici della modellazione LCA in particolare:

- ✓ Cautela: le ipotesi assunte per il calcolo e la stima delle emissioni ghg sia con approccio del ciclo di vita che per le sole emissioni dirette sono conservative ovvero tendono a sovrastimare gli impatti e sottostimare i benefici associati alle azioni di riduzione e mitigazione.
- ✓ Trasparenza: tutti i calcoli sono ripercorribili, verificabili ed i fattori di emissione assunti riferibili a inventari o database riconosciuti ed utilizzati.  
In particolare i file di riferimento contenenti i calcoli sono allegati al presente documento:
  - AIMAG\_Carpi\_bilancio ghg\_210618\_Rev.0
  - AIMAG\_Carpi\_analisi emissioni dirette\_210625 Rev\_02
- ✓ Rappresentatività e coerenza: ove possibile per le ipotesi di calcolo assunte si è effettuato un controllo di coerenza mediante benchmark con valori di riferimento con dati di letteratura o altri impianti già in esercizio anche sulla base dell'esperienza acquisita.

Brescia, il 08/07/2021

In fede

**Ing. Rizzinelli Davide**

Esperto in Gestione dell'Energia UNI-CEI 11339:2009  
Lead Auditor ISO 50001:2011 - UNI CEI 11352:2014  
CMVP - Certified Measurement & Verification Professional