



REGIONE BASILICATA

PROGETTO DI FATTIBILITÀ

**Realizzazione di un impianto di essiccazione
dei fanghi provenienti da impianti di
depurazione presso il Depuratore dell'area
industriale Baragiano**

RELAZIONE DI SOSTENIBILITÀ
DELL'OPERA

RUP:
Geom. Rocco D'Emilio
(Ente di Governo per i Rifiuti e le Risorse Idriche della Basilicata)

RESPONSABILE PROGETTO:
Ing. Davide Chiuch – CAP Holding S.p.A.

CONSULENZA TECNICO-SCIENTIFICA:
Prof. Francesco Fatone
(Università Politecnica delle Marche)
Prof. Salvatore Masi
(Università degli Studi della Basilicata)

F-R-220-05

OTTOBRE 2023

**REALIZZAZIONE DI UN POLO DI ESSICCAMENTO FANGHI
CIVILI PRESSO IL DEPURATORE DELL'AREA INDUSTRIALE
BARAGIANO**

Relazione di sostenibilità dell'opera

<i>Rev.</i>	<i>Data</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Redatto</i>	<i>Verificato</i>	<i>Approvato</i>
0	Dic 2021	PRIMA EMISSIONE	Fatone		
1	Ott 2023	PRIMA EMISSIONE	ETC		

Sommario

1. Premessa: rispetto del principio del Do Not Significant Harm (DNSH)	4
2. Criterio DNSH: Mitigazione cambiamenti climatici	8
3.1 Stato di fatto	9
3.2 Scenario di progetto	10
3.3 Confronto degli scenari	11
3. Criterio DNSH: Uso sostenibile dell'energia	13
4. Criterio DNSH: Economia circolare	15
5. Criterio DNSH: Prevenzione e riduzione dell'inquinamento	15
6. Criterio DNSH: Protezione e ripristino di biodiversità e degli ecosistemi - risparmio e uso del suolo	18
7. Criteri DNSH analizzati secondo valutazione del ciclo di vita dell'opera (LCA)	19
a. Goal and Scope Definition	20
b. Life Cycle Inventory Analysis (LCI)	20
c. Life Cycle Impact Assessment (LCIA)	21
d. Life Cycle Interpretation	22
8. Stima costi-benefici dell'opera	25

Lista delle Figure

Figura 1: Contesto Europeo trattamento fanghi	6
Figura 2: Valori di GWP	9
Figura 3: Confronto degli impatti ambientali scenario di progetto e stato di fatto	22
Figura 4: Confronto relativo dei differenti contributi agli impatti ambientali prodotti.	23
Figura 5: Dettaglio degli impatti per lo stato di fatto e lo scenario di progetto	24
Figura 6 Costi operativi (in blu) e benefici (in giallo) dello scenario di progetto	27

Lista delle Tabelle

Tabella 2: Trasporti nello stato di fatto per il trasporto dei fanghi verso le destinazioni di smaltimento/recupero	10
Tabella 3: Trasporti verso Baragiano negli scenari di progetto	10
Tabella 4: Trasporti verso conferimento finale dei fanghi essiccati negli scenari di progetto	11
Tabella 5: Confronto del carbon footprint.....	11
Tabella 1 Consumi energetici di progetto presso l'impianto di Baragiano Errore. Il segnalibro non è definito.	
Tabella 6 Consumo di energia termica di progetto presso l'impianto di Baragiano Errore. Il segnalibro non è definito.	
Tabella 2: Riduzione delle emissioni degli inquinanti prodotti per trasporto— ipotesi peggiore: trasporto fanghi tramite autobotte.....	16
Tabella 3: Riduzione delle emissioni degli inquinanti prodotti per trasporto— ipotesi fanghi conferiti al 25% TS	17
Tabella 6 Risparmio uso del suolo	19
Tabella 7: Inventario dello scenario di progetto – fase di trattamento presso il polo centralizzato di Baragiano.....	20
Tabella 8: Nomi dei processi reperiti nel database Ecoinvent.....	21
Tabella 9: Modellazione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili.	21
Tabella 10: Differenza percentuale degli impatti derivanti dallo scenario di progetto rispetto allo stato di fatto	22
Tabella 11 Ipotesi di base per la stima dei costi complessivi.....	25
Tabella 12 Costi di investimento.....	25
Tabella 13 Consumi specifici di chemicals, energia, personale	25
Tabella 14 Consumi annuali di chemicals, energia, personale	26
Tabella 15 Costi operative di chemicals, energia, personale.....	26
Tabella 16 Sintesi dell'analisi dei costi (LCC) e calcolo del PAY BACK PERIOD SEMPLICE	27

1. Premessa: rispetto del principio del Do Not Significant Harm (DNSH)

Il Dispositivo di Ripresa e Resilienza (Recovery and Resilience Facility, RRF) rappresenta lo strumento principale all'interno del piano finanziario straordinario Next Generation EU, approvato a luglio 2020 dal Consiglio Europeo al fine di attuare una rapida ripresa economica dopo la pandemia.

Uno degli obiettivi principali è sostenere investimenti legati alla transizione ecologica, coerentemente con l'Accordo di Parigi ed il Green Deal europeo, che consiste nella strategia europea volta a promuovere l'uso efficiente delle risorse, il ripristino della biodiversità e la riduzione dell'inquinamento. L'accesso ai finanziamenti del PNRR è, infatti, condizionato al rispetto del principio del **Do Not Significant Harm (DNSH)**, ossia non arrecare un danno significativo all'ambiente.

Per comprendere il significato di tale principio, occorre fare riferimento ad uno dei pilastri della legislazione europea, ovvero la tassonomia per la finanza sostenibile (Regolamento UE 2020/852), finalizzata a promuovere gli investimenti in progetti green e sostenibili.

Il Regolamento individua i criteri per determinare quando un'attività economica arreca un danno significativo:

1. **alla mitigazione dei cambiamenti climatici** se porta a significative emissioni di gas serra (GHG);
2. **all'adattamento ai cambiamenti climatici** se determina un maggiore impatto negativo del clima attuale e futuro, sull'attività stessa o sulle persone, sulla natura o sui beni;
3. **all'uso sostenibile o alla protezione delle risorse idriche e marine** se è dannosa per il buono stato dei corpi idrici (superficiali, sotterranei o marini) determinandone il loro deterioramento qualitativo o la riduzione del potenziale ecologico;
4. **all'economia circolare**, inclusa la prevenzione, il riutilizzo ed il riciclaggio dei rifiuti, se porta a significative inefficienze nell'utilizzo di materiali recuperati o riciclati, ad incrementi nell'uso diretto o indiretto di risorse naturali, all'incremento significativo di rifiuti, al loro incenerimento o smaltimento, causando danni ambientali significativi a lungo termine;
5. **alla prevenzione e riduzione dell'inquinamento** se determina un aumento delle emissioni di inquinanti nell'aria, nell'acqua o nel suolo;
6. **alla protezione e al ripristino di biodiversità e degli ecosistemi** se è dannosa per le buone condizioni e resilienza degli ecosistemi o per lo stato di conservazione degli habitat e delle specie, comprese quelle di interesse per l'Unione.

Secondo macro-requisiti per l'eco-sostenibilità un'attività economica può essere considerata eco-sostenibile se rispetta tre macro-requisiti:

- 1. Fornisce un contributo sostanziale al raggiungimento di uno, o più, dei 6 obiettivi ambientali europei rispettando o raggiungendo le soglie prestazionali denominate "criteri di vaglio tecnico"
- 2. Non arreca un danno significativo (DNSH: "Do No Significant Harm") agli altri obiettivi ambientali rispettando i requisiti e criteri definiti dalla Tassonomia stessa per ciascuna attività;
- 3. Rispetta le garanzie minime di salvaguardia in materia di diritti umani

I TRE MACRO-REQUISITI DA RISPETTARE DALLE ATTIVITA' ECONOMICHE PER ESSERE CONSIDERATE ECOSOSTENIBILI



A tale scopo vengono stabilite delle **soglie di prestazione** (denominate "**criteri di screening tecnico**") che devono essere rispettate dalle attività economiche che possono dare un contributo sostanziale ad uno dei sei obiettivi ambientali



Fonte: elaborazione Laboratorio REF Ricerche

Il servizio idrico integrato rientra nella Tassonomia Europea per diversi segmenti, come evidente in figura successiva.

ALIGNABLE ACTIVITIES FOR WATER OPERATORS (1/2)

ref.
ricerche

WATER ACTIVITIES	Environmental objectives	Revenues	Capex	Opex	
5.1. Construction, extension and operation of water collection, treatment and supply systems		X	X	X	
5.2. Renewal of water collection, treatment and supply systems			X	X	
5.3. Construction, extension and operation of waste water collection and treatment		X	X	X	
5.4. Renewal of waste water collection and treatment			X	X	Climate change mitigation
5.6. Anaerobic digestion of sewage sludge		X	X	X	Climate change adaptation
11.2. Desalination			X	X	Sustainable use and protection of water and marine resources
12.2 Phosphorus recovery from waste water		X	X	X	Circular economy
12.3 Production of alternative water resources		X	X	X	Pollution prevention
12.4 Sustainable urban drainage systems (SUDs)			X	X	Biodiversity protection

«EU TAXONOMY in water services: how to align with the new paradigm to finance «green» investments in the water

10/20

"Ensure sewage sludge is managed/used (e.g. incineration, anaerobic digestion, land application) according to relevant national/EU legislation" riguarda i fanghi di depurazione. D'altra parte, nel caso di territori come la regione Basilicata si potrebbe, in senso lato, considerare l'essiccamento centralizzato come facente parte della centralizzazione del trattamento delle acque reflue, essendo non fattibile centralizzazione più rilevante.

La presente relazione dimostra come le opere qui previste sono conformi e compatibili al principio DNSH. Esse non sono correlate, anche in maniera indiretta, a discariche, impianti di Trattamento Meccanico Biologico/Trattamento Meccanico (TMB, TBM, TM, STIR, ecc.), inceneritori o combustibili derivati da rifiuti.

La gestione sostenibile, “future-proof” in ottica di economia circolare e zero-pollution, dei fanghi di depurazione deve infatti compenetrare diversi aspetti: deve essere economicamente conveniente, sicura e socialmente accettabile e produrre ricadute positive o, almeno, non peggiorative sull’ambiente, rispetto a soluzioni alternative. Occorre una gestione efficace lungo l’intera filiera, che privilegi il recupero di materia o in alternativa di energia, minimizzi lo smaltimento in discarica e affidi un ruolo allo spandimento in agricoltura in funzione della qualità dei fanghi e delle caratteristiche del suolo, agendo secondo la minimizzazione del rischio ambientale e sanitario.

Le opere in progetto, come descritto nel quadro esigenziale, hanno tenuto in considerazione l’attuale scenario legislativo, non trascurando le evoluzioni e gli studi ad oggi disponibili come le pubblicazioni linkate sul portale europeo dedicato ai fanghi di depurazione https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/sewage-sludge_en o altre iniziative a cui anche gli scriventi (Università Politecnica delle Marche) hanno preso parte su invito (e.g. Meeting of ad-hoc expert group on chemicals: the chemical strategy for sustainability) o come leader di piattaforme come Water Europe.

Il contesto politico e strategico del nuovo Green Deal, inoltre, vede la gestione dei fanghi di depurazione interfacciarsi con diverse strategie, direttive ed iniziative europee come evidente nello schema qui di seguito (fonte: Commissione Europea)

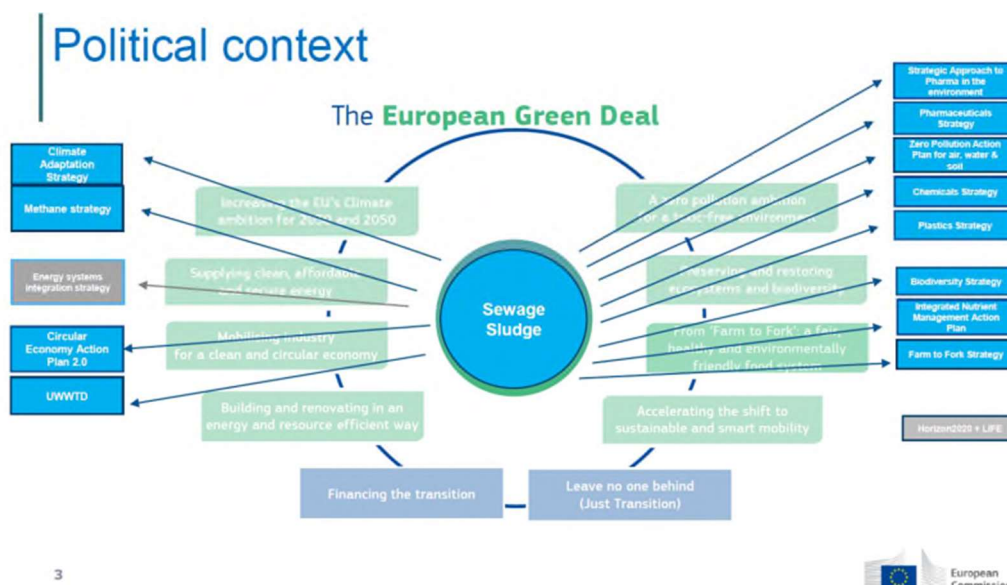


Figura 1: Contesto Europeo trattamento fanghi

Gli obiettivi alla base della progettazione, in accordo con quanto riportato nella call PNRR – M2C1.1.I1.1 – LINEA C (*Realizzazione di proposte volte all’ammodernamento (anche con ampliamento di impianti esistenti) e alla realizzazione di nuovi impianti innovativi di trattamento/riciclaggio per lo smaltimento di materiali assorbenti ad uso personale (pad), i fanghi di acque reflue, i rifiuti di pelletteria e i rifiuti tessili*), mirano alla riduzione del quantitativo dei fanghi finali prodotti e alla possibilità di conferimento degli stessi presso destinazioni alternative allo smaltimento in discarica, quali compostaggio, riutilizzo in agricoltura /o altri processi di recupero.

Avendo analizzato le alternative progettuali contestualmente allo scenario territoriale lucano, Il progetto in esame si propone di centralizzare la rimozione di umidità dai fanghi di depurazione tramite impianti di bioessiccamento, eventualmente integrati da disidratazione meccanica, che possano permettere il riutilizzo in agricoltura, o comunque diversi percorsi di economia circolare, evitando il costoso e non sostenibile trasporto di acqua associata a fanghi a basso contenuto in secco.

Si risponde pertanto alle esigenze regionali di trattamento di acque reflue urbane e fanghi di depurazione, secondo un approccio gestionale efficiente e sostenibile da un punto di vista tecnico, economico, ambientale e sociale.

Di seguito sono analizzati i criteri per considerare le attività proposte come ecosostenibili sono analizzate con metodi quantitativi in relazione a impronta di carbonio, consumi di energia, analisi del ciclo di vita, consumo di suolo.

2. Criterio DNSH: Mitigazione cambiamenti climatici

La metodologia utilizzata per il calcolo dell'impronta di carbonio nello stato di fatto e nei tre diversi scenari di progetto segue un approccio di tipo parametrico, che permette di quantificare le emissioni a partire dall'identificazione di dati medi annuali di attività, che caratterizzano le singole operazioni, e dalla definizione di fattori di emissione, che esprimono in modo specifico le emissioni di gas serra generate in rapporto alle quantità di riferimento. Tale approccio è in linea con quanto proposto da alcune rilevanti linee guida internazionali (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, versione 2006 e aggiornamento 2019), contestualizzando però il calcolo nell'ambito del servizio di depurazione e trattamento.

L'IPCC è un'organizzazione delle Nazioni Unite che ha sviluppato linee guida per la quantificazione delle emissioni antropogeniche dei gas serra su scala nazionale dalle diverse attività antropiche (IPCC, 2013). In base alla disponibilità dei dati sito-specifici, vengono delineati progressivi livelli di dettaglio, da applicare a ciascuno dei parametri di calcolo per la quantificazione delle emissioni. Oltre all'analisi delle linee guida internazionali, è stata condotta, ed è in continua fase di aggiornamento, un'approfondita analisi della letteratura tecnico-scientifica di settore, per individuare fattori emissivi specifici ed appropriati per il settore e selezionare quelli maggiormente adatti a descrivere le particolari condizioni caratteristiche delle singole attività o degli impianti.

Le tipologie di GHG che contribuiscono maggiormente all'emissione diretta e indiretta nel caso del servizio di depurazione, sono state individuate sulla base di un'attenta analisi della letteratura tecnico-scientifica di settore, applicata in modo specifico al servizio della depurazione.

Nel calcolo dell'impronta di carbonio, pertanto, sono stati presi in considerazione i contributi dovuti al metano, all'anidride carbonica e al protossido di azoto, in accordo con quanto riportato nelle linee guida dell'IPCC 2019.

Si evidenzia che le principali emissioni dirette di gas climalteranti sono causate dai processi di degradazione della sostanza organica, ad esempio durante il processo di essiccamento o durante lo stoccaggio dei fanghi prodotti. Le principali fonti di emissione e/o rimozione dirette si trovano, quindi, in corrispondenza dei compartimenti aerati, nelle eventuali unità di trattamento odori, nelle sezioni di convogliamento e combustione o nei siti di stoccaggio dei fanghi prodotti. Le categorie di emissione di tipo indiretto, invece, comprendono una più vasta gamma di attività e possono essere a loro volta dettagliate in funzione della loro origine o in base alla tipologia di impatti generati (es. consumo di energia o utilizzo di reagenti), comunque esterni rispetto ai confini operativi dell'organizzazione. Si specifica che le emissioni indirette vanno contabilizzate nel calcolo parametrico dell'impronta di carbonio degli impianti di depurazione, nella misura in cui esse siano riconducibili a scelte operative, gestionali o di esercizio riconducibili all'attività dell'organizzazione.

La metodologia di calcolo utilizzata è basata sul prodotto tra il "Dato attività", che quantifica il flusso specifico di ogni fonte emissiva, ed il corrispondente "Fattore di emissione". I dati quantificati di emissione sono stati poi convertiti in CO₂ equivalente sulla base dei fattori di Global Warming Potential (GWP), secondo quanto riportato nelle linee guida dell'IPCC del 2019 e sintetizzato nell'Equazione 1.

$$\text{Emissione di GHG} = \text{Dato attività} * EF * GWP \quad (Eq.1)$$

Dove:

- **Emissione di GHG:** è la quantificazione dei GHG emessi dall'attività, espressa in termini di tonnellate di CO₂ equivalente (ton CO₂e), nel periodo di riferimento;

- **Dato attività:** è la quantità, generata o utilizzata, che descrive l'attività e che può essere espressa in termini di energia (es.: J, MWh, ...), massa (es.: ton, kg, ...) o volume (es. m³, l, ...);

- **EF**: è il fattore di emissione che trasforma il dato di attività nella conseguente emissione di GHG, espresso come quantità del singolo gas climalterante emesso (CH₄, N₂O o CO₂) per unità di dato attività;
- **GWP** "Global Warming Potential", rappresenta il potere climalterante di ciascun gas serra considerato così come riportati in Figura 2.

Industrial designation or common name	Chemical formula	GWP values for 100-year time horizon		
		Second Assessment Report (SAR)	Fourth Assessment Report (AR4)	Fifth Assessment Report (AR5)
Carbon dioxide	CO ₂	1	1	1
Methane	CH ₄	21	25	28
Nitrous oxide	N ₂ O	310	298	265

Figura 2: Valori di GWP

Per poter valutare l'impatto ambientale in termini di impronta di carbonio (o Carbon Footprint CF) degli scenari di progetto realizzati e della situazione attuale, è necessario considerare un inquadramento territoriale più ampio rispetto ai confini dei singoli impianti. Gli impatti relativi a determinate strategie di gestione, infatti, possono essere correttamente valutati solo se si considera un approccio territoriale, che consideri sia le emissioni generate a monte per la produzione delle risorse necessarie, sia quelle a valle dovute al successivo smaltimento o trattamento dei solidi prodotti. L'impronta di carbonio deve comprendere e discriminare le diverse strategie di gestione, considerandone i consumi, le produzioni e i diversi requisiti correlati.

Si specifica che, per il calcolo delle emissioni derivanti dall'uso di combustibili fossili per la produzione dell'energia elettrica e termica acquistata ed utilizzata dall'organizzazione, il documento ISPRA 257/2017 "Fattori di emissione atmosferica di CO₂ e altri gas a effetto serra nel settore elettrico" fornisce il fattore emissivo in termini di tonnellate di CO₂ equivalente emesse per GWh. Si sottolinea che, nel caso di energia proveniente da fonti rinnovabili, i GWP associati sono considerati pari a zero, in accordo con quanto riportato nel documento "Fattori di emissione atmosferica di CO₂ e altri gas a effetto serra nel settore elettrico" (ISPRA, 2017). I fattori emissivi per il calcolo delle emissioni dovute al trasporto dei fanghi prodotti, fanno riferimento al rapporto SINANET, 2018 su "Fattori di emissione del trasporto su strada, rete del sistema informativo nazionale ambientale".

Per un confronto rappresentativo tra lo stato di fatto e quello di progetto, sono state considerate solamente le quantità di massa ed energia che subiscono una variazione tra i due scenari. Pertanto, il valore finale di Carbon Footprint utilizzato per il confronto è relativo solamente alle unità e alle attività che sono direttamente o indirettamente interessate nello scenario di progetto.

3.1 Stato di fatto

Nello stato di fatto, i fanghi prodotti vengono trattati nei singoli impianti e successivamente inviati alle rispettive destinazioni di recupero o smaltimento in discarica.

Prima di essere convogliati alle rispettive destinazioni finali, i fanghi prodotti vengono processati e stoccati in letti di essiccamento. Le emissioni dovute allo stoccaggio nei letti di essiccamento sono state calcolate pari a circa 775 tonCO₂e/anno. Si deve poi considerare come la produzione osservata molto bassa di fanghi di depurazione potrebbe verosimilmente essere legata ad una corrente pratica di lunghi accumuli in vasche e bacini presso gli impianti di trattamento. In tali situazioni i fanghi potrebbero raggiungere condizioni

anaerobiche ed emettere potenti gas climalteranti come il metano. Pertanto, le condizioni qui rappresentate, che non considerano queste emissioni attuali, sono del tutto cautelative.

I fanghi vengono successivamente inviati a recupero o smaltimento. Attualmente, i fanghi vengono conferiti principalmente alle destinazioni di recupero o di smaltimento in discarica, a distanze che variano tra i 90 e gli oltre 650 km.

Le attuali destinazioni di conferimento dei fanghi sono principalmente localizzate fuori Regione, principalmente in Calabria, Sicilia e Puglia, con spostamenti sia su gomma che su nave, nel caso dei conferimenti in Sicilia.

I dati sui trasporti attuali dei fanghi verso le rispettive destinazioni di conferimento sono schematizzati in Tabella 1. Si specifica che, per il calcolo dei viaggi annuali, è stata considerata una capacità media dei mezzi di trasporto pari a 30 tonnellate per ogni viaggio.

Tabella 1: Trasporti nello stato di fatto per il trasporto dei fanghi verso le destinazioni di smaltimento/recupero

Lotti	Distanza [km]	viaggi/anno	km/anno
LOTTO 1	419	12	5028
LOTTO 2	365	14	5110
LOTTO 3	383	8	3064
km/anno percorsi totali			13202
Emissioni trasporto fanghi [tonCO₂e/anno]			1
Emissioni specifiche trasporto fanghi [tonCO₂e/tonTS]			0.003

Considerando una distanza media di circa 400 km attualmente percorsa per raggiungere le rispettive destinazioni di conferimento, le emissioni, espresse in termini di tonnellate di CO₂ equivalente, dovute al trasporto dei fanghi, risultano essere pari a 1 tonCO₂e/anno, corrispondenti a circa 0.003 tonCO₂e/tonTS.

Le emissioni dovute ai processi di trattamento dei fanghi che avvengono nei rispettivi siti esterni di destinazione, principalmente presso impianti di recupero, sono state stimate pari a 136 tonCO₂e/anno.

3.2 Scenario di progetto

Il progetto, che prevede la realizzazione di un polo centralizzato di trattamento dei fanghi di depurazione delle acque reflue civili presso l'impianto di Baragiano, si inquadra anche nell'ottica di una migliore sostenibilità ambientale, sia dal punto di vista di una riduzione delle emissioni, sia nell'ottica di un risparmio di risorse primarie, tramite l'impiego dei fanghi come materia prima (seconda) per la produzione di compost o altro processo di recupero. Il processo di bioessiccamento, infatti, permette la produzione di fanghi con un ridotto contenuto di umidità (< 30%). Giova ricordare come il processo di bio-essiccamento abbia analogie con la prima fase termofila del processo di compostaggio.

Nello scenario di progetto, i quantitativi di fanghi prodotti dagli impianti dei diversi lotti vengono conferiti al polo di Baragiano, principalmente allo stato liquido (3% TS). Si ipotizza che i fanghi conferiti allo stato liquido non siano stati precedentemente stoccati nei letti di essiccamento, considerati dismessi nello scenario di progetto.

Le quantità e le emissioni relative al conferimento verso il polo centralizzato vengono di seguito schematizzate.

Tabella 2: Trasporti verso Baragiano negli scenari di progetto

Lotti	distanza [km]	viaggi/anno	km/anno
LOTTO 1	62	103	6386

LOTTO 2	70	120	8400
LOTTO 3	53	69	3657
km/anno percorsi			18443
Emissioni trasporto Baragiano [tonCO₂e/anno]			12
Emissioni specifiche trasporto Baragiano [tonCO₂e/tonTS]			0.05

I fanghi che giungono presso il polo allo stato liquido devono subire un pretrattamento di disidratazione meccanica tramite centrifuga, in modo tale da raggiungere un contenuto in secco compatibile con il processo di bioessiccamento.

Ipotizzando di utilizzare fonti rinnovabili di energia, le emissioni di gas serra dovute ai consumi elettrici della centrifuga e dell'essiccatore vengono azzerate, in accordo al documento ISPRA 257/2017 "Fattori di emissione atmosferica di CO₂ e altri gas a effetto serra nel settore elettrico".

Le emissioni relative ai consumi di gas naturale per ottenere l'energia termica necessaria al processo di bioessiccamento sono state calcolate pari a 58 tonCO₂e/anno, utilizzando i Fattori Emissivi proposti dal documento ISPRA 257/2017 "Fattori di emissione atmosferica di CO₂ e altri gas a effetto serra nel settore elettrico". Ipotizzando di utilizzare flussi di gas caldi di scarico come ulteriore scenario migliorativo, le emissioni per la produzione di energia termica verrebbero azzerate.

Il sistema di disidratazione e quello di trattamento dell'aria esausta da essiccamento necessitano dell'impiego di chemicals, in particolare di polielettrolita e di acido solforico. Sono state quindi calcolate le emissioni correlate alla produzione di tali chemicals, pari a 6 tonCO₂e/anno.

Alle emissioni per il conferimento dei fanghi verso il polo centralizzato di Baragiano, si devono aggiungere, per lo scenario di progetto, quelle relative al conferimento finale dei fanghi essiccati. Si specifica che, date le ridotte quantità prodotte attese, si è ipotizzato di poter inviare i fanghi prodotti presso un impianto di compostaggio in regione (a scopo di simulazione cautelativa, ad esempio, si è ipotizzato l'impianto di compostaggio di Venosa). Le successive distanze percorse, con le relative emissioni vengono di seguito riportate.

Tabella 3: Trasporti verso conferimento finale dei fanghi essiccati negli scenari di progetto

Fanghi essiccati [ton/y]	distanza [km]	viaggi/anno	km/anno	Emissioni trasporto fanghi essiccati [tonCO₂e/y]	Emissioni specifiche trasporto fanghi essiccati [tonCO₂e/y]
357	80	14	960	0.6	0.003

Si ipotizza che, una volta conferiti alla destinazione finale, i fanghi essiccati subiscano un ulteriore processo di compostaggio, se necessario, prima del loro riutilizzo in agricoltura. È stata quindi cautelativamente calcolata un'emissione dovuta al successivo processo di compostaggio, pari a 136 tonCO₂e/y.

3.3 Confronto degli scenari

Di seguito si esaminano i risultati ottenuti dal calcolo dell'impronta di carbonio relativa allo scenario di progetto, insieme a quella dello stato di fatto.

Tabella 4: Confronto del carbon footprint

	ATTUALE	PROGETTO
Trasporti a Baragiano	0	12
Trasporti a conferimento	0.6	0.6
Consumo energia termica	0	58

Consumo chemicals	0	6
Stoccaggio / letti di essiccamento	775	0
Processo a conferimento	136	136
Carbon footprint [tonCO₂e/anno]	911	213
Carbon footprint [tonCO₂e /tonTS]	3.64	0.85

Si evidenzia che, sia per quanto riguarda le emissioni assolute che quelle specifiche per tonnellate di solidi trattate, il carbon footprint relativo agli scenari di progetto risulta essere migliorativo rispetto a quello dello stato attuale. In termini di carbon footprint specifico, gli scenari di progetto prevedono una riduzione delle tonnellate di CO₂ equivalenti emesse per tonnellata di solidi trattati pari a 3.4 volte inferiori rispetto a quelle attuali.

3. Criterio DNSH: Uso sostenibile dell'energia

Gli impianti di trattamento delle acque reflue sono caratterizzati da elevati consumi energetici, i quali incidono per il 25-40% sui costi di gestione (De Bortoli et al., 2017; Panepinto et al., 2016). Per quanto riguarda il solo consumo di energia elettrica negli impianti di trattamento delle acque reflue, in Italia la stima è di circa 3.250 GWh/anno pari a l'1% dei consumi totali del paese (Foladori et al., 2015; Longo et al., 2016) per un numero pari a circa 16.000 impianti presenti sul territorio (Papa et al., 2017). Al fine di migliorare la sostenibilità ambientale degli impianti e contenere i costi di gestione, il tema dell'efficienza energetica negli impianti di depurazione è ad oggi cruciale (Gu et al., 2017). Anche nel settore dell'audit ed efficienza energetica degli impianti di depurazione, gli scriventi hanno comprovata esperienza internazionale, che ha portato al metodo standard europeo ENERWATER (CEN/TR 17614:2021 "Standard method for assessing and improving the energy efficiency of waste water treatment plants").

Le energie rinnovabili, che stanno sempre più rapidamente prendendo campo in Europa, sono forme di energia prodotte da risorse naturali, non esauribili e alternative rispetto alle fonti fossili, che al contrario non sono rinnovabili. La peculiarità delle energie rinnovabili è la capacità di produrre energia senza immettere in natura sostanze pericolose per l'uomo e per l'ambiente. Rispetto alle fonti di energia tradizionale presentano vantaggi importanti per quanto riguarda gli aspetti ambientali, economici e sanitari. Secondo l'Agenzia Europea per l'Ambiente, se l'innovazione in questo campo verrà sostenuta, questo settore potrebbe diventare un importante motore dell'economia europea, abbattendo le emissioni inquinanti e creando allo stesso tempo posti di lavoro. Il biogas è indicato dall'Unione Europea tra le fonti energetiche rinnovabili che possono assicurare non soltanto autonomia energetica, ma anche la graduale riduzione dell'attuale inquinamento ambientale e dell'effetto serra: in Italia è tra le fonti rinnovabili più utilizzate per la produzione di energia elettrica e termica.

Ad oggi l'energia elettrica da fonte rinnovabile in Italia rappresenta il 38,9% del fabbisogno. Dati confortanti che segnano il contributo delle fonti rinnovabili in aumento (+7,7% con 120,7 miliardi di kWh) anche a causa della fragilità del sistema energetico italiano che non dispone di sufficienti fonti fossili interne. Continua l'incremento della produzione fotovoltaica (+3,3%) e si registra un forte incremento sia della produzione idroelettrica rinnovabile (+10,9%) sia delle bioenergie (+9,6%). Si conferma il primato del gas naturale, con una quota del 54,5% della produzione termoelettrica.

Relativamente alla Regione Basilicata, la produzione netta di energia elettrica complessiva è di 2.805 GWh/anno di cui 2.450 GWh/anno da fonte rinnovabile, pari al 87,4% del totale. Il maggior contributo arriva dall'energia del vento 1.560 GWh/anno seguita dall'energia solare con 440 GWh/anno che ricoprono insieme circa il 81,6% della produzione totale di energia da fonti rinnovabili, la restante produzione è prodotta da impianti idroelettrici 267 GWh/anno (10,9%) e dalle bioenergie 184 GWh /anno (7,5%). In Basilicata, la crescita delle rinnovabili è stata inesorabile negli ultimi anni sia per la potenza installata che per la produzione di energia. Dal 2010 al 2016 si è passati da 0,5 GW a 1,4 GW di potenza installata da fonti rinnovabili, con un complessivo +210,7%. Il dato impressionante è quello del fotovoltaico (+878%) passando da circa 46 GWh/anno (49,7 MW) del 2010 ai 447 GWh/anno (364 MW) del 2016, a seguire l'eolico +243% sulla produzione e le bioenergie +21%. La maggior potenza da fonti rinnovabili installata è presente nella Provincia di Potenza con 1.029,7 MW complessivi, mentre Matera ha 404,9 MW. In termini di produzione di energia è sempre la Provincia di Potenza (1.800 GWh/anno) a fornire il maggior contributo da fonti rinnovabili, con eolico a giocare il ruolo da protagonista con 1.229 GWh/anno, seguito dall'energia idroelettrica con 269 GWh/anno, fotovoltaico 216 GWh/anno e bioenergie 86 GWh/anno. La Provincia di Matera invece ha 343 GWh/anno di produzione eolica, 231 GWh/anno di fotovoltaica e 110 GWh/anno di energia da bioenergie. Sono 81 i Comuni che possiedono sul proprio territorio un impianto a bioenergie per una potenza complessiva di 16,6 MW elettrici e 8 MW termici. Di questi, sono 16 quelli che ospitano impianti a biogas per una potenza di 5

MW elettrici. Sono 72 invece i Comuni che ospitano impianti a biomassa solida per una potenza complessiva di 2,4 MW elettrici e 8,0 MW termici.

Acquedotto Lucano ha già da tempo adottato una politica di utilizzo di energia rinnovabile, ad esempio gestendo n.4 impianti fotovoltaici (di circa 1 MW ciascuno di potenza), la cui energia prodotta è utilizzata in autoconsumo.

Nel progetto in questione presso l’Impianto di Baragiano, i consumi energetici sono riassunti di seguito (Tabella 5). Si specifica che, i consumi energetici della prima fase di un impianto di compostaggio sono pari a circa 40 kWh/ton (Brown et al., 2010). In tal senso, il bioessiccamento riduce il quantitativo umido del fango fino a un tenore in secco compreso tra il 60% e l’80%. Pertanto, nello scenario di progetto si ha un risparmio energetico durante la fase di compostaggio, dovuto al minor contenuto di acqua nei fanghi da trattare.

Inoltre, si ipotizza che per soddisfare i fabbisogni elettrici dell’impianto venga utilizzata energia proveniente da fonti rinnovabili, vista la capacità da parte degli impianti nelle vicinanze di provvedere a tale richiesta.

Tabella 5 Consumi energetici di progetto presso l’impianto di Baragiano

DISIDRATAZIONE MECCANICA		
• Consumo di elettricità da fonti rinnovabili	30	MWhe/anno
BIO-ESSICCAMENTO		
• Consumo di elettricità da fonti rinnovabili	35	MWhe/anno
• Consumo di elettricità per trattamento aria da fonti rinnovabili	31	MWhe/anno
FASE DI COMPOSTAGGIO		
• Risparmio di energia	-26	MWh/anno
TOTALE UTILIZZO FONTI RINNOVABILI	96	MWh/anno
TOTALE UTILIZZO FONTI FOSSILI	-26	MWh/anno

Per quanto riguarda i consumi termici necessari per il riscaldamento dell’essiccatore, è al vaglio del gestore l’ipotesi di utilizzo di fonti di calore residue, ad esempio dall’adiacente centro oli. Pertanto al momento si riporta uno scenario di domanda ed auspicabile disponibilità. Ulteriori approfondimenti saranno condotti nelle successive fasi di progettazione.

Tabella 6 Consumo di energia termica di progetto presso l’impianto di Baragiano

BIO-ESSICCAMENTO		
• Energia termica richiesta	280	MWht/anno
• Recupero flussi di scarto (ipotesi da studiare e verificare)	-280	MWht/anno

4. Criterio DNSH: Economia circolare

Gli scriventi hanno ampia esperienza di percorsi di economia circolare nel servizio di depurazione e gestione fanghi, avendo coordinato l'azione di innovazione Horizon2020 SMART-Plant (www.smart-plant.eu). Questa, finanziata dalla Commissione europea, mirava a valorizzare e trasformare gli impianti di depurazione esistenti in vere e proprie bio-raffinerie capaci di recuperare, dalle acque reflue, materiali di valore economico come, ad esempio, cellulosa, fosforo, fertilizzanti, metano e bioplastiche. In questi percorsi è sempre centrale la massima sicurezza ambientale e sanitaria.

Una delle tecnologie dimostrate nel progetto riguardava proprio il bioessiccamento ed il compostaggio dinamico (<https://www.smart-plant.eu/index.php/manresa-b>) ed ha dimostrato la possibilità di recuperare biofertilizzanti di elevata qualità da fanghi di depurazione.

Giova inoltre ricordare che il processo di essiccamento è integrato anche ad altri percorsi di recupero sostenibile di materia, ad esempio del fosforo.

Infine, il polo di Baragiano permetterà di rendere più sicuro, in caso di riutilizzo finale in agricoltura dopo compostaggio.

5. Criterio DNSH: Prevenzione e riduzione dell'inquinamento

I principali impatti previsti nello scenario di progetto riguardano le emissioni di inquinanti in atmosfera, a causa del traffico indotto dal trasporto dei fanghi verso il polo di Baragiano. Non è poi da trascurarsi l'impatto odorigeno ed i benefici che derivano da una migliore tracciabilità e gestione di un impianto centralizzato rispetto a decine di impianti e siti piccoli e decentralizzati, che ad esempio utilizzano diffusamente lunghi accumuli in vasca e letti di essiccamento.

Il traffico su ruota per il trasporto dei fanghi causa, infatti, l'emissione di composti inquinanti, quali biossido di zolfo SO₂, ossidi di azoto NO_x, composti organici volatili VOC e particolato PM_{2.5}. Tali composti incidono sulla salute umana (per esempio provocano problemi respiratori e cardiocircolatori), provocano danni alla vegetazione, al suolo e all'agricoltura, nonché ai materiali e agli edifici. I potenziali danni riconducibili alle emissioni di tali inquinanti sono stati stimati in termini economici da HEATCO, 2006 (Tabella 7).

Tabella 7: Danni riconducibili alle emissioni di inquinanti emessi da trasporto

Tabella 2 - Costo esterno dell'inquinamento atmosferico per tonnellata emessa (€ 2002 al costo dei fattori, aggiustati secondo la parità di potere d'acquisto)⁷

Inquinante	Emissioni a livello del suolo*		Emissioni per la produzione di elettricità**	
	Emissioni in zona extra-urbana	Emissioni in zona urbana	Emissioni in zona extra-urbana	Emissioni in zona urbana
SO ₂	3.500	3.500	1.700	1.700
NO _x	3.200	3.200	3.000	3.000
VOC	1.600	1.600	1.600	1.600
PM _{2.5}	71.000	390.000	-	-
PM ₁₀	-	-	7.000	10.000

(*) Applicabile alle emissioni da trasporto stradale, ferroviario (a trazione diesel), marittimo e aereo (nelle fasi di taxi in / out, decollo e atterraggio).

(**) Applicabile alla produzione di energia utilizzata per il trasporto ferroviario a trazione elettrica (per la quota di energia termoelettrica).

Fonte: HEATCO, D5 Proposal for harmonized Guidelines, Bruxelles, Febbraio 2006.

Per valutare tali impatti, sono state calcolate le quantità annuali emesse di zolfo SO₂, ossidi di azoto NO_x, composti organici volatili VOC e particolato PM_{2.5} per il trasporto dei fanghi, sia nello stato di fatto che nello scenario di progetto.

Nello stato attuale, i fanghi vengono trasportati verso le rispettive destinazioni di smaltimento, principalmente localizzate fuori regione, percorrendo distanze che variano da 90 a oltre 650 km, anche via nave, dato che alcuni dei siti di conferimento si trovano in Sicilia.

Nello scenario di progetto è stata prevista la possibilità di eliminare umidità dai fanghi durante tutto l'anno, potendo così programmare trattamento e smaltimento, anche quando i letti di essiccamento non sono tecnicamente ben funzionali. Si prevede dunque di trasportare quantità di fanghi al polo di Baragiano tramite autobotte, oppure di utilizzare impianti di disidratazione mobili (presso i siti di produzione) prima del trasporto su cassone presso l'impianto di Baragiano. L'efficienza della tecnologia dei letti di essiccamento, infatti, è strettamente dipendente da numerosi fattori, quali i tempi di stoccaggio, le condizioni ambientali e le estensioni a disposizione. Per sopperire ad eventuali inefficienze, quindi, nello scenario di progetto si è predisposta un'unità di disidratazione a Baragiano, ipotizzando che un'aliquota dei fanghi venga conferita in sito allo stato liquido, così da evitare anche le pratiche di lunghi accumuli e raggiungimento di condizioni anaerobiche. Tale ipotesi, molto cautelativa e di maggior flessibilità e sicurezza, potrebbe comportare un possibile incremento dei quantitativi umidi e, di conseguenza, dei viaggi necessari per il trasporto verso il polo di Baragiano. Inoltre, nello scenario di progetto sono stati considerati anche i trasporti dovuti al conferimento finale dei fanghi essiccati verso la destinazione di recupero prevista. Pertanto, lo scenario qui considerato è di massima cautela.

Dal confronto dei risultati, si evidenzia un incremento previsionale del 73% delle emissioni di biossido di zolfo SO₂, ossidi di azoto NO_x, composti organici volatili VOC e particolato PM_{2.5}, come riportato in Tabella 8.

Tabella 8: Riduzione delle emissioni degli inquinanti prodotti per trasporto— ipotesi peggiore: trasporto fanghi tramite autobotte

	Km	SO ₂ [ton/anno]	NO _x [ton/anno]	VOC [ton/anno]	PM _{2.5} [ton/anno]
STATO DI FATTO	13202	0.000043	0.056735	0.002470	0.001897
PROGETTO	19403	0.000063	0.083383	0.003630	0.002788
INCREMENTO	6201	0.000020	0.026648	0.001160	0.000891
INCREMENTO (%)	47%	47%	47%	47%	47%

Per mitigare gli impatti dovuti alla produzione di polveri si considera di procedere bagnando le aree sottoposte a scavo e movimentazione terra al fine di ridurre le emissioni. Il materiale di risulta da scavi verrà allontanato appena possibile evitando la formazione di cumuli che portano alla emissione di polveri. La recinzione temporaneamente integrata con teli svolgerà la funzione di protezione antipolvere e sistemi di irrigazione a pioggia eviteranno la propagazione delle polveri agli ambienti esterni al cantiere. La viabilità interna verrà sottoposta a pulizia giornaliera mediante bagnatura e spazzolatura con idonee macchine. Tutti i mezzi di cantiere dediti al trasporto saranno muniti di teli protettivi per evitare la dispersione di materiale e la conseguente propagazione di polveri.

Un impatto di minore importanza è quello dovuto alle emissioni gassose dovute ai mezzi di cantiere. In questo caso la gamma di specie inquinanti emesse è più vasta e comprende oltre alle polveri tutti i tipici inquinanti dei prodotti di combustione. Per minimizzare i disagi dovuti alla presenza del cantiere verranno scelti opportunamente i siti di scarica in modo tale da contenere i percorsi degli stessi.

È quindi possibile concludere che durante la fase di cantiere gli interventi in progetto causeranno un temporaneo incremento di emissioni di polveri e sostanze inquinanti solo in corrispondenza dell'area direttamente interessata dalle lavorazioni, con ripristino delle condizioni ambientali al termine del cantiere.

Per quanto riguarda l'incremento atteso delle emissioni inquinanti dovute all'aumento dei trasporti dei fanghi verso il sito di Baragiano, si specifica che esso è principalmente causato dall'ipotesi di dover trasportare fanghi a concentrazione di secco molto bassa. L'utilizzo diffuso di centrifughe mobili, invece, minimizzerebbe trasporti ed impatti come di seguito quantificato.

Ipotizzando di poter conferire al polo di Baragiano i fanghi di depurazione già disidratati meccanicamente, con un contenuto di secco del 25% TS, infatti, i trasporti si ridurrebbero, così come le emissioni, del 76% rispetto allo scenario attuale, come mostrato in Tabella 9.

Tabella 9: Riduzione delle emissioni degli inquinanti prodotti per trasporto— ipotesi fanghi conferiti al 25% TS

SCENARIO	Km	SO ₂ [ton/anno]	NO _x [ton/anno]	VOC [ton/anno]	PM _{2.5} [ton/anno]
STATO DI FATTO	13202	0.000043	0.056735	0.002470	0.001897
PROGETTO al 25%TS	3108	0.00001	0.01336	0.00058	0.00045
RIDUZIONE	-10094	-0.00003	-0.04338	-0.00189	-0.00145
RIDUZIONE (%)	76%	76%	76%	76%	76%

D'altra parte, specialmente con riferimento all'impatto odorigeno, la centralizzazione del trattamento di bio-essiccamento in un impianto confinato, ben determinato e monitorabile per le unità di abbattimento di composti odorigeni, potrà potenzialmente minimizzare il rischio di inquinamento odorigeno

Il migliore monitoraggio e tracciabilità legati infine a soluzioni centralizzate ragionevolmente diminuiscono il rischio di inquinamento legato alla filiera successiva di valorizzazione fanghi, ad esempio in agricoltura.

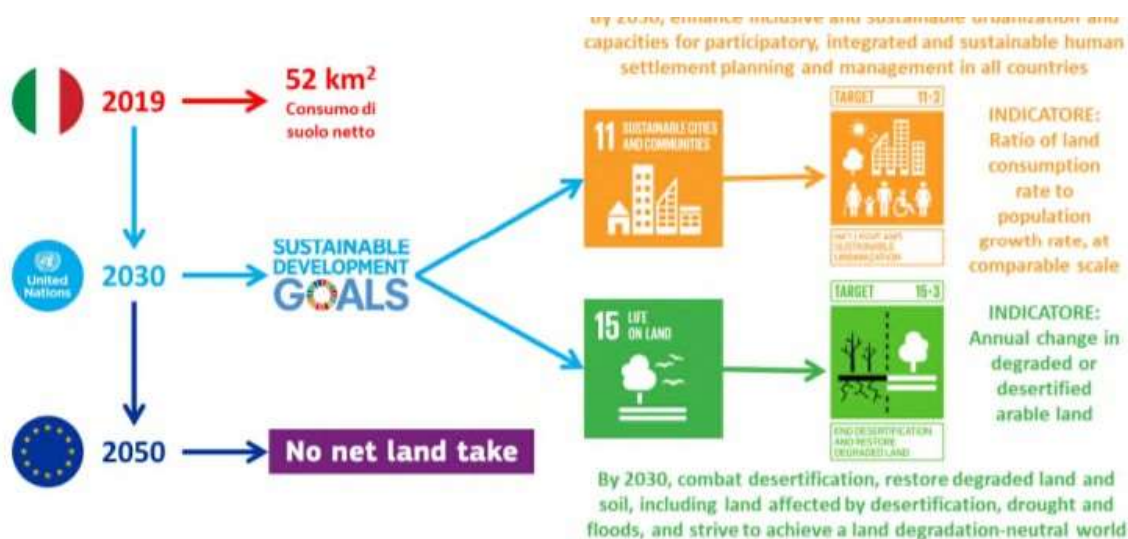
6. Criterio DNSH: Protezione e ripristino di biodiversità e degli ecosistemi - risparmio e uso del suolo

Il consumo di suolo è un fenomeno associato alla perdita di una risorsa ambientale fondamentale, dovuta all'occupazione di superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale. Il fenomeno si riferisce a un incremento della copertura artificiale di terreno, legato alle dinamiche insediative e infrastrutturali. Il rallentamento progressivo dovuto alla crisi economica è sicuramente non sufficiente e, almeno in alcune zone del Paese, sembra essersi fermato o aver invertito la tendenza, confermando la mancanza del disaccoppiamento tra la crescita economica e la trasformazione del suolo naturale in assenza di interventi strutturali e di un quadro di indirizzo omogeneo a livello nazionale.

Un consistente contenimento del consumo di suolo è la premessa per garantire una ripresa sostenibile dei nostri territori attraverso la promozione del capitale naturale e del paesaggio, l'edilizia di qualità, la riqualificazione e la rigenerazione urbana, oltre al riuso delle aree contaminate o dismesse.

Il consumo di suolo è un processo prevalentemente dovuto alla costruzione di nuovi edifici, fabbricati e insediamenti, all'espansione delle città, alla densificazione o alla conversione di terreno entro un'area urbana, all'infrastrutturazione del territorio. Il consumo di suolo è, quindi, definito come una variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) a una copertura artificiale del suolo (suolo consumato). Per copertura del suolo (Land Cover) si intende la copertura biofisica della superficie terrestre, comprese le superfici artificiali, le zone agricole, i boschi e le foreste, le aree seminaturali, le zone umide, i corpi idrici, come definita dalla direttiva 2007/2/CE.

L'Europa e le Nazioni Unite ci richiamano alla tutela del suolo, del patrimonio ambientale, del paesaggio, al riconoscimento del valore del capitale naturale e ci chiedono di azzerare il consumo di suolo netto entro il 2050 (Parlamento Europeo e Consiglio, 2013), di allinearli alla crescita demografica e di non aumentare il degrado del territorio entro il 2030 (UN, 2015). Tali obiettivi sono fondamentali per l'Italia, alla luce delle particolari condizioni di fragilità e di criticità del nostro territorio, rendendo urgente la definizione e l'attuazione di politiche, norme e azioni di radicale contenimento del consumo di suolo e la revisione delle previsioni degli strumenti urbanistici esistenti, spesso sovradimensionate rispetto alla domanda reale e alla capacità di carico dei territori.



La direttiva 2007/2/CE definisce l'uso del suolo come una classificazione del territorio in base alla dimensione funzionale o alla destinazione socioeconomica presenti e programmate per il futuro (ad esempio: residenziale, industriale, commerciale, agricolo, silvicolo, ricreativo).

Raccogliendo tali indicazioni, nel 2015, l'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite (UN, 2015), definiva gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (Sustainable Development Goals - SDGs) e indicava, tra gli altri, alcuni target di particolare interesse per il territorio e per il suolo, da integrare nei programmi nazionali a breve e medio termine e da raggiungere entro il 2030: - assicurare che il consumo di suolo non superi la crescita demografica; - assicurare l'accesso universale a spazi verdi e spazi pubblici sicuri, inclusivi e accessibili; - raggiungere un land degradation neutral world, quale elemento essenziale per mantenere le funzioni e i servizi ecosistemici. Con la sottoscrizione dell'Agenda, tutti i paesi compresa l'Italia hanno accettato di partecipare ad un processo di monitoraggio di questi obiettivi gestito dalla Commissione Statistica delle Nazioni Unite, attraverso un sistema di indicatori, tra cui alcuni specifici sul consumo di suolo, sull'uso del suolo, sulle aree artificiali, sulla percentuale del territorio soggetto a fenomeni di degrado. A livello nazionale lo strumento per la messa a sistema dell'attuazione dell'Agenda 2030 è rappresentato dalla Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile (SNSvS), presentata al Consiglio dei Ministri a ottobre 2017 (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2017) e approvata dal CIPE a dicembre dello stesso anno. La SNSvS 2017-2030 si configura, anche alla luce dei cambiamenti intervenuti a seguito della crisi economico-finanziaria degli ultimi anni, come lo strumento principale per la creazione di un nuovo modello economico circolare, a basse emissioni di CO₂, resiliente ai cambiamenti climatici e agli altri cambiamenti globali causa di crisi locali, come, ad esempio, la perdita di biodiversità, la modificazione dei cicli biogeochimici fondamentali (carbonio, azoto, fosforo) e i cambiamenti nell'utilizzo del suolo. Al fine di garantire la gestione sostenibile delle risorse naturali (scelta II) "Arrestare il consumo del suolo e la desertificazione" è stato individuato come uno degli obiettivi strategici (obiettivo II.2) che, quindi, potrebbe essere anticipato al 2030.

Nello scenario di progetto, con la dismissione dei letti di essiccamento, si può recuperare un'area di terreno altrimenti destinata all'accumulo e alla disidratazione naturale dei fanghi di depurazione. Tale trattamento, infatti, sebbene sia caratterizzato da ridotti consumi energetici, implica un notevole impatto in termini di impronta superficiale. Stimando che gli impianti sprovvisti di disidratazione meccanica abbiano letti di essiccamento, si stima che il risparmio massimo di suolo è pari a circa 39'656 m².

Tabella 10 Risparmio uso del suolo

POPOLAZIONE SERVITA DI PROGETTO (Lotti 1,2,3)	AE	172'418
Occupazione specifica letti di essiccamento (Metcalf&Eddy)	m ² /AE	0.23
Area risparmiata massima (dismissione letti essiccamento)	m ²	39'656

7. Criteri DNSH analizzati secondo valutazione del ciclo di vita dell'opera (LCA)

LCA è l'acronimo di Life Cycle Assessment (Analisi del Ciclo di Vita) ed è uno strumento per valutare i possibili impatti ambientali di un prodotto, di un'attività o di un processo lungo tutte le fasi del ciclo di vita ovvero "dalla culla alla tomba (from cradle to grave)". Tale valutazione viene effettuata attraverso la quantificazione degli input (risorse come acqua, energia e materie prime) e degli output (emissioni nell'ambiente esempio in aria, acqua e nel suolo). La struttura di LCA è sintetizzabile in 4 step successivi, come prospettato da ISO 14040-44:

1. Definizione di scopi e obiettivi: fase di pianificazione dello studio. Si definiscono obiettivo, unità funzionale, confini del sistema, dati necessari (categoria e qualità), assunzioni e limiti;

2. Analisi di inventario: è la fase più importante. Si definiscono i flussi di input e output costruendo un modello rappresentativo del sistema e una tabella di inventario con tutti i dati raccolti su cui si basa la fase successiva;
3. Valutazione degli impatti: vengono determinati i potenziali impatti ambientali collegando l'inventario a categorie di danno tramite specifiche metodologie di calcolo;
4. Interpretazione dei risultati: ha lo scopo di identificare i cambiamenti necessari a ridurre l'impatto ambientale dei processi.

Ogni analisi LCA viene costruita in modo diverso sulla base del processo oggetto dello studio, tendenzialmente i dati necessari includono le quantità di materia utilizzata e trasportata, il tipo di trasporto effettuato, la provenienza, la quantità e la fonte dell'energia consumata, la presenza di rifiuti e il loro destino. Partendo da queste informazioni è poi possibile associare e ricavare gli impatti ambientali, che rientrano in diverse categorie (ad esempio: riscaldamento globale, eutrofizzazione, ecotossicità, acidificazione). Gli impatti possono essere valutati a livello:

- Midpoint = si considerano gli effetti ambientali (es. piogge acide, eutrofizzazione, riscaldamento globale...)
- Endpoint = si considerano le conseguenze degli effetti ambientali (es. riduzione di biodiversità, longevità dell'essere umano...)

a. Goal and Scope Definition

L'obiettivo di questo studio è confrontare lo stato di fatto e lo scenario di progetto per evidenziare e valutare i benefici ambientali ottenibili con la centralizzazione del trattamento dei fanghi di depurazione delle acque reflue civili presso l'impianto di Baragiano.

Nel caso in questione, in linea con le scelte adottate per il calcolo dell'impronta di carbonio, l'unità funzionale scelta per il LCA comparativo è pari ad una tonnellata di fango da trattare.

Gli scenari analizzati comprendono:

A) per lo stato di fatto:

- la disidratazione dei fanghi liquidi prodotti, tramite letti di essiccamento e il successivo trasporto presso le differenti sedi di smaltimento e/o recupero.

B) per lo stato di progetto:

- Il trasporto dei fanghi prodotti presso il polo centralizzato di Baragiano, il trattamento (disidratazione tramite centrifuga e bioessiccamento) e, se necessario, il successivo trasporto presso un impianto di recupero/compostaggio, sito nelle vicinanze.

b. Life Cycle Inventory Analysis (LCI)

Una volta definiti gli obiettivi e il campo di applicazione, è stato necessario evidenziare e quantificare i flussi di input e output del sistema studiato. Tali flussi includono il consumo di risorse in termini di materie prime ed energia, nonché i rilasci in termini di emissioni in aria, acqua e suolo associati al sistema. Eventuali informazioni mancanti sono state dedotte da letteratura tecnico-scientifica e consolidate anche dati quali Ecoinvent, versione 3.6. In Tabella 11 sono riportati gli input e output considerati nello scenario di progetto, mentre in Tabella 12 i processi considerati per le diverse attività di produzione ricavati dal database Ecoinvent. Per i trasporti sono state assunte le distanze riportate in Tabella 1 per lo stato di fatto e in Tabella 2 per lo scenario di progetto.

Tabella 11: Inventario dello scenario di progetto – fase di trattamento presso il polo centralizzato di Baragiano

	Flusso	u.m.	centrifuga	bioessiccamento	Trattamento aria
INPUT	fanghi tal quali	ton/anno	8779	1001	-

	energia elettrica	MWh/anno	29.94	35.04	30.80
	energia termica	MWh/anno	-	280.28	-
	polielettrolita	ton/anno	2.63	-	-
	Aria da trattare	m3/anno	-	-	33'633'600
	H2SO4 al 30%	kg/anno	-	-	16548
OUTPUT	fanghi tal quali	ton/anno	1001	358	-
	Aria Trattata	m3/anno	-	-	33'633'600

Tabella 12: Nomi dei processi reperiti nel database Ecoinvent

INPUT	DATABASE
energia termica	heat and power co-generation, biogas, gas engine [IT]
polielettrolita	Market for acrylonitrile [RER]
H2SO4 al 30%	market for sulfuric acid [RER]
Trasporti	transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4

Nello scenario di progetto si ipotizza l'utilizzo di energia elettrica da fonti rinnovabili, così come assunto per il capitolo 2. Utilizzando i dati di ARERA sulla produzione lorda di energia elettrica per l'anno 2020, il mix italiano rinnovabile è stato modellato secondo la Tabella 13.

Tabella 13: Modellazione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili.

Contributo percentuale	Fonte Rinnovabile	Processo dal DATABASE
40.21%	Idroelettrico	electricity production, hydro, reservoir, alpine region [IT]
16.11%	Eolico	electricity production, wind, 1-3MW turbine, onshore [IT]
21.49%	Fotovoltaico	60% electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted [IT] 40% electricity production, photovoltaic, 570kWp open ground installation, multi-Si [IT]
5.19%	Geotermico	electricity production, deep geothermal [IT]
16.99%	Da biomasse	heat and power co-generation, biogas, gas engine [IT]

c. Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

Le fasi principali per la valutazione degli impatti ambientali associati alle attività identificate nell'inventario sono:

1. Classificazione degli impatti: scelta delle categorie di impatto ambientale in cui clusterizzare i potenziali impatti (emissioni, consumi di materie prime, energia e acqua);
2. Caratterizzazione degli impatti: quantificazione mediante formule standardizzate dell'impact score (punteggio d'impatto) di ogni categoria di impatto che permette di ottenere il profilo ambientale (caratterizzato da punteggi di impatto ambientale per ogni categoria) del processo considerato.

La metodologia di calcolo degli impatti utilizzata in questo lavoro è Recipe 2008 H Midpoint, di cui si analizzano le seguenti categorie di impatto:

- climate change (CC) - kg CO2-Eq
- fossil fuel depletion (FD) - kg oil-Eq
- freshwater ecotoxicity (FET) - kg 1,4-DCB-Eq
- freshwater eutrophication (FE) - kg P-Eq

- human toxicity (HT) - kg 1,4-DCB-Eq
- ionising radiation (IR) - kg U235-Eq
- marine ecotoxicity (MET) - kg 1,4-DB-Eq
- marine eutrophication (ME) - kg N-Eq
- mineral resource depletion (MRD) - kg Fe-Eq
- ozone depletion (OD) - kg CFC-11-Eq
- particulate matter formation (PMF) - kg PM10-Eq
- photochemical oxidant formation (POF) - kg NMVOC-Eq
- terrestrial acidification (TA) - kg SO2-Eq
- terrestrial ecotoxicity (TET) - kg 1,4-DCB-Eq

d. Life Cycle Interpretation

L'interpretazione del ciclo di vita è una fase sistematica di identificazione, quantificazione, controllo e valutazione dei risultati delle fasi precedenti.

Il futuro utilizzo di energia elettrica prodotta esclusivamente da fonti rinnovabili permetterebbe di ridurre gli impatti ambientali del 9% in termini di tossicità umana e del 59% in termini di eutrofizzazione delle acque superficiali. L'impiego di calore proveniente dalla cogenerazione di fonti biogeniche, allo stesso modo, ridurrebbe del 16% l'inquinamento atmosferico e del 88% il consumo di fonti fossili.

Inoltre, sebbene alcune categorie d'impatto risultino peggiorative, lo scenario di progetto permetterà di ridurre del 99% il global warming potential, del 74% in consumo di fonti fossili, del 80% le radiazioni ionizzanti e del 55% l'acidificazione del suolo, principalmente dovuti alla dismissione dei letti di essiccamento (Figura 3 e Tabella 14).

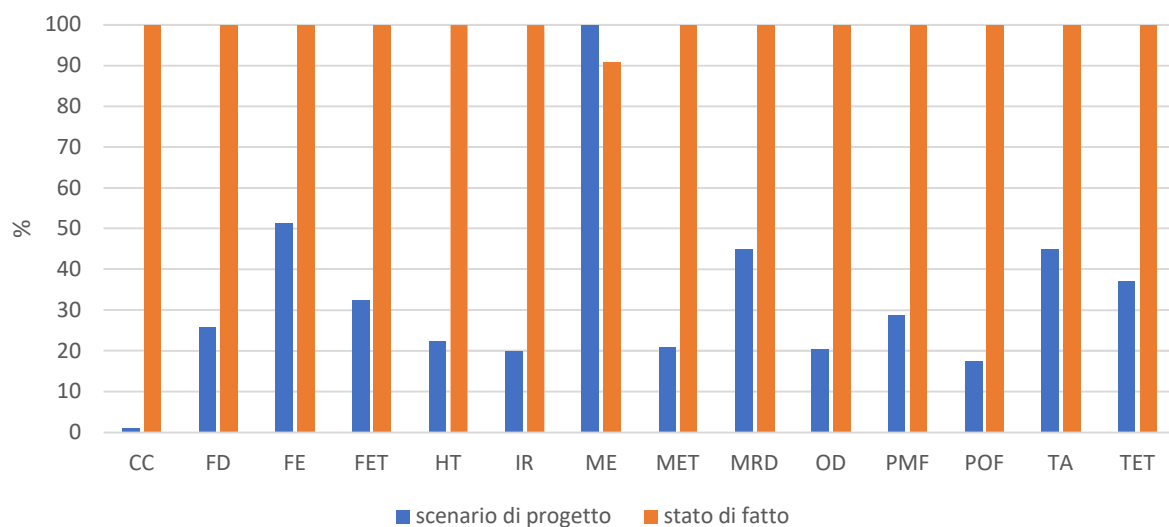


Figura 3: Confronto degli impatti ambientali scenario di progetto e stato di fatto

Tabella 14: Differenza percentuale degli impatti derivanti dallo scenario di progetto rispetto allo stato di fatto.

climate change	CC	-99%
fossil fuel depletion	FD	-74%
freshwater eutrophication	FE	-49%
freshwater ecotoxicity	FET	-68%
human toxicity	HT	-77%
ionising radiation	IR	-80%
marine eutrophication	ME	10%

marine ecotoxicity	MET	-79%
mineral resource depletion	MRD	-55%
ozone depletion	OD	-80%
particulate matter formation	PMF	-71%
photochemical oxidant formation	POF	-82%
terrestrial acidification	TA	-55%
terrestrial ecotoxicity	TET	-63%

La Figura 4 mostra come varia la differenza percentuale “relativa” dello scenario di progetto rispetto allo stato di fatto per ogni categoria d’impatto per ogni attività di produzione (trasporti, chemicals, energia). In tutte le categorie, quello dovuto al trasporto dei fanghi per lo smaltimento mostra una riduzione variabile tra il 50% e l’85% (in azzurro). D’altra parte, il trasporto complessivo (verso il polo e poi a smaltimento) subisce un decremento variabile tra il 30 e il 50%.

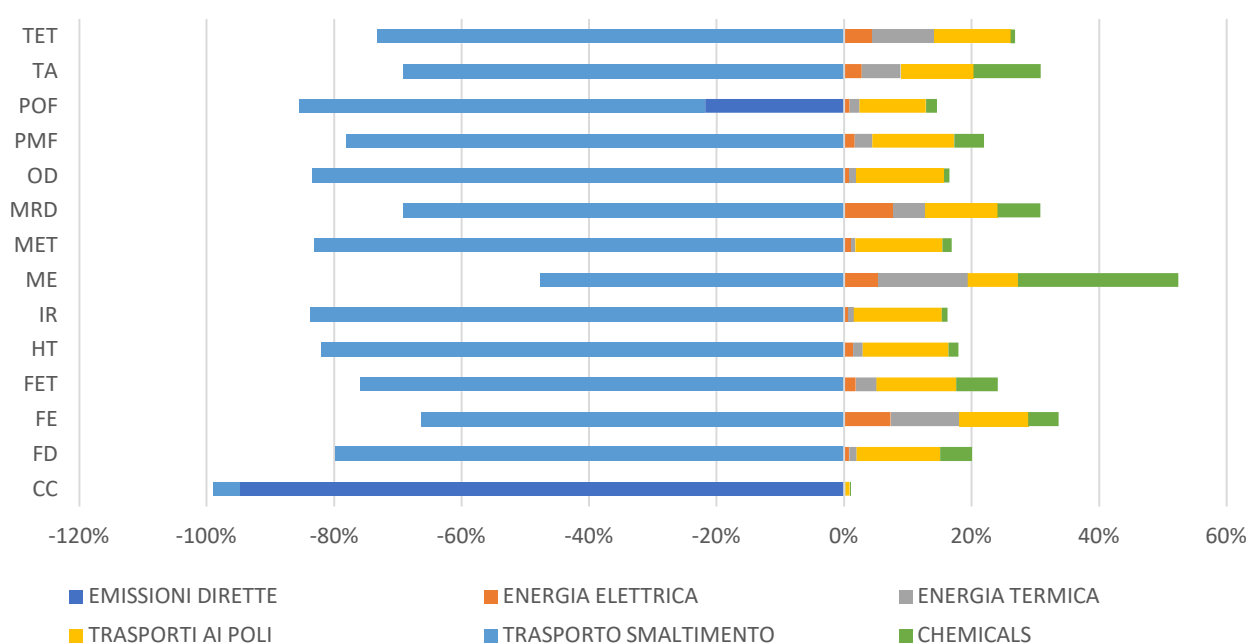


Figura 4: Confronto relativo dei differenti contributi agli impatti ambientali prodotti.

Il dettaglio dei contributi delle singole attività per ogni categoria d’impatto è riportato separatamente nella Figura 5(a-d). Nello specifico, il climate change (a), il consumo di fonti fossili (b), l’acidificazione del suolo (c) e il potenziale di eliminazione dell’ozono (d) nello scenario di progetto diminuiscono significativamente, grazie alla dismissione dei letti di essiccaamento attualmente utilizzati per la disidratazione dei fanghi.

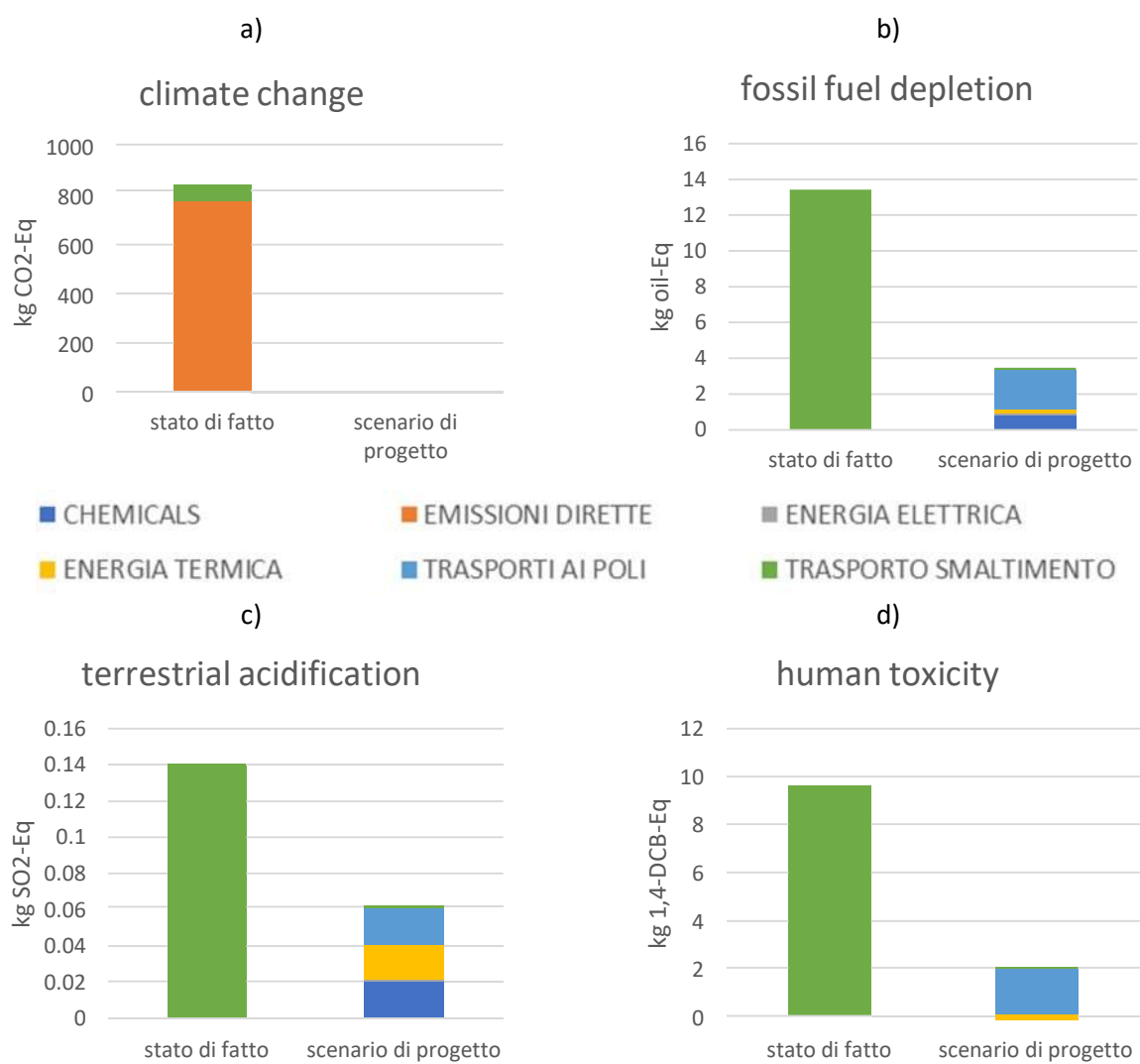


Figura 5: Dettaglio degli impatti per lo stato di fatto e lo scenario di progetto

8. Stima costi-benefici dell'opera

La Valutazione del Costo del Ciclo di Vita (Life Cycle Costing – LCC) è il metodo utilizzato per calcolare il costo economico dell'intero Ciclo di Vita di un prodotto o servizio, partendo dalle fasi precedenti la produzione fino alla sua dismissione finale, con lo scopo di ridurre al minimo i costi di produzione. Condurre una Valutazione del Costo del Ciclo di Vita di un prodotto/servizio aiuta a predire i costi che le aziende devono sostenere per mettere sul mercato un nuovo prodotto, dalla produzione alla sua dismissione. Per calcolare il Costo del Ciclo di Vita di un prodotto o servizio bisogna tenere in considerazione le seguenti variabili di costo:

- Costo di investimento (CAPEX);
- Uso dei prodotti (energia, chemicals) (OPEX);
- Personale addetto e Manutenzione (OPEX);
- Benefici/ricavi.

Il pay-back period, chiamato simple payback period (SPB) nella versione non attualizzata, è il periodo di ritorno, ossia il tempo necessario a recuperare i costi di investimento iniziali, avendo un certo beneficio netto annuale. In tale valutazione sono stati considerati sia gli indicatori economici già monetizzati (costi e benefici) sia i benefici ambientali descritti dettagliatamente nel capitolo 3. Le ipotesi di base per l'analisi sono riportate in Tabella 15.

Tabella 15 Ipotesi di base per la stima dei costi complessivi

Prezzo elettricità	€/kWh	0.17	https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_price_statistics
Prezzo metano	€/m3	0.386	
Costo smaltimento fanghi	€/ton	250	Dato AQL, 2020
Personale	euro/anno	35000	
Polielettrolita	€/kg	4	P-rex,2015
H2SO4 al 30%	€/kg	0.045	P-rex,2015
Acqua di rete	€/m3	2.8	https://www.nuoveacque.it/tariffe/221/140/1/#industrialegrandiquantitativi
Emissioni GHG	€/tonCO2eq	100	Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects, European Commission, 2014

I costi di investimento sono riportati in Tabella 16, mentre i consumi specifici e quelli annuali di chemicals, energia e personale addetto sono riportati rispettivamente in

Tabella 17 e in Tabella 18.

Tabella 16 Costi di investimento

CAPEX

Costo di investimento	3'203'991,64	Euro
-----------------------	--------------	------

Tabella 17 Consumi specifici di chemicals, energia, personale

DISIDRATAZIONE

Consumo di elettricità	kWh/tonWET	3.4
Operaio specializzato	ore/giorno	2

Polielettrolita	kg/tonTS	10
ESSICCAMENTO		
Energia termica	MWh/ton	0.3
Consumo di elettricità	kWh/ton	35
Consumo di elettricità per trattamento aria	kWh/m3 aria	0.00092
Consumo di acqua di rete	l/kgH2O	0.62
Consumo H2SO4 al 30%	kg/m3 aria	0.000492
Operaio specializzato	ore/giorno	2

Tabella 18 Consumi annuali di chemicals, energia, personale

DISIDRATAZIONE		
Consumo di elettricità	29'938	kWh/anno
Operaio specializzato	520	ore/anno
Polielettrolita	2'634	kg/anno
ESSICCAMENTO		
Energia termica	300'225	KWh/anno
Consumo di elettricità	35'026	KWhe/anno
Consumo di elettricità per trattamento aria	30'800	KWhe/anno
Consumo di acqua di rete	399	m3/anno
Consumo H2SO4 al 30%	16'548	kg/anno
Operaio specializzato	720	ore/anno
Smaltimento fanghi	643	ton/anno

I costi operativi annuali sono riassunti in Tabella 19.

Tabella 19 Costi operative di chemicals, energia, personale

OPEX		
DISIDRATAZIONE		
Consumo di elettricità	5'090	euro/anno
Lavoro specializzato	8'750	euro/anno
Polielettrolita	10'534	euro/anno
ESSICCAMENTO		
Energia termica	74'825	euro/anno
Consumo di elettricità	5'954	euro/anno
Consumo di elettricità per trattamento aria	5'236	euro/anno
Consumo di acqua di rete	1'117	euro/anno
Consumo H2SO4 al 30%	745	euro/anno
Operaio specializzato	12'115	euro/anno
Smaltimento Fanghi	160'813	euro/anno
Manutenzione ordinaria	7'135	euro/anno
Totale	292'314	euro/anno

Di seguito (Tabella 20) viene riportata l'analisi costi-benefici in termini monetari dello scenario di progetto. Il tempo di ritorno dell'investimento (pay back period semplice) risulta pari a 25 anni. Si

specifica inoltre che, considerando i costi operativi e i benefici, sia economici che ambientali, ne risulta il beneficio netto annuale pari a circa 99'000 euro/anno (Figura 6).

Tabella 20 Sintesi dell'analisi dei costi (LCC) e calcolo del PAY BACK PERIOD SEMPLICE

Tempo di vita	anni	30		
COSTI				
Costo di investimento	Euro	3'203'992		
Costo di manutenzione	Euro/anno	7'135	Euro	214'054
Costo dell'energia	Euro/anno	91'105	Euro	2'733'137
Costo dei prodotti chimici	Euro/anno	11'279	Euro	338'366
Costo di acqua	Euro/anno	20'865	Euro	625'962
Costo del personale	Euro/anno	1'117	Euro	33'513
BENEFICI				
Riduzione Smaltimento Fanghi	Euro/anno	160'813	Euro	4'824'377
BENEFICI AMBIENTALI MONETIZZATI				
Riduzione Impronta di Carbonio (CO2eq)	Euro/anno	69831	Euro	2094922
BENEFICI NETTO	Euro/anno	99142	Euro	2974267
PAY BACK PERIOD SEMPLICE	anni	32		

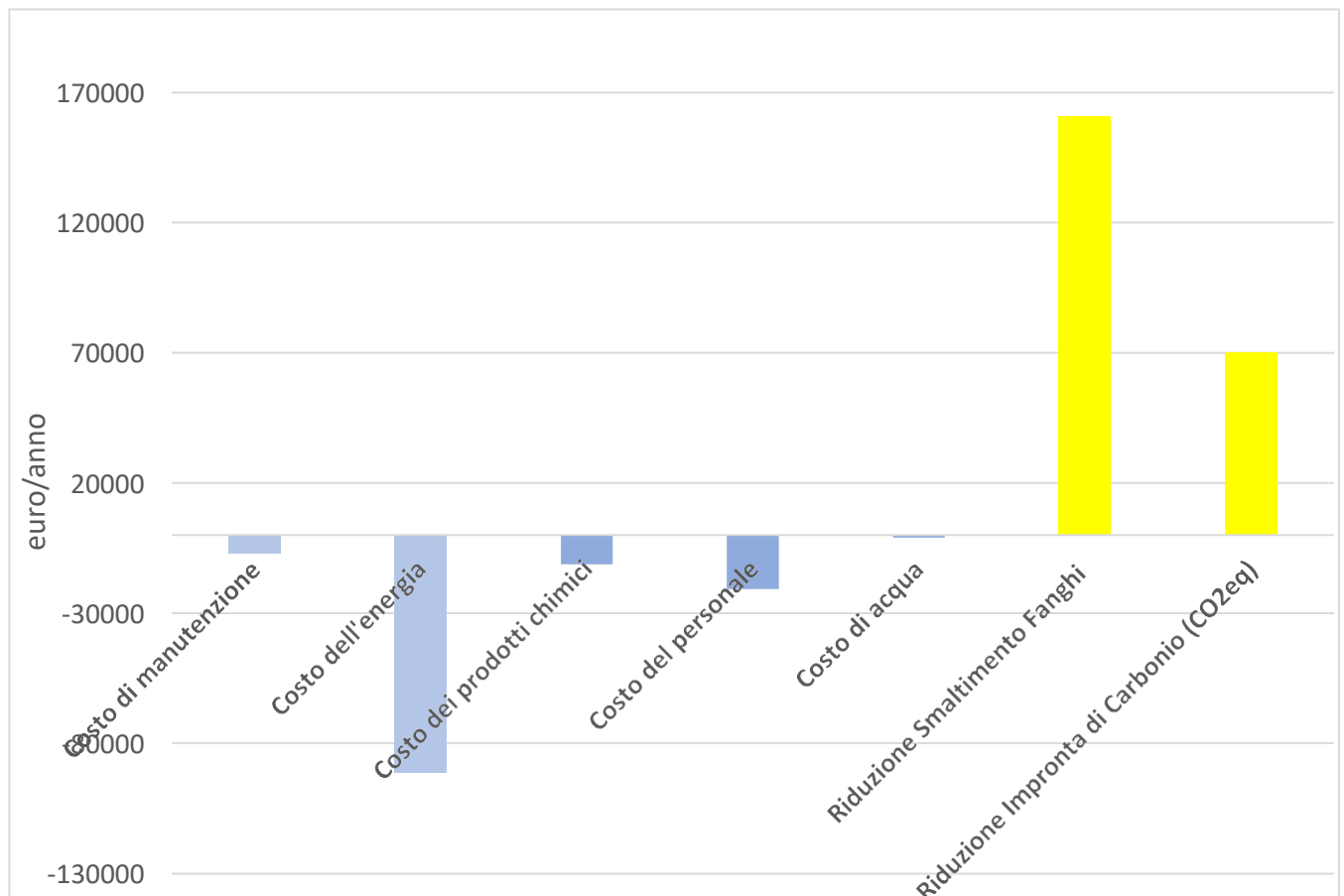


Figura 6 Costi operativi (in blu) e benefici (in giallo) dello scenario di progetto