

COMUNE DI TRINITÀ D'AGULTU E VIGNOLA
Provincia della Gallura Nord est Sardegna

Ampliamento e manutenzione straordinaria delle infrastrutture
fognarie e depurative
nel P.d.L. F1.7 - Costa Paradiso
Valutazione di Impatto Ambientale ex Post

VALUTAZIONE INTEGRATA ANALISI COSTI/BENEFICI E CICLO DI VITA
DELL'IMPIANTO (LCA)

Collaborazione di:

Ingegnier Giampaolo Cassitta
dott.ssa Rosaria Murru
Geom. Mario Stangoni
Geom. Gianni Dedola

Progettista: Ingegnier Stefano Barbieri

Coordinamento VIA: Ph. D. Vincenzo Satta,

dottore agronomo e ingegnere ambientale

Proponente:

Costruzioni Paradiso SRL

Trinità d'Agultu e Vignola, 08 ottobre 2026

Sommario

Riassunto esteso	4
Il quesito, il metodo e il dato di partenza	4
Parte I – Analisi costi-benefici in breve.....	5
Parte II – Analisi del ciclo di vita in breve	5
Parte III – Lettura integrata	6
Parte IV – Servizi ecosistemici in breve	6
Premessa comune – Presenze, carichi e volumi	7
P.1 Il profilo di presenze comunicato	7
P.2 La dotazione di refluo: il parametro che decide.....	7
P.3 Che cosa cambia nei modelli	8
P.4 Che cosa cambia nei risultati	8
Parte I – Analisi costi-benefici.....	9
I.1 Sintesi dei risultati	9
I.2 Premessa, fonti e metodo	9
I.3 Dati di base e scenario senza intervento	10
I.4 Costi di investimento	11
I.5 Danno ambientale già stimato.....	12
I.6 Costi di gestione, rinnovi e valore residuo	12
I.8 Risultati dell’analisi costi-benefici	14
I.9 Scenari, sensibilità e valori soglia	14
I.10 Sostenibilità finanziaria della gestione	15
I.11 Rischi e criticità emerse dalla documentazione	16
I.12 Conclusioni, raccomandazioni e dati da verificare	17
Parte II – Analisi del ciclo di vita	18
II.1 Sintesi dei risultati	18
II.2 Obiettivo e ambito.....	18
II.3 Inventario della costruzione	19
II.4 Inventario dell’esercizio.....	20
II.5 Risultati	22
II.5.1 Cambiamento climatico	22
II.5.2 Energia primaria.....	23
II.5.3 Eutrofizzazione e carichi allo scarico	23
II.6 Sensibilità e incertezza.....	23
II.7 Interpretazione e misure di riduzione	25
II.8 Limiti e dati da verificare	25
II.9 Conclusione.....	26
II.10 Fonti e riferimenti	26
Parte III – Lettura integrata	27
III.1 Che cosa misura ciascuna analisi	27

III.2 Dati e ipotesi comuni	27
III.3 Il parametro che governa entrambe le analisi: il volume di refluò	27
III.4 Distanza e costo dello spurgo	28
III.5 Valore del carbonio evitato nell'analisi costi-benefici	28
III.6 Conclusioni integrate	28
Parte IV – Servizi ecosistemici	30
IV.1 Obiettivo e metodo	30
IV.2 Il contesto: che cosa viene fornito e a chi	30
IV.3 Matrice dei servizi ecosistemici	30
IV.4 Che cosa si può quantificare	32
IV.5 Raccordo con le Parti I e II e doppio conteggio	32
IV.6 I servizi non monetizzati e il valore soglia	33
IV.7 Misure per sostenere i servizi e indicatori di monitoraggio	33
IV.8 Conclusioni	34
Allegato A – Modello di calcolo dell'analisi costi-benefici	35
A.1 Struttura del modello	35
A.2 Formule principali (anno t)	35
A.3 Parametri degli scenari	35
A.4 Flussi annuali del caso centrale (€, prezzi costanti)	36
Allegato B – Fattori e parametri dell'analisi del ciclo di vita	37
Allegato C – Modello di calcolo dell'analisi del ciclo di vita	37

Valutazione integrata dell'analisi costi-benefici e del ciclo di vita della rete fognaria e dell'adeguamento del depuratore di Costa Paradiso

Comune di Trinità d'Agultu e Vignola – P.d.L. F1.7 – Dossier di V.I.A. ex post

Studio Satta

3 ottobre 2026

Riassunto esteso

Per chi non legge l'intero elaborato: le pagine che seguono riassumono la premessa e le quattro parti con i numeri essenziali. I rimandi tra parentesi indicano dove trovare il dettaglio. Tutte le valutazioni sono state rifatte con il profilo mensile di presenze comunicato dal committente (3 ottobre 2026).

Il quesito, il metodo e il dato di partenza

L'intervento riguarda il completamento del sistema fognario-depurativo di Costa Paradiso (P.d.L. F1.7, Trinità d'Agultu e Vignola): una rete di circa 30.200 m (a fronte dei 10.800 m esistenti), 14 stazioni di sollevamento e il potenziamento del depuratore da 6.000 a 16.000 AE. Il quadro economico 2025 vale 22,28 M€, di cui 17,51 M€ di lavori. Oggi 5.878 AE su 9.542 insediati conferisce all'impianto esistente e 3.664 AE scaricano al suolo senza autorizzazione; nel settembre 2026 l'impianto ha superato i limiti per Escherichia coli, azoto nitrico e azoto totale (diffida della Provincia del 24/09/2026).

L'agglomerato supera 2.000 AE e deve avere rete e depurazione conformi: non fare nulla non è una scelta lecita. Le analisi misurano perciò quanto costa l'opera e quanto pesa sull'ambiente rispetto all'alternativa che resterebbe per gli AE non allacciati, cioè vasche a tenuta svuotate con autospurgo. Valgono 33 anni (3 di cantiere e 30 di esercizio) e partono dagli stessi dati.

Il profilo delle presenze è stato ottenuto in base al funzionamento delle abitazioni presenti e degli operai presenti durante le stagioni primaverile ed autunnale, ovvero: 2.579 abitanti da gennaio a marzo e da novembre a dicembre, 7.000 in aprile-maggio, 10.000 in giugno, settembre e ottobre, 16.000 in luglio-agosto: 2.718.429 abitanti equivalenti/giorno/anno, con una media 7.448. Per ciascuno dei 9.542 AE insediati sono 285 giorni equivalenti l'anno, contro i 91 impliciti nelle prime versioni, tarate sul consumo idrico misurato da Abbanoa. Il profilo triplica quindi i carichi, a parità di dotazione di reflu, e introduce la stagionalità: il picco estivo è 6,2 volte il valore invernale e supera la potenzialità dell'impianto esistente (6.000 AE) da giugno a ottobre.

Con 200 L per abitante e giorno (SIA, tabella 4.2) i reflui sono 543.686 m³ l'anno e le conclusioni cambiano di segno rispetto alle prime versioni; con i volumi oggi misurati da Abbanoa (173.664 m³ l'anno, cioè 64 L per abitante e giorno riferiti alle presenze) i risultati restano vicini a quelli precedenti. Le due calibrazioni sono presentate sempre insieme: caso centrale (200 L) e caso con volumi misurati (64 L). Il valore di 2.579 abitanti in inverno coincide con la popolazione residente del Comune: va confermato che sia la presenza nell'agglomerato e non nel territorio comunale.

Parte I – Analisi costi-benefici in breve

Prezzi costanti, al netto dell'IVA, tasso di sconto 3% (sensibilità 2–5%), danno ambientale già stimato nel SIA incluso.

Voce (tasso 3%)	Caso centrale (200 L)	Volumi misurati (64 L)	Prima versione
Costi attualizzati	27,21 M€	25,89 M€	24,57 M€
Benefici monetizzati attualizzati	49,67 M€	19,91 M€	17,43 M€
di cui spurgo evitato	43,72 M€	13,97 M€	13,97 M€
VAN economico	+22,46 M€	-5,98 M€	-7,15 M€
Rapporto benefici/costi (BCR)	1,83	0,77	0,71
Tasso di rendimento economico (TIR)	9,0%	1,0%	0,6%

Con le presenze comunicate e 200 L i 3.664 AE non allacciati produrrebbero 208.780 m³ l'anno da spurgare (circa 2,5 M€ l'anno di costi evitati) e l'opera si ripaga con i soli benefici monetizzati. Il VAN si azzerà con una dotazione di 93 L per abitante e giorno (circa 115 L di fornitura) o con uno spurgo a 5,8 €/m³ invece di 12 (sezioni I.1 e I.9).

- **Il danno ambientale non decide.** Vale 972.357 € (ripristino 958.000 € più perdita interim 14.357 €) e pesa il 3,2% dei costi; portarlo al tetto della fideiussione (1,5 M€) sposta il VAN di soli -0,48 M€ (sezione I.5).
- **Scenari.** Pessimistico: VAN +3,36 M€ (BCR 1,11) nel caso centrale e -14,99 M€ (BCR 0,48) con volumi misurati. Ottimistico: +62,08 M€ e +8,80 M€.
- **Valore soglia.** Nel caso centrale non servono benefici non monetizzati; con i volumi misurati servirebbero 333.400 € l'anno, 34,9 €/AE-anno (sezione I.9).
- **Gestione.** 590.000 € l'anno lordi (61,9 €/AE; 1,09 €/m³), di cui 377.000 € incrementali rispetto all'impianto esistente: la tariffa non li copre per intero e la convenzione di consegna al Comune deve dire chi li sostiene (sezione I.10).

Parte II – Analisi del ciclo di vita in breve

ISO 14040/14044; quantità dal computo metrico 2025 (1.667 voci, 98,7% dei lavori); fattori di impatto di letteratura. Emissioni di gas serra (CO₂e), energia primaria, eutrofizzazione.

Indicatore	Progetto	Alternativa (vasche + autospurgo + impianto esistente)
Carbonio incorporato in costruzione	5.393 t CO ₂ e	1.203 t (vasche)
Esercizio a regime	763 t CO ₂ e/anno	2.412 t CO ₂ e/anno
Esercizio per m ³ di refluo	1,40 kg CO ₂ e	4,44 kg CO ₂ e
Totale in 33 anni	28.656 t CO ₂ e	72.497 t CO ₂ e
Eutrofizzazione a regime	4.787 kg PO ₄ -eq/anno	9.813 kg PO ₄ -eq/anno
Azoto / fosforo scaricati nel bacino locale	5,4 / 0,8 t/anno	7,7 / 1,5 t/anno

- **Costruzione.** Non dipende dalle presenze: il 41% nella rete a gravità; per materiale, inerti e rinterri 21%, apparecchiature 18%, calcestruzzo 16%, conglomerati bituminosi 13% (sezione II.3).
- **Esercizio.** Energia elettrica (273 t), protossido di azoto (236 t), reagenti (134 t) e metano (100 t) fanno il 97% delle 763 t. L'alternativa emette soprattutto per i viaggi delle autobotti (1.378 t, circa 1,25 milioni di km l'anno) e per il metano delle vasche (304 t); la maggiorazione energetica dei bassi carichi invernali vale circa il 13% per l'impianto adeguato.
- **Confronto.** In 33 anni il progetto emette **43.841 t di CO₂e in meno**, con pareggio del carbonio incorporato all'anno 7. Il vantaggio sul clima non dipende più dalla distanza di conferimento: a distanza zero resta un risparmio di 3.260 t. Con tutti i parametri sfavorevoli insieme si azzerà (-117 t).
- **Volumi misurati.** Con 64 L il risparmio scende a 16.487 t, con pareggio all'anno 10; resta positivo.
- **Acque.** L'eutrofizzazione scende del 51%.

- **Misure.** Riutilizzo dello scavo e ripristini stradali (circa 600 t una tantum), disinfezione a ultravioletti, regolazione dell'ossigeno e fotovoltaico (circa 260 t l'anno) (sezione II.7).

Parte III – Lettura integrata

- **Il volume di reflow governa entrambe le analisi.** Se i volumi sono quelli delle presenze comunicate, l'opera è favorevole sia nel conto economico (VAN +22,46 M€) sia nel clima (-43.841 t); se sono quelli misurati, il conto economico è negativo (-5,98 M€) ma il clima resta favorevole (-16.487 t).
- **Distanza e costo dello spurgo.** Con costo proporzionale alla distanza: a 15 km il BCR è 1,02 (caso centrale) e 0,50 (volumi misurati); a 45 km 2,63 e 1,04; a 60 km 3,43 e 1,31. Il risparmio di CO₂e va da 23.551 a 84.421 t nel caso centrale e da 10.006 a 29.449 t con volumi misurati (sezione III.4).
- **Il carbonio non chiude da solo il divario con volumi misurati.** Servirebbero circa 722 €/t di CO₂e evitata per portare il VAN a zero (sezione III.5).
- **Conclusione per il motivo imperativo di salute pubblica (Capo VII, § 7.6.3).** La soluzione fognario-depurativa è l'unica conforme; è favorevole sul clima e sulle acque in entrambe le calibrazioni e si ripaga con i soli benefici monetizzati se la dotazione supera 93 L/ab-giorno. L'esito economico, non quello ambientale, è il punto da documentare con i registri di portata.

Parte IV – Servizi ecosistemici in breve

11 servizi (regolazione, approvvigionamento, culturali) in quattro scenari, con punteggi da -3 a +3.

- **Bilancio a regime.** Il progetto migliora 10 servizi su 11; i guadagni maggiori (+2) riguardano acque marino-costiere, suolo e fruizione balneare. Peggiora il clima, meno dell'alternativa. Le acque dolci migliorano di meno (+1) di quanto previsto nelle prime versioni: a luglio-agosto lo scarico arriva a 3.200 m³/giorno (37 L/s) nel Rio La Sarrera, quando il recettore è ai minimi (sezione IV.3).
- **Alternativa conforme.** Migliora solo acque marino-costiere e suolo (+1); peggiora clima (-3) e fruizione (-1: 123 viaggi di autobotte al giorno nel picco) e lascia l'impianto esistente in sovraccarico del 64% a luglio-agosto.
- **Cantiere.** Otto servizi su 11 peggiorano in modo temporaneo; il calendario dei lavori fuori stagione estiva diventa più importante con le presenze di giugno-ottobre (sezione IV.4).
- **Carbonio della vegetazione e del suolo.** 37-172 t di CO₂e (centrale 89 t), 1,6% delle emissioni di costruzione.
- **Valore soglia.** Nel caso centrale nessun valore aggiuntivo è necessario; con volumi misurati servono 34,9 €/AE-anno (1,92 €/m³, circa 104 € per unità abitativa) da servizi senza prezzo di mercato (sezione IV.6).

Struttura dell'elaborato.

Parte	Contenuto
Premessa	Presenze mensili, carichi e volumi, calibrazione della dotazione, confronto con le versioni precedenti
Parte I	Analisi costi-benefici: dati, investimento, danno ambientale, gestione, benefici, VAN/BCR/TIR, scenari, rischi
Parte II	Analisi del ciclo di vita: inventario dal computo, esercizio, confronto con l'alternativa, sensibilità, misure
Parte III	Dati comuni, risultati affiancati, parametri decisivi, valore del carbonio, raccomandazioni
Parte IV	Servizi ecosistemici: matrice per scenario, stagionalità, quantificazioni, raccordo con le Parti I e II
Allegato A	Modello di calcolo dell'analisi costi-benefici
Allegati B e C	Fattori di impatto e modello di calcolo dell'analisi del ciclo di vita

Premessa comune – Presenze, carichi e volumi

P.1 Il profilo di presenze comunicato

Il 3 ottobre 2026 il committente ha comunicato la presenza antropica mensile nell'area: 2.579 abitanti da gennaio a marzo e da novembre a dicembre, 7.000 in aprile e maggio, 10.000 in giugno, settembre e ottobre, 16.000 in luglio e agosto. Il profilo sostituisce l'assunzione implicita delle prime versioni (volume di fornitura Abbanoa misurato, 217.561 m³ l'anno, convertito in 173.664 m³ di refluo) ed è usato in tutte le parti. La tabella lo traduce in carichi e utilizzo degli impianti, nell'ipotesi di una dotazione di refluo di 200 L per abitante e giorno.

Tabella P.1 – Presenze, volumi e utilizzo degli impianti.

Mese	Presenze	Abitanti-giorno	Quota annua	Refluo (m ³)	Carico sull'impianto esistente (6.000 AE)	Utilizzo dell'impianto adeguato (16.000 AE)	Viaggi autobotte al giorno (alternativa, 10 m ³)
Gennaio	2.579	79.949	2,9%	15.990	26%	16%	20
Febbraio	2.579	72.212	2,7%	14.442	26%	16%	20
Marzo	2.579	79.949	2,9%	15.990	26%	16%	20
Aprile	7.000	210.000	7,7%	42.000	72%	44%	54
Maggio	7.000	217.000	8,0%	43.400	72%	44%	54
Giugno	10.000	300.000	11,0%	60.000	103%	62%	77
Luglio	16.000	496.000	18,2%	99.200	164%	100%	123
Agosto	16.000	496.000	18,2%	99.200	164%	100%	123
Settembre	10.000	300.000	11,0%	60.000	103%	62%	77
Ottobre	10.000	310.000	11,4%	62.000	103%	62%	77
Novembre	2.579	77.370	2,8%	15.474	26%	16%	20
Dicembre	2.579	79.949	2,9%	15.990	26%	16%	20
Anno	media 7.448	2.718.429	100%	543.686			

Tre grandezze ne derivano. Giorni equivalenti per AE: $2.718.429 / 9.542 = 284,9$, contro i 91 delle versioni precedenti (fattore 3,1). Utilizzo: l'impianto adeguato lavora al 16% della potenzialità in inverno e al 100% a luglio-agosto; l'esistente, che riceve i 5.878 AE già allacciati (61,6% del carico), supera i 6.000 AE da giugno a ottobre (+64% a luglio-agosto, 15% del carico annuo in eccesso). Picco: 3.200 m³ al giorno (37 L/s) a luglio-agosto, contro 516 m³ (6 L/s) in inverno; il valore estivo coincide con i 36 L/s della tabella 7.2 del Capo VII, a conferma della coerenza del profilo con il dimensionamento.

P.2 La dotazione di refluo: il parametro che decide

Il profilo dà le presenze, non i volumi. Due letture sono possibili e restano entrambe nell'elaborato.

	Caso centrale	Volumi misurati
Dotazione di refluo	200 L/ab-giorno (SIA, tabella 4.2; relazione di funzionamento)	64 L/ab-giorno (173.664 m ³ / 2.718.429 ab-giorno)
Volume annuo dell'agglomerato	543.686 m ³	173.664 m ³
Volume per AE insediato	57,0 m ³ /AE-anno	18,2 m ³ /AE-anno
Volume dei 3.664 AE non allacciati	208.780 m ³	66.688 m ³
Portata media	17,2 L/s	5,5 L/s

Il consumo misurato da Abbanoa è circa 2,5 volte inferiore a quello che le presenze comunicate comporterebbero con 200 L. Le spiegazioni possibili (presenze effettive inferiori a quelle comunicate, consumi da pozzi e cisterne non misurati, perdite di rete, dotazione reale bassa, portate in ingresso dimezzate per perdite di linea come segnala la Relazione generale) vanno verificate con i registri mensili di portata dell'impianto e con i consumi mensili. Fino ad allora il caso centrale usa 200 L, che è il valore di progetto del dossier, e il caso con volumi misurati ne è il limite inferiore.

Il VAN dell'analisi costi-benefici si azzerava con una dotazione di 92,5 L/ab-giorno (circa 115 L di fornitura): sopra, l'opera si ripaga con i soli benefici monetizzati; sotto, no. Per il ciclo di vita non esiste un valore di pareggio: il progetto emette meno dell'alternativa in entrambe le calibrazioni.

P.3 Che cosa cambia nei modelli

Le presenze entrano nei modelli in cinque modi.

1. **Volumi e carichi**, proporzionali agli abitanti-giorno: spurgo evitato e nutrienti evitati (Parte I), energia, reagenti, fanghi e viaggi (Parte II).
2. **Utilizzo dell'impianto**. L'energia specifica cresce a basso carico: penalità pari a $0,40 \times (1 - \text{utilizzo})$, in media +13% per l'impianto adeguato (16.000 AE) a fronte di una potenzialità inutilizzata per gran parte dell'anno.
3. **Sovraccarico dell'impianto esistente** nell'alternativa, con concentrazioni allo scarico raddoppiate per il carico oltre i 6.000 AE.
4. **Dimensionamento sul picco** delle vasche a tenuta dell'alternativa (circa 770 vasche) e dei viaggi di autobotte: 123 viaggi al giorno a luglio-agosto, circa 1,25 milioni di km l'anno; una logistica di questo ordine è probabilmente non praticabile, e il calcolo non la assume come vincolo.
5. **Costi di gestione** maggiorati del 64% nel caso centrale (fattore 1,64; 1,32 con volumi misurati) per la quota che dipende dal carico.

La costruzione (5.393 t di CO₂e; 22,28 M€ di quadro economico) non cambia: l'impianto è già dimensionato per 16.000 AE.

P.4 Che cosa cambia nei risultati

Indicatore	Prima versione (91 giorni equiv.)	Caso centrale (200 L)	Volumi misurati (64 L)
VAN economico (3%)	-7,15 M€	+22,46 M€	-5,98 M€
BCR	0,71	1,83	0,77
TIR	0,6%	9,0%	1,0%
Spurgo evitato attualizzato	13,97 M€	43,72 M€	13,97 M€
Gestione lorda a regime	360.000 €/anno	590.000 €/anno	475.000 €/anno
Emissioni di esercizio, progetto	235 t/anno	763 t/anno	478 t/anno
Emissioni di esercizio, alternativa	767 t/anno	2.412 t/anno	1.198 t/anno
Risparmio di CO ₂ e in 33 anni	10.479 t	43.841 t	16.487 t
Pareggio del carbonio	anno 13	anno 7	anno 10
Eutrofizzazione, progetto / alternativa (kg PO ₄ -eq/anno)	1.529 / 2.799	4.787 / 9.813	1.529 / 3.135

I numeri del caso con volumi misurati differiscono lievemente da quelli della prima versione perché il modello ora distribuisce il carico sulle presenze mensili e include la stagionalità; il segno e l'ordine di grandezza sono gli stessi.

Parte I – Analisi costi-benefici

Con le presenze mensili comunicate (da 2.579 a 16.000 abitanti, media 7.448) e una dotazione di reflu di 200 L/ab-giorno, i benefici monetizzati superano i costi (BCR 1,83; VAN +22,46 M€ al 3%; TIR 9,0%) perché i 3.664 AE non allacciati produrrebbero 208.780 m³ l'anno di reflui da spurgare. L'esito dipende dalla dotazione: il VAN si azzerava a 93 L/ab-giorno e, con i volumi oggi misurati da Abbanoa (64 L/ab-giorno), resta negativo (-5,98 M€; BCR 0,77). Il danno ambientale già stimato (972.357 €) pesa il 3,2% dei costi attualizzati.

I.1 Sintesi dei risultati

L'analisi confronta l'intervento completo (rete fognaria e adeguamento del depuratore, 22,28 M€ da quadro economico 2025) con l'Opzione zero, a prezzi costanti, su 33 anni (3 di cantiere e 30 di esercizio), includendo il danno ambientale già stimato nello Studio di Impatto Ambientale. I carichi seguono il profilo mensile di presenze comunicato dal committente (premessa comune): 2.718.429 abitanti-giorno l'anno, cioè 285 giorni equivalenti per ciascuno dei 9.542 AE insediati, contro i 91 impliciti nella prima versione, tarata sul consumo idrico misurato.

Indicatore economico (tasso 3%)	Caso centrale (200 L/ab-g)	Volumi misurati (64 L/ab-g)
Costi attualizzati	27,21 M€	25,89 M€
Benefici monetizzati attualizzati	49,67 M€	19,91 M€
VAN economico	+22,46 M€	-5,98 M€
Rapporto benefici/costi (BCR)	1,83	0,77
Tasso di rendimento economico (TIR)	9,0%	1,0%

- **Costi.** Investimento 18,92 M€ attualizzati (20,06 M€ al netto dell'IVA); gestione incrementale 6,77 M€ e rinnovi 0,65 M€; danno ambientale 0,88 M€ (972.357 € nominali: ripristino primario 958.000 € più perdita interim HEA 14.357 €).
- **Benefici monetizzati.** Costi evitati di spurgo per i 3.664 AE oggi non allacciati 43,72 M€; carichi di azoto e fosforo evitati 3,74 M€; valore residuo delle opere 2,20 M€.
- **Che cosa è cambiato.** Rispetto alla prima versione (VAN -7,15 M€; BCR 0,71) il beneficio di spurgo passa da 13,97 a 43,72 M€ perché il volume da spurgare triplica (208.780 contro 66.689 m³ l'anno), mentre la gestione cresce del 64% per la quota che dipende dal carico.
- **Il danno ambientale non decide.** Pesa il 3,2% dei costi attualizzati; portarlo al tetto della fidejussione (1,5 M€) sposta il VAN di -0,48 M€.
- **Dato decisivo.** Il VAN si azzerava con una dotazione di reflu di 93 L/ab-giorno (circa 115 L/ab-giorno di fornitura) oppure con un costo di spurgo di 5,8 €/m³ (12 assunti). Il consumo misurato da Abbanoa (217.561 m³ l'anno, 64 L/ab-giorno di reflu se riferito alle presenze) sta sotto la prima soglia: darebbe esito negativo, con benefici non monetizzati necessari per 34,9 €/AE-anno.

Poiché l'agglomerato supera 2.000 AE, la realizzazione è un obbligo di legge: l'analisi serve a dimensionare il margine, non a decidere se fare l'opera. Il margine è ampio se i volumi sono quelli di una località turistica con dotazione ordinaria e si annulla se i volumi reali sono quelli misurati; riconciliare i due dati è il primo passo (sezione I.11).

I.2 Premessa, fonti e metodo

La relazione risponde alla richiesta di un'analisi costi-benefici (ACB) completa dell'intervento di completamento della rete fognaria e di adeguamento del depuratore del P.d.L. F1.7 di Costa Paradiso (Trinità d'Agultu e Vignola), a corredo del dossier di VIA ex post. Si basa sul quadro economico 2025 (foglio "QUADRO ECONOMICO" e "RIASSUNTIVO" del computo), sulla Relazione generale per l'autorizzazione provvisoria allo scarico, sulla Sintesi

Non Tecnica e sul Capo VII del SIA, sulle note della Provincia e sui rapporti di prova e di intervento di luglio-settembre 2026.

Riferimenti. Direttiva 91/271/CEE e D.Lgs. 152/2006, Parte III (art. 100 sulle reti fognarie degli agglomerati oltre 2.000 AE; art. 133 sulle sanzioni; art. 130 su sospensione e revoca delle autorizzazioni); Parte VI del D.Lgs. 152/2006 e Direttiva 2004/35/CE per la logica di riparazione del danno ambientale (primaria, complementare, compensativa, perdita interim); Guida UE all'analisi costi-benefici dei progetti di investimento (2014) e D.Lgs. 228/2011 per la valutazione degli investimenti pubblici.

Criteri adottati.

- Confronto incrementale tra Opzione di progetto e Opzione zero (controfattuale descritto in sezione I.3).
- Prezzi costanti 2025-2026, al netto dell'IVA e dei trasferimenti; orizzonte di 33 anni (anni 1-3 cantiere 30%-40%-30%, anni 4-33 esercizio).
- Tasso di sconto sociale reale 3% nello scenario centrale, con sensibilità 2%-5%.
- Indicatori: VAN, rapporto benefici/costi, TIR economico e valori soglia (switching value).
- Presenze e carichi dal profilo mensile comunicato dal committente (premessa comune), con dotazione di reflu di 200 L/ab-giorno e verifica sul volume misurato.
- Benefici monetizzati solo dove esiste un metodo difendibile (costo evitato dell'alternativa conforme, costo di abbattimento dei nutrienti, valore residuo); gli altri sono trattati per soglia e in forma qualitativa.

Limite dichiarato. La dotazione di reflu, i parametri di gestione, il costo dello spurgo e i valori unitari dei nutrienti sono ipotesi di lavoro, non dati di progetto: sono elencati in sezione I.12 con la verifica richiesta. I dati dichiarati nei documenti sorgente (quadro economico, AE, danno ambientale) sono riportati senza modifiche.

I.3 Dati di base e scenario senza intervento

Il carico servito oggi è circa il 62% di quello insediato: 5.878 AE su 9.542 conferiscono all'impianto esistente da 6.000 AE, mentre 3.664 AE scaricano al suolo senza autorizzazione.

Dato	Valore	Fonte
Potenzialità volumetrica zona F1.7	647.500 mc	Relazione generale
Parametro dimensionale	60 mc/abitante	Relazione generale
AE insediabili	10.791,67	Relazione generale
AE insediati	9.542	Relazione generale
AE allacciati ante 2019	2.727,67	Relazione generale
AE allacciati/allacciabili con le opere di completamento	3.150,11	Relazione generale
AE conferenti all'impianto esistente	5.877,79	Relazione generale
AE che scaricano al suolo senza autorizzazione	3.664,21	Relazione generale
Consumo idrico annuo (fornitura Abbanoa)	217.561 mc	Relazione generale
Presenze mensili: 2.579 (gennaio-marzo, novembre-dicembre); 7.000 (aprile-maggio); 10.000 (giugno, settembre, ottobre); 16.000 (luglio-agosto)	2.718.429 abitanti-giorno; media 7.448	Committente
Dotazione di reflu assunta	200 L/ab-giorno (543.686 m ³ /anno)	SIA, Tab. 4.2 (3.288 m ³ /giorno a 16.000 ab); relazione di funzionamento
Volume misurato (fornitura Abbanoa 217.561 m ³ × 0,8)	173.664 m ³ /anno, 64 L/ab-giorno	Relazione generale
Capacità depuratore esistente / di progetto	6.000 / fino a 16.000 AE	SIA § 3.2

Scenario senza intervento (controfattuale). Il servizio resta limitato a circa 5.878 AE su un impianto che nel settembre 2026 ha superato i limiti autorizzati per Escherichia coli, azoto nitrico e azoto totale (diffida della Provincia del 24/09/2026), con autorizzazione provvisoria (D.D. n. 732 del 13/07/2026) revocabile ai sensi dell'art. 130. Gli altri 3.664 AE restano su fosse settiche e scarichi non controllati, con le conseguenze descritte nel SIA (contaminazione di suoli e acque, balneazione, spurgo estivo). La Relazione generale rileva inoltre che le portate in ingresso sono scese di circa il 50% per perdite di linea e stato dei sollevamenti: il dato di portata misurato va quindi usato con cautela e confrontato con le presenze (premessa comune e sezione I.11).

L'Opzione zero non è una scelta praticabile: l'agglomerato supera 2.000 AE e deve disporre di rete e trattamento conformi. Nella tabella dei flussi viene quindi trattata come riferimento per misurare l'incremento, non come alternativa equivalente.

Con il profilo di presenze comunicato, l'impianto esistente da 6.000 AE riceve dai 5.878 AE già allacciati (61,6% del carico) circa 1.589 abitanti in inverno, 4.312 in aprile-maggio e 9.856 in luglio-agosto: supera la propria potenzialità per il 15% del carico annuo (giugno-ottobre, con il picco di luglio-agosto a +64%). È un motivo ulteriore dei superamenti rilevati nel settembre 2026, e il controfattuale va letto con questo vincolo.

I.4 Costi di investimento

Il quadro economico 2025 ammonta a 22.280.000 €, di cui 17.510.911 € di lavori; al netto dell'IVA (2.217.371 €, trasferimento) il costo economico è 20.062.629 €.

Voce (quadro economico 2025)	Importo (€)
a1) Strutture depurative	7.404.948
a2) Rete fognaria	10.105.964
A) Lavori	17.510.911
Allacciamenti ENEL	76.320
Spese tecniche	1.674.043
Indagini geognostiche	19.080
Valutazione d'Impatto Ambientale	78.864
Coordinamento sicurezza	203.520
Collaudi	62.430
Contributo integrativo 4%	81.517
IVA (10% lavori, 22% altre voci)	2.217.371
Stazioni di sollevamento domestiche (IVA inclusa)	100.742
Imprevisti	255.201
B) Somme a disposizione	4.769.089
Totale progetto	22.280.000

Le somme a disposizione al netto dell'IVA (2.551.717 €) sono state ripartite tra i due interventi in proporzione ai lavori (rete 57,7%, depuratore 42,3%).

Intervento	Lavori (€)	Costo economico netto IVA (€)	€ per AE insediato (9.542)
Rete fognaria	10.105.964	11.578.620	1.213
Adeguamento depuratore	7.404.948	8.484.008	889
Totale	17.510.911	20.062.629	2.103

Il depuratore costa 530 € per AE di capacità (16.000 AE). La rete e il depuratore sono complementari: la rete senza un impianto conforme non produce benefici, e viceversa, quindi gli indicatori di sezione I.8 sono calcolati sull'intero sistema e la ripartizione serve a leggere i costi, non a valutare i due lotti separatamente.

I.5 Danno ambientale già stimato

Il danno ambientale stimato nello Studio vale 972.357 € nominali, ed è inserito nell'ACB come costo aggiuntivo dell'opera, perché il quadro economico non contiene alcuna voce di ripristino.

Componente	Importo	Note (Sintesi Non Tecnica, giugno 2026)
Superficie disturbata	12.507 m ² (1,25 ha)	Prevalentemente macchia mediterranea
Danno temporaneo, metodo HEA (scenario centrale)	14.357 €	Perdita interim fino al pieno ripristino
Ripristino primario degli habitat	958.000 €	Circa 76,6 €/m ²
Danno ambientale utilizzato nell'ACB	972.357 €	Ripristino primario più perdita interim
Fideiussione a garanzia del ripristino	1.500.000 €	Garanzia, non costo; usata come tetto nello scenario alto

Lo schema segue la logica della Parte VI del D.Lgs. 152/2006 e della Direttiva 2004/35/CE: riparazione primaria (ripristino) più compensazione della perdita interim (HEA). Il programma di ripristino prevede rilievo con drone e LiDAR, fascinate vive lungo i corsi d'acqua, reti in fibra naturale, almeno 1.500 piante autoctone e irrigazione con acqua depurata.

Trattamento nell'ACB.

- Spesa assunta per metà nell'anno 3 e per metà nell'anno 4: 876.885 € attualizzati al 3%, pari al 3,2% dei costi attualizzati.
- Scenario alto: 1.500.000 € (tetto della fideiussione, che copre anche manutenzione, monitoraggio, spese tecniche e oneri), pari a 1.352.722 € attualizzati. Il VAN scende da +22,46 a +21,98 M€ e il BCR da 1,825 a 1,794.
- Per confronto, il solo beneficio ambientale monetizzato dell'opera (carichi di azoto e fosforo evitati, sezione I.7) vale 3,74 M€ attualizzati, circa quattro volte il danno.

Limiti da sciogliere. L'elaborato HEA completo non è tra i file del progetto: gli importi sono ripresi dalla Sintesi Non Tecnica. Il Capo VII (§ 7.6.4) lascia inoltre da quantificare la compensazione per gli habitat prioritari 2250* e 3170* della ZSC ITB012211; se l'autorità la richiederà, il suo costo si somma a quello qui considerato. Il costo del premio della fideiussione non è incluso.

I.6 Costi di gestione, rinnovi e valore residuo

La gestione a regime costa circa 590.000 €/anno lordi con le presenze comunicate, di cui 377.000 € incrementali rispetto all'Opzione zero. I progetti non riportano costi di gestione: i valori sono stime parametriche da confermare con il piano di gestione.

Voce	Ipotesi	Valore
Gestione rete e sollevamenti	1,0% dei lavori rete	101.060 €/anno
Gestione depuratore (energia, personale, reagenti, fanghi, analisi)	3,5% dei lavori depuratore	259.173 €/anno
Gestione di base (carico della prima versione)		360.233 €/anno
Fattore di carico	$1 + 0,30 \times (3,13 - 1)$: il 30% è variabile con carico e volume	1,639

Voce	Ipotesi	Valore
Gestione a regime con le presenze comunicate		590.494 €/anno (61,9 €/AE; 2,83 €/m ³)
Gestione dell'impianto esistente (controfattuale)	130.000 € × 1,639	-213.096 €/anno
Costo incrementale		377.398 €/anno
Rinnovo elettromeccanico, 15° anno di esercizio	15% dei lavori depuratore	1.110.742 €
Valore residuo al 33° anno	Vita utile 50 anni (rete), 35 anni (depuratore)	5.843.449 € nominali

La quota variabile del 30% corrisponde a energia, reagenti e fanghi dell'inventario della Parte II a prezzi d'ordine di grandezza (circa 110.000 € l'anno al carico della prima versione); con il 20% o il 40% il VAN passa da +22,46 a +23,34 o +21,58 M€. Valori attualizzati (3%): gestione incrementale 6,77 M€, rinnovo 0,65 M€, valore residuo 2,20 M€, contato tra i benefici. Con il carico comunicato la gestione costa 2,83 €/m³ trattato, contro 2,07 €/m³ della prima versione, perché i costi fissi gravano su un volume maggiore. ## I.7 Benefici monetizzati e non monetizzati

Il beneficio monetizzato principale è il costo che i 3.664 AE oggi non serviti dovrebbero sostenere per una soluzione conforme alternativa alla rete: circa 2,5 M€ l'anno a regime con le presenze comunicate.

B1. Costo evitato dell'alternativa conforme (spurgo e smaltimento). Senza la rete, gli AE non allacciati dovrebbero adottare vasche a tenuta con autospurgo e conferimento a impianto, perché su substrato granitico acclive la subirrigazione non è praticabile.

- AE aggiuntivi rispetto al controfattuale: 3.664,21 (38,4% del carico), con avvio graduale (60% anno 4, 85% anno 5, 100% dal 6°).
- Volume di reflui: 56,98 m³/AE·anno (285 giorni equivalenti × 0,200 m³ al giorno), cioè 208.780 m³ l'anno; in luglio-agosto 1.229 m³ al giorno, pari a 123 viaggi al giorno di un'autobotte da 10 m³.
- Costo dell'alternativa: 12 €/mc (intervallo 8-18), ipotesi da confermare con preventivi di autospurgo; il rapporto di lavoro Leoni Ambiente n. 3802-2026 del 03/08/2026 non riporta prezzi. Nei mesi di punta serve una flotta di decine di mezzi e il costo unitario verosimilmente sale: il valore assunto è quindi prudente.
- Risultato a regime: 2.505.360 €/anno (684 €/AE·anno); attualizzato 43,72 M€. Con i volumi misurati (64 L/ab-giorno) sarebbero 800.262 €/anno e 13,97 M€.
- Non sono contati il costo evitato delle vasche (circa 770 vasche per il picco di 6.144 abitanti non allacciati) né i costi del traffico di circa 1,25 milioni di km l'anno di autobotti.

B2. Carichi di nutrienti evitati. I carichi sono proporzionali alle presenze: 1,04 milioni di abitanti-giorno dei non allacciati, con 12 g di azoto e 1,6 g di fosforo per abitante-giorno, equivalgono a circa 12,5 t di N e 1,7 t di P l'anno. Valutati a 10 €/kg di N e 50 €/kg di P (ordine di grandezza dei costi di abbattimento, ipotesi) danno 208.780 €/anno; attualizzato 3,74 M€. La prima versione assumeva 70.000 €/anno (carico di 91 giorni equivalenti per AE).

B3. Valore residuo. 5,84 M€ nominali al 33° anno; attualizzato 2,20 M€.

Benefici non monetizzati (con i volumi misurati, trattati con il valore soglia di sezione I.9):

Beneficio	Evidenza nel dossier
Salute pubblica e rischio igienico-sanitario	Eliminazione di fosse disperdenti e scarichi abusivi (SIA § 5.2; SNT)
Qualità delle acque di balneazione	Peggioramento rilevato nei monitoraggi 2003-2006 e 2007-2008 (SNT)
Habitat e specie della ZSC ITB012211	Riduzione delle pressioni sugli habitat acquatici e costieri (SIA § 6.6)
Paesaggio	Opere interrato o mascherate; recupero delle aree alterate (SNT)
Traffico di spurgo estivo e disagi	Fine dei disagi da spurgo (SNT)

Beneficio	Evidenza nel dossier
Conformità normativa	Evita sospensione/revoca dell'autorizzazione (art. 130) e sanzioni (art. 133)
Valore del patrimonio edilizio e dell'offerta turistica	647.500 mc di potenzialità edificatoria servibili; non stimato

Non sono contate le tariffe di fognatura e depurazione pagate dagli utenti: sono un trasferimento che copre la gestione (sezione I.10), non un beneficio aggiuntivo.

I.8 Risultati dell'analisi costi-benefici

Nel caso centrale i benefici monetizzati attualizzati (49,67 M€) superano i costi (27,21 M€) di 22,46 M€; il TIR è 9,0%. Con i volumi misurati l'esito si capovolge: costi 25,89 M€, benefici 19,91 M€, VAN -5,98 M€, TIR 1,0%.

Voce (tasso 3%)	Caso centrale (M€)	Quota	Volumi misurati (M€)
Investimento (netto IVA)	18,92	69,5% dei costi	18,92
Danno ambientale	0,88	3,2% dei costi	0,88
Gestione incrementale	6,77	24,9% dei costi	5,45
Rinnovo elettromeccanico	0,65	2,4% dei costi	0,65
Costi totali	27,21		25,89
B1 Costo evitato di spurgo	43,72	88,0% dei benefici	13,97
B2 Carichi di N e P evitati	3,74	7,5% dei benefici	3,74
B3 Valore residuo	2,20	4,4% dei benefici	2,20
Benefici totali	49,67		19,91
VAN	+22,46		-5,98
BCR	1,83		0,77

Flussi nominali per periodo (€, caso centrale):

Anni	Investimento	Danno ambientale	Gestione incrementale	Rinnovo	Benefici B1+B2	Valore residuo
1-3	20.062.629	486.178	0	0	0	0
4-6	0	486.178	1.132.193	0	6.764.473	0
7-17	0	0	4.151.376	0	29.855.543	0
18	0	0	377.398	1.110.742	2.714.140	0
19-32	0	0	5.283.569	0	37.997.964	0
33	0	0	377.398	0	2.714.140	5.843.449
Totale	20.062.629	972.357	11.321.934	1.110.742	80.046.259	5.843.449

I flussi nominali sommano benefici per 85.889.709 € contro costi per 33.467.662 €. Il risultato è dominato dal beneficio B1 (88% dei benefici) e dall'investimento (70% dei costi): l'esito dipende quindi dal volume di reflui dei 3.664 AE non allacciati e dal costo di spurgo, non dal danno ambientale.

I.9 Scenari, sensibilità e valori soglia

Con le presenze comunicate il BCR resta sopra 1 anche nello scenario pessimistico; con i volumi misurati resta sotto 1 salvo nello scenario ottimistico. L'ampiezza dell'esito dipende quindi da un solo dato, il volume di reflui dei non allacciati.

Scenario	Ipotesi principali	VAN (M€) caso centrale	BCR	TIR	VAN (M€) volumi misurati	BCR
Pessimistico	Spurgo 8 €/mc; danno 1,5 M€; investimento +10%; N e P 40.000 €/anno × 3,13; gestione esistente 100.000 €/anno (base)	+3,36	1,11	3,9%	-14,99	0,48
Centrale	Spurgo 12 €/mc; danno 972.357 €; investimento da quadro economico	+22,46	1,83	9,0%	-5,98	0,77

Scenario	Ipotesi principali	VAN (M€) caso centrale	BCR	TIR	VAN (M€) volumi misurati	BCR
Ottimistico	Spurgo 18 €/mc; AE allacciati +1.250 entro il 15° anno; investimento -5%; N e P 100.000 €/anno × 3,13; gestione esistente 150.000 €/anno (base)	+62,08	3,42	16,3%	+8,80	1,36

Nei casi pessimistico e ottimistico i valori di nutrienti e gestione sono quelli della prima versione, moltiplicati per il carico (nutrienti) e per il fattore di gestione; la colonna dei volumi misurati usa la stessa struttura con 66.688 m³ l'anno di reflui dei non allacciati.

Dotazione di refluo (caso centrale con presenze comunicate).

Dotazione (L/ab-giorno)	Volume dei non allacciati (m³/anno)	VAN (M€)	BCR
64 (misurata)	66.688	-5,98	0,77
100	104.390	+1,57	1,06
125	130.488	+6,79	1,26
150	156.585	+12,01	1,45
175	182.683	+17,23	1,64
200 (centrale)	208.780	+22,46	1,83
250	260.975	+32,90	2,19

Tasso di sconto.

Tasso	2%	3%	4%	5%
VAN centrale (M€)	+30,12	+22,46	+16,40	+11,59
BCR centrale	2,04	1,83	1,64	1,47
VAN volumi misurati (M€)	-3,45	-5,98	-7,88	-9,32
BCR volumi misurati	0,87	0,77	0,68	0,60

BCR al variare del costo di spurgo e degli AE aggiuntivi allacciati oltre i 3.664.

Costo di spurgo	Centrale: +0 AE	+625 AE	+1.250 AE	Volumi misurati: +0 AE	+625 AE	+1.250 AE
8 €/mc	1,29	1,41	1,53	0,59	0,63	0,67
12 €/mc	1,83	2,00	2,18	0,77	0,83	0,89
18 €/mc	2,63	2,89	3,16	1,04	1,13	1,22

Valori soglia (VAN = 0).

- Dotazione di refluo: 93 L/ab-giorno nel caso centrale, cioè il 46% di quella assunta (volume dei non allacciati 96.569 m³ l'anno).
- Costo di spurgo di pareggio: 5,8 €/mc nel caso centrale; 17,1 €/mc con i volumi misurati (12 assunti).
- Benefici non monetizzati necessari: nessuno nel caso centrale; 333.402 €/anno per 30 anni, pari a 34,9 €/AE-anno su 9.542 AE, con i volumi misurati (la prima versione indicava 42 €/AE-anno).
- Investimento: riportando la voce A.2.15 alla rivalutazione ISTAT (-14%) il VAN sale a +24,77 M€ (BCR 2,01) nel caso centrale e a -3,67 M€ (BCR 0,84) con i volumi misurati.

Con i volumi misurati la soglia di 34,9 €/AE-anno è contenuta se confrontata con i beni tutelati (balneazione, salute, habitat prioritari in una ZSC, un'edificabilità di 647.500 mc), ma il confronto resta un giudizio: nessun dato del progetto permette oggi di monetizzarli.

1.10 Sostenibilità finanziaria della gestione

Per coprire la sola gestione servono circa 2,83 €/mc di reflui (61,9 €/AE-anno); l'investimento, finanziato dai privati, non può essere recuperato dalla tariffa.

Indicatore	Caso centrale	Volumi misurati
Costo di gestione a regime	590.494 €/anno	475.363 €/anno
Volume di reflui	208.780 m³/anno (presenze × 200 L)	173.664 m³/anno
Tariffa di copertura della sola gestione	2,83 €/mc	2,74 €/mc
Costo annuo equivalente dell'investimento (3%, 30 anni)	1.023.580 €/anno	1.023.580 €/anno
Costo complessivo per AE (investimento + gestione)	169 €/AE-anno, 7,73 €/mc	157 €/AE-anno, 8,63 €/mc
Investimento lordo per AE insediato	2.335 €	2.335 €
Investimento lordo per metro cubo di potenzialità edificatoria (647.500 mc)	34,41 €/mc	34,41 €/mc

L'ultima riga serve a ripartire il contributo dei privati in modo proporzionale alla volumetria. Il confronto con la tariffa di fognatura e depurazione effettivamente applicata dal gestore del servizio idrico non è stato possibile: se fosse inferiore alla tariffa di copertura, la differenza (circa 377.398 €/anno incrementali nel caso centrale) dovrebbe essere coperta dal gestore o dal Comune, e questo va chiarito nella convenzione di consegna delle opere. Il profilo di presenze comunicato è meno concentrato di quello provinciale del 2008 (47,5% dei volumi in luglio-settembre contro 71%), ma resta fortemente stagionale: in inverno l'impianto lavora al 16% della potenzialità e i costi fissi gravano comunque.

I.11 Rischi e criticità emerse dalla documentazione

I benefici dell'ACB si realizzano solo se l'impianto funziona in modo conforme e continuo; la documentazione di luglio-settembre 2026 mostra che oggi non è così.

- **Superamenti dei limiti.** La Provincia, con diffida del 24/09/2026, richiama la nota ARPAS del 23/09/2026 sui campionamenti dell'8 e 9 settembre: superati Escherichia coli, azoto nitrico e azoto totale (illecito ai sensi dell'art. 133, comma 1, D.Lgs. 152/2006). Resta ferma la possibilità di sospensione o revoca dell'autorizzazione provvisoria (art. 130). Un singolo esito conforme di E. coli (<10 ufc/100 mL, rapporto di prova 5647/26 dell'11/08/2026) non basta a dimostrare la conformità.
- **Obblighi informativi.** La nota del 03/09/2026 chiede, entro 15 giorni, analisi chimico-fisiche complete, attestazione del campionatore automatico e coordinate dei punti di monitoraggio sul Rio La Serrera e sul Rio Li Cossi; la diffida reitera l'obbligo.
- **Continuità del servizio.** Il 03/08/2026 un'interruzione di corrente ha bloccato le pompe della stazione Maja 95 e causato uno sversamento (ripristino in cinque ore). Gruppi elettrogeni e telecontrollo, già previsti dal SIA, sono condizione dei benefici B1 e B2.
- **Danno ambientale.** Importi ripresi dalla SNT, elaborato HEA non presente nei file; compensazione Natura 2000 non quantificata (sezione I.5).
- **Quadro economico.** Le incongruenze di sezione I.4 (importo 22,28 contro 22,8 M€, rivalutazione, voce A.2.15) possono modificare il VAN fino a circa 2,3 M€.
- **Volumi e carico effettivo.** Il dato che decide l'esito è il volume di reflui dei 3.664 AE non allacciati. Le presenze comunicate con 200 L/ab-giorno danno 543.686 m³ l'anno complessivi; la fornitura Abbanoa misurata è 217.561 m³ (173.664 di refluo), cioè 64 L/ab-giorno di refluo. La differenza può dipendere da presenze inferiori alle ipotesi, consumi da fonti non misurate (pozzi, cisterne), perdite o dotazione reale più bassa; la Relazione generale segnala inoltre portate in ingresso dimezzate per perdite di linea. Il VAN si azzerà a 93 L/ab-giorno.
- **Potenzialità dell'impianto esistente.** Con le presenze comunicate i 5.878 AE già allacciati superano i 6.000 AE di potenzialità da giugno a ottobre; nel campionamento dell'8-9 settembre 2026 il carico era già alto.

- **Logistica dell'alternativa.** In luglio-agosto i non allacciati produrrebbero 1.229 m³ al giorno (123 viaggi di autobotti da 10 m³ ogni giorno): l'alternativa conforme è difficilmente praticabile a quel ritmo e ciò rafforza la scelta della rete.

I.12 Conclusioni, raccomandazioni e dati da verificare

Conclusione. Con le presenze comunicate e una dotazione di refluio di 200 L/ab-giorno, l'intervento si ripaga con i soli benefici monetizzabili (VAN +22,46 M€, BCR 1,83, TIR 9,0%) ed è l'unica alternativa conforme per un agglomerato di 9.542 AE. L'esito è condizionato dal volume di reflui: il VAN si azzerà a 93 L/ab-giorno, e con i volumi misurati da Abbanoa (64 L/ab-giorno) sarebbe -5,98 M€ (BCR 0,77), con benefici non monetizzati necessari per 34,9 €/AE-anno. Il danno ambientale già stimato (972.357 €, fino a 1,5 M€ con la fideiussione) è sostenibile e non altera il giudizio. La relazione va letta come analisi di costo-efficacia a supporto del motivo imperativo di salute pubblica già invocato nel Capo VII (§ 7.6.3).

Parte II – Analisi del ciclo di vita

Studio di screening secondo ISO 14040/14044: con le presenze mensili comunicate (media 7.448 abitanti, picco 16.000) l'opera immette in atmosfera circa 5.393 t di CO₂e per costruirla e 763 t l'anno per esercirla, contro 2.412 t l'anno dell'alternativa conforme con vasche e autospurgo. Il carbonio incorporato rientra in 7 anni e il vantaggio sul clima c'è a qualunque distanza di conferimento.

II.1 Sintesi dei risultati

L'analisi valuta l'intero sistema (rete fognaria, 14 stazioni di sollevamento, condotte in pressione e impianto di depurazione adeguato fino a 16.000 AE) lungo costruzione, esercizio per 30 anni, sostituzioni e fine vita. Le quantità di costruzione derivano dal computo metrico estimativo 2025 (1.667 voci, 98,7% dell'importo dei lavori); i carichi di esercizio dal profilo mensile di presenze comunicato dal committente (premessa comune), con una dotazione di refluio di 200 L/ab-giorno; i fattori di impatto sono valori tipici di letteratura, non dati di database commerciale.

- **Costruzione.** 5.393 t CO₂e (0,31 kg per euro di lavori; 565 kg per AE insediato) e 98,7 TJ di energia primaria. Il 41% viene dalla rete a gravità; per materiale pesante inerti e rinterri (21%), apparecchiature (18%), calcestruzzo (16%) e conglomerati bituminosi (13%). Non dipende dalle presenze.
- **Esercizio.** 763 t CO₂e l'anno a regime, pari a 1,40 kg/m³ di refluio e 80,0 kg per AE. Quattro voci fanno il 97%: energia elettrica (273 t), protossido di azoto (236 t), reagenti (134 t) e metano (100 t).
- **Confronto con l'alternativa.** Le vasche a tenuta con autospurgo per i 3.664 AE oggi non allacciati, più l'impianto esistente sovraccarico per il resto, emettono 2.412 t l'anno, in gran parte per i viaggi (1.378 t, circa 1,25 milioni di km) e il metano delle vasche (304 t). In 33 anni il progetto emette 28.656 t contro 72.497 t: **43.841 t di CO₂e in meno**, con pareggio del carbonio incorporato all'anno 7.
- **Acque.** Il potenziale di eutrofizzazione scende da 9.813 a 4.787 kg PO₄-eq l'anno (51%); l'azoto che resta nel bacino locale passa da 7,7 a 5,4 t l'anno.
- **Condizione di validità.** Il vantaggio sul clima non dipende più dalla distanza di conferimento: anche a distanza zero il progetto emette 3.260 t in meno in 33 anni. Con tutti i parametri sfavorevoli insieme il risparmio si azzerà (-117 t). Se si assumono i volumi oggi misurati da Abbanoa (64 L/ab-giorno) il risparmio scende a 16.487 t con pareggio all'anno 10.

II.2 Obiettivo e ambito

L'obiettivo è quantificare gli impatti ambientali del sistema fognario-depurativo lungo il ciclo di vita, individuare le fasi e i materiali che pesano di più e confrontare il progetto con l'alternativa che la legge lascerebbe disponibile per gli AE non allacciati. Lo studio integra l'analisi costi-benefici e il quadro del SIA; non sostituisce la valutazione degli impatti locali su flora, fauna, habitat e paesaggio, già trattata negli altri elaborati del dossier.

Unità funzionale. Raccolta, trattamento e recapito conformi al D.Lgs. 152/2006 dei reflui dell'agglomerato di Costa Paradiso (9.542 AE insediati; 2.718.429 abitanti-giorno e 543.686 m³ l'anno secondo il profilo mensile di presenze e 200 L/ab-giorno) per 33 anni, di cui 3 di cantiere e 30 di esercizio, orizzonte uguale a quello dell'analisi costi-benefici.

Scenari confrontati.

- **Progetto.** Rete fognaria completa, stazioni di sollevamento e impianto adeguato; tutti i 9.542 AE conferiscono all'impianto, che con 16.000 AE di potenzialità copre il picco di luglio-agosto.
- **Alternativa.** I 5.878 AE già serviti restano sull'impianto esistente da 6.000 AE (senza adeguamento), che con le presenze comunicate è in sovraccarico per il 15% del carico annuo; i 3.664 AE oggi non allacciati

usano vasche a tenuta svuotate con autosurgito e trattate in un impianto conforme esterno. È la stessa alternativa assunta per il beneficio B1 dell'analisi costi-benefici; le vasche sono dimensionate sul picco di 6.144 abitanti non allacciati.

- **Stato attuale (solo riferimento qualitativo).** I 3.664 AE scaricano al suolo da fosse settiche senza autorizzazione; non è un'alternativa lecita e non è calcolata.

Confini. Fasi secondo EN 15978 (moduli A1–A5 costruzione, B2–B6 uso, C fine vita; il modulo D non è calcolato).

Le strutture esistenti dell'impianto sono escluse da entrambi gli scenari, perché già costruite. Sono incluse le sostituzioni (apparecchiature dell'impianto all'anno 18, pompe delle stazioni all'anno 20), il trasporto dei materiali e dei fanghi, i reagenti, l'energia elettrica e le emissioni dirette di N₂O e CH₄.

Categorie di impatto. Potenziale di riscaldamento globale a 100 anni (GWP, AR6: CH₄ 27, N₂O 273), energia primaria cumulata (CED) e potenziale di eutrofizzazione (PO₄-eq: N 0,42; P 3,07). Acidificazione, tossicità, uso del suolo e acqua richiedono un database e non sono calcolati.

II.3 Inventario della costruzione

Ogni voce del computo (quantità fisiche del foglio 2025) è stata classificata per materiale e moltiplicata per un fattore di emissione. Per tubazioni e pozzetti la massa deriva da diametri e spessori; per le apparecchiature elettromeccaniche, per cui il computo non dà la massa, si usa un fattore per euro (0,45 kg CO₂e/€) sul prezzo 2012 rivalutato col coefficiente ISTAT 1,272, così la voce A.2.15 (filtropressa, 2,88 M€ nel foglio 2025 contro 80.586 € nel 2012) non gonfia il risultato. Il restante 1,3% dell'importo, non letto dal foglio, è ripartito in proporzione. L'inventario della costruzione è indipendente dalle presenze: l'impianto è già dimensionato per 16.000 AE.

Tabella 1 – Impatti della costruzione per componente (A1–A5).

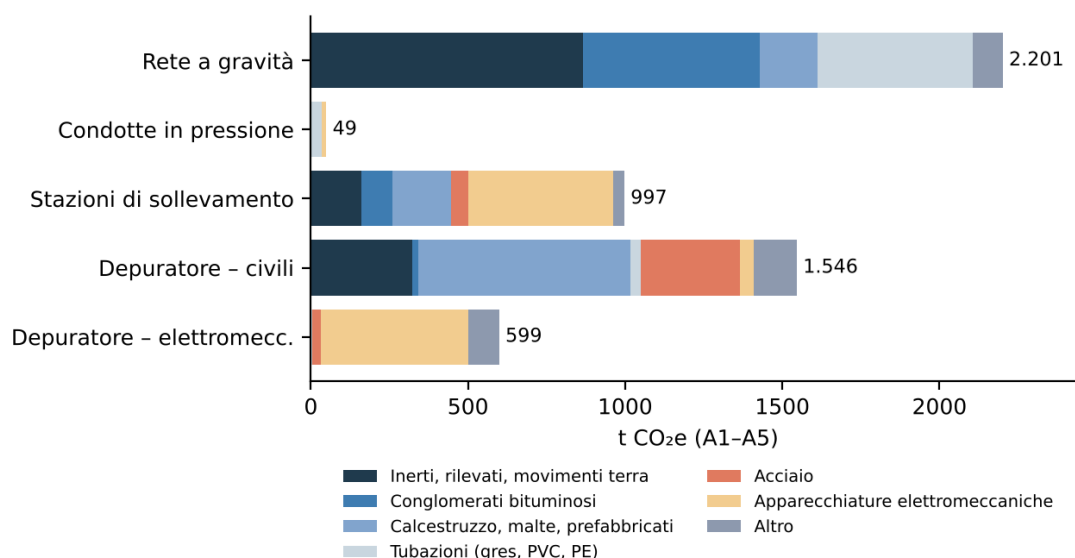
Componente	Lavori 2025 (k€)	GWP (t CO ₂ e)	Energia primaria (GJ)	kg CO ₂ e per €
Rete – collettori a gravità e opere accessorie	7.720	2.201	51.622	0,29
Rete – condotte in pressione	276	49	1.435	0,18
Stazioni di sollevamento (14)	2.148	997	17.311	0,46
Depuratore – opere civili	3.127	1.546	19.014	0,49
Depuratore – opere elettromeccaniche	4.240	599	9.302	0,14
Totale	17.511	5.393	98.683	0,31

Tabella 2 – Impatti della costruzione per materiale e lavorazione (t CO₂e, A1–A5).

Categoria di materiale / lavorazione	Massa (t)	GWP (t CO ₂ e)	Quota
Inerti e rilevati	84.782	1.116	20,7%
Apparecchiature elettromeccaniche ed elettriche	–	990	18,4%
Calcestruzzo e malte	6.339	841	15,6%
Conglomerati bituminosi	9.197	679	12,6%
Tubazioni in gres	665	416	7,7%
Acciaio da armatura	291	307	5,7%
Altre lavorazioni (spesa)	–	265	4,9%
Movimenti terra e demolizioni	–	234	4,3%
Pozzetti e chiusini	1.266	205	3,8%
Tubazioni in PVC	37	99	1,8%
Acciaio (tubi, lamiere)	36	90	1,7%
Tubazioni in PE	23	52	1,0%

Categoria di materiale / lavorazione	Massa (t)	GWP (t CO ₂ e)	Quota
Opere provvisoriale	–	48	0,9%
Ripristini a verde	–	24	0,4%
Casseforme in legno	–	18	0,3%
Geosintetici	–	9	0,2%

Il trasporto dei materiali in cantiere (modulo A4) vale 363 t CO₂e ed è già compreso nelle tabelle; riguarda per due terzi gli inerti.



Emissioni incorporate per componente e materiale (t CO₂e).

Due ipotesi pesano sul risultato: i 65.000 m³ di rinterro sono computati come materiale di cava (10 kg CO₂e/m³), mentre parte dello scavo potrebbe essere riutilizzata; e i tubi in gres e PVC hanno fattori tipici, in attesa delle dichiarazioni ambientali dei fornitori.

II.4 Inventario dell'esercizio

I flussi seguono il profilo mensile di presenze: ogni AE insediato equivale a 285 giorni di presenza l'anno (la prima versione ne assumeva 91, tarati sul consumo idrico misurato). Il volume è 543.686 m³ l'anno, di cui 334.906 m³ dai 5.878 AE già serviti e 208.780 m³ dai 3.664 AE aggiuntivi, con avvio graduale 60%, 85%, 100% dal quarto anno. I carichi di BOD e azoto (60 e 12 g per abitante-giorno) sono proporzionali alle presenze.

Due effetti della stagionalità sono modellati in modo esplicito. Primo, nei mesi di basso carico l'impianto lavora a una frazione della potenzialità (16% in inverno, 44% in aprile-maggio) e consuma più energia per metro cubo: si assume una maggiorazione pari al 40% della quota di capacità non utilizzata, che dà in media +13% sul consumo specifico. Secondo, l'impianto esistente da 6.000 AE nell'alternativa riceve più del proprio carico da giugno a ottobre (15% del carico annuo): la parte in eccesso scarica con concentrazioni doppie (azoto 40 mg/L, fosforo 8 mg/L).

Tabella 3 – Ipotesi di esercizio.

Parametro	Valore	Origine
Presenze	2.579 / 7.000 / 10.000 / 16.000 secondo il mese	Committente (premessa comune)
Dotazione di refluo	200 L/ab-giorno (285 giorni equivalenti per AE → 56,98 m ³ /AE-anno)	SIA Tab. 4.2; relazione di funzionamento

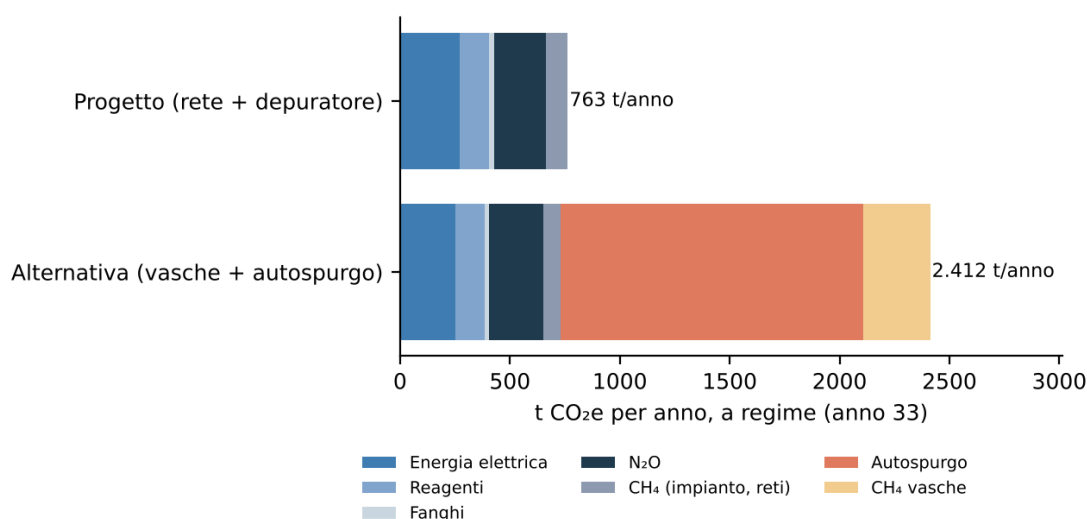
Ampliamento e manutenzione straordinaria delle infrastrutture fognarie e depurative nel P.d.L. F1.7 - Costa Paradiso -
Valutazione di Impatto Ambientale ex Post

Parametro	Valore	Origine
Energia, impianto adeguato	1,30 kWh/m ³ a pieno carico, maggiorato nei mesi di basso carico	Ipotesi (fanghi attivi ad aerazione prolungata, <10.000 AE: 0,9–1,8)
Energia, impianto esistente non adeguato	1,40 kWh/m ³	Ipotesi
Energia di sollevamento	0,20 kWh/m ³	Ipotesi
Fattore della rete elettrica	0,30 kg CO ₂ e/kWh	ISPRA 2025: 0,213 kg CO ₂ /kWh di sola produzione; maggiorato per perdite e monte della filiera
FeCl ₃ (41%) e NaClO (15%)	0,24 e 0,30 kg di soluzione per m ³	Dosaggi medi della Descrizione dell'opera, ripartiti sul volume
Carico organico e azotato	60 g BOD e 12 g N per abitante-giorno	Ipotesi, coerente con 200 L/ab-giorno
N ₂ O dell'impianto	1,6% dell'azoto in ingresso; 0,5% dell'azoto allo scarico	IPCC 2019, Vol. 5, cap. 6
CH ₄ dell'impianto, della rete, delle vasche	MCF 0,03, 0,02, 0,30; B ₀ 0,6 kg/kg BOD	IPCC 2019 (MCF vasche e rete: giudizio)
Fanghi	0,7 kg SS per kg BOD; recupero 150 kg CO ₂ e/t SS; polielettrolita 5 kg/t SS	Ipotesi
Azoto e fosforo allo scarico	Impianto adeguato 10 e 1,5 mg/L; esistente 20 e 4 mg/L (x2 sul carico in eccesso)	Ipotesi (limiti D.Lgs. 152/2006; superamenti accertati dalla diffida del 24/09/2026)
Autospurgo	30 km di sola andata, 10 m ³ a viaggio, 1,10 kg CO ₂ e/km	Ipotesi; l'impianto di conferimento non è individuato
Vasche dell'alternativa	1 da 20 m ³ (12 t di calcestruzzo) ogni 8 abitanti del picco (6.144)	Ipotesi

Tabella 4 – Emissioni di esercizio a regime (anno 33).

Fonte	Progetto (t CO ₂ e/anno)	Alternativa (t CO ₂ e/anno)
Energia elettrica	273,0	250,6
Reagenti (FeCl ₃ , NaClO)	133,7	133,7
Fanghi (polielettrolita, trasporto, recupero)	21,3	21,3
N ₂ O (impianto e recapito)	235,6	244,9
CH ₄ (impianto e reti)	99,6	79,3
Autospurgo (trasporto)	–	1.377,9
CH ₄ da vasche di accumulo	–	304,4
Totale a regime	763,1	2.412,1
Per m ³ di refluo	1,40 kg	4,44 kg
Per AE insediato (9.542)	80,0 kg	252,8 kg

Le due colonne si somigliano per energia, reagenti e protossido di azoto, perché i m³ trattati sono gli stessi: la differenza sta tutta nel trasporto dei reflui con autobotte (57% dell'alternativa) e nel metano delle vasche, assenti nel progetto. Nei mesi di punta l'alternativa richiede 123 viaggi al giorno di autobotti da 10 m³ (49 da 25 m³).



Emissioni di esercizio a regime, per fonte (t CO₂e/anno).

Sostituzioni e fine vita. Come nell'analisi costi-benefici, le apparecchiature dell'impianto vengono rinnovate per il 15% dei lavori all'anno 18 (297 t CO₂e); si aggiunge la sostituzione della metà delle apparecchiature delle stazioni all'anno 20 (231 t). Il fine vita (demolizione, trasporto e conferimento) è stimato nel 5% del carbonio incorporato, 270 t, e cade fuori dall'orizzonte di 33 anni. Le vasche dell'alternativa, dimensionate sul picco, incorporano 1.203 t CO₂e.

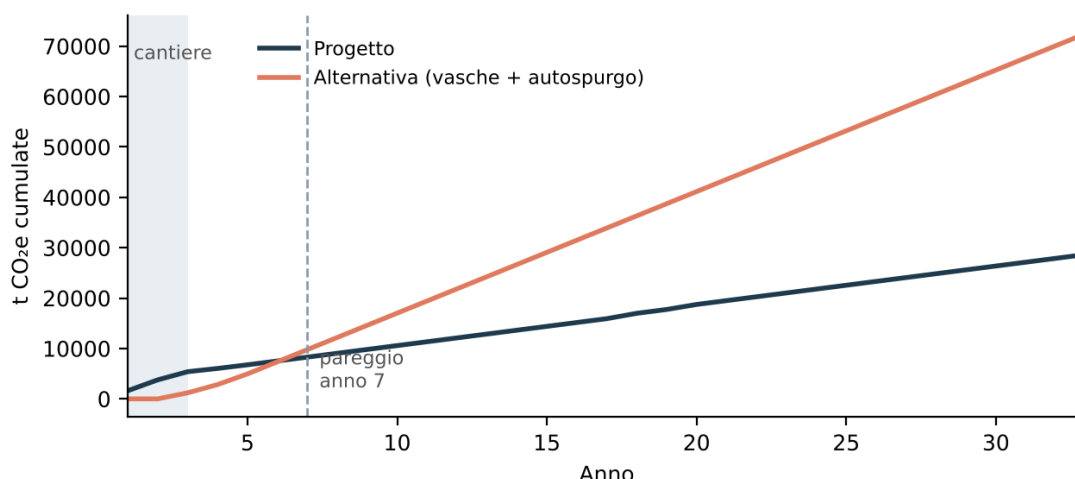
II.5 Risultati

II.5.1 Cambiamento climatico

Il progetto emette 28.656 t CO₂e in 33 anni: il 19% per la costruzione, il resto per l'esercizio e le sostituzioni. L'alternativa ne emette 72.497 t, quasi tutte per l'esercizio. Per ogni m³ trattato in 33 anni il progetto vale 1,8 kg CO₂e e l'alternativa 4,5 kg (1,40 e 4,44 kg a regime).

Tabella 5 – Flussi annui e cumulati di CO₂e (caso centrale).

Anno	Progetto annuo (t)	Progetto cumulato (t)	Alternativa annua (t)	Alternativa cumulata (t)
1	1.618	1.618	0	0
2	2.157	3.775	0	0
3	1.618	5.393	1.203	1.203
4	648	6.041	1.634	2.837
5	720	6.761	2.120	4.958
6	763	7.524	2.412	7.370
10	763	10.577	2.412	17.018
15	763	14.392	2.412	29.079
18	1.060	16.979	2.412	36.315
20	994	18.736	2.412	41.139
25	763	22.551	2.412	53.200
30	763	26.367	2.412	65.261
33	763	28.656	2.412	72.497



Emissioni cumulate di CO₂e: progetto e alternativa.

Il carbonio speso in cantiere (5.393 t) viene recuperato all'anno 7, perché ogni anno di esercizio il progetto evita 1.649 t rispetto all'alternativa. Se si attribuisce al periodo di 33 anni solo la quota di carbonio incorporato proporzionale alla vita utile (rete 50 anni, stazioni e impianto 35 anni), come fa l'analisi costi-benefici col valore residuo, le emissioni di costruzione scendono a 4.044 t.

II.5.2 Energia primaria

In 33 anni il progetto consuma 361 TJ di energia primaria (di cui 99 TJ per costruirlo) e l'alternativa 836 TJ, soprattutto per il gasolio delle autobotti (esercizio annuo a regime: 28,0 TJ contro 8,6 TJ).

II.5.3 Eutrofizzazione e carichi allo scarico

A parità di reflui, il progetto porta all'impianto adeguato (10 mg/L di azoto, 1,5 mg/L di fosforo) i volumi che nell'alternativa restano in parte sull'impianto esistente (20 e 4 mg/L, con il carico in eccesso a concentrazioni doppie). Il potenziale di eutrofizzazione scende da 9.813 a 4.787 kg PO₄-eq l'anno (-51%). Nel bacino locale (Rio La Sarrera) l'azoto scaricato passa da 7,7 a 5,4 t l'anno e il fosforo da 1,54 a 0,82 t, nonostante il volume maggiore. Questi valori dipendono dalle concentrazioni assunte, che le analisi dell'impianto dopo l'adeguamento dovranno confermare.

II.6 Sensibilità e incertezza

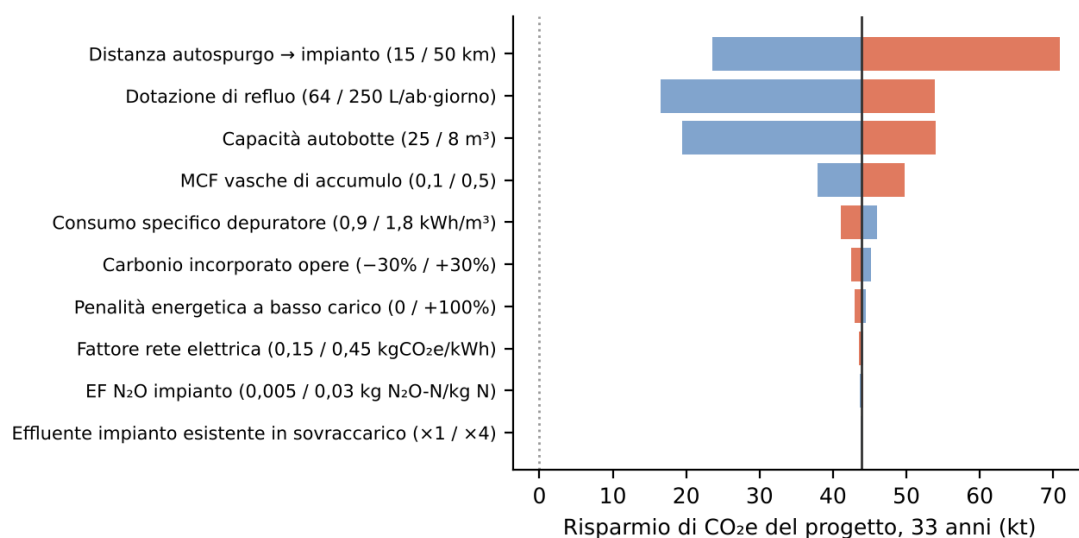
La tabella varia un parametro alla volta; il grafico ordina i parametri per effetto sul risparmio di CO₂e del progetto in 33 anni (caso centrale: 43.841 t).

Tabella 6 – Sensibilità a un parametro.

Parametro (valore 1 / valore 2)	Risparmio con valore 1 (t)	Risparmio con valore 2 (t)	Pareggio (anno)
Distanza autospurgo → impianto (15 / 50 km)	23.551	70.895	8 / 6
Dotazione di refluo (64 / 250 L/ab-giorno)	16.487	53.889	10 / 6
Capacità autobotte (25 / 8 m ³)	19.492	53.986	9 / 6
MCF vasche di accumulo (0,1 / 0,5)	37.864	49.817	7 / 6
Consumo specifico depuratore (0,9 / 1,8 kWh/m ³)	46.047	41.083	6 / 7
Carbonio incorporato opere (-30% / +30%)	45.167	42.515	6 / 7
Penalità energetica a basso carico (0 / +100%)	44.443	42.938	7 / 7
Fattore rete elettrica (0,15 / 0,45 kgCO ₂ e/kWh)	44.176	43.506	7 / 7

Ampliamento e manutenzione straordinaria delle infrastrutture fognarie e depurative nel P.d.L. F1.7 - Costa Paradiso -
Valutazione di Impatto Ambientale ex Post

Parametro (valore 1 / valore 2)	Risparmio con valore 1 (t)	Risparmio con valore 2 (t)	Pareggio (anno)
EF N ₂ O impianto (0,005 / 0,03 kg N ₂ O-N/kg N)	43.672	44.122	7 / 7
Effluente impianto esistente in sovraccarico (×1 / ×4)	43.776	43.971	7 / 7



Sensibilità del risparmio di CO₂e a un parametro alla volta (azzurro: primo valore indicato; arancio: secondo).

Tre parametri dominano: la distanza di conferimento dell'autospurgo, la dotazione di refluo (che regola tutti i volumi) e la capacità dell'autobotte; il trasporto è il 57% delle emissioni dell'alternativa. Con le presenze comunicate non esiste una distanza di pareggio: il progetto emette meno anche a distanza zero (risparmio di 3.260 t, con pareggio all'anno 21), perché il metano delle vasche, le vasche stesse e l'impianto esistente sovraccarico bastano a compensare la costruzione. Con 15 km e autobotte da 25 m³ insieme il risparmio scende a 11.376 t e il pareggio sale all'anno 12; con in più MCF delle vasche a 0,1 scende a 5.400 t (anno 16). Il fattore della rete elettrica e l'emissione di N₂O pesano poco sul confronto, perché uguali nei due scenari, ma pesano sul valore assoluto dell'esercizio. Se i volumi reali sono quelli misurati da Abbanoa (64 L/ab-giorno) il risparmio scende a 16.487 t (pareggio all'anno 10), perché si riducono energia, reagenti e viaggi, mentre restano i carichi.

Tabella 7 – Casi combinati (t CO₂e in 33 anni).

Caso	Progetto (t)	Alternativa (t)	Risparmio (t)	Pareggio (anno)
Centrale	28.656	72.497	43.841	7
Rete elettrica che decarbonizza (0,30 → 0,10 kg/kWh al 2056)	25.654	69.741	44.087	7
Allacci completi dal 4° anno (senza rampa)	28.814	73.566	44.753	6
Tutti i parametri favorevoli al progetto*	17.990	114.621	96.631	5
Tutti i parametri sfavorevoli al progetto*	44.735	44.618	-117	oltre 33
Volumi misurati (64 L/ab-giorno), altri parametri centrali	20.168	36.655	16.487	10
Prima versione (91 giorni equivalenti, senza stagionalità)	12.910	23.389	10.479	13

* Favorevole al progetto: 50 km, autobotte da 8 m³, MCF 0,5 delle vasche, rete a 0,20 kg/kWh, 0,9 kWh/m³, N₂O 0,005, carbonio incorporato -30%. Sfavorevole: 15 km, autobotte da 25 m³, MCF 0,1, rete a 0,45, 1,8 kWh/m³, N₂O 0,03, carbonio incorporato +30%.

Il caso sfavorevole combina otto ipotesi estreme insieme ed è un limite, non uno scenario atteso: l'esito sul clima è comunque di sostanziale parità, non di svantaggio netto, e va verificato sui dati reali di conferimento.

II.7 Interpretazione e misure di riduzione

Il progetto è la scelta preferibile per le acque e per il clima. Il carbonio incorporato in costruzione è il 19% delle emissioni in 33 anni, quindi le misure più efficaci intervengono sul cantiere e, con i carichi comunicati, sempre più sull'esercizio. Le riduzioni indicate sono stime d'ordine di grandezza da verificare in progetto esecutivo.

1. **Riutilizzare in sito lo scavo dei rinterri.** Gli inerti e i rinterri valgono 1.116 t; coprire metà del fabbisogno con materiale di scavo vagliato eviterebbe circa 450 t, oltre ai viaggi di cava e di discarica.
2. **Ripristini stradali con conglomerati a basse temperature e con fresato riciclato.** Su 679 t, il 20–30% in meno sarebbe 135–200 t.
3. **Disinfezione con ultravioletti al posto dell'ipoclorito.** Il computo prevede entrambe le soluzioni (A.2.9 e A.2.10). Con UV (circa 0,05 kWh/m³) si risparmiano circa 90 t CO₂e l'anno, il 12% dell'esercizio, ed è la misura con il rapporto più favorevole; va verificata sulla qualità batteriologica allo scarico, tema della diffida del 24/09/2026.
4. **Regolazione dell'ossigeno disciolto e riduzione delle perdite di linea.** Un risparmio del 20% sull'aerazione vale circa 36 t l'anno; la Relazione generale segnala portate dimezzate per perdite, che aumentano il volume di acqua parassita da sollevare.
5. **Energia fotovoltaica sull'area dell'impianto.** Coprire metà dei 910 MWh annui sposterebbe circa 136 t l'anno con il fattore centrale; il consumo si concentra in estate, quando la produzione è massima.
6. **Gestione dell'N₂O e dei bassi carichi.** Con 236 t l'anno è la seconda fonte; una conduzione che eviti nitrificazioni incomplete e che spenga le linee non necessarie nei mesi di basso carico (la maggiorazione energetica stagionale vale circa 13%) è il punto su cui un monitoraggio dà più informazione.
7. **Evitare l'autospurgo.** Ogni anno di ritardo nell'allaccio dei 3.664 AE costa circa 1.649 t CO₂e rispetto al progetto a regime; il cronoprogramma dei lotti conta quanto il dimensionamento.

II.8 Limiti e dati da verificare

- **Presenze e dotazione.** Il profilo mensile è un dato comunicato dal committente e la dotazione di 200 L/ab-giorno un'ipotesi: il consumo idrico misurato (217.561 m³ l'anno) è inferiore di circa 2,5 volte ai volumi che ne derivano. Il risultato climatico resta positivo con entrambi (risparmio da 16.487 a 43.841 t), ma il valore assoluto va riconciliato con i registri di portata.
- **Fattori di impatto.** Sono valori tipici di letteratura (ordine di grandezza di ICE v3, EPD di settore, IPCC 2019), non estratti da un database con licenza. Per un uso formale vanno sostituiti con dati di ecoinvent o con le dichiarazioni dei fornitori.
- **Ipotesi di esercizio.** Consumi energetici, maggiorazione a basso carico, dosaggi dei reagenti, concentrazioni allo scarico e destino dei fanghi non sono dati del progettista: vanno confermati dal progetto esecutivo e dal disciplinare di gestione.
- **Alternativa.** Distanza dell'impianto di conferimento, capacità delle autobotti e numero e volume delle vasche sono ipotesi; la logistica di punta (123 viaggi al giorno) è probabilmente non praticabile e non è modellata come vincolo.
- **Quantità.** Il computo usa le quantità del foglio 2025; l'importo dei lavori nel foglio (17,51 M€) è 2,14 volte quello del 2012 contro un coefficiente ISTAT dichiarato di 1,272, scarto già segnalato nell'analisi costi-benefici e non influente sulle quantità fisiche.
- **Non incluso.** Perdita di carbonio per l'asportazione della macchia mediterranea (stimata nella Parte IV in 37–172 t), uso del suolo, acidificazione, tossicità, rumore e disturbo alle specie: per questi aspetti valgono SIA, Vinca e misure di mitigazione del dossier. I gruppi elettrogeni (tre stazioni) sono esclusi perché di emergenza.
- **Uso pubblico.** Poiché il confronto sarà inserito in un dossier di V.I.A. pubblico, la ISO 14044 (par. 6) richiede una revisione critica da parte di un esperto indipendente prima di dichiarare la superiorità di uno scenario.

II.9 Conclusione

Il ciclo di vita del sistema fognario-depurativo di Costa Paradiso produce, con le presenze comunicate, circa 28.700 t di CO₂e in 33 anni, contro 72.500 t dell'alternativa con vasche e autospurgo, e dimezza il potenziale di eutrofizzazione dei reflui. Il carbonio della costruzione (5.400 t, per il 41% nella rete a gravità) si recupera in 7 anni. Il risultato climatico è positivo a qualunque distanza di conferimento e con entrambe le calibrazioni dei volumi; si azzerava solo se tutte le ipotesi sfavorevoli si verificano insieme. Le misure di sezione II.7 valgono circa 600 t una tantum (riuso dello scavo e ripristini stradali) e circa 260 t l'anno (disinfezione UV, aerazione, fotovoltaico).

II.10 Fonti e riferimenti

- ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita.
- EN 15978:2011, Valutazione della prestazione ambientale degli edifici (moduli A–D, applicati per analogia all'opera infrastrutturale).
- IPCC, 2019 Refinement to the 2006 Guidelines, Vol. 5, cap. 6 (trattamento delle acque reflue); IPCC AR6 per i GWP a 100 anni.
- ISPRA, [Rapporto 413/2025 – Le emissioni di CO₂ nel settore elettrico](#); valore 0,213 kg CO₂/kWh riportato da [Ollum](#).
- Hammond e Jones, Inventory of Carbon and Energy (ICE) v3, per i fattori dei materiali da costruzione; CML-IA per i fattori di eutrofizzazione.
- Documenti di progetto: Computo metrico estimativo con quadro economico 2025; Descrizione dell'opera (REV 2026); Relazione generale; SIA (Tab. 4.2); Analisi costi-benefici; profilo di presenze comunicato dal committente il 3 ottobre 2026.

Parte III – Lettura integrata

III.1 Che cosa misura ciascuna analisi

	Costi-benefici (Parte I)	Ciclo di vita (Parte II)
Domanda	L'investimento si ripaga con i benefici monetizzabili?	Quanto impatto ambientale produce l'opera nell'arco della vita e rispetto all'alternativa?
Unità di misura	€ a prezzi costanti, attualizzati al 3%	t CO ₂ e, MJ, kg PO ₄ -eq, non attualizzati
Orizzonte	33 anni (3 di cantiere, 30 di esercizio)	Stesso, con vita utile 50 anni (rete) e 35 anni (impianto) per fine vita e valore residuo
Confronto	Opzione zero come riferimento; alternativa conforme per il beneficio B1	Alternativa conforme (vasche e autospurgo)
Esito, caso centrale (200 L)	VAN +22,46 M€; BCR 1,83; TIR 9,0%	Risparmio di 43.841 t CO ₂ e; pareggio all'anno 7
Esito, volumi misurati (64 L)	VAN -5,98 M€; BCR 0,77; TIR 1,0%	Risparmio di 16.487 t CO ₂ e; pareggio all'anno 10
Dati a monte	Quadro economico 2025, Relazione generale, SNT	Computo metrico 2025 (1.667 voci), Descrizione dell'opera

Le due letture sono complementari: la prima dice quanto costa e quanto rende in denaro, la seconda che cosa costa all'ambiente. Nessuna sostituisce la valutazione degli impatti locali su flora, fauna, habitat e paesaggio del SIA e della VlncA; i servizi ecosistemici, che le due analisi non coprono, sono trattati nella Parte IV.

III.2 Dati e ipotesi comuni

Condividono: 9.542 AE insediati, di cui 5.878 già serviti dall'impianto esistente e 3.664 oggi non allacciati; il profilo mensile di presenze (2.718.429 abitanti-giorno, media 7.448) e la dotazione di refluo (200 L/ab-giorno nel caso centrale, 64 L con volumi misurati); allacciamento graduale al 60%, 85% e 100%; investimento in tre anni al 30%, 40% e 30%; rinnovo del 15% dei lavori dell'impianto all'anno 18. L'alternativa è la stessa: vasche a tenuta per i 3.664 AE, svuotate con autospurgo e trattate in un impianto esterno, con i 5.878 AE già allacciati che restano sull'impianto esistente da 6.000 AE.

Differiscono perché rispondono a domande diverse: l'analisi costi-benefici usa il costo economico al netto dell'IVA (20,06 M€) e il danno ambientale monetizzato; quella del ciclo di vita usa le quantità fisiche del computo (17,51 M€ di lavori) e non include il danno locale agli habitat, già valutato nel SIA.

III.3 Il parametro che governa entrambe le analisi: il volume di refluo

Il volume dei 3.664 AE non allacciati determina insieme il beneficio di spurgo (Parte I) e le emissioni dell'alternativa (Parte II): più refluo da svuotare significa più costo evitato e più viaggi evitati. Il confronto tra le due calibrazioni lo mostra.

	Caso centrale (200 L)	Volumi misurati (64 L)
Volume dei non allacciati	208.780 m ³ /anno	66.688 m ³ /anno
Spurgo evitato (valore attuale)	43,72 M€	13,97 M€
VAN / BCR	+22,46 M€ / 1,83	-5,98 M€ / 0,77
Emissioni dell'alternativa a regime	2.412 t/anno	1.198 t/anno
Risparmio di CO ₂ e in 33 anni	43.841 t	16.487 t
Valore attuale del carbonio evitato	24.489 t	8.280 t

Ne segue che l'esito economico dipende dal volume (il VAN cambia segno intorno a 93 L/ab-giorno), mentre l'esito climatico no: entrambe le calibrazioni danno un risparmio di carbonio.

III.4 Distanza e costo dello spurgo

Il costo dello spurgo (12 €/m³ nell'analisi costi-benefici) e la distanza di conferimento (30 km nell'analisi del ciclo di vita) descrivono lo stesso fatto: quanto è lontano e costoso smaltire i reflui senza fognatura. La tabella li fa variare insieme, assumendo il costo proporzionale alla distanza (12 € a 30 km, senza quota fissa; ipotesi illustrativa) e lasciando invariato il resto.

Tabella III.1 – Distanza di conferimento, esito economico e climatico.

Distanza	Costo spurgo implicito	VAN centrale (M€)	BCR centrale	Risparmio CO ₂ e centrale (t)	Pareggio (anno)	VAN volumi misurati (M€)	BCR misurati	Risparmio CO ₂ e misurati (t)	Pareggio (anno)
15 km	6 €/m ³	0,60	1,02	23.551	8	-12,96	0,50	10.006	12
30 km (centrale)	12 €/m ³	22,46	1,83	43.841	7	-5,98	0,77	16.487	10
45 km	18 €/m ³	44,32	2,63	64.131	6	1,00	1,04	22.968	9
60 km	24 €/m ³	66,18	3,43	84.421	5	7,99	1,31	29.449	8

Due letture. Primo, con il volume del caso centrale il conto economico è positivo anche a 15 km (BCR 1,02) e lo è sempre di più al crescere della distanza. Con volumi misurati servono circa 43 km di conferimento (a 45 km il BCR è 1,04) perché il bilancio economico diventi positivo. Secondo, il risparmio di carbonio è positivo a ogni distanza: anche a distanza zero il progetto emette 3.260 t in meno nel caso centrale. Costo e distanza vanno verificati con preventivi reali di autospurgo e con l'impianto di conferimento individuato dal Comune.

Un secondo limite riguarda la logistica. Con 200 L il picco di luglio-agosto richiederebbe 123 viaggi di autobotte da 10 m³ al giorno: ordine di grandezza difficilmente praticabile, e quindi nell'alternativa una parte dei reflui resterebbe non conferita. Il costo dell'alternativa è perciò verosimilmente sottostimato nel caso centrale, e ciò rafforza, non indebolisce, il confronto a favore del progetto.

III.5 Valore del carbonio evitato nell'analisi costi-benefici

Il carbonio risparmiato dal progetto può essere inserito nell'analisi costi-benefici con un prezzo ombra, come la Guida UE consente per le esternalità. Non è un doppio conteggio: il beneficio B1 misura il costo di mercato dell'autospurgo, non il danno climatico. Il valore attuale del carbonio evitato (al 3%, perché i costi di costruzione cadono prima dei risparmi) è di 24.489 t nel caso centrale e 8.280 t con volumi misurati.

Tabella III.2 – Effetto del prezzo del carbonio.

Prezzo del carbonio	Valore attuale, centrale (M€)	VAN centrale (M€)	BCR centrale	Valore attuale, misurati (M€)	VAN misurati (M€)	BCR misurati
0 €/t	0,00	22,46	1,83	0,00	-5,98	0,77
50 €/t	1,22	23,68	1,87	0,41	-5,57	0,79
100 €/t	2,45	24,91	1,92	0,83	-5,15	0,80
200 €/t	4,90	27,36	2,01	1,66	-4,32	0,83
500 €/t	12,24	34,70	2,28	4,14	-1,84	0,93

Con i volumi misurati servirebbe un prezzo di circa 722 €/t di CO₂e per azzerare il VAN, oltre i valori di mercato e di riferimento usuali; nel caso centrale il carbonio aggiunge valore a un VAN già positivo. In entrambi i casi il carbonio pesa più nella lettura ambientale della Parte II che nel bilancio economico. I prezzi ombra vanno presi dalla fonte ufficiale adottata dall'ente valutatore; qui sono valori di prova.

III.6 Conclusioni integrate

L'opera è dovuta per legge. Con le presenze comunicate e la dotazione di progetto (200 L) si ripaga con i soli benefici monetizzabili, riduce il carbonio (43.841 t in meno in 33 anni, pareggio all'anno 7) e dimezza

l'eutrofizzazione. Con i volumi oggi misurati (64 L) il conto economico è negativo (-5,98 M€; 34,9 €/AE·anno di benefici non monetizzati necessari), ma l'opera continua a ridurre carbonio (16.487 t) ed eutrofizzazione.

Sono robusti nel segno: il vantaggio sul clima e sulle acque in entrambe le calibrazioni, il peso modesto del danno ambientale (3,2% dei costi) e la necessità dell'opera per conformità. È condizionato dal volume l'esito economico, con soglia a 93 L/ab-giorno. Il profilo di presenze rende inoltre più urgente l'allaccio, perché l'impianto esistente supera la potenzialità da giugno a ottobre e ha già superato i limiti allo scarico a settembre 2026.

L'insieme sostiene il motivo imperativo di salute pubblica già invocato nel Capo VII (§ 7.6.3) con questa formulazione: la soluzione fognario-depurativa è l'unica conforme, è preferibile all'alternativa per il clima e per le acque in entrambe le calibrazioni e, se la dotazione di refluo supera 93 L/ab-giorno, si ripaga con i soli benefici monetizzati.

Raccomandazioni integrate.

1. Riconciliare presenze, dotazione e volumi con i registri mensili di portata dell'impianto e i consumi mensili Abbanoa; verificare che le 2.579 presenze invernali siano riferite all'agglomerato e non all'intero Comune. È il dato che decide il segno del VAN.
2. Individuare l'impianto di conferimento dell'autospurgo, la distanza e il costo reali, con preventivi.
3. Allineare l'importo complessivo (22,28 o 22,8 M€), motivare la rivalutazione dei lavori e la voce A.2.15, e completare la quantificazione della compensazione Natura 2000.
4. Chiudere le prescrizioni della Provincia (analisi complete, campionatore automatico, punti di monitoraggio) e riportare l'effluente entro i limiti; con le presenze comunicate l'impianto esistente è sovraccarico da giugno a ottobre.
5. In progetto esecutivo, adottare le misure di riduzione della sezione II.7: riuso dello scavo, ripristini con conglomerati a bassa temperatura e fresato, disinfezione a ultravioletti, regolazione dell'ossigeno, fotovoltaico, conduzione a basso carico dell'impianto in inverno.
6. Fissare nel cronoprogramma l'allaccio più rapido dei 3.664 AE: ogni anno di ritardo comporta circa 1.650 t di CO₂e e, nel caso centrale, circa 2,5 M€ di spurgo (0,8 M€ con volumi misurati).
7. Sostituire i fattori di impatto della Parte II con dati di database o dichiarazioni dei fornitori e far verificare il confronto da un esperto indipendente (ISO 14044, par. 6) prima della pubblicazione nel dossier di V.I.A.

Dati da verificare in comune.

Parametro	Valore assunto	Verifica richiesta
Presenze mensili	2.579 / 7.000 / 10.000 / 16.000	Fonte del dato; coincidenza del valore invernale con i residenti del Comune; registri di portata
Dotazione di refluo	200 L/ab-giorno (misurata: 64)	Registri di portata, consumi mensili Abbanoa, pozzi e cisterne
Distanza e costo dell'autospurgo	30 km; 12 €/m ³	Preventivi e impianto di conferimento
AE realmente allacciati	3.664 AE; rampa 60-85-100%	Cronoprogramma, ordinanza di allaccio
Gestione a regime	590.494 €/anno; 1,30 kWh/m ³ più maggiorazione a basso carico	Piano di gestione, bollette, disciplinare
Qualità allo scarico	N 10 mg/L, P 1,5 mg/L	Analisi dell'effluente dopo l'adeguamento
Fattori di impatto	Valori tipici di letteratura	Database o dichiarazioni dei fornitori

Parte IV – Servizi ecosistemici

IV.1 Obiettivo e metodo

La Parte IV valuta i servizi ecosistemici, cioè i benefici che ecosistemi e suolo forniscono alle persone, e come cambiano con l'opera. Completa le prime due parti, che ora seguono il profilo mensile di presenze comunicato dal committente (premessa comune): l'analisi costi-benefici monetizza solo ciò che ha un prezzo (spurgo evitato, nutrienti, danno ambientale) e l'analisi del ciclo di vita misura carbonio, energia ed eutrofizzazione; restano fuori balneazione, paesaggio, habitat, suolo e valori di esistenza, che sono quelli del motivo imperativo del Capo VII (§ 7.6.3).

Il metodo ha tre passi. Primo, un elenco di 11 servizi tratto dalla classificazione CICES (nelle denominazioni abbreviate) e dal quadro MAES, limitato a quelli che l'opera può modificare. Secondo, una matrice qualitativa che dà un punteggio da -3 a +3 al cambiamento rispetto allo stato attuale in quattro scenari: opzione zero del SIA, progetto in cantiere, progetto a regime e alternativa conforme della Parte II (vasche a tenuta e autospurgo). Terzo, la quantificazione dei soli servizi per i quali esistono dati difendibili, con un controllo sul doppio conteggio con le Parti I e II. Rispetto alla prima versione la valutazione è stata riletta alla luce della stagionalità: lo scarico, il traffico delle autobotti e i servizi culturali dipendono dalle presenze del mese, non dalla media annua.

I dati vengono dal SIA e dalla VInCA, dallo Studio naturalistico (SNT), dalle relazioni su flora, vegetazione, suolo e paesaggio e dal Capo VII. Non sono stati rilevati servizi sul campo e i punteggi sono un giudizio esperto: vanno letti come ordine e direzione, non come misure.

IV.2 Il contesto: che cosa viene fornito e a chi

Il comprensorio è un insediamento turistico di circa 788,5 ha, interamente nel Comune di Trinità d'Agultu e Vignola, in parte dentro la ZSC "Isola Rossa – Costa Paradiso" (circa 5.412 ha, di cui circa il 47% a mare; 21 habitat dell'Allegato I). L'area di intervento è però in gran parte urbanizzata e lineare, lungo la viabilità esistente.

- **Territorio.** Macchia mediterranea, gineprei, habitat costieri rupicoli e una flora con numerosi endemismi; le sensibilità maggiori sono le macchie evolute (recupero in 15-20 anni, contro 1-2 anni per una radura erbacea), i ripari lungo i corsi d'acqua e le coste con *Limonium* endemici.
- **Acqua.** Il recettore previsto è il Rio La Sarrera, a flusso perenne, con sbocco su costa rocciosa non balneabile. Il corso d'acqua adiacente al depuratore, scartato come recapito, sfocia invece nella spiaggia di Li Cossi, molto frequentata.
- **Beneficiari e presenze.** Il profilo comunicato va da 2.579 abitanti (gennaio-marzo, novembre-dicembre, cifra uguale ai residenti del Comune al 1° gennaio 2026) a 7.000 (aprile-maggio), 10.000 (giugno, settembre, ottobre) e 16.000 (luglio-agosto). Sono residenti, proprietari di seconde case (oltre l'80% delle abitazioni non risulta occupato nell'arco dell'anno, censimento 2001), turisti balneari, operatori delle concessioni demaniali e, per i valori di esistenza, la collettività. Il carico dei servizi culturali e dell'acqua è quindi 6,2 volte più alto a luglio-agosto che in inverno.
- **Pressione attuale.** Dispersione dei reflui nel suolo, acque di balneazione peggiorate nei monitoraggi 2003-2008, disagi da spurgo concentrati in estate; con le presenze comunicate l'impianto esistente (6.000 AE) riceve da giugno a ottobre più del suo carico di progetto (+64% a luglio-agosto).

IV.3 Matrice dei servizi ecosistemici

Il punteggio misura il cambiamento del servizio rispetto allo stato attuale, da -3 (perdita forte) a +3 (miglioramento forte). La confidenza (A alta, M media, B bassa) dipende da quanto il giudizio poggia su dati misurati.

Ampliamento e manutenzione straordinaria delle infrastrutture fognarie e depurative nel P.d.L. F1.7 - Costa Paradiso -
Valutazione di Impatto Ambientale ex Post

	Opzione zero	Progetto cantiere	Progetto a regime	Alternativa conforme (vasche + autospurgo)
R1 Qualità e depurazione delle acque dolci (Rio La Sarrera, falde)	-2	-1	+1	0
R2 Qualità delle acque marino-costiere (balneazione)	-2	0	+2	+1
R3 Qualità del suolo (contaminazione da fosse e scarichi)	-2	-1	+2	+1
R4 Controllo dell'erosione e dei movimenti di massa	0	-1	+1	0
R5 Regolazione del clima globale (carbonio)	0	-2	-1	-3
R6 Habitat e popolazioni (macchia, ginepri, endemiti)	-1	-2	+1	0
R7 Controllo delle specie aliene invasive (Carpobrotus)	-1	0	+1	0
P1 Acqua depurata per riuso irriguo	0	0	+1	0
C1 Fruizione balneare e ricreativa	-2	-1	+2	-1
C2 Paesaggio e qualità percettiva	-1	-1	+1	0
C3 Valore di esistenza della biodiversità (Natura 2000)	-1	-1	+1	0

Cambiamento dei servizi ecosistemici per scenario (punteggio da -3 a +3).

Servizio	Motivazione principale	Cf.
R1 Acque dolci	Cessa la dispersione dei reflui; ma lo scarico estivo (3.200 m ³ /giorno, 37 L/s) cade nel mese di magra del Rio La Sarrera e va monitorato	M
R2 Acque marino-costiere	Fine degli scarichi privati; recapito lontano da spiagge	M
R3 Suolo	Risanamento dei terreni contaminati dalle fosse	M
R4 Erosione e frane	Scavi su versanti in cantiere; ingegneria naturalistica a regime	M
R5 Clima	Ordinale, coerente con la Parte II (progetto 763 t/anno contro 2.412 dell'alternativa); vedi nota	B
R6 Habitat e specie	1,25 ha disturbati, ripristino con 1.500 piante, risanamento dei ripari	M
R7 Specie aliene	Eradicazione di <i>Carpobrotus</i> e infestanti	A
P1 Acqua per irrigazione	Effluente dimensionato sui limiti di riuso; riuso non ancora previsto	B
C1 Fruizione balneare	Fine dei disagi da spurgo; nell'alternativa restano fino a 123 viaggi di autobotte al giorno in luglio-agosto	M
C2 Paesaggio	Opere in gran parte interrato, recupero delle aree alterate	M
C3 Valore di esistenza	Subordinato alla compensazione Natura 2000 non ancora quantificata	B

Nota sul clima (R5). I punteggi sono ordinali e coerenti con la Parte II (il progetto emette meno dell'alternativa); non sono una variazione rispetto allo stato attuale, che non è stato modellato. Un servizio può essere negativo anche in uno scenario che migliora la qualità dell'acqua: la costruzione emette 5.393 t di CO₂e. Con le presenze comunicate l'alternativa emette 3,2 volte più del progetto, e per questo passa da -2 a -3.

Tre letture emergono dalla matrice:

- **A regime il progetto migliora 10 servizi su 11 e ne peggiora uno** (il clima, in modo meno marcato dell'alternativa). Il miglioramento maggiore (+2) riguarda acque marino-costiere, suolo e fruizione balneare, cioè i beni su cui poggia il motivo imperativo di salute pubblica. Le acque dolci migliorano meno (+1, prima +2): con il profilo comunicato lo scarico estivo è sei volte quello invernale e il Rio La Sarrera è al minimo di portata proprio in quei mesi.
- **In cantiere 8 servizi su 11 peggiorano**, in modo temporaneo e localizzato; i più colpiti sono habitat e clima. Il cronoprogramma per lotti, la sospensione dei lavori nei mesi di presenze alte (giugno-ottobre, non più solo luglio-agosto) e il ripristino sono le misure che li governano.

- **L'alternativa conforme migliora solo in parte e peggiora due servizi.** Protegge le acque marino-costiere e il suolo (+1), ma lascia l'impianto esistente in sovraccarico da giugno a ottobre (acque dolci a 0), richiede fino a 123 viaggi di autobotte al giorno a luglio-agosto (fruizione -1) e ha le emissioni più alte (clima -3). Non dà ripristino né migliora paesaggio e habitat. La differenza tra progetto e alternativa è maggiore nei servizi culturali, nella fruizione e negli habitat.

IV.4 Che cosa si può quantificare

Solo per quattro elementi esistono dati sufficienti. Gli altri servizi restano qualitativi, per non attribuire una precisione che i dati non hanno.

Superficie interessata. Sono disturbati 12.507 m² (1,25 ha), in prevalenza macchia mediterranea: lo 0,023% della ZSC (0,044% della sola parte terrestre, ipotizzata al 53%). Il dato dimensiona l'impatto sul servizio R6, non lo valuta.

Carbonio della vegetazione e del suolo. Il ciclo di vita della Parte II non include il cambio d'uso del suolo. Una stima prudente, con valori tipici della macchia mediterranea (biomassa totale 8-25 tC/ha, nel caso centrale 15; carbonio del suolo superficiale circa 50 tC/ha, con perdita fino al 25% senza riuso dello strato superficiale e 35% di tale perdita con il riuso previsto al § 7.4.1 del Capo VII), dà:

Voce	Minimo	Centrale	Massimo
Biomassa asportata (t CO ₂ e)	37	69	115
Suolo (t CO ₂ e)	0	20	57
Totale (t CO ₂ e)	37	89	172
Quota delle emissioni di costruzione (5.393 t)	0,7%	1,6%	3,2%
Valore a 50 €/t, 100 €/t e 250 €/t	1.800 €	8.900 €	43.000 €

La perdita non cambia la lettura della Parte II: sposta di meno del 2% le emissioni di costruzione, e le piantumazioni la compensano solo in parte e in 15-20 anni. Se si realizza il fitodepuratore opzionale (circa 10.000 m² di macchia poco evoluta nel lotto X.29) si aggiungono 29-92 t di CO₂e, circa 55 nel caso centrale. I prezzi usati sono valori illustrativi, non una fonte ufficiale.

Ripristino degli habitat. Il costo di ripristino primario di 958.000 € equivale a circa 77 €/m², mentre la perdita temporanea calcolata con il metodo HEA, 14.357 €, vale circa 1,15 €/m² e l'1,5% del ripristino. Il rapporto dipende dai tempi di recupero assunti; l'elaborato HEA non è tra i file consultati. Un recupero tre volte più lento darebbe 43.000 € e uno dieci volte più lento 143.600 €: nel secondo caso il peso sui costi attualizzati della Parte I resterebbe sotto lo 0,6%. Il giudizio sul danno ambientale non cambia, ma la durata assunta va dichiarata e motivata, perché per la macchia evoluta il recupero richiede 15-20 anni.

Qualità dell'acqua. L'azoto scaricato nel bacino locale passa da 7,7 a 5,4 t/anno e il potenziale di eutrofizzazione da 9.813 a 4.787 kg PO₄-eq/anno rispetto all'alternativa (Parte II; con volumi misurati da 3.135 a 1.529). Il valore di questo miglioramento è già nel beneficio B2 della Parte I (3,74 M€ attualizzati; circa 208.780 €/anno): non va sommato una seconda volta.

Stagionalità dello scarico. Il carico di azoto del progetto segue le presenze: a luglio-agosto è 6,2 volte quello invernale, e la portata arriva a 3.200 m³ al giorno (37 L/s), contro 6 L/s in inverno e 17,2 L/s medi annui. L'effetto sul Rio La Sarrera dipende dalla sua portata estiva minima, che il materiale esaminato non indica: è il dato da acquisire per confermare il punteggio di R1. Nell'alternativa, l'impianto esistente in sovraccarico (+64%) scarica nello stesso periodo con concentrazioni circa doppie.

IV.5 Raccordo con le Parti I e II e doppio conteggio

Servizio	Dove è già contato	Che cosa resta fuori
R1, R2 qualità dell'acqua	Parte I, B2 (nutrienti, 208.780 €/anno); Parte II, eutrofizzazione	Balneazione, salute, qualità percepita

Servizio	Dove è già contato	Che cosa resta fuori
R3 suolo	Non monetizzato	Risanamento dei terreni contaminati
R5 clima	Parte II (5.393 t incorporate; 763 t/anno)	Perdita di carbonio della vegetazione e del suolo: 37-172 t
R6 habitat	Parte I, danno ambientale: 958.000 € più 14.357 €	Compensazione Natura 2000 (§ 7.6.4), non quantificata
C1 fruizione	Parte I, B1 (spurgo evitato) per i costi sostenuti dagli utenti	Disagio e perdita di fruizione estiva, qualità della balneazione
C2, C3 paesaggio ed esistenza	Non monetizzati	Tutto

Due avvertenze. Il danno ambientale è già un costo dell'analisi: sommare "perdita di habitat" ai benefici come servizio perso lo conterebbe due volte. Inversamente, il risparmio di spurgo (B1) e il valore dei servizi culturali sono distinti solo in parte, perché il disagio da spurgo è proprio un danno alla fruizione: si può attribuire ai servizi culturali soltanto ciò che eccede il costo monetario già in B1.

IV.6 I servizi non monetizzati e il valore soglia

Con il profilo di presenze comunicato e 200 L/ab-giorno il VAN della Parte I è positivo (+22,46 M€) e non serve alcun valore aggiuntivo dei servizi non monetizzati: restano benefici in più. Con i volumi oggi misurati (64 L/ab-giorno) il VAN è negativo (-5,98 M€) e si azzerà se salute pubblica, balneazione, habitat della ZSC e paesaggio valgono almeno 333.400 € l'anno. Espresso in unità utili alla discussione, il valore (caso con volumi misurati) equivale a:

Unità	Valore soglia
Per abitante equivalente insediato (9.542 AE)	35 € l'anno
Per metro cubo di refluo trattato (173.664 m³)	1,92 €
Per unità abitativa, se fossero circa 3.200 (9.542 AE a 3 AE ciascuna, ipotesi)	circa 104 € l'anno

I servizi in matrice che contribuiscono sono R1, R2, R3 (salute e balneazione), R6 e C3 (habitat), C1 e C2 (fruizione e paesaggio). Per sapere se la soglia sia raggiunta, nel caso con volumi misurati, serve un valore documentato, e il materiale esaminato non lo fornisce: la via corretta è un trasferimento di benefici da studi sulla disponibilità a pagare per la qualità delle acque di balneazione e per la tutela di habitat protetti, con fonti primarie, oppure un'indagine di preferenze sui frequentatori. Lo studio non assume alcun valore.

IV.7 Misure per sostenere i servizi e indicatori di monitoraggio

Servizio	Misura	Indicatore	Frequenza
R1, R2	Monitoraggio a monte e a valle dello scarico e alla foce del Rio La Sarrera; analisi sul corso d'acqua verso Li Cossi	N, P, BOD, <i>E. coli</i> , enterococchi rispetto ai limiti	Bisettimanale in stagione, poi mensile
R3	Verifica dei terreni più contaminati dopo l'allaccio	Parametri microbiologici e nutrienti nei suoli dei lotti allacciati	Annuale per 3 anni
R4	Ingegneria naturalistica nei tratti ripidi; controllo a fine estate e inizio autunno	Fenomeni erosivi su piste e scavi	Dopo piogge intense
R5	Riuso dello scavo, conservazione dello strato superficiale del suolo (primi 40 cm), ginepri salvaguardati	t CO ₂ e perse e recuperate	A fine cantiere e dopo 5 anni
R6, C3	Ripristino con 1.500 piante, compensazione di 2250* e 3170*, monitoraggio quinquennale	Attecchimento, copertura, superficie ripristinata	Annuale per 5 anni
R7	Estensione dell'eradicazione di <i>Carpobrotus</i> all'intero tratto costiero	Superficie invasa	Annuale
P1	Valutare il riuso irriguo dell'effluente, anche per il	m³ riusati	Annuale

Servizio	Misura	Indicatore	Frequenza
	ripristino		
C1, C2	Cantieri fuori stagione estiva; quinte arboree e mascheramenti	Giorni di cantiere in estate; segnalazioni	A fine lotto

IV.8 Conclusioni

L'opera fa guadagnare servizi ecosistemici nella gran parte dei casi (10 su 11), con i guadagni maggiori su acque, suolo e fruizione balneare; i danni sono concentrati nel cantiere e nel carbonio, e sono temporanei o piccoli rispetto ai flussi della Parte II. L'alternativa conforme dà un guadagno parziale sulle acque e nessun ripristino dei servizi culturali e degli habitat.

Il risultato rafforza la lettura delle Parti I-III in tre modi. Primo, i servizi non monetizzati vanno nella stessa direzione dell'analisi del ciclo di vita sulle acque e sul clima in entrambe le calibrazioni dei volumi, e questo è il tratto più solido; il profilo stagionale però attenua il guadagno sulle acque dolci e aggrava la fruizione dell'alternativa. Secondo, i danni a habitat e carbonio sono limitati e già in gran parte conteggiati: non cambiano il VAN. Terzo, il divario economico dei volumi misurati (5,98 M€, pari a 333.400 €/anno) andrebbe colmato da servizi culturali e di esistenza che oggi nessun dato del dossier consente di monetizzare; nel caso centrale il divario non c'è.

Punti da chiudere prima della trasmissione: (1) quantificare la compensazione Natura 2000 e inserirla come costo; (2) acquisire l'elaborato HEA e dichiarare i tempi di recupero; (3) allineare il codice del sito, che nei documenti compare come ITB012211 e come ITB010009, con il Formulario Standard vigente; (4) decidere se il fitodepuratore è realizzato, perché toglie circa 1 ha di macchia; (5) fornire un valore di fonte primaria per i servizi culturali o dichiarare che restano qualitativi; (6) confermare le portate allo scarico nel Rio La Sarrera e la portata minima estiva del recettore: il profilo di presenze comunicato dà 37 L/s a luglio-agosto, in linea con i 36 L/s della tabella 7.2 del Capo VII, e 17,2 L/s in media (5,5 L/s con i volumi misurati); (7) riconciliare presenze e volumi con i registri di portata, perché il peso relativo dei servizi non monetizzati dipende dal caso.

Limiti. I punteggi sono giudizi esperti senza rilievi di campo. Le stime di carbonio usano valori tipici di letteratura. I tre servizi culturali non hanno dati quantitativi. Non è stato valutato l'impatto sulla fauna marina e sulla *Posidonia*, non trattati nei documenti consultati.

Trinità d'Agultu, 3 ottobre 2026

Studio Satta

(firma) _____

Allegato A – Modello di calcolo dell'analisi costi-benefici

L'analisi è riprodotta nel file Excel *Modello_ACB_Costa_Paradiso.xlsx*, che accompagna questa relazione. Il modello contiene formule attive: modificando i parametri (celle blu su fondo giallo del foglio *Parametri*) si aggiornano flussi, VAN, BCR, TIR e valori soglia, e una cella seleziona lo scenario (pessimistico, centrale, ottimistico). Il foglio non è incorporato nel presente file, perché in Word resterebbe un oggetto non ricalcolabile; si riportano qui la struttura, le formule e i flussi dello scenario centrale, che ne consentono la verifica.

A.1 Struttura del modello

Foglio	Contenuto
Parametri	Ipotesi, settore di scenario (pessimistico, centrale, ottimistico) e di calibrazione dei volumi, presenze mensili, dati di progetto (AE, danno ambientale, fideiussione)
QuadroEconomico	Quadro economico 2025, costo netto IVA e ripartizione tra rete e depuratore
Flussi	Flussi annuali su 33 anni, attualizzazione, totali
Risultati	Costi e benefici attualizzati, VAN, BCR, TIR, soglie, indicatori di sostenibilità
Scenari	Tabelle di sensibilità della sezione I.9 (valori fissi)

A.2 Formule principali (anno t)

Voce	Formula
Fattore di sconto	$1 / (1 + r)^t$
Giorni equivalenti per AE	$\Sigma (\text{presenze del mese} \times \text{giorni del mese}) / 9.542 = 284,9$
Volume per AE	$\text{giorni equivalenti} \times \text{dotazione di refluo} (0,200 \text{ m}^3/\text{ab-giorno}) = 56,98 \text{ m}^3/\text{AE-anno}$
Fattore di carico della gestione	$1 + \text{quota variabile} \times (\text{media}(\text{giorni equivalenti} / 91 ; \text{volume per AE} / 18,2) - 1)$
Investimento	Costo economico netto IVA $\times$ moltiplicatore $\times$ fasatura (30% - 40% - 30% negli anni 1-3)
Danno ambientale	Danno $\times$ 50% nell'anno 3 e $\times$ 50% nell'anno 4
Gestione incrementale ($t \geq 4$)	$(1,0\% \text{ lavori rete} + 3,5\% \text{ lavori depuratore} - \text{gestione dell'impianto esistente}) \times \text{fattore di carico}$
Rinnovo ($t = 18$)	15% dei lavori del depuratore
AE aggiuntivi serviti ($t \geq 4$)	$(3.664,21 + \text{crescita}) \times \text{rampa} (60\% - 85\% - 100\%)$
B1 Spurgo evitato	$\text{AE aggiuntivi} \times \text{volume per AE} \times \text{costo di spurgo} (\text{€/mc})$
B2 Nutrienti evitati ($t \geq 4$)	$\text{AE aggiuntivi di regime} \times \text{giorni equivalenti} \times 0,20 \text{ €/ab-giorno} (12 \text{ g N} \times 10 \text{ €/kg} + 1,6 \text{ g P} \times 50 \text{ €/kg}), \text{ costante nel tempo}$
B3 Valore residuo ($t = 33$)	$\text{Costo rete} \times (1 - 30/50) + \text{costo depuratore} \times (1 - 30/35), \text{ moltiplicati per il moltiplicatore di investimento}$
VAN	$\Sigma (\text{benefici} - \text{costi}) \times \text{fattore di sconto}$
BCR	$\Sigma \text{benefici attualizzati} / \Sigma \text{costi attualizzati}$
Soglia	$-\text{VAN} / \Sigma \text{fattori di sconto degli anni 4-33 (se il VAN è negativo)}$

A.3 Parametri degli scenari

Parametro	Pessimistico	Centrale	Ottimistico
Tasso di sconto	3%	3%	3%
Costo di spurgo (€/mc)	8	12	18
Danno ambientale (€)	1.500.000	972.357	972.357
Moltiplicatore investimento	1,10	1,00	0,95
N e P evitati (€/anno, prima versione $\times 3,13$ nei casi pessimistico e ottimistico)	40.000	calcolato: 208.780	100.000
Gestione impianto esistente (€/anno, base)	100.000	130.000	150.000
AE aggiuntivi a regime	0	0	1.250

A.4 Flussi annuali del caso centrale (€, prezzi costanti)

Anno	Investimento	Danno ambientale	Gestione incrementale	Rinnovo	Benefici B1+B2	Valore residuo	Flusso netto	Netto attualizzato
1	6.018.789	0	0	0	0	0	-6.018.789	-5.843.484
2	8.025.052	0	0	0	0	0	-8.025.052	-7.564.381
3	6.018.789	486.178	0	0	0	0	-6.504.967	-5.952.966
4	0	486.178	377.398	0	1.711.996	0	848.420	753.810
5	0	0	377.398	0	2.338.336	0	1.960.938	1.691.523
6	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.956.985
7	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.899.985
8	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.844.646
9	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.790.919
10	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.738.756
11	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.688.112
12	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.638.944
13	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.591.208
14	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.544.862
15	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.499.866
16	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.456.181
17	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.413.768
18	0	0	377.398	1.110.742	2.714.140	0	1.226.000	720.146
19	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.332.612
20	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.293.798
21	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.256.114
22	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.219.528
23	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.184.008
24	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.149.522
25	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.116.041
26	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.083.535
27	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.051.976
28	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	1.021.336
29	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	991.588
30	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	962.707
31	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	934.667
32	0	0	377.398	0	2.714.140	0	2.336.742	907.444
33	0	0	377.398	0	2.714.140	5.843.449	8.180.192	3.084.147
Totale	20.062.629	972.357	11.321.934	1.110.742	80.046.259	5.843.449	52.422.047	22.457.902

Totale benefici nominali (B1+B2 più valore residuo): 85.889.709 €; totale costi nominali: 33.467.662 €. Il VAN (ultima colonna, totale) è 22.457.902 €.

Allegato B – Fattori e parametri dell’analisi del ciclo di vita

Tabella B.1 – Fattori di impatto dei materiali (per unità di materiale, A1–A3 salvo diversa indicazione).

Materiale	GWP	Energia primaria
Calcestruzzo strutturale	300 kg CO ₂ e/m ³	2.300 MJ/m ³
Calcestruzzo magro	230 kg CO ₂ e/m ³	1.800 MJ/m ³
Malta cementizia per micropali	560 kg CO ₂ e/m ³	1.900 MJ/m ³
Acciaio da armatura	1,0 kg CO ₂ e/kg	17 MJ/kg
Acciaio al carbonio / inox	2,1 / 6,1 kg CO ₂ e/kg	28 / 85 MJ/kg
Gres ceramico	0,57 kg CO ₂ e/kg	8 MJ/kg
PVC / PE	2,6 / 2,2 kg CO ₂ e/kg	70 / 78 MJ/kg
Elementi prefabbricati in calcestruzzo	0,15 kg CO ₂ e/kg	1,2 MJ/kg
Conglomerato bituminoso	170 kg CO ₂ e/m ³	9.800 MJ/m ³
Inerti da cava, posati	15 kg CO ₂ e/m ³	235 MJ/m ³
Rinterro (misto cava e riuso)	10 kg CO ₂ e/m ³	150 MJ/m ³
Scavo meccanico	1,5 kg CO ₂ e/m ³	22 MJ/m ³
Apparecchiature elettromeccaniche	0,45 kg CO ₂ e/€ (2012×1,272)	7 MJ/€
Altre lavorazioni (spesa)	0,30 kg CO ₂ e/€	4,5 MJ/€
Trasporto materiali (A4)	3 kg CO ₂ e/t (30 km); 55 kg CO ₂ e/t (materiali da fuori isola)	–

Tabella B.2 – Masse unitarie usate per tubazioni e pozzetti. Gres: DN 200 36 kg/m; DN 250 55; DN 300 75; DN 400 135; DN 500 210. PVC SN4 SDR 41 e PE SDR 17/33: massa dalla geometria (diametro esterno e spessore). Pozzetti di ispezione: 1.000, 1.500 e 2.000 kg per altezze di 100, 150 e 200 cm. Chiusini in ghisa: 78 kg.

Allegato C – Modello di calcolo dell’analisi del ciclo di vita

Il modello è fornito anche come foglio di calcolo (Modello_LCA_Costa_Paradiso.xlsx), con formule collegate ai parametri; questo allegato ne riporta struttura, formule e flussi del caso centrale, così la relazione si legge e si verifica senza il file.

C.1 – Struttura del foglio di calcolo.

Foglio	Contenuto
Parametri	Ipotesi di esercizio, AE, dotazione, giorni equivalenti, fattori energetici, sostituzioni (celle modificabili)
Presenze	Profilo mensile, utilizzo dell’impianto, fattore energetico stagionale, quota di carico in eccesso sull’impianto esistente
Fattori	30 classi di fattori di impatto (GWP, energia primaria) e classi di trasporto A4
Inventario	1.667 voci del computo con quantità, massa e impatti calcolati con formula
Costruzione	Impatti per componente e per materiale (somme per criterio sull’inventario)
Esercizio	Flussi annui a regime, separati fra AE già serviti e AE aggiuntivi, per ciascuno scenario
Flussi	33 anni, annui e cumulati, progetto e alternativa; anno di pareggio
Risultati	Sintesi, indicatori per m ³ e per AE, distanza di pareggio dell’autospurgo
Scenari	Sensibilità e casi combinati (valori statici)

C.2 – Formule principali.

Grandezza	Formula
Impatto di una voce di computo	quantità base × fattore della classe; trasporto A4 = massa × fattore di classe (3 o 55 kg CO ₂ e/t)
Carbonio incorporato	(Σ impatti delle voci + Σ A4) × scala per importo non letto (17,51 M€ / importo letto) × moltiplicatore
Giorni equivalenti per AE	Σ (presenze mensili × giorni) / 9.542 = 284,9

Ampliamento e manutenzione straordinaria delle infrastrutture fognarie e depurative nel P.d.L. F1.7 - Costa Paradiso -
Valutazione di Impatto Ambientale ex Post

Grandezza	Formula
Volume per AE	giorni equivalenti × dotazione (0,200 m ³ /ab-giorno) = 56,98 m ³ /AE-anno
Fattore energetico stagionale	$\Sigma \text{ volume del mese} \times (1 + 0,40 \times (1 - \text{utilizzo del mese})) / \Sigma \text{ volume}$
Energia elettrica	volume × (consumo specifico × fattore stagionale + sollevamento) × fattore della rete
Reagenti	volume × (0,244 × 0,27 + 0,30 × 0,60) kg CO ₂ e/m ³
N ₂ O	(azoto in ingresso × 1,6% + volume × azoto allo scarico × 0,5%) × 44/28 × 273
CH ₄	BOD × 0,6 × MCF × 27 (MCF 0,03 impianto, 0,02 rete, 0,30 vasche)
Impianto esistente sovraccarico	concentrazione allo scarico × (1 + quota di carico in eccesso × (moltiplicatore - 1))
Autospurgo	volume / capacità × 2 × distanza × 1,10 kg CO ₂ e/km
Esercizio nell'anno t	quota AE già serviti + rampa(t) × quota AE aggiuntivi (rampa 60%, 85%, 100%)
Costruzione nell'anno t	carbonio incorporato × 30%, 40%, 30% negli anni 1-3
Rinnovi	anno 18: 15% dei lavori del depuratore, riportati al 2012×1,272, × 0,45 kg CO ₂ e/€; anno 20: 50% delle apparecchiature delle stazioni
Pareggio	primo anno di esercizio in cui il cumulato dell'alternativa supera quello del progetto

C.3 – Flussi annui e cumulati del caso centrale (t CO₂e).

Anno	Rampa	Progetto annuo	Progetto cumulato	Alternativa annua	Alternativa cumulata	Differenza cumulata
1	0%	1.618	1.618	0	0	-1.618
2	0%	2.157	3.775	0	0	-3.775
3	0%	1.618	5.393	1.203	1.203	-4.190
4	60%	648	6.041	1.634	2.837	-3.204
5	85%	720	6.761	2.120	4.958	-1.804
6	100%	763	7.524	2.412	7.370	-155
7	100%	763	8.287	2.412	9.782	1.494
8	100%	763	9.051	2.412	12.194	3.143
9	100%	763	9.814	2.412	14.606	4.792
10	100%	763	10.577	2.412	17.018	6.441
11	100%	763	11.340	2.412	19.430	8.090
12	100%	763	12.103	2.412	21.842	9.739
13	100%	763	12.866	2.412	24.255	11.388
14	100%	763	13.629	2.412	26.667	13.037
15	100%	763	14.392	2.412	29.079	14.687
16	100%	763	15.155	2.412	31.491	16.336
17	100%	763	15.919	2.412	33.903	17.985
18	100%	1.060	16.979	2.412	36.315	19.337
19	100%	763	17.742	2.412	38.727	20.986
20	100%	994	18.736	2.412	41.139	22.404
21	100%	763	19.499	2.412	43.552	24.053
22	100%	763	20.262	2.412	45.964	25.702
23	100%	763	21.025	2.412	48.376	27.351
24	100%	763	21.788	2.412	50.788	29.000
25	100%	763	22.551	2.412	53.200	30.649
26	100%	763	23.314	2.412	55.612	32.298
27	100%	763	24.078	2.412	58.024	33.947
28	100%	763	24.841	2.412	60.436	35.596
29	100%	763	25.604	2.412	62.848	37.245
30	100%	763	26.367	2.412	65.261	38.894

Ampliamento e manutenzione straordinaria delle infrastrutture fognarie e depurative nel P.d.L. F1.7 - Costa Paradiso -
Valutazione di Impatto Ambientale ex Post

Anno	Rampa	Progetto annuo	Progetto cumulato	Alternativa annua	Alternativa cumulata	Differenza cumulata
31	100%	763	27.130	2.412	67.673	40.543
32	100%	763	27.893	2.412	70.085	42.192
33	100%	763	28.656	2.412	72.497	43.841
Totale			28.656		72.497	43.841