

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. PROGETTAZIONE FUNZIONALE ED ESERCIZIO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

COLLEGAMENTO OLBIA AEROPORTO

ANALISI MULTICRITERIA

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RR00 00 F 16 RG EF0005 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	G. Crisconio	Agosto 2022	S. Nardoni	Agosto 2022	T. Paoletti	Agosto 2022	P. Rivoli Novembre 2022
		G. Argiolas		F. Martire				
B	Emissione esecutiva	G. Crisconio	Novembre 2022	S. Nardoni	Novembre 2022	T. Paoletti	novembre 2022	P. Rivoli Novembre 2022
		G. Argiolas		F. Martire				

File: RR0000F16RGEF0005001B

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA E SCOPO DEL DOCUMENTO.....	4
1.1	PRIMA FASE PROGETTUALE.....	5
1.2	SECONDA FASE PROGETTUALE.....	6
2	ELEMENTI COSTITUTIVI DELL'ANALISI MULTICRITERIA: IL METODO "PROMETHEE".....	8
3	ANALISI MULTICRITERIA: ALTERNATIVE FERMATA OSPEDALE.....	11
3.1	DESCRIZIONE DELLE IPOTESI PROGETTUALI ALTERNATIVE.....	11
3.1.1	<i>Alternativa 1 (ciano)</i>	13
3.1.2	<i>Alternativa 2 (magenta)</i>	14
3.1.3	<i>Alternativa 3 (rossa)</i>	14
3.2	ANALISI DI CONFRONTO.....	16
3.2.1	<i>Categorie, criteri ed indicatori di valutazione</i>	16
3.3	ELEMENTI DI CONFRONTO.....	18
3.3.1	<i>Categoria: COMPLESSITÀ INFRASTRUTTURALE</i>	18
3.3.2	<i>Categoria: SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE</i>	21
3.3.3	<i>Categoria: EFFICACIA TRASPORTISTICA</i>	37
3.3.4	<i>Categoria: REALIZZAZIONE ED ECONOMIA DEL PROGETTO</i>	38
3.4	ASSEGNAZIONE DEI PESI E MATRICE DI VALUTAZIONE.....	40
3.5	RISULTATI ANALISI MULTICRITERIA.....	45
3.6	ANALISI DI SENSITIVITÀ.....	47
4	APPROFONDIMENTO ALTERNATIVE PROGETTUALI.....	50
5	ANALISI MULTICRITERIA: NECESSITÀ DELLA FERMATA OSPEDALE.....	51
5.1	DESCRIZIONE DELLE IPOTESI PROGETTUALI ALTERNATIVE.....	51
5.1.1	<i>Alternativa 2 (Fermata Ospedale)</i>	51

5.1.2	<i>Alternativa 4 (Senza la Fermata Ospedale)</i>	51
5.2	ANALISI DI CONFRONTO	53
5.2.1	<i>Categorie, criteri ed indicatori di valutazione</i>	53
5.3	ELEMENTI DI CONFRONTO	55
5.3.1	<i>Categoria: COMPLESSITÀ INFRASTRUTTURALE</i>	55
5.3.2	<i>Categoria: SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE</i>	57
5.3.3	<i>Categoria: EFFICACIA TRASPORTISTICA</i>	72
5.3.4	<i>Categoria: REALIZZAZIONE ED ECONOMIA DEL PROGETTO</i>	74
5.4	ASSEGNAZIONE DEI PESI E MATRICE DI VALUTAZIONE	76
5.5	RISULTATI ANALISI MULTICRITERIA.....	81
5.6	ANALISI DI SENSITIVITÀ	84
6	CONCLUSIONI	89

1 PREMESSA E SCOPO DEL DOCUMENTO

Il progetto del collegamento ferroviario con l'aeroporto di Olbia rientra tra le opere del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). Al fine di realizzare un collegamento tra la stazione Olbia Terranova e l'aeroporto "Costa Smeralda", si prevede la realizzazione di una linea a semplice binario di circa 6,8 km.

Il progetto di investimento è finanziato con fondi PNRR che impongono stringenti vincoli ai tempi di attuazione dell'intervento. Tali fondi coprono la fase di progettazione e realizzazione del progetto di investimento.

Una volta attivato questo collegamento dovrà garantire una frequenza minima oraria (1 treno/h) per senso di marcia sulla relazione Olbia-Olbia Aeroporto con fermata intermedia a Ospedale.

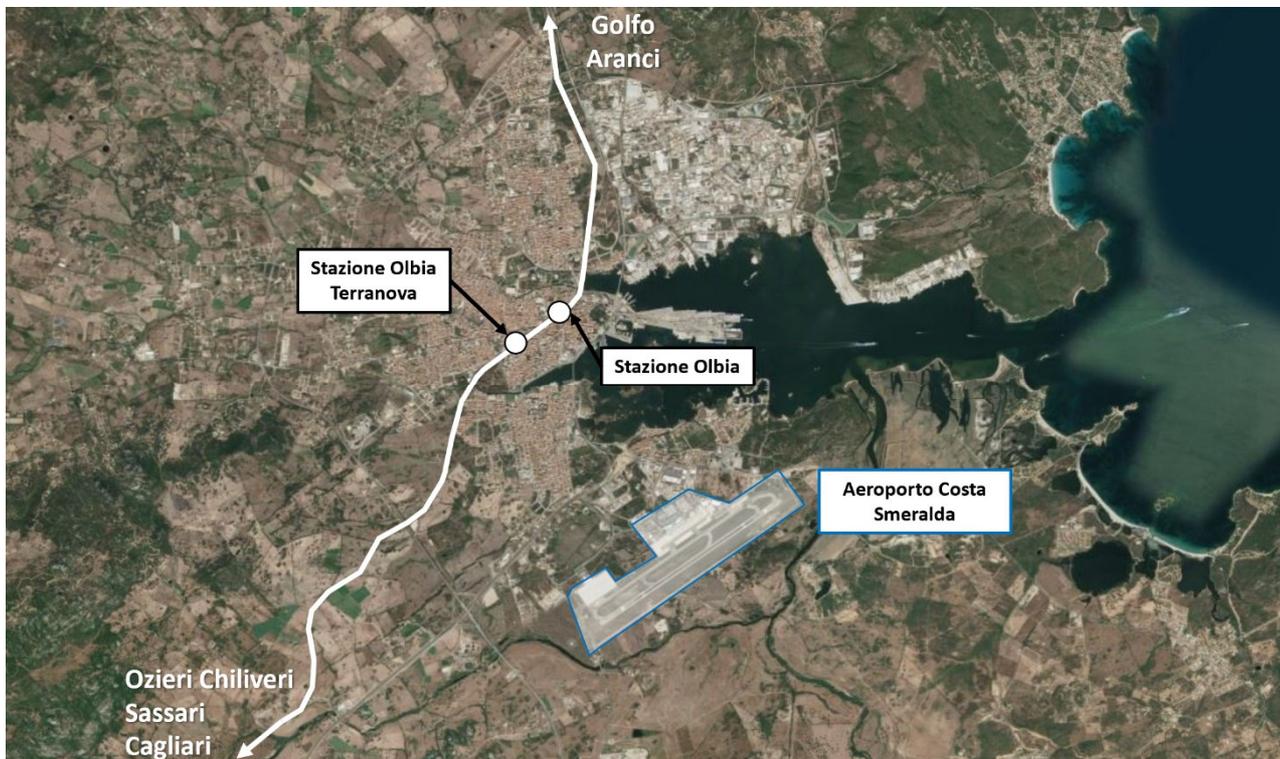


Figura 1: Stazioni e tratta esistente – Aeroporto Costa Smeralda

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 5 di 91

Il progetto ha seguito due fasi progettuali, in un primo momento sono state analizzate 3 diverse alternative di tracciato comprendenti la fermata presso Ospedale, tra le quali è stata individuata la giustificata.

Successivamente, a seguito degli input ricevuti dagli Enti locali, nella seconda fase progettuale si è valutata un'alternativa priva della fermata Ospedale al fine di fornire un collegamento più diretto, la quale è stata confrontata con l'alternativa giustificata della prima fase.

Scopo del presente documento è quello di illustrare l'Analisi Multicriteria "Collegamento Olbia-Aeroporto" che identifica la soluzione progettuale giustificata tra le alternative di progetto, inerente al collegamento tra Olbia e l'Aeroporto Costa Smeralda.

Nei successivi capitoli sono illustrati i dettagli della metodologia dell'Analisi Multicriteria adottata ed i risultati dell'applicazione della stessa per l'identificazione delle soluzioni finali giustificate tra le alternative individuate sulle tratte suddette.

1.1 Prima fase progettuale

La prima ipotesi di tracciato andava ad individuare l'area di intervento in cui l'opera poteva essere inserita ed è stata analizzata nel contesto territoriale. Da questo studio sono emerse alcune criticità per lo sviluppo del tracciato proposto, poiché sono state individuate:

- Interferenze con un impianto di depurazione;
- Interferenze con il Cimitero di Su Lizzu;
- Presenza di criticità a livello idraulico dovute all'attraversamento in due punti del canale_121 n1, che segue lo sviluppo del tracciato in affiancamento.

Di conseguenza, per risolvere e/o eliminare le criticità evidenziate, sono state studiate tre alternative di tracciato, oggetto della presente analisi. In particolare, le tre alternative sono rappresentate come segue:

- Alternativa 1 ciano;
- Alternativa 2 magenta;
- Alternativa 3 rossa.

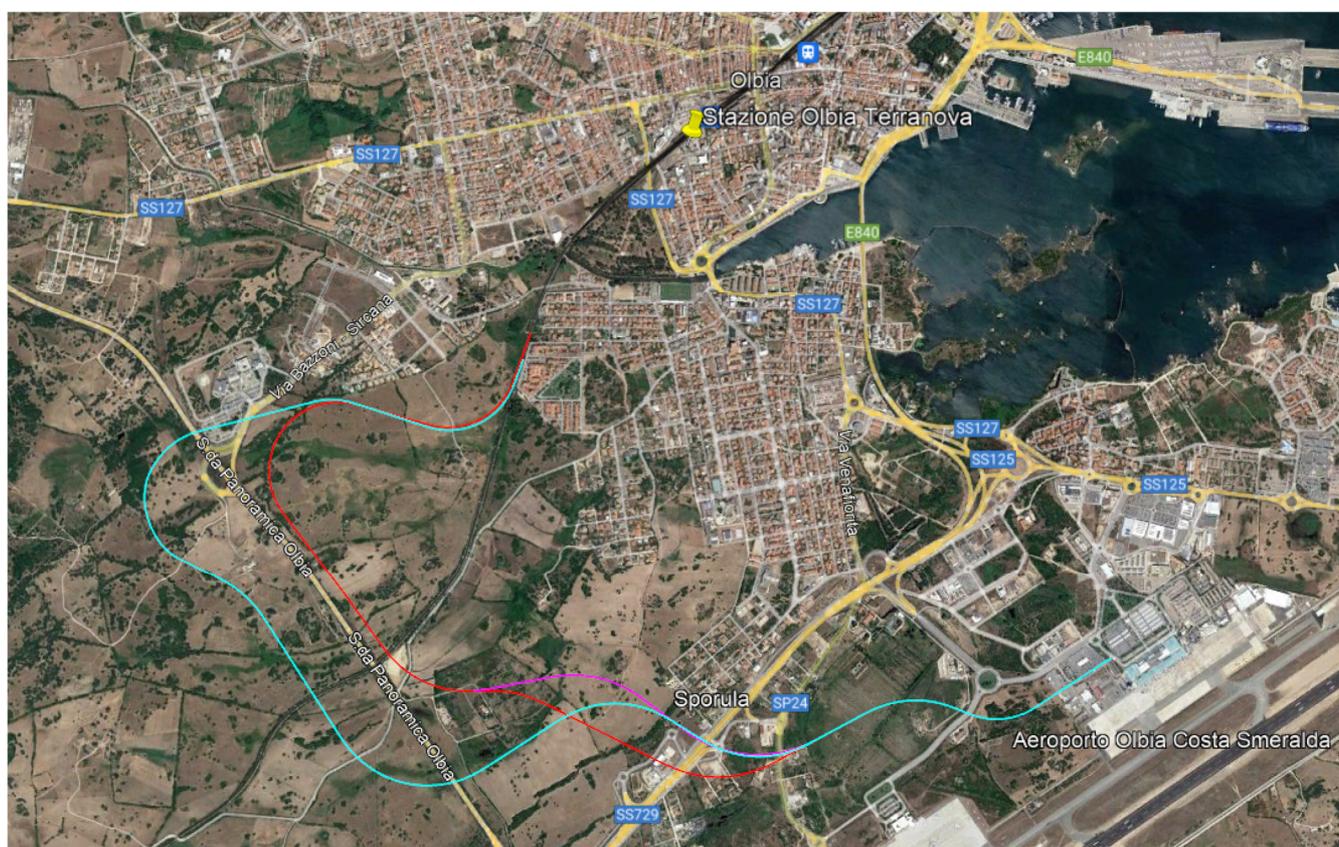


Figura 2: Alternative progettuali

Per maggiori dettagli sulle alternative di progetto si rimanda al paragrafo 3.1 “Descrizione delle ipotesi progettuali alternative”.

1.2 Seconda fase progettuale

La seconda fase progettuale analizza l’alternativa risultata più giustificata tra quelle comprendenti la fermata Ospedale e una nuova alternativa priva di tale fermata.

Di seguito viene rappresentato in bianco il tracciato dell’alternativa 4 senza la fermata Ospedale.

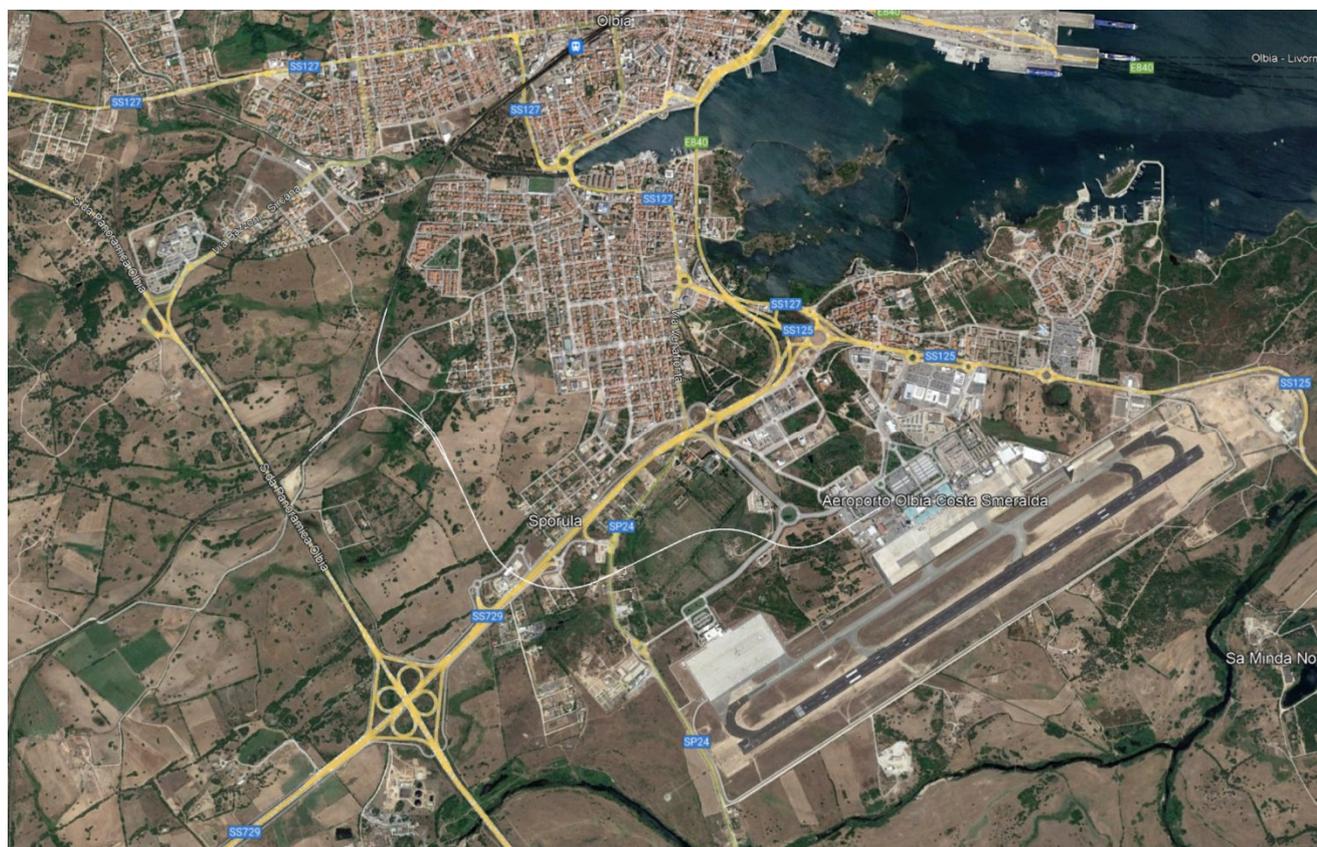


Figura 3: Alternativa 4 (senza fermata Ospedale)

Per maggiori dettagli sulle alternative di progetto si rimanda al paragrafo 5.1 “Descrizione delle ipotesi progettuali alternative”.

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 8 di 91

2 ELEMENTI COSTITUTIVI DELL'ANALISI MULTICRITERIA: IL METODO "PROMETHEE"

L'Analisi Multicriteria è definibile come una struttura formale nella quale i risultati di diversi approcci, (ad es. tecnici, economici, sociali, ambientali) possono essere integrati ed utilizzati come strumento di supporto per scegliere, fra diverse alternative, la soluzione che meglio si adatta agli obiettivi e alle priorità dei decisori.

Pertanto, tutte le Analisi Multicriteria vengono svolte individuando ed inserendo in un modello decisionale i seguenti elementi fondamentali:

- un *obiettivo* o un *insieme di obiettivi* che rappresentano lo scopo generale da raggiungere con la decisione da attuare;
- un *decisore* o un *gruppo di decisori*, coinvolti nel processo di scelta. Il soggetto titolato o incaricato a prendere la decisione valutando i risultati della AMC deve essere chiaramente identificato. In mancanza di quest'ultimo la AMC si configura come analisi tecnica di tipo "orientativo" senza finalità decisionali.
- un *insieme di alternative decisionali* che rappresentano gli oggetti della valutazione e della scelta.
- un *insieme di criteri di valutazione* e relativi attributi o indicatori sulla base dei quali i decisori valutano le alternative.
- la *priorità fra i criteri individuati*: ad ogni criterio di valutazione viene assegnato un peso che è espressione dell'importanza di quest'ultimo rispetto agli altri (la somma dei pesi di tutti i criteri viene ovviamente a costituire il 100% dei pesi stessi). I pesi sono funzione delle priorità percepite da parte del decisore e possono quindi variare in funzione di esso.
- un *insieme di punteggi* che esprimono il valore dell'alternativa i-esima rispetto al criterio j-esimo e che costituiscono gli elementi di una matrice, detta matrice di valutazione. Sulla

base delle performance delle alternative rispetto ai criteri considerati, i diversi valori ottenuti vengono ricondotti, mediante valutazioni o formule matematiche, ad indici confrontabili (scala di normalizzazione). In talune metodiche l'aggregazione ponderata di questi ultimi consente di ottenere, infine, un ordinamento di preferenza. Metodiche più complesse si fondano viceversa sui confronti a coppie fra le alternative in relazione ai criteri giungendo, mediante diversi metodi elaborativi, a fornire ordinamenti di preferenza.

Fra i diversi metodi di AMC si è scelto di utilizzare il PROMETHEE (Brans e Vincke, 1985), metodo più complesso ma più efficace, riconosciuto dalla comunità scientifica internazionale.

Esso mira a costruire una relazione tra le alternative in esame, detta di surclassamento, attraverso il confronto a coppie su ogni singolo criterio per stabilire se una delle due è preferibile all'altra o se invece sono indifferenti. Nel caso in esame viene utilizzata per la costruzione di un ordine di preferenza (classificazione) di più alternative progettuali.

Il confronto a coppie tra soluzioni progettuali si realizza attraverso il set di indicatori di valutazione modellizzati con curve di preferenza. Queste curve sono il risultato di funzioni aventi come valore di input la misura fornita dall'indicatore.

L'utilizzo di dette funzioni risulta necessario al fine di rendere comparabili elementi di valutazione di tipo qualitativo e quantitativo. In particolare, gli indicatori di tipo quantitativo possono tra di loro divergere dal punto di vista dimensionale (unità di misura e ordini di grandezza). Le funzioni permettono dunque di ricondurre tutti gli elementi di valutazione ad una scala di normalizzazione.

Il confronto tra due alternative progettuali, in considerazione di un indicatore, sulla base della curva di preferenza ad esso associata, determina una relazione detta di surclassamento che fornisce indicazione su quale delle due alternative è vincente e quale di conseguenza perdente (una delle due surclassa l'altra) oppure se le due alternative risultano indifferenti (nessuna delle due surclassa l'altra).

Applicazione del metodo Promethee ed Analisi dei risultati

Il metodo Promethee utilizzato ai fini dell'Analisi Multicriteria perviene a due indici finali di calcolo: Positive Flow (Phi+) e Negative Flow (Phi-) e infine alla loro aggregazione Net Flow (Phi).

Tali indici esprimono la somma dei risultati dei confronti svolti fra ogni coppia di alternative relativamente a ciascun indicatore.

Il *Positive Flow* rappresenta la somma delle "vittorie" di una alternativa sulle altre mentre il *Negative Flow* quella delle sue "sconfitte".

Positive Flow e *Negative Flow* sono meglio definibili come indicatori di forza e debolezza, rappresentativi di quanto una alternativa domina (*Positive Flow*) le altre o è dominata (*Negative Flow*) dalle altre.

Il *Net Flow (Phi)* non è altro che il risultato aggregato dei due contributi attraverso il quale si giunge alla definizione del ranking finale.

Si ricorda che il metodo funziona su scale di normalizzazione che mirano a rendere comparabili i risultati relativi alle diverse categorie e specialistiche, che altrimenti risulterebbero non confrontabili per unità di misura ed ordini di grandezza.

3 ANALISI MULTICRITERIA: Alternative Fermata Ospedale

3.1 Descrizione delle ipotesi progettuali alternative

Per lo studio del collegamento con l'aeroporto di Olbia sono state sviluppate tre alternative di tracciato. Tutte le soluzioni prevedono:

- l'inizio dell'intervento alla progressiva 282+238 con un bivio a V= 60 km/h in uscita dalla Linea Storica Golfo Aranci- Macomer, distante circa 600 m dalla nuova stazione di Olbia Terranova;
- la realizzazione della fermata Ospedale nel punto più vicino possibile allo stesso;
- la fine dell'intervento in prossimità dell'Aeroporto di Olbia con una stazione di testa con doppio attestamento.

La Fermata Aeroporto si trova nell'area dei parcheggi ubicati in prossimità dell'accesso, localizzata come indicato dalla Geasar (Ente gestore dell'Aeroporto Costa Smeralda).

Lo studio delle alternative nasce dall'approfondimento dello studio di prefattibilità di RFI di ottobre 2021 di cui si riporta lo stralcio.



Figura 4: Studio RFI ottobre 2021

In questa prefattibilità la soluzione localizza la fermata Ospedale in corrispondenza del parcheggio esistente, interferendo con le viabilità presenti e con lo svincolo della strada statale panoramica di Olbia, con conseguenti significative modifiche plano-altimetriche della stessa. Superata la SS Panoramica di Olbia, il tracciato ferroviario corre parallelo a Ovest della stessa in direzione Sud verso l'Aeroporto, che raggiunge dopo aver scavalcato in viadotto prima la ferrovia attuale poi la SS n729 e nuovamente la SS Panoramica di Olbia. Il tracciato ipotizzato, oltre ad assoggettare alcune aree di accesso aeroportuali, presenta due importanti interferenze con il depuratore, che viene intercettato da un viadotto, e con la fascia di rispetto del cimitero di Olbia.

Partendo dall'analisi critica del tracciato proposto, sono state valutate possibili ottimizzazioni che hanno portato allo sviluppo delle n. 3 alternative di seguito descritte:

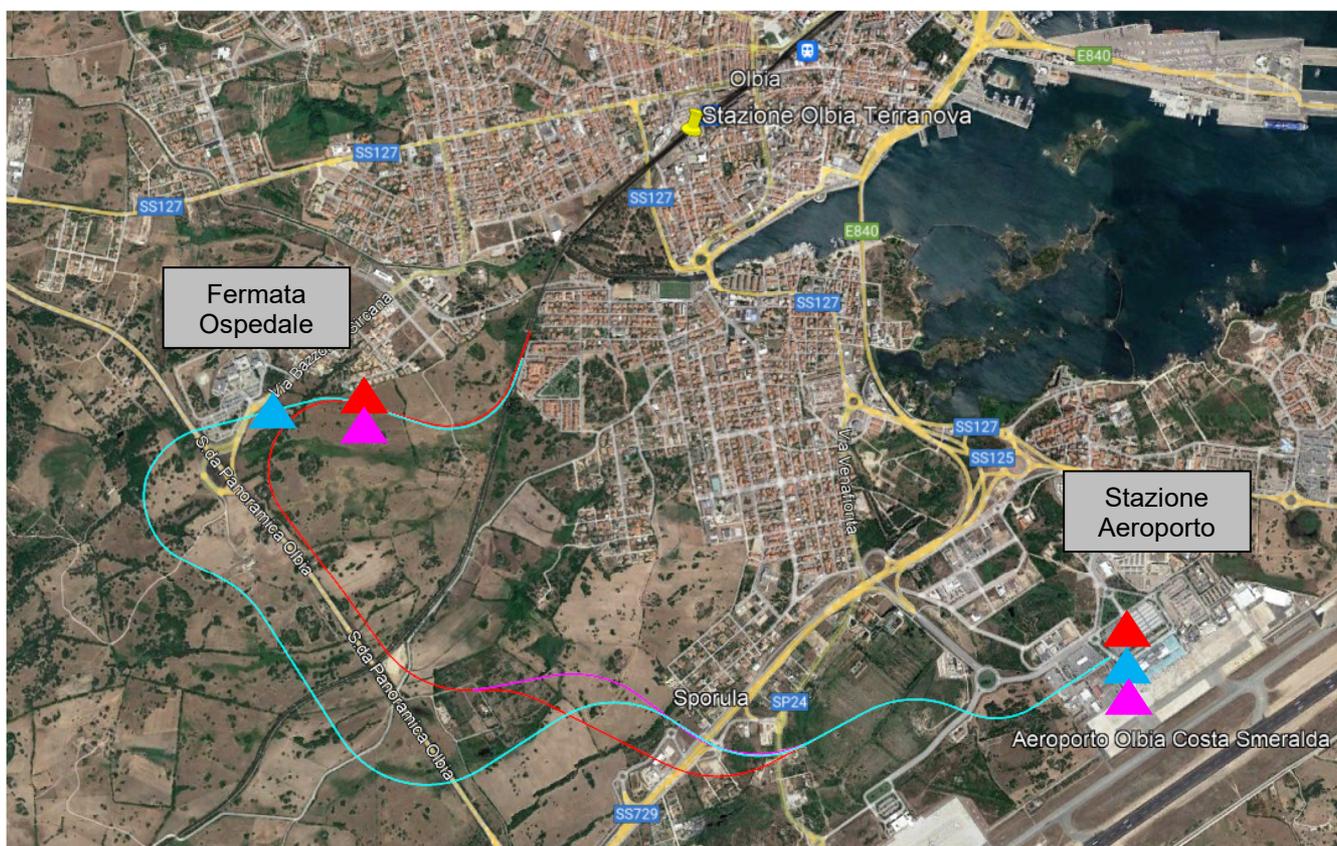


Figura 5: Studio Italferr maggio 2022

Per tutte le soluzioni studiate la velocità di progetto prevista è pari a 60 km/h in uscita dalla linea storica fino alla fermata Ospedale, V=90 km/h (VC 100 km/h); dalla fermata Ospedale fino alla Stazione Aeroporto (V=60 km/h). La livelletta ferroviaria massima utilizzata è pari al 25 per mille (per permettere il superamento delle interferenze con i corsi d'acqua e con le viabilità esistenti). In corrispondenza della fermata Ospedale la livelletta è pari del 10 per mille. Le soluzioni sono compatibili con l'eventuale collegamento ferroviario con l'aeroporto denominato "Bivio Micaleddu" per i passeggeri provenienti da Chilivani-Macomer.

3.1.1 Alternativa 1 (ciano)

La soluzione ha uno sviluppo complessivo di circa 6,7 km dei quali 600 m in galleria artificiale, 600 m in galleria naturale e 2,50 km in viadotto.

La fermata Ospedale è ubicata in prossimità dell'Ospedale, a circa 200 m di distanza, nell'area che precede via Bazzoni, ed è localizzata nella trincea che precede la galleria artificiale prevista per sotto-attraversare la SS Panoramica di Olbia, Via Bezzoni con relativi innesti esistenti e il torrente Tannaule. In quest'area il Comune di Olbia ha in programma la realizzazione di un canale scolmatore il cui progetto, messo a disposizione del Comune, vede un collettore che corre in affiancamento a Ovest della SS Panoramica di Olbia e viene realizzato in galleria con tratti in artificiale e tratti in naturale, con pozzi finalizzati ad intercettare i diversi corsi d'acqua presenti.

Il canale, nel tratto interferente con la galleria artificiale ferroviaria, si trova in galleria naturale ad una quota inferiore a quella ferroviaria, pertanto l'opera ne deve tenere conto sia in fase costruttiva che di esercizio.

Il tracciato ferroviario prosegue poi in galleria naturale, piega verso sud e si pone parallelo sempre a Ovest della SS Panoramica di Olbia ma per le geometrie atte a garantire le velocità previste, non si realizza uno stretto affiancamento con l'infrastruttura stradale esistente, che vede la ferrovia ad una distanza di circa 300 m. Per evitare le importanti interferenze con il depuratore e con la fascia di rispetto del cimitero, il tracciato dopo aver scavalcato la linea ferroviaria esistente

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 14 di 91

piega a Est e scavalca nuovamente la SS Panoramica di Olbia prima dello svincolo a quadrifoglio, proseguendo in viadotto fino alla fermata Aeroporto.

Il lungo tratto in viadotto ferroviario consente la risoluzione delle interferenze con le viabilità presenti nella zona aeroporto: svincolo località Sporula della SS n 729, SP n.27 e via degli Aviatori.

Il Progetto termina con la stazione Aeroporto realizzata sopraelevata rispetto il piano campagna per garantire la maggior trasparenza possibile in ambito aeroportuale.

3.1.2 Alternativa 2 (magenta)

La soluzione ha uno sviluppo complessivo di circa 5,5 km dei quali 2,70 km in viadotto.

La fermata Ospedale è ubicata in rilevato a circa 400 m dall'ingresso principale dell'Ospedale e a circa 70 m dalle abitazioni di via Rubino. Superata la fermata, la ferrovia piega subito a sud per affiancarsi ad Est della SS Panoramica di Olbia, evitando così l'interferenza con il nodo viario dello svincolo dell'ospedale.

Proseguendo a sud il tracciato scavalca in viadotto la linea ferroviaria esistente, lo svincolo in località Sporula della SS n 729, la SP n.27 e via degli Aviatori. In località Sporula, dovendo la ferrovia sovrappassare la viabilità SS n 729 che è in rilevato, a circa 5 m dal pc, si troverà ad una quota di circa 13 m da terra.

Il Progetto termina con la stazione Aeroporto realizzata sopraelevata rispetto il piano campagna per garantire la maggior trasparenza possibile in ambito aeroportuale.

3.1.3 Alternativa 3 (rossa)

La soluzione ha uno sviluppo complessivo di circa 5,4 km dei quali 400 m circa in galleria artificiale e 200 m in viadotto.

La fermata Ospedale è ubicata in rilevato a circa 400 m dall'ingresso principale dell'Ospedale e a circa 70 m dalle abitazioni di via Rubino. Superata la fermata, la ferrovia piega subito a sud per affiancarsi ad Est della SS Panoramica di Olbia, evitando così l'interferenza con il nodo viario dello svincolo dell'ospedale. Proseguendo a sud il tracciato scavalca in viadotto la linea ferroviaria esistente e poi risolve l'interferenza con le viabilità in Località Sporula legate alla SS 279 con una galleria artificiale di circa 380m che sotto-attraaversa la viabilità principale, le complanari e il ramo dello svincolo. È prevista in questo ambito la demolizione di una attività commerciale.

La linea ferroviaria prosegue quindi in viadotto e supera la SP n.27, che viene leggermente deviata per consentire il sottoattraversamento del nuovo viadotto ferroviario. Il Progetto termina con la stazione Aeroporto realizzata sopraelevata rispetto il piano campagna per garantire la maggior trasparenza possibile in ambito aeroportuale.

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 16 di 91

3.2 Analisi di confronto

3.2.1 Categorie, criteri ed indicatori di valutazione

Tutti i criteri e i relativi indicatori sono stati definiti in funzione del grado di approfondimento progettuale e delle informazioni settoriali disponibili in forma omogenea per tutto il territorio interessato e per le alternative di tracciato oggetto dello studio.

Nell'ambito della AMC condotta, le alternative progettuali sono state valutate relativamente alle seguenti quattro categorie:

1. Complessità infrastrutturale;
2. Sostenibilità ambientale;
3. Efficacia trasportistica;
4. Realizzazione ed economia del progetto.

Ciascuna categoria è stata a sua volta suddivisa in criteri di valutazione per i quali sono stati definiti uno o più indicatori attraverso cui poter realizzare il confronto previsto dal metodo Promethee.

Di seguito si riporta lo schema di articolazione degli elementi di confronto definiti alla base dell'analisi.

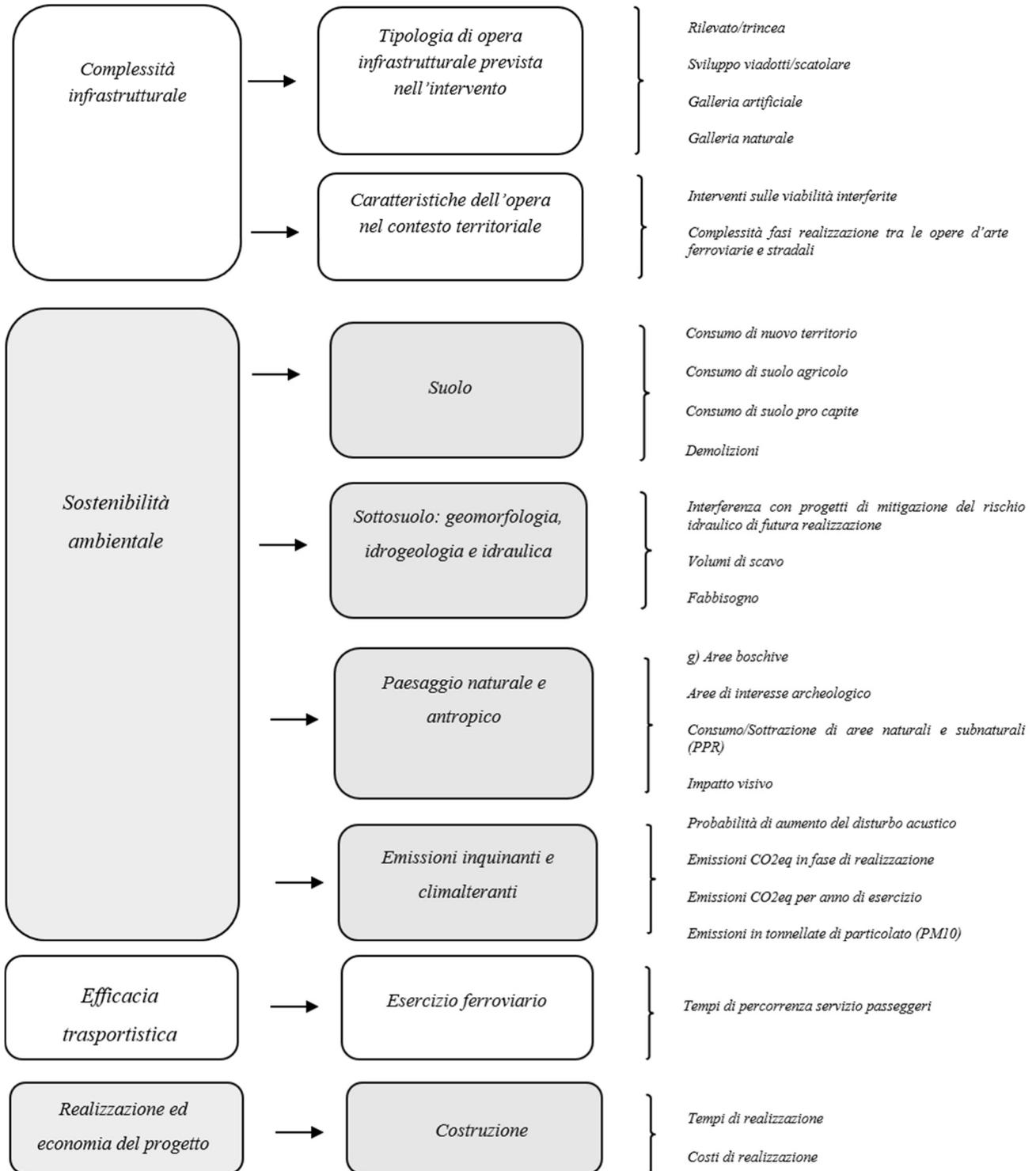


Figura 6: Categorie, criteri e indicatori di valutazione per l'analisi multicriteria

3.3 Elementi di confronto

3.3.1 Categoria: COMPLESSITÀ INFRASTRUTTURALE

Con la categoria “*Complessità infrastrutturale*” si vuole raggruppare la valutazione relativa alle tipologie di opere infrastrutturali previste nell’intervento. La suddetta categoria si suddivide nei criteri “Tipologia di opera infrastrutturale prevista nell’intervento” e “Caratteristiche dell’opera nel contesto territoriale”.

Di seguito è riportata una descrizione degli indicatori suddivisi per criteri di valutazione.

Tipologia di opera infrastrutturale prevista per l’intervento

Nello specifico gli indicatori analizzati per il criterio “*Tipologia di opera infrastrutturale prevista per l’intervento*” sono:

1. **Rilevato/Trincea;**
2. **Viadotto/scatolare;**
3. **Galleria Artificiale;**
4. **Galleria naturale.**

Questi indicatori forniscono informazioni sullo sviluppo, lungo il tracciato considerato, degli elementi che compongono la linea ferroviaria in termini di opere civili, distinguendo il corpo stradale (rilevato e trincea) dalle opere d’arte (viadotti, scatolari e Gallerie naturali ed artificiali).

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 19 di 91

Nella seguente tabella è riportata la quantificazione degli indicatori considerati per il criterio “tipologia di opera infrastrutturale” per ciascuna soluzione progettuale.

Tabella 1: Categoria “Complessità infrastrutturale” Criterio “Tipologia di opera infrastrutturale prevista nell'intervento”

CRITERIO	INDICATORE					ALTERNATIVE		
	Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1.1 Tipologia di opera infrastrutturale prevista per l'intervento	1.1.1	RILEVATO/TRINCEA	Estensione tratti in rilevato	m	min	3 380	3 085	3 475
	1.1.2	VIADOTTO/SCATOLARE	Estensione tratti per tipologia di opere d'arte	m	min	2 892	3 111	2 245
	1.1.3	GALLERIA ARTIFICIALE	Estensione tratti per tipologia di opere d'arte	m	min	600	0	360
	1.1.4	GALLERIA NATURALE	Estensione tratti per tipologia di opere d'arte	m	min	650	0	0

Caratteristiche dell'opera nel contesto territoriale

Nello specifico gli indicatori analizzati per il criterio “*Caratteristiche dell'opera nel contesto territoriale*” sono:

- 1. Interventi sulle viabilità interferite;**
- 2. Complessità fasi realizzazione tra le opere d'arte ferroviarie e stradali.**

L'indicatore “***Interventi sulle viabilità interferite***” è espresso in termini percentuali ed indica il rapporto tra il numero di viabilità interferite per le quali risultano necessari interventi (cavalcaferrovia, sottopassi, deviazioni stradali) sul numero totale delle viabilità interferenti con la linea ferroviaria.

L'indicatore “***Complessità fasi realizzazione tra opere d'arte ferroviarie e stradali***” esprime il grado di complessità delle lavorazioni necessarie alla costruzione delle opere d'arte (e.g. ponti/viadotti) ed è valutato in maniera qualitativa secondo un range di giudizio che si articola in complessità *M-B* = medio-bassa; *M-A* = medio-alta; *E* = elevata.

L'Alternativa 1 è stata stimata appartenente al range di complessità di tipo M-A (Medio-Alta). Questa valutazione è data dalla presenza di tratti in galleria artificiale e naturale nelle prossimità del sistema di viabilità e di canalizzazioni idrauliche esistenti.

L'Alternativa 2 è stata valutata appartenente al range di complessità di tipo M-B (Medio-Bassa). Questa alternativa progettuale, infatti, prevede una connessione alla linea storica in bivio di andamento altimetrico prevalentemente in viadotto, capace di risolvere le interferenze con le viabilità, con le canalizzazioni esistenti e con le eventuali altre strutture esistenti interferite anche mediante l'adeguamento della luce degli impalcati in funzione delle caratteristiche specifiche dell'interferenza intercettata.

Per l'alternativa 3, infine, è stata stimata una complessità di tipo E (Elevata). Questa alternativa, pur presentando uno sviluppo plano-altimetrico simile alla alternativa 2, mostra un livello di complessità maggiore poiché prevede la realizzazione di un sottopassaggio in galleria artificiale per risolvere una rilevante interferenza con la Strada Statale 597. Questo comporta la necessità di introdurre interventi provvisori sul corpo stradale, con conseguente parzializzazione della sede stradale e soggezione prolungata dell'esercizio viario.

L'indicatore di tipo qualitativo, per essere inserito nel software specialistico, deve essere tradotto in termini quantitativi, associando ai range qualitativi dei range numerici compresi tra 0 e 1.

Nella seguente tabella è riportata la quantificazione degli indicatori considerati per il criterio tipologia di opera infrastrutturale prevista per ciascuna soluzione progettuale.

Tabella 2: Categoria "Complessità infrastrutturale" Criterio "Caratteristiche opera nel contesto territoriale"

CRITERIO	INDICATORE					ALTERNATIVE		
	Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1.2 Caratteristiche opera nel contesto territoriale	1.2.1	Interventi sulle viabilità interferite	Estensione rifacimenti delle viabilità interferite	m	min	1 500	1 500	3 500
	1.2.2	COMPLESSITA' FASI REALIZZAZIONE TRA OPERE D'ARTE FERROVIARIE E STRADALI	Complessità medio-bassa (M-B)/media-alta (M-A)/elevata(E) per la realizzazione delle opere d'arte (in presenza di esercizio e/o di fasizzazione)	numero	min	M-A (0.5)	M-B (0)	E (1)

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 21 di 91

3.3.2 Categoria: SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Con la categoria “*sostenibilità ambientale*” si vuole raggruppare la valutazione, in toto, dei criteri relativi al suolo, al sottosuolo (includendo i temi relativi alla geomorfologia, idrogeologia e idraulica), al paesaggio naturale e antropico (includendo i temi relativi all’ambiente e all’archeologia) e alle possibili emissioni inquinanti e climalteranti derivanti dagli interventi progettuali. Di seguito è riportata una descrizione degli indicatori suddivisi secondo i criteri di valutazione sopracitati, con l’evidenza delle stime quantitative ottenute.

Suolo

Per il criterio “Suolo” al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative, sono stati analizzati i seguenti indicatori:

1. **Consumo di nuovo territorio;**
2. **Consumo di suolo agricolo;**
3. **Consumo di suolo pro capite;**
4. **Demolizioni.**

Al fine di valutare il consumo di suolo, che può essere suddiviso in “**consumo di nuovo territorio**”, “**consumo di suolo agricolo**” e “**consumo di suolo extraurbano**”, è stata condotta un’analisi sulle diverse alternative di tracciato considerando l’impronta “tipologica media” al suolo del solido ferroviario.

Non sono state considerate per il livello di progettazione eventuali altre aree derivanti da modifiche alle viabilità esistenti o dalla presenza di fabbricati tecnologici. Per i tratti in viadotto è stata considerata la proiezione al suolo dell’impalcato. Lo scopo di tale analisi è quello di valorizzare la soluzione che limiti l’impatto dovuto all’occupazione di nuovo territorio. Si evidenzia che gran parte del territorio interessato dall’intervento ricade in aree agricole o a prato-pascolo, che pertanto rende gli indicatori “**consumo di suolo extraurbano**” e “**consumo di suolo agricolo**”

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 22 di 91

equivalenti. Alla luce di ciò sono stati valutati rilevanti ai fini dell'individuazione dell'alternativa giustificata gli indicatori riportati in *Tabella 3* ossia il consumo di nuovo territorio e l'indicatore relativo al suolo agricolo.

Per l'indicatore "**consumo di suolo pro capite**" è stato considerato che il consumo di suolo è un processo associato alla perdita di una risorsa ambientale fondamentale, limitata e non rinnovabile, dovuta all'occupazione di una superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale con una copertura artificiale. Pertanto, nella valutazione delle alternative progettuali risulta necessario valutare l'impatto dell'infrastruttura in termini di suolo consumato.

La relazione tra il tasso del consumo di suolo ed il tasso demografico è alla base degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile, in particolare rappresenta una misura statistica utile ad "assicurare che il consumo di suolo non superi la crescita demografica" ed è inclusa nell'indicatore 11.3.1 del "Rapporto SDGs 2021-Informazioni statistiche per l'Agenda 2030 in Italia".

L'area interessata dalle alternative progettuali ricade interamente nel comune di Olbia che al 2021 registra 59.948 residenti.

Le alternative di progetto prevedono una sottrazione/consumo di suolo pari a:

- Alternativa 1: 11.250m² di aree naturali e subnaturali e 134.170 m² di aree agricole;
- Alternativa 2: 22.750 m² di aree naturali e subnaturali e 97.710 m² di aree agricole.
- Alternativa 3: 22.750 m² di aree naturali e subnaturali e 109.150 m² di aree agricole.

Al fine di quantificare la soluzione migliore in termini di minor impatto sul consumo di suolo è stato preso come riferimento l'indicatore "impermeabilizzazione e consumo di suolo pro capite" incluso nelle misure statistiche diffuse dall'Istat rispetto agli indicatori SDGs. Tale analisi è stata declinata rapportando i dati progettuali relativi al consumo di aree naturali, sub-naturali e agricole delle alternative con il numero di abitanti di Olbia.

Come si evince dall'istogramma riportato in *Figura 7*, l'Alternativa 1 determina maggiore consumo di suolo pro-capite per il Comune di riferimento, presentando un maggior impatto in termini di superficie di suolo agricolo occupato dall'impronta di progetto. L'Alternativa 2, invece, risulta essere maggiormente efficiente in termini consumo di suolo, incidendo maggiormente nell'occupazione di suolo agricolo.

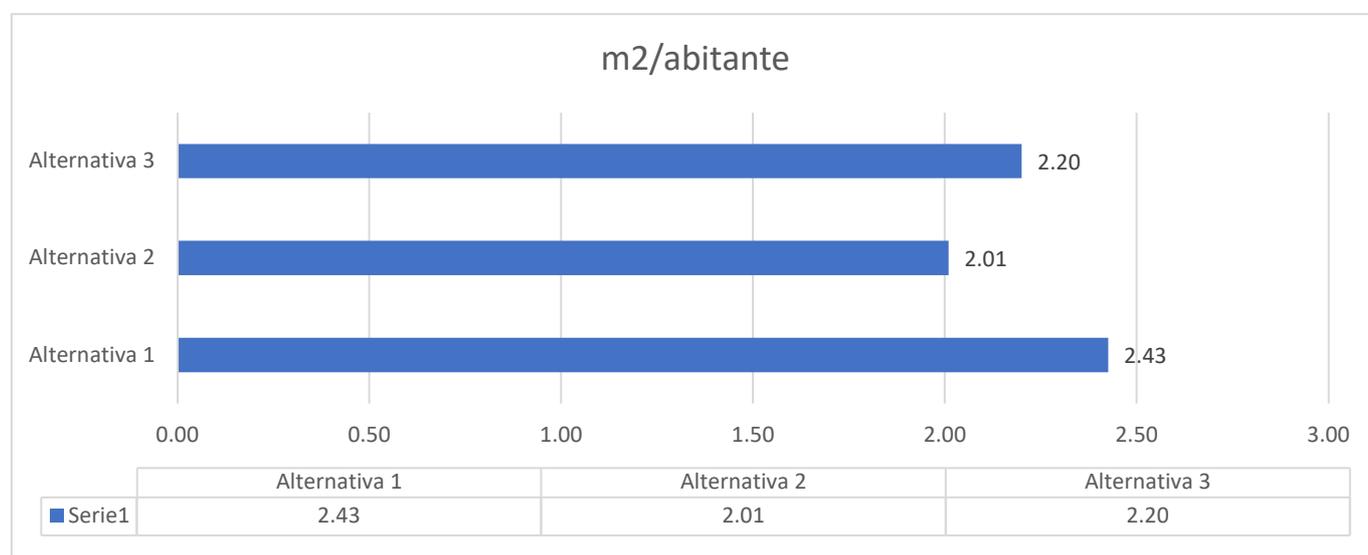


Figura 7: Consumo suolo pro capite

L'indicatore "**demolizioni**" fornisce una stima di massima valutata in mc vpp delle demolizioni dei fabbricati esistenti interferiti dalle alternative di progetto. Come si può desumere dai valori riportati per le 3 alternative, una di esse (l'alternativa 3), per il suo sviluppo plano-altimetrico che la vede passare in galleria artificiale al di sotto della strada statale esistente, presenta un maggiore numero di edifici potenzialmente interferiti dal tracciato.

Nella seguente tabella è riportata la quantificazione degli indicatori considerati per il criterio "Suolo" per ciascuna soluzione progettuale.

Tabella 3: Categoria "Sostenibilità ambientale" - Criterio "Suolo"

Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
2.1 SUOLO	2.1.1	CONSUMO DI NUOVO TERRITORIO	Sommatoria delle superficie di suolo libero occupato dall'impronta di progetto delle alternative	m ²	min	148 320	123 660	137 500
	2.1.2	CONSUMO SUOLO AGRICOLO	Sommatoria delle superficie di suolo agricolo occupato dall'impronta di progetto delle alternative	m ²	min	134 170	97 710	109 150
	2.1.3	Consumo di suolo pro capite	consumo di suolo in m2 previsto dalle opere rapportato al numero di abitanti residenti nei territori interessati	m2/Abitante	min	2.43	2.01	2.20
	2.1.4	DEMOLIZIONI	Volume vpp	m ³	min	10 000	10 000	20 000

Sottosuolo: Geomorfologia, idrogeologia e idraulica

Per il criterio "Sottosuolo: geomorfologia, idrologia e idraulica", al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative, sono stati scelti i seguenti indicatori:

- 1. Interferenza con progetti di mitigazione del rischio idraulico di futura realizzazione;**
- 2. Volumi di scavo;**
- 3. Fabbisogno.**

Dal punto di vista geologico sono stati individuati come possibili indicatori da analizzare nella presente analisi multicriteria l'interferenza con area a rischio geomorfologico, la presenza di gas e il rischio sismico. Al fine di valutare la possibile "**interferenza con area a rischio geomorfologico**" delle alternative di tracciato, è stata esaminata la documentazione cartografica di PAI e Progetto IFFI per l'area, che non evidenziano aree soggette ad instabilità o frana lungo le tre ipotesi progettuali. Questo risultato è dovuto anche alla scarsa acclività media dei modesti rilievi presenti nell'area e alle sottili coperture eluvio colluviali derivanti dall'alterazione del substrato lapideo granitoide. Allo stesso modo lo studio dell'indicatore "**probabile presenza di gas**" non evidenzia probabili rischi, data la natura granitoide del substrato eventualmente interessato dal tracciato della galleria naturale. L'indicatore "**rischio sismico**", infine, stante la

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 25 di 91

mappa del rischio sismico riportata dal Dipartimento di Protezione Civile ed aggiornata al 20 aprile 2021, i comuni interessati dai tracciati ipotizzati ricadono tutti in area a rischio sismico basso - R4 (Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni: $\leq 0,05g$; Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico: $0,05g$). Pertanto, gli indicatori geologici non risultano rilevanti ai fini dell'individuazione dell'alternativa giustificata nella presente analisi.

L'indicatore "**interferenza con progetti di mitigazione del rischio idraulico di futura realizzazione**" evidenzia la possibile presenza di incompatibilità geometriche tra l'ipotesi progettuale esaminata e gli interventi di futura realizzazione da parte del Comune di Olbia che, nello specifico, sono finalizzati alla messa in sicurezza idraulica del centro abitato, da approfondire eventualmente nelle future fasi progettuali. Qualora l'interferenza fosse confermata in misura tale da non poter essere risolta con limitati accorgimenti progettuali, ne conseguirebbe un contrasto con le finalità e i contenuti del piano PAI vigente il quale, all'art.1 delle Norme Tecniche di Attuazione, inibisce "*attività ed interventi capaci di ostacolare il processo verso un adeguato assetto idrogeologico di tutti i sottobacini oggetto del piano*". Dall'analisi ne consegue che le alternative progettuali 2 e 4 non contrastano con i progetti di mitigazione del rischio idraulico previsti dal Comune di Olbia.

L'indicatore "**volumi di scavo**" rappresenta il volume delle terre e delle rocce prodotte dalla realizzazione delle opere ferroviarie e stradali e dei materiali di risulta da gestire in corso d'opera. In particolare, individua al netto dei riutilizzi non strutturali (ritombamenti delle fondazioni e inerbimento scarpate) la produzione di materiale derivante dallo scavo delle fondazioni delle opere d'arte (viadotti e scatolari), nonché dallo scotico del terreno al di sotto dei rilevati. Come riportato nella tabella seguente (Tabella 4) le alternative 1 e 3 presentano un impatto significativo rispetto all'alternativa 2. Questo deriva dalle lavorazioni necessarie alla realizzazione di Gallerie Naturali ed Artificiali presenti in tali ipotesi progettuali.

L'indicatore "**fabbisogno**" rappresenta la quantità di terre da approvvigionare per la realizzazione del corpo stradale per ciascuna alternativa (rilevati). Dal confronto tra le alternative la principale differenza fra i fabbisogni è legata alla presenza nelle alternative 1 e 3 dei tratti in galleria naturale ed artificiale rispetto all'alternativa 2, che invece presenta una maggiore estensione/altezza dei tratti in rilevato.

Nella seguente tabella è riportata la quantificazione degli indicatori considerati per il criterio Sottosuolo geomorfologia, idrologia e idraulica.

Tabella 4: Categoria "Sostenibilità ambientale" - Criterio "Sottosuolo: Geomorfologia, idrogeologia e idraulica"

CRITERIO	INDICATORE				ALTERNATIVE			
Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
2.2 SOTTOSUOLO: GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA E IDRAULICA	2.2.1	INTERFERENZA CON PROGETTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DI FUTURA REALIZZAZIONE	numero di interferenze	numero	min	1	0	0
	2.2.2	VOLUMI DI SCAVO	Volume di scavo al netto dei riutilizzi non strutturali (ritombamenti fondazioni e inerbimento scarpate)	m ³	min	259 000	124 000	207 000
	2.2.3	FABBISOGNO	Quantità di terre da approvvigionare per la realizzazione del corpo stradale per l'alternativa	m ³	min	185 000	244 000	201 000

Paesaggio Naturale e antropico

Per il criterio "*Paesaggio naturale e antropico*", al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative, sono stati scelti i seguenti indicatori:

- 1. Attraversamento di aree con vincolo paesaggistico Art. 142 del D.Leg. 42/2004 – lett. g) foreste e da boschi;**
- 2. Vincoli archeologici:**
 - **Aree di interesse archeologico**
 - **Vincoli archeologici ex art.10 del D.Lgs 42\2004**
- 3. Consumi sottrazione di aree naturali e subnaturali (PPR)**

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 27 di 91

Gli indicatori “**Attraversamento di aree con vincolo paesaggistico Art. 142 del D.Leg. 42/2004**” e “**Vincoli archeologici ex art 10 D.Lgs 42/2004**” per quanto riguarda la sostenibilità ambientale, in materia di archeologia, sono stati esplicitati nel modo seguente: il primo parametro utilizzato è stata la presenza/assenza di aree di interesse archeologico ex dlgs 42\2004, art.142 lettera m, mentre il secondo parametro è la prossimità con vincoli archeologici ex art. 10 del Dlg. 42/2004, entro il raggio di 1 km dal tracciato.

La verifica è stata effettuata tramite la consultazione delle risorse disponibili on-line, si evidenzia che in base agli esiti dello Studio Archeologico, redatto in relazione al tracciato scelto, secondo quanto previsto dalla normativa vigente in materia di “Verifica preventiva dell’interesse archeologico”, potrebbero essere individuate aree interessate dal progetto che la Soprintendenza territorialmente competente, in base a quanto previsto dall’art.25 del DLgs 50/2016, potrebbe valutare di “interesse archeologico”, richiedendo l’esecuzione di indagini archeologiche preventive.

- Alternativa 1: Dalla verifica risulta una interferenza di 361 ml con area di interesse archeologico del nuraghe Amoras.
- Alternativa 2: Dalla verifica risulta una interferenza di 321 ml con area di interesse archeologico del nuraghe Amoras.
- Alternativa 3: Dalla verifica risulta una interferenza di 361 ml con area di interesse archeologico del nuraghe Amoras.
- Dalla verifica non risultano interferente di natura archeologica

Dal punto di vista Ambientale lo scopo dell’analisi comparativa è quello di evidenziare le interferenze delle alternative di tracciato con le aree tutelate dal D.Lgs 42/2004, Aree naturali protette così come definite dalla Legge Quadro sulle aree protette, n. 394 del 6 dicembre 1991 e Rete Natura 2000, ai sensi del DPR n. 357 del 8 settembre 1997, s.m.i. dal DPR n. 120 del 12 marzo 2003 (fonte: Sardegnageoportale).

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 28 di 91

In particolare, con riferimento alle aree interferenti con beni paesaggistici, sono stati considerati i beni di cui all'artt. 136 e 142 sono risultati interessati dalle opere i seguenti:

- Art.142 comma g) i territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento;

Pertanto, è stato valutato l'indicatore "**Attraversamento di aree con vincolo paesaggistico Art. 142 del D.Leg. 42/2004 – g) aree boschive**", tale indicatore è stato calcolato valutando l'interferenza in metri quadrati (calcolati con la stessa metodologia utilizzata per il calcolo del consumo di nuovo territorio) con le aree vincolate. I risultati mostrano che l'unica alternativa di tracciato che interessa aree boscate risulta essere la 1.

La verifica è stata effettuata tramite la consultazione delle risorse disponibili on-line.

Per l'indicatore "**Consumo/sottrazione di aree naturali e subnaturali (PPR)**": l'analisi è stata condotta sulle diverse alternative di tracciato considerando l'impronta "tipologica media" al suolo del solido ferroviario, non sono stati considerati eventuali altre aree derivanti da modifiche alle viabilità esistenti o per la presenza di fabbricati tecnologici. Tali aree sono segnalate dal PPR come aree di elevato valore paesaggistico; le valutazioni effettuate hanno evidenziato come migliore l'alternativa 1 in quanto le alternative 2 e 3 risultano interferire con un maggior numero di aree naturali e subnaturali per quanto tali tracciati si trovano in un'area più prossima all'area urbana di Olbia rispetto a quella in cui ricade l'alternativa 1. Si rileva che l'intera area interessata dalle alternative di progetto ricade nella Fascia Costiera da PPR, tale vincolo risulta pertanto ininfluenza per la presente analisi in quanto equivalente per tutti i tracciati.

L'indicatore "**Impatto visivo del tracciato rispetto all'abitato**" esamina quanto il tracciato possa risultare visivamente impattante rispetto all'abitato; nello specifico le differenze tra le alternative si riscontrano nei pressi dell'abitato in zona Sporula ove rispetto a tale indicatore risulta vincente l'alternativa 3 che prevede l'attraversamento in galleria della SS597 al contrario delle altre che prevedono l'attraversamento in viadotto.

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 29 di 91

Di seguito la tabella con gli indicatori precedentemente descritti:

Tabella 5: Categoria "Sostenibilità ambientale" - Criterio "Paesaggio naturale e antropico"

CRITERIO	INDICATORE					ALTERNATIVE			
Definizione	Definizione		Metodo di valutazione	Unità di misura	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
2.3 PAESAGGIO NATURALE E ANTROPICO	2.3.1	ATTRAVERSAMENTO DI AREE CON VINCOLO PAESAGGISTICO Art. 142 del D. Lgs 42/2004	g) AREE BOSCHIVE	Sommatoria delle aree vincolate interferite dall'alternativa	m ²	min	3 900	0	0
	2.3.2	VINCOLI ARCHEOLOGICI	AREE DI INTERESSE ARCHEOLOGICO	Sommatoria delle aree vincolate interferite dall'alternativa	ml	min	361	394	321
	2.3.3	CONSUMO /SOTTRAZIONE DI AREE NATURALI E SUBNATURALI (PPR)		Sommatoria delle superfici di aree naturali e subnaturali occupate dall'impronta di progetto delle alternative	m ²	min	11 250	22 750	22 750
	2.3.4	IMPATTO VISIVO		Impatto visivo tracciato rispetto l'abitato	-	min	A (1)	A (1)	B (0)

Emissioni inquinanti e climalteranti

Per il criterio "Emissioni inquinanti e climalteranti", al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative, sono stati considerati i seguenti indicatori:

- 1. Probabilità di aumento del disturbo acustico rispetto allo stato attuale;**
- 2. Emissioni in tonnellate di CO₂_eq in fase di realizzazione dell'opera;**
- 3. Emissioni climalteranti in tonnellate di CO₂_eq per anno di esercizio;**
- 4. Emissioni in tonnellate di particolato (PM10) per anno di esercizio.**

L'indicatore "Probabilità di aumento del disturbo acustico rispetto allo stato attuale" valuta in termini probabilistici quanto l'alternativa di tracciato possa comportare un aumento del disturbo acustico in considerazione di quanto il tracciato si avvicina o viceversa si allontana, rispetto allo stato attuale, dalle aree abitate (valutate in termini di numero di edifici con probabilità di essere disturbati dall'esercizio dell'opera in progetto) o dai ricettori sensibili presenti. Le valutazioni effettuate evidenziano come l'alternativa 3 risulti migliore in quanto si allontana dai ricettori

sensibili, e per questo motivo risulta avere una probabilità inferiore di disturbo rispetto all'Ospedale Giovanni Paolo II e all'abitato considerato in termini di numero di edifici.

Per l'indicatore "**Emissioni in tonnellate di CO₂_eq in fase di realizzazione dell'opera**" è stata effettuata una stima parametrica delle emissioni GHG in fase di realizzazione dell'opera a partire da un'analisi storica ed una rielaborazione statistica delle emissioni calcolate nelle precedenti applicazioni della "Metodologia per la misura delle emissioni di gas serra", certificata da ente terzo in conformità alla norma UNI EN ISO 14064-1:2019, a progetti in fase di PFTE. Sulla base dell'estensione dei tratti per tipologia di opera d'arte e della lunghezza complessiva del tracciato di ciascuna alternativa progettuale, tale strumento di analisi permette di stimare¹ i potenziali impatti in termini di emissione GHG correlati.

L'applicazione della stima parametrica dell'impronta climatica alle alternative progettuali individuate per "Collegamento Olbia Aeroporto" genera i risultati riportati nella seguente tabella, espressi per ciascuna soluzione in tonnellate di CO₂e:

Tabella 6: Stima parametrica impronta climatica

Alternative progettuali	tCO ₂ e
<i>Alternativa 3</i>	276.446
<i>Alternativa 2</i>	301.893
<i>Alternativa 1</i>	366.678

L'indicatore "**Emissioni climalteranti in tonnellate di CO₂_eq per anno di esercizio**" ha lo scopo di stimare le emissioni climalteranti relative alla trazione Diesel del materiale rotabile, con riferimento alle diverse alternative. Per farlo si è proceduto inizialmente all'individuazione del numero treni/giorno sulla tratta in esame pari a 34 treni/giorno.

¹ Con una variabilità del risultato pari a ±20%

Per ottenere la stima delle emissioni climalteranti, tramite le simulazioni marcia treno, è stato possibile ricavare un consumo specifico (espresso in litri di gasolio/km) relativo al materiale rotabile con riferimento ad ogni alternativa. Nella seguente tabella sono riportati i valori relativi alle lunghezze e ai consumi specifici considerati, con riferimento alle soluzioni proposte.

Tabella 7: Lunghezze e consumi specifici soluzioni proposte

	Soluzione 1	Soluzione 2	Soluzione 3
Consumo specifico treno REG [l/km]	3,0	3,2	3,0
Lunghezza [km]	7,9	6,6	6,6

Grazie ai valori individuati in relazione al numero treni/giorno, alla lunghezza della tratta e ai consumi specifici è stato possibile ricavare i consumi energetici derivanti dalla trazione diesel su base annua.

Per il calcolo delle emissioni climalteranti espresse in termini di CO₂_{eq}, si è fatto uso dei dati dei fattori di emissione relativi alla CO₂, CH₄ e N₂O derivanti dal "EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019", espressi in Kg e g per tonnellata di Diesel; successivamente, le emissioni dei gas inquinanti atmosferici CH₄ e N₂O sono state convertite in termini di CO₂ equivalente. Tale conversione è stata effettuata attraverso dei parametri standard di Global Warming Potential (GWP).

Nella seguente tabella viene riportato il confronto delle emissioni climalteranti, espresse in termini di tonnellate di CO₂ equivalente, relative alle diverse alternative.

Tabella 8: Emissioni climalteranti relativi alle soluzioni proposte

	Soluzione 1 [ton CO ₂ _{eq} /anno]	Soluzione 2 [ton CO ₂ _{eq} /anno]	Soluzione 3 [ton CO ₂ _{eq} /anno]
Regionale	589	539	501
Totale	589	539	501

Dal confronto dei risultati mostrati in tabella, si nota un valore maggiore di emissioni climalteranti per l'alternativa 1. Tale effetto è dovuto principalmente all'estensione che caratterizza tale alternativa. Dall'analisi condotta risulta che la soluzione preferibile, sotto il profilo di emissioni climalteranti, è l'alternativa 3.

Lo scopo dell'indicatore **“emissioni in tonnellate di particolato (PM10) per anno di esercizio”** è quello di stimare le emissioni inquinanti derivanti dalla trazione Diesel del materiale rotabile, con riferimento alle diverse alternative. Si specifica che nell'analisi sono stati considerati diversi agenti inquinanti (quali ad esempio: NOx, NMVOC, PM2,5) ma si è scelto di riportare esclusivamente l'agente PM10 in quanto il più incisivo, viste le caratteristiche del progetto (vicinanza a centri abitati), al fine di non generare correlazione nell'AMC. Per stimare tale indicatore si è proceduto inizialmente ad individuare il valore previsto per gli scenari considerati in termini di numero treni/giorno e la tipologia di rotabile utilizzato sulla linea.

Per il calcolo delle emissioni inquinanti relative al particolato, si è fatto uso dei dati e dei Coefficienti emissivi relativi all'inquinante PM10 forniti dal documento “EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019”.

Nella seguente tabella viene riportato il confronto delle emissioni di particolato PM10 derivante dalla trazione Diesel, relative alle diverse alternative.

Tabella 9: Emissioni di particolato PM10 relativi alle soluzioni proposte

	Soluzione 1 [ton PM10/anno]	Soluzione 2 [ton PM10/anno]	Soluzione 3 [ton PM10/anno]
Regionale	0,27	0,25	0,23
Totale	0,27	0,25	0,23

Dal confronto dei risultati mostrati in tabella, si nota un valore maggiore di emissioni inquinanti (PM10) per l'alternativa 1, tale effetto è dovuto principalmente, alla maggiore estensione che caratterizza tale alternativa. Dall'analisi condotta risulta che la soluzione preferibile, sotto il profilo di emissioni inquinanti (PM10), è l'alternativa 3.

Nella seguente tabella è riportata la quantificazione degli indicatori considerati per il criterio "Emissioni inquinanti e climalteranti" per ciascuna soluzione progettuale.

Tabella 10: Categoria "Sostenibilità ambientale" - Criterio "Emissioni inquinanti e climalteranti"

CRITERIO		INDICATORE				ALTERNATIVE		
Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
2.4 EMISSIONI INQUINANTI E CLIMALTERANTI	2.4.1	Probabilità di AUMENTO del disturbo acustico rispetto allo stato attuale	verso l'abitato - ricettori sensibili	-	min	Alta (1)	Media (0.5)	Bassa (0)
	2.4.2	Emissioni in tonnellate di CO2e in fase di realizzazione dell'opera	Emissioni in tonnellate di CO2e in fase di realizzazione dell'opera	[tCO2e]	min	366 678	301 893	276 446
	2.4.3	Emissioni climalteranti in tonnellate di CO2_eq per anno di esercizio	Emissioni in tonnellate di CO2_eq derivanti dal consumo di gasolio per la trazione ferroviaria con riferimento ad un anno di esercizio	[t CO2_eq/anno]	min	589	539	501
	2.4.4	Emissioni inquinanti in tonnellate di particolato (PM10) per anno di esercizio	Emissioni in tonnellate di particolato (PM10) derivanti dal consumo di gasolio per la trazione ferroviaria con riferimento ad un anno di esercizio	[t PM10/anno]	min	0.27	0.25	0.23

Per quanto riguarda i Siti contaminati e potenzialmente contaminati, si sono fatte le seguenti analisi:

Nell'ambito dello studio degli interventi di progetto, si è proceduto al riconoscimento di aree potenzialmente critiche dal punto di vista ambientale presenti nelle aree oggetto dei lavori, ovvero all'individuazione di siti contaminati e potenzialmente contaminati interferenti con le opere in progetto.

Siti di interesse nazionale (SIN)

Un sito di interesse nazionale (SIN) è un'area contaminata estesa, classificata come pericolosa e quindi da sottoporre ad interventi di bonifica per evitare danni ambientali e sanitari. Considerata l'ubicazione dell'area di intervento, nel presente documento la verifica dei SIN è stata effettuata sul territorio regionale sardo, dove sono stati individuati in totale 2 siti di interesse nazionale e n. 1 sito di interesse Regionale:

- Porto Torres (L. 179/2002);
- Sulcis Iglesiente Guspinese (D.M. 304/2016);
- La Maddalena (ex SIN)



Figura 8: Localizzazione dei SIN e dei SIR nella regione Sardegna (Fonte: Ministero della Transizione Ecologica ex-Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Siti di Interesse Nazionale - Stato delle procedure per la bonifica – Febbraio 2020 (fonte: Ministero della Transizione Ecologica – Direzione Generale per il Risanamento Ambientale)

Ex Siti di Interesse Nazionale

Non sono più ricompresi nei SIN le seguenti aree:

- il sito della Maddalena, il cui perimetro racchiude l'area dell'arsenale compresa tra il molo, le banchine antistanti l'autoreparto, Cala Camiciotto, Molo Carbone, la banchina ex deposito cavi Telecom e l'antistante specchio d'acqua, a suo tempo individuato come Sito di Interesse Nazionale con O.P.C.M. n. 3716 del 19/11/2008, è stato inserito nell'elenco dei siti che non soddisfano i requisiti di cui all'art. 252 del D.Lgs. n. 152/2006, approvato con D.M. 11 gennaio 2013 e, dunque, non è più ricompreso tra i siti di bonifica di interesse nazionale;

In relazione alle ubicazioni dei siti rispetto alle opere si rappresenta quanto di seguito.

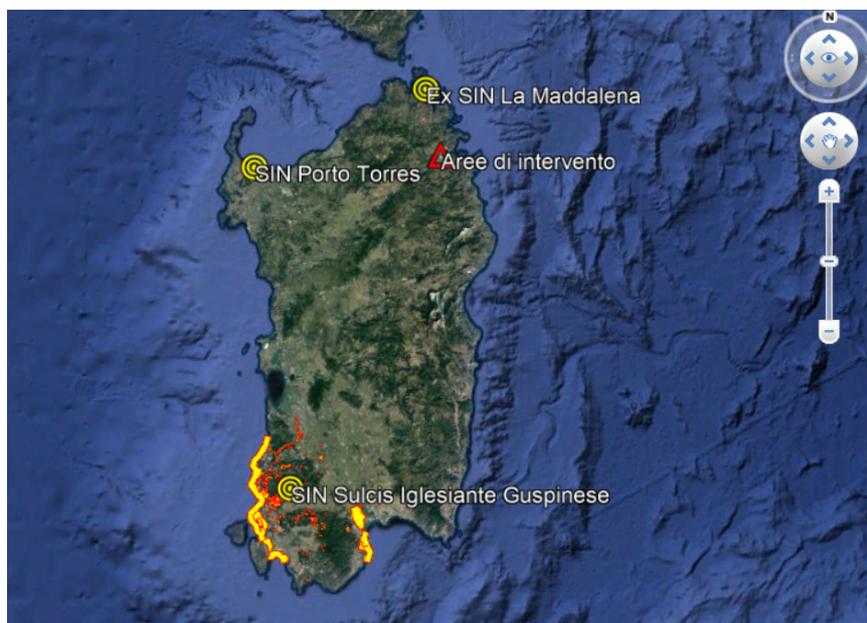


Figura 9: Localizzazione dell'area di intervento rispetto i SIN (Fonte: Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare)

La ricognizione effettuata ha evidenziato che i suddetti SIN ed Ex SIN sono a distanza ragionevole delle aree interessate dalle opere in oggetto.

Siti contaminati e potenzialmente contaminati

Il piano regionale di bonifica dei siti inquinati della Sardegna è lo strumento di programmazione e pianificazione, attraverso cui la Regione, coerentemente con le normative nazionali e con le problematiche specifiche territoriali, mira alla riduzione e alla risoluzione, in assoluto, delle problematiche ambientali connesse con la presenza di siti contaminati dettando strumenti di gestione del territorio che operino in questa direzione sia dal punto di vista burocratico-amministrativo, sia dal punto di vista tecnico sia da quello operativo.

In relazione alla presenza di tali siti si riportano di seguito i più prossimi alle aree di intervento.

- Siti Industriali (in blu in figura);
- Aree minerarie dismesse (in bianco in figura);
- Discariche RSU dismesse (in celeste in figura);
- Distributore di carburanti (in giallo in figura);

- Altri siti (in rosa - Sito oggetto di evento incidentale; in verde - Sito generico).



Figura 10: Tracciati di intervento (rosso, giallo e celeste) ed i siti contaminati (bianco, blu, celeste, blu, verde e rosa)

Dalla consultazione della anagrafica è emerso che i siti contaminati distano un minimo di 1 km delle aree di intervento senza alcuna interferenza. Nelle successive fasi progettuali tramite l'accesso agli atti presso gli Enti territoriali competenti saranno effettuati gli approfondimenti all'analisi bibliografica ad oggi disponibile.

Dalla consultazione della anagrafica è emerso che non ci sono interferenze con siti contaminati, motivo per cui si è optato per non inserire un indicatore, in quanto in nessuna alternativa ricade un'area con delle interferenze.

Tutti i tracciati interferiscono per ca. 50 m con un'area che prima di via degli aviatori ha avuto un passo ambientalmente compromesso. Dalle immagini storiche risulta la presenza di rifiuti

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 37 di 91

soprasuolo diffusi, rimossi nel 2010 per la realizzazione della strada. I rifiuti sono permasti nelle aree delle infrastrutture, distanti circa 30m dai futuri tracciati di progetto, fino al 2019.

Dalla consultazione storica è emersa la presenza di attività antropiche presenti e passati nell'intorno delle aree di intervento che hanno inciso sulla scelta delle modalità di gestione dei materiali di risulta delle lavorazioni.

3.3.3 Categoria: EFFICACIA TRASPORTISTICA

Per la categoria "*efficacia trasportistica*" è stato valutato il solo criterio "esercizio ferroviario" in quanto le alternative non presentano differenze dal punto di vista strettamente trasportistico.

Di seguito è riportata una descrizione del criterio sopracitato e degli indicatori utilizzati per la misurazione degli stessi, con l'evidenza delle stime quantitative ottenute.

Esercizio ferroviario

Per il criterio "*Esercizio ferroviario*", al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative, sono stati analizzati tutti i possibili elementi caratterizzanti dal punto di vista funzionale e dell'esercizio. Di conseguenza è stato individuato come unico indicatore rilevante ai fini dell'analisi multicriteria il ***tempo di percorrenza servizio passeggeri***.

L'indicatore di performance "***Tempi di percorrenza servizio passeggeri***" è stato valutato mediante le simulazioni di marcia del treno nelle tratte delle tre diverse alternative progettuali. Nel dettaglio, l'indicatore è stato definito come il tempo di percorrenza di progetto relativamente ad un servizio passeggeri tra la stazione di Olbia Terranova e la fermata Aeroporto di Olbia, inteso come tempo totale di percorrenza tra andata e ritorno. Come riportato nella tabella seguente le alternative 2 e 3 risultano equivalenti in termini di performance di esercizio, mentre presentano un risparmio di tempi di percorrenza di circa 2 minuti rispetto all'alternativa 1.

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 38 di 91

Di seguito la tabella relativa al criterio *Esercizio ferroviario*.

Tabella 11: Categoria “Efficacia trasportistica” Criterio “Esercizio ferroviario”

CRITERIO	INDICATORE					ALTERNATIVE		
Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
3.1 ESERCIZIO FERROVIARIO	3.1.1	TEMPI DI PERCORRENZA SERVIZIO PASSEGGERI	Recupero tempi di percorrenza rispetto attuale	minuti	min	17.90	15.60	15.60

3.3.4 Categoria: REALIZZAZIONE ED ECONOMIA DEL PROGETTO

Per la categoria “Realizzazione ed economia del progetto”, relativamente al criterio costruzione, al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative, sono stati individuati i seguenti indicatori:

- 1. Costi di realizzazione;**
- 2. Tempi di realizzazione.**

L'indicatore “**Costi di realizzazione**” è stato espresso in milioni di euro e misurato come valore opere al netto del margine di accuratezza (pari a -40%/+70%) sulla tratta oggetto di intervento.

L'alternativa 1 risulta più onerosa rispetto alle altre due in particolare per la maggiore lunghezza del tracciato e per la presenza di due gallerie (artificiale e naturale) in prossimità della fermata Ospedale. L'alternativa 2 risulta essere quella in generale più vantaggiosa in quanto dal punto di vista economico è da preferirsi la soluzione di scavalco in viadotto della SS729 in alternativa al passaggio in Galleria artificiale previsto dall'alternativa 3.

L'indicatore “**tempi di realizzazione**” indica una stima temporale della durata totale dei lavori relativamente ad ogni singola soluzione progettuale analizzata, comprensiva delle attività propedeutiche iniziali fino alla disponibilità per le verifiche tecniche (CVT ed ANSF).

Per le alternative individuate, la stima temporale comprende le attività propedeutiche iniziali e le attività di costruzione delle opere civili.

La stima non tiene conto del tempo necessario per i collaudi e le verifiche tecniche (CVT – ANSF).

Allo stato attuale, l'analisi è stata effettuata su dati progettuali ha consentito di individuare una sostanziale differenza in termini di "tempi di realizzazione" tra l'alternativa 1 e le alternative 2 e 3. La durata complessiva delle attività di costruzione per le alternative 2 e 3 può considerarsi confrontabile e circa pari a 3 anni e mentre la realizzazione delle opere previste per la soluzione di tracciato 1 è stimata in circa 3,75 anni.

Nella seguente tabella è riportata la quantificazione dell'indicatore considerato per il criterio Costruzione.

Tabella 12: Categoria "Realizzazione ed economia del progetto" - Criterio "Costruzione"

CRITERIO	INDICATORE					ALTERNATIVE		
	Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
4.1 COSTRUZIONE	4.1.1	TEMPI DI REALIZZAZIONE	Stima temporale della durata totale dei lavori	ANNI	min	3.75	3	3
	4.1.2	COSTI DI REALIZZAZIONE	Valore opere al netto	Mio Euro	min	259.6	205.6	220.1

3.4 Assegnazione dei pesi e matrice di valutazione

L'analisi è stata condotta ipotizzando tre livelli di pesi associati rispettivamente alle categorie, agli indicatori e ai criteri.

Per la determinazione dei pesi relativi alle **categorie** è stata utilizzata la metodologia AHP (*Analytical Hierarchy process*) che è un modello decisionale multicriterio utilizzato per l'assegnazione dei pesi delle categorie.

Il metodo è basato su valori e giudizi, sia quantitativi che qualitativi determinati in base a una struttura gerarchica multilivello al fine di ottenere delle priorità.

Le valutazioni, oggettive o soggettive, sono convertite in valori numerici ed utilizzate per assegnare una priorità alle singole categorie.

Nello specifico, i giudizi si basano su interpretazioni soggettive, espresse spesso in un linguaggio verbale e trasformate in numeri mediante la scala dei rapporti di Saaty, che trasforma i giudizi in punteggi assoluti compresi tra 1 e 9, dove 1 rappresenta l'uguaglianza tra i due criteri ed il valore 9 l'estrema importanza di un criterio rispetto all'altro.

Tabella 13: Scala di rapporti di Saaty

Value	Definition
1	Equal importance
2	
3	Slightly more important
4	
5	Much more important
6	
7	Very much more important
8	
9	Absolutely dominating

Il giudizio finale si basa sull'esperienza dei progettisti/analisti coinvolti, anche con la consapevolezza degli obiettivi riportati nell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile.

I valori assegnati nelle comparazioni sono organizzati in una matrice quadrata, positiva e reciproca, unitaria sulla diagonale principale, chiamata matrice dei confronti a coppie.

Si riportano di seguito la matrice dei confronti a coppie (Tabella 14) e la stima dei pesi per ciascuna categoria analizzata (Tabella 15).

Tabella 14: Matrice dei confronti a coppie

	Complessità infrastrutturale	SOSTENIBILITA' AMBIENTALE	EFFICACIA TRASPORTISTICA *	REALIZZAZIONE E ECONOMIA DEL PROGETTO
Complessità infrastrutturale	1	0.20	2.00	1
SOSTENIBILITA' AMBIENTALE	5	1	4	5
EFFICACIA TRASPORTISTICA *	1	0.25	1	1
REALIZZAZIONE E ECONOMIA DEL PROGETTO	1	0.20	1.00	1
Somma	8.00	1.65	8.00	8.00

Tabella 15: Stima del peso per ciascuna categoria analizzata

	Complessità infrastrutturale	SOSTENIBILITA' AMBIENTALE	EFFICACIA TRASPORTISTICA *	REALIZZAZIONE E ECONOMIA DEL PROGETTO	Pesi
Complessità infrastrutturale	0.125	0.121	0.250	0.125	16%
SOSTENIBILITA' AMBIENTALE	0.625	0.606	0.500	0.625	59%
EFFICACIA TRASPORTISTICA *	0.125	0.152	0.125	0.125	13%
REALIZZAZIONE E ECONOMIA DEL PROGETTO	0.125	0.121	0.125	0.125	12%

L'Analisi ha dato come risultati i seguenti pesi per le categorie:

- ✓ Complessità infrastrutturale = 16%
- ✓ Sostenibilità ambientale = 59%
- ✓ Efficacia trasportistica= 13%
- ✓ Realizzazione ed economia del progetto = 12%

La stima dei pesi relativi a **criteri** e **indicatori** è stata ipotizzata sulla base del buon senso e dell'esperienza da parte degli analisti/progettisti coinvolti, con il fine di individuare la ripartizione che desse la giusta importanza sia agli aspetti tecnici, ma anche agli impatti (sia con carattere transitorio che definitivo) che un progetto di tale tipo può generare sulla collettività e sui trasporti. All'interno delle categorie, i pesi sono distribuiti sia per i criteri che per gli indicatori con il dettaglio mostrato nelle Tabelle 13-14. In generale, con il fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative, è stato attribuito un peso equo per ciascun criterio e per ciascun indicatore.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	COLLEGAMENTO OLBIA AEROPORTO					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR0P	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 43 di 91

Tabella 16: Vettore dei pesi attribuiti e matrice di valutazione - Analisi Olbia 1/2

Indicatori generali per AMC Olbia													
CATEGORIA		CRITERIO		INDICATORE							ALTERNATIVE		
Definizione	Peso	Definizione	Peso	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Peso	Peso sul totale	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
1 - Complessità infrastrutturale	16%	1.1 Tipologia di opera infrastrutturale prevista per l'intervento	60%	1.1.1	RILEVATO/TRINCEA	Estensione tratti in rilevato	m	25%	2.4%	min	3 380	3 085	3 475
				1.1.2	VIADOTTO/SCATOLARE	Estensione tratti per tipologia di opere d'arte	m	25%	2.4%	min	2 892	3 111	2 245
				1.1.3	GALLERIA ARTIFICIALE	Estensione tratti per tipologia di opere d'arte	m	25%	2.4%	min	600	0	360
				1.1.4	GALLERIA NATURALE	Estensione tratti per tipologia di opere d'arte	m	25%	2.4%	min	650	0	0
		1.2 Caratteristiche opera nel contesto territoriale	40%	1.2.1	Interventi sulle viabilità interferite	Estensione rifacimenti delle viabilità interferite	m	50%	3.2%	min	1 500	1 500	3 500
				1.2.2	COMPLESSITA' FASI REALIZZAZIONE TRA OPERE D'ARTE FERROVIARIE E STRADALI	Complessità medio-bassa (M-B)/media-alta (M-A)/elevata(E) per la realizzazione delle opere d'arte (in presenza di esercizio e/o di fasizzazione)	qualitativo (-)	50%	3.2%	min	M-A (0.5)	M-B (0)	E (1)

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 44 di 91

Tabella 17: Vettore dei pesi attribuiti e matrice di valutazione - Analisi Olbia 2/2

CATEGORIA		CRITERIO		INDICATORE						ALTERNATIVE				
Definizione	Peso	Definizione	Peso	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Peso	Peso sul totale	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3		
2. SOSTENIBILITA' AMBIENTALE	59%	2.1 SUOLO	30%	2.1.1	CONSUMO DI NUOVO TERRITORIO	Sommatoria delle superfici di suolo libero occupato dall'impronta di progetto delle alternative	m ²	25%	4.4%	min	148 320	123 660	137 500	
				2.1.2	CONSUMO SUOLO AGRICOLO	Sommatoria delle superfici di suolo agricolo occupato dall'impronta di progetto delle alternative	m ²	25%	4.4%	min	134 170	97 710	109 150	
				2.1.3	Consumo di suolo pro capite	consumo di suolo in m2 previsto dalle opere rapportato al numero di abitanti residenti nei territori interessati	m2/Abitante	25%	4.4%	min	2.43	2.01	2.20	
				2.1.4	DEMOLIZIONI	Volume vpp	m ³	25%	4.4%	min	10 000	10 000	20 000	
		2.2 SOTTOSUOLO: GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA E IDRAULICA	20%	2.2.1	INTERFERENZA CON PROGETTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DI FUTURA REALIZZAZIONE	numero di interferenze	n°	33%	3.9%	min	1	0	0	
				2.2.2	VOLUMI DI SCAVO	Volume di scavo al netto dei riutilizzi non strutturali (ritombamenti fondazioni e inerbimento scarpate)	m ³	33%	3.9%	min	259 000	124 000	207 000	
				2.2.3	FABBISOGNO	Quantità di terre da approvvigionare per la realizzazione del corpo stradale per l'alternativa	m ³	33%	3.9%	min	185 000	244 000	201 000	
		2.3 PAESAGGIO NATURALE E ANTROPICO	25%	2.3.1	ATTRAVERSAMENTO DI AREE CON VINCOLO PAESAGGISTICO Art. 142 del D. Lgs 42/2004	g) AREE BOSCHIVE	Sommatoria delle aree vincolate interferite dall'alternativa	m ²	25%	3.7%	min	3 900	0	0
				2.3.2	VINCOLI ARCHEOLOGICI	AREE DI INTERESSE ARCHEOLOGICO	Sommatoria delle aree vincolate interferite dall'alternativa	ml	25%	3.7%	min	361	394	321
				2.3.3	CONSUMO /SOTTRAZIONE DI AREE NATURALI E SUBNATURALI (PPR)		Sommatoria delle superfici di aree naturali e subnaturali occupate dall'impronta di progetto delle alternative	m ²	25%	3.7%	min	11 250	22 750	22 750
				2.3.4	IMPATTO VISIVO		Impatto visivo tracciato rispetto l'abitato	-	25%	3.7%	min	A (1)	A (1)	B (0)
		2.4 EMISSIONI INQUINANTI E CLIMALTERANTI	25%	2.4.1	Probabilità di AUMENTO del disturbo acustico rispetto allo stato attuale		verso l'abitato - ricettori sensibili	-	25%	3.7%	min	Alta	Media	Bassa
				2.4.2	Emissioni in tonnellate di CO2e in fase di realizzazione dell'opera		Emissioni in tonnellate di CO2e in fase di realizzazione dell'opera	[tCO2e]	25%	3.7%	min	366 678	301 893	276 446
				2.4.3	Emissioni climalteranti in tonnellate di CO2_eq per anno di esercizio		Emissioni in tonnellate di CO2_eq derivanti dal consumo di gasolio per la trazione ferroviaria con riferimento ad un anno di esercizio	[t CO2_eq/anno]	25%	3.7%	min	589	539	501
				2.4.4	Emissioni inquinanti in tonnellate di particolato (PM10) per anno di esercizio		Emissioni in tonnellate di particolato (PM10) derivanti dal consumo di gasolio per la trazione ferroviaria con riferimento ad un anno di esercizio	[t PM10/anno]	25%	3.7%	min	0.27	0.25	0.23
		3. EFFICACIA TRASPARENTE	13%	3.1 ESERCIZIO FERROVIARIO	100%	3.1.1	TEMPI DI PERCORRENZA SERVIZIO PASSEGGERI	Recupero tempi di percorrenza rispetto attuale	minuti	100.0%	13.0%	min	17.90	15.60
4. REALIZZAZIONE ECONOMICA DEL PROGETTO	12%	4.1 COSTRUZIONE	100%	4.1.1	TEMPI DI REALIZZAZIONE	Stima temporale della durata totale dei lavori	ANNI	40.0%	4.8%	min	3.75	3	3	
				4.1.2	COSTI DI REALIZZAZIONE	Valore opere al netto	Mio euro	60.0%	7.2%	min	259.6	205.6	220.1	

3.5 Risultati Analisi Multicriteria

Nella seguente paragrafo si riportano i risultati dell'analisi multicriteria.

I risultati mostrano come l'alternativa 2 risulti la giustificata con un punteggio complessivo di 60.23/100, rispetto alle altre soluzioni progettuali. In particolare, questa alternativa presenta risultati **comparabili** all'alternativa 3, ma di fatto si configura come una risposta più giustificata agli indicatori di *Complessità infrastrutturale* e *Realizzazione ed Economia del progetto*, mentre risulta equivalente per gli indicatori della categoria *Efficacia trasportistica*.

Nei grafici seguenti si riporta il dettaglio dei risultati ottenuti.

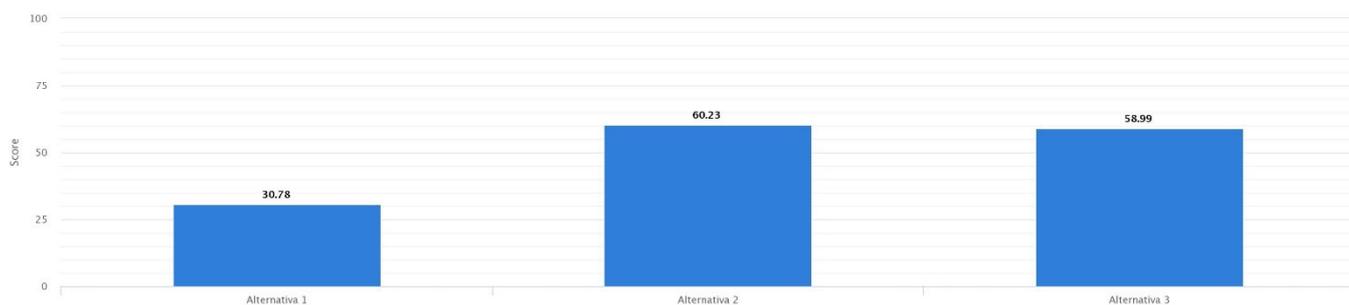


Figura 11: Ranking finale con le varie alternative progettuali

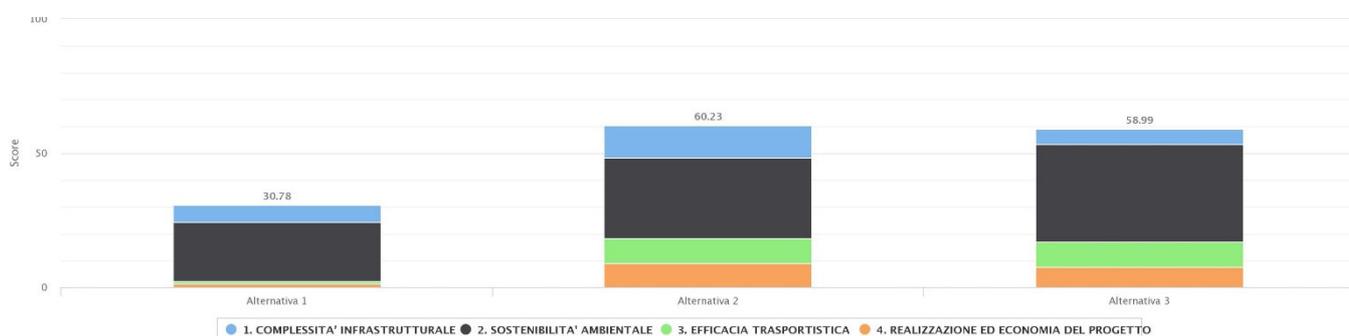


Figura 12: Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascuna categoria

La seguente tabella riporta il dettaglio dei punteggi ottenuti dalle due alternative nelle singole categorie analizzate.

Tabella 18: Dettaglio delle quote di contributo al risultato di ciascuna categoria

<u>CATEGORIE</u>	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Complessità infrastrutturale	6,46	11,82	5,72
Sostenibilità ambientale	21,96	30,23	36,30
Efficacia trasportistica	1,08	9,21	9,21
Realizzazione ed economia del progetto	1,27	8,97	7,76
Punteggio complessivo	30,78	60,23	58,99

Nel seguente grafico si riporta la ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascun criterio.

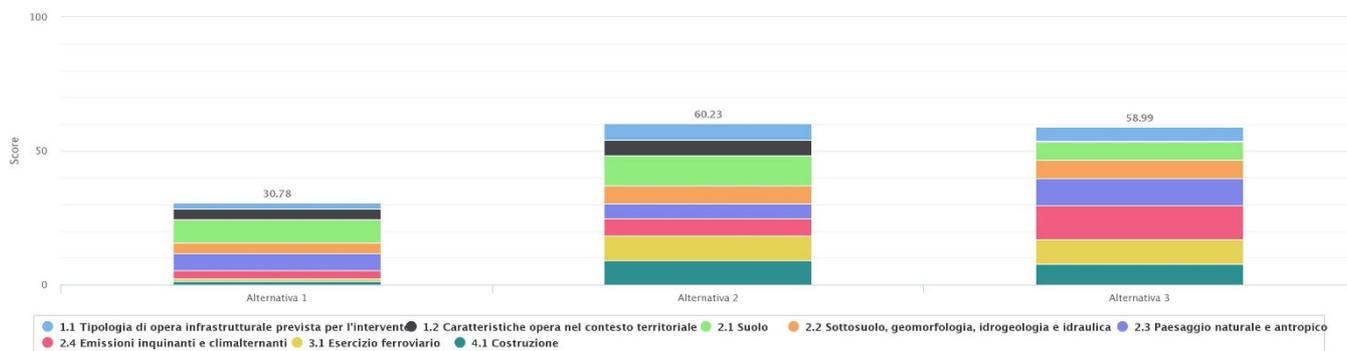


Figura 13: Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascun criterio

Nel seguente grafico si riporta la ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascun indicatore.

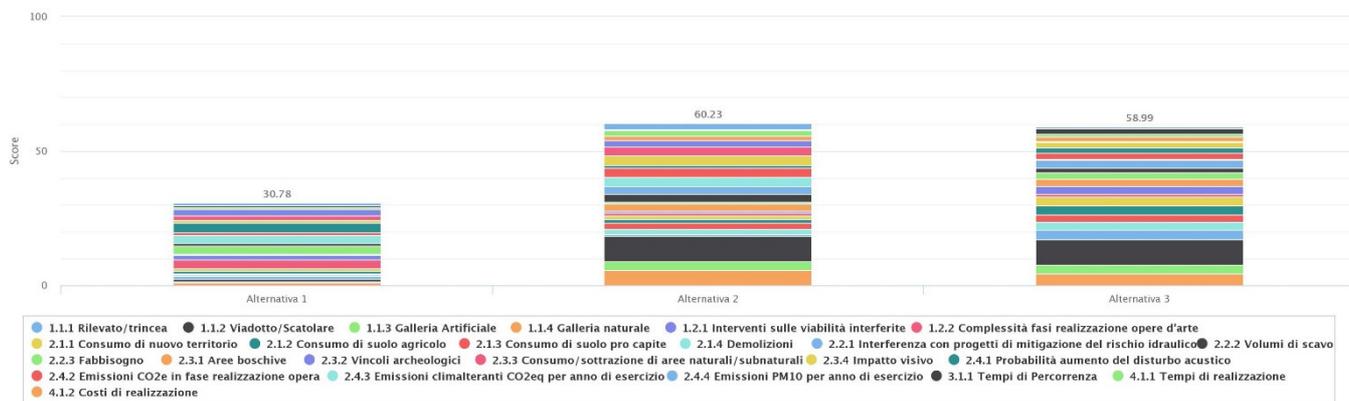


Figura 14: Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascun indicatore

3.6 Analisi di sensitività

L'analisi di sensitività mira a studiare la variazione della soluzione "giustificata" alla variazione degli elementi che compaiono nella valutazione e / o nella loro struttura (composizione e pesi associati). In particolare, l'obiettivo è determinare un intervallo di variazione (intervallo di stabilità) all'interno del quale la soluzione ottimale non cambia.

Indaga la stabilità o la robustezza della soluzione ottimale identificando gli elementi più sensibili del modello, vale a dire quelli per i quali anche una piccola variazione porta a variazioni significative nei risultati.

Il seguente grafico rappresenta precisamente gli intervalli ammissibili entro i quali i pesi delle categorie identificate possono cambiare senza cambiare la classifica finale. Infatti, gli intervalli individuati dall'analisi di sensitività (rappresentati nelle figure seguenti e distinti per categorie e per criteri) mostrano il range entro cui possono variare i pesi attribuibili affinché l'alternativa 2 continui ad essere quella "giustificata".

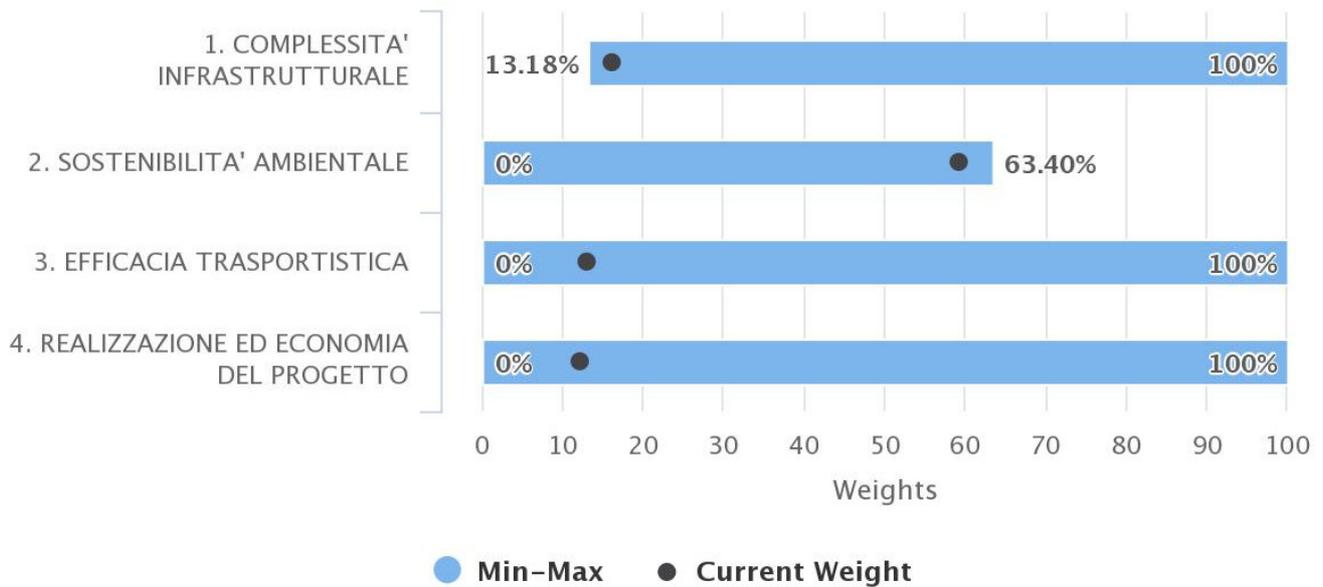


Figura 15: Analisi di sensitività

Con il fine di fornire uno strumento di supporto alle decisioni e una completezza di informazioni sulle analisi svolte, si riportano i grafici che illustrano la classificazione delle soluzioni alternative al variare dei pesi assegnati a ciascuna categoria.

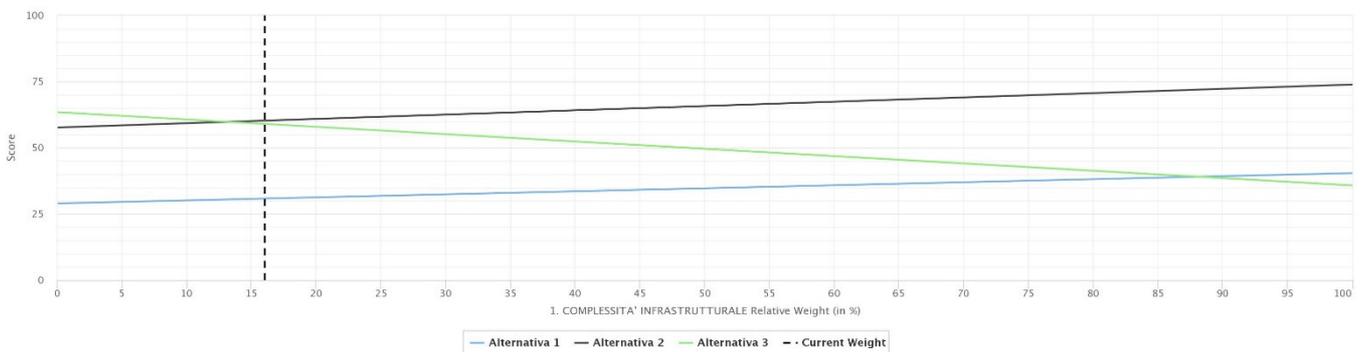


Figura 16: Ranking soluzioni progettuali in funzione del peso assegnato alla categoria "Complessità Infrastrutturale"

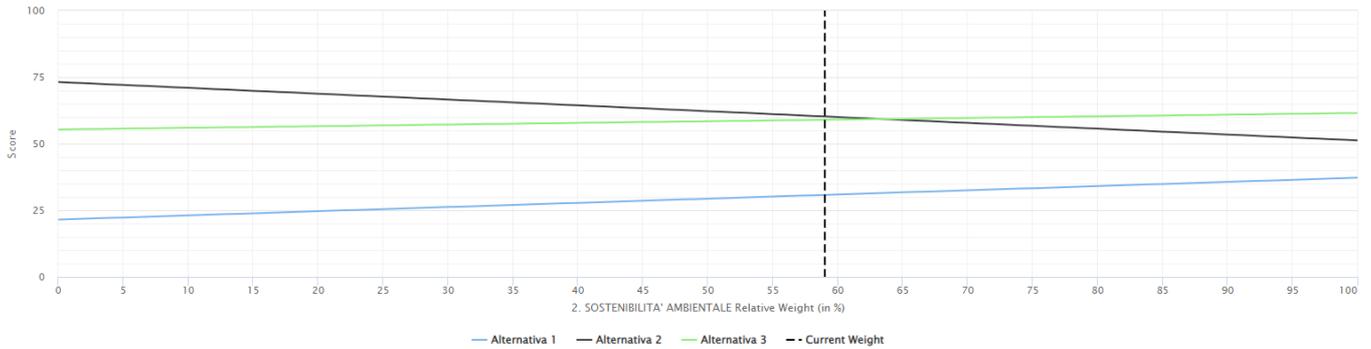


Figura 17: Ranking soluzioni progettuali in funzione del peso assegnato alla categoria “Sostenibilità ambientale”

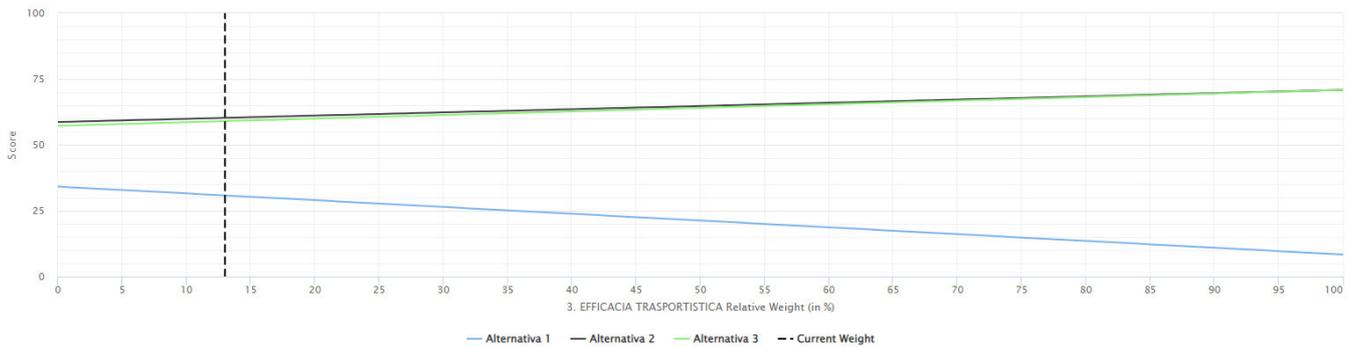


Figura 18: Ranking soluzioni progettuali in funzione del peso assegnato alla categoria “Efficacia trasportistica”

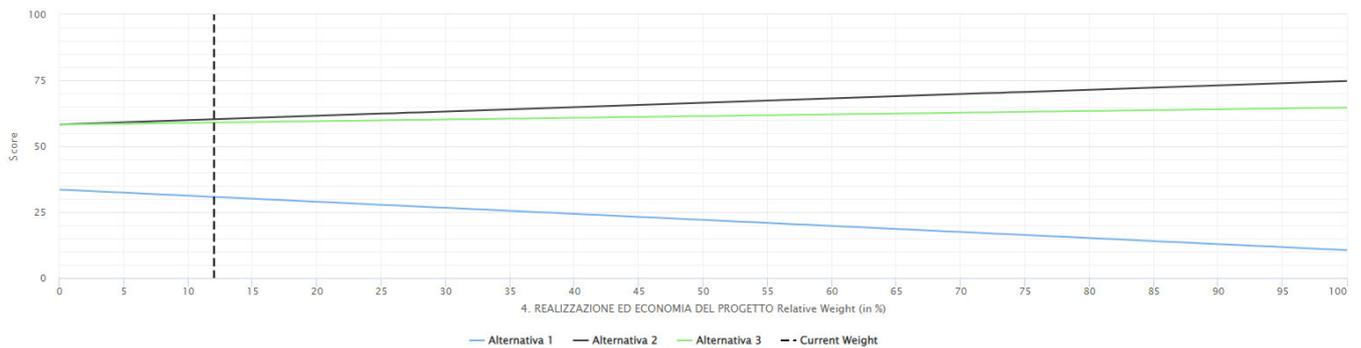


Figura 19: Ranking soluzioni progettuali in funzione del peso assegnato alla categoria “Realizzazione ed Economia del progetto”

Per quanto riguarda l’analisi di stabilità dei risultati si può affermare che per tutte le categorie la robustezza dell’alternativa 2 risulta essere estremamente accettabile in quanto si conferma essere la giustificata all’interno dell’intero campo di variabilità di ciascuna di esse.

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 50 di 91

4 APPROFONDIMENTO ALTERNATIVE PROGETTUALI

Successivamente allo sviluppo delle alternative progettuali considerate nell'analisi multicriteria appena descritta (Capitolo 3), studiate con il fine di rispondere all'esigenza di collegamento della città di Olbia allo scalo aeroportuale e all'ospedale tramite una fermata intermedia, è stata valutata la possibilità di escludere dal tracciato di progetto la fermata in corrispondenza dell'ospedale. In particolare, a seguito delle numerose interlocuzioni con Regione Autonoma Sardegna (RAS) e Comune di Olbia, tale ipotesi di progetto è stata consolidata nell'incontro congiunto tra RFI-RAS Direzione Generale Trasporti e Comune di Olbia del 26.05.2022. Questa ipotesi risponde alle istanze degli Enti locali, che richiedevano un collegamento più diretto allo scalo aeroportuale stesso.

L'analisi multicriteria presentata di seguito valuta se questa ulteriore alternativa progettuale che esclude la fermata ospedale rappresenti un'alternativa giustificata dal punto di vista infrastrutturale, ambientale, trasportistico ed economico rispetto l'alternativa progettuale individuata nell'analisi multicriteria precedente. In particolare, le due alternative qui considerate, sono state precedentemente studiate nello studio di trasporto "Collegamento ferroviario aeroporto di Olbia" da cui emerge che la risposta delle due alternative, sebbene abbiano fini differenti, è pressoché la medesima. L'analisi multicriteria risulta un metodo consono in questa casistica come espresso nelle "Linee guida per la redazione del progetto di fattibilità tecnica ed economica da porre a base dell'affidamento dei contratti pubblici di lavori del PNRR e del PNC", emesse dal MIMS e dal CSLPP nel luglio 2021, per cui "strumenti metodologici più speditivi (quali l'analisi multicriteri e l'analisi costi-efficacia) possono essere impiegati soltanto laddove ne ricorrano le condizioni, alla luce della oggettiva semplicità concettuale del confronto comparato tra alternative".

Di seguito si riportano i dettagli di tale analisi.

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 51 di 91

5 ANALISI MULTICRITERIA: Necessità della fermata Ospedale

5.1 Descrizione delle ipotesi progettuali alternative

5.1.1 Alternativa 2 (Fermata Ospedale)

La soluzione ha uno sviluppo complessivo di circa 5,5 km dei quali 2,70 km in viadotto.

La fermata Ospedale è ubicata in rilevato a circa 400 m dall'ingresso principale dell'Ospedale e a circa 70 m dalle abitazioni di via Rubino. Superata la fermata, la ferrovia piega subito a sud per affiancarsi ad Est della SS Panoramica di Olbia, evitando così l'interferenza con il nodo viario dello svincolo dell'ospedale.

Proseguendo a sud il tracciato scavalca in viadotto la linea ferroviaria esistente, lo svincolo in località Sporula della SS n 729, la SP n.27 e via degli Aviatori. In località Sporula, dovendo la ferrovia sovrappassare la viabilità SS n 729 che è in rilevato, a circa 5 m dal pc, si troverà ad una quota di circa 13 m da terra.

Il Progetto termina con la stazione Aeroporto realizzata sopraelevata rispetto il piano campagna per garantire la maggior trasparenza possibile in ambito aeroportuale.

5.1.2 Alternativa 4 (Senza la Fermata Ospedale)

L'alternativa 4 non prevede il servizio alla fermata Ospedale. In questa soluzione è previsto un tracciato che si sviluppa per circa 3,4 km in semplice binario. Il collegamento con la linea esistente avviene mediante un bivio in direzione Olbia Terranova, localizzato alla fine dell'attuale centro abitato di Olbia, e mediante un bivio in località Micaleddu, così da garantire anche il collegamento della nuova linea con la linea esistente in direzione Sassari-Chilivani.

Il tracciato presenta inizialmente uno sviluppo in rilevato, proseguendo a sud il tracciato risolve l'interferenza con le viabilità in località Sporula connesse alla SS 279 con una galleria di circa 450m che sotto-attraversa la viabilità principale e le complanari. La linea ferroviaria prosegue quindi in viadotto e supera via degli Aviatori. Il viadotto in direzione aeroporto ha uno sviluppo di circa 900m. In approccio alla stazione è previsto un'opera scatolare alla quale segue il viadotto di stazione. La stazione prevista in aeroporto presenterà due binari di servizio in viadotto. La

soluzione sopraelevata permette di ridurre l'impronta a terra della stazione, mitigando l'impatto sulle aree aeroportuali. I marciapiedi di banchina presentano un'estensione di circa 200m e saranno coperti da pensiline. Il Fabbricato viaggiatori è posizionato in testa alle banchine al termine del viadotto, si articola su due livelli e permette la discesa dei passeggeri al piano campagna dell'aeroporto.

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 53 di 91

5.2 Analisi di confronto

5.2.1 Categorie, criteri ed indicatori di valutazione

Tutti i criteri e i relativi indicatori sono stati definiti in funzione del grado di approfondimento progettuale e delle informazioni settoriali disponibili in forma omogenea per tutto il territorio interessato e per le alternative di tracciato oggetto dello studio.

Nell'ambito della AMC condotta, le alternative progettuali sono state valutate relativamente alle seguenti quattro categorie:

1. Complessità infrastrutturale;
2. Sostenibilità ambientale;
3. Efficacia trasportistica;
4. Realizzazione ed economia del progetto.

Ciascuna categoria è stata a sua volta suddivisa in criteri di valutazione per i quali sono stati definiti uno o più indicatori attraverso cui poter realizzare il confronto previsto dal metodo Promethee.

Di seguito si riporta lo schema di articolazione degli elementi di confronto definiti alla base dell'analisi.

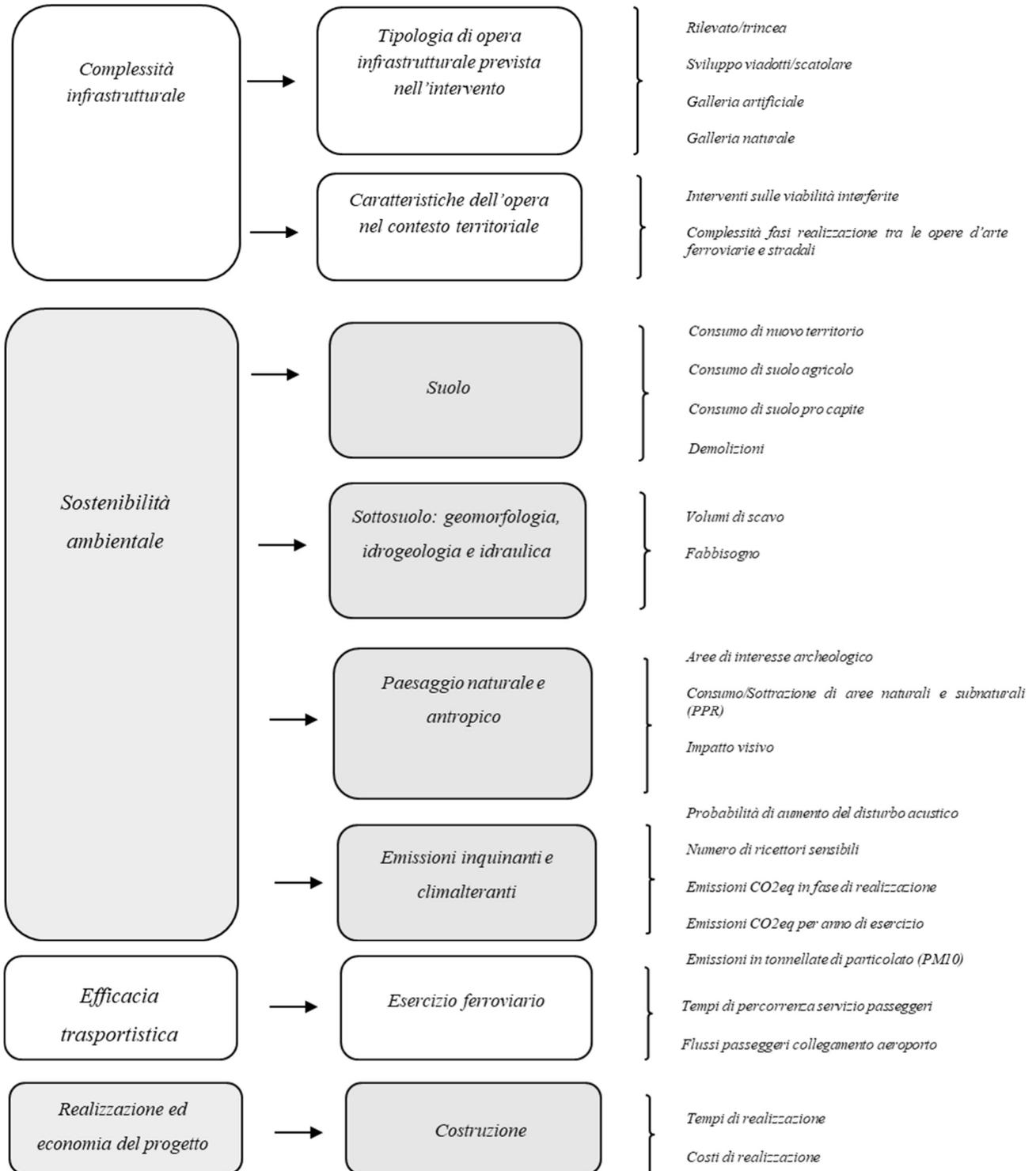


Figura 20: Categorie, criteri e indicatori di valutazione per l'analisi multicriteria

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 55 di 91

5.3 Elementi di confronto

5.3.1 Categoria: COMPLESSITÀ INFRASTRUTTURALE

Con la categoria “*Complessità infrastrutturale*” si vuole raggruppare la valutazione relativa alle tipologie di opere infrastrutturali previste nell'intervento. La suddetta categoria si suddivide nei criteri “Tipologia di opera infrastrutturale prevista nell'intervento” e “Caratteristiche dell'opera nel contesto territoriale”.

Di seguito è riportata una descrizione degli indicatori suddivisi per criteri di valutazione.

Tipologia di opera infrastrutturale prevista per l'intervento

Nello specifico gli indicatori analizzati per il criterio “*Tipologia di opera infrastrutturale prevista per l'intervento*” sono:

1. ***Rilevato/Trincea;***
2. ***Viadotto/scatolare;***
3. ***Galleria Artificiale;***
4. ***Galleria naturale.***

Questi indicatori forniscono informazioni sullo sviluppo, lungo il tracciato considerato, degli elementi che compongono la linea ferroviaria in termini di opere civili, distinguendo il corpo stradale (rilevato e trincea) dalle opere d'arte (viadotti, scatolari e Gallerie naturali ed artificiali).

Nella seguente tabella è riportata la quantificazione degli indicatori considerati per il criterio “tipologia di opera infrastrutturale” per ciascuna soluzione progettuale.

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 56 di 91

Tabella 19: Categoria “Complessità infrastrutturale” Criterio “Tipologia di opera infrastrutturale prevista nell’intervento”

CRITERIO	INDICATORE					ALTERNATIVE	
	Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 2	Alternativa 4
1.1 Tipologia di opera infrastrutturale prevista per l'intervento	1.1.1	RILEVATO/TRINCEA	Estensione tratti in rilevato	m	min	3 085	1600
	1.1.2	VIADOTTO/SCATOLARE	Estensione tratti per tipologia di opere d'arte	m	min	3 111	1292
	1.1.3	GALLERIA ARTIFICIALE	Estensione tratti per tipologia di opere d'arte	m	min	0	231
	1.1.4	GALLERIA NATURALE	Estensione tratti per tipologia di opere d'arte	m	min	0	215

Caratteristiche dell'opera nel contesto territoriale

Nello specifico gli indicatori analizzati per il criterio “*Caratteristiche dell'opera nel contesto territoriale*” sono:

- 1. Interventi sulle viabilità interferite;**
- 2. Complessità fasi realizzazione tra le opere d'arte ferroviarie e stradali.**

L'indicatore “**Interventi sulle viabilità interferite**”, è espresso in termini percentuali ed indica il rapporto tra il numero di viabilità interferite per le quali risultano necessari interventi (cavalcaferrovia, sottopassi, deviazioni stradali) sul numero totale delle viabilità interferenti con la linea ferroviaria.

L'indicatore “**Complessità fasi realizzazione tra opere d'arte ferroviarie e stradali**” esprime il grado di complessità delle lavorazioni necessarie alla costruzione delle opere d'arte (e.g. ponti/viadotti) ed è valutato in maniera qualitativa secondo un range di giudizio che si articola in complessità *M-B* = medio-bassa; *M-A* = medio-alta; *E* = elevata.

L'Alternativa 2 è stata valutata appartenente al range di complessità di tipo *M-B* (Medio-Bassa). Questa alternativa progettuale, infatti, prevede una connessione alla linea storica in bivio di andamento altimetrico prevalentemente in viadotto, capace di risolvere le interferenze con le viabilità, con le canalizzazioni esistenti e con le eventuali altre strutture esistenti interferite anche

mediante l'adeguamento della luce degli impalcati in funzione delle caratteristiche specifiche dell'interferenza intercettata.

Per l'alternativa 4, è stata stimata una complessità elevata. Questa alternativa, pur presentando uno sviluppo plano-altimetrico minore rispetto alla alternativa 2, mostra un livello di complessità maggiore poiché prevede la realizzazione di una successione galleria artificiale – galleria naturale – galleria artificiale al di sotto della Strada Statale 597 per risolverne la rilevante interferenza. Questo comporta la necessità di introdurre interventi provvisori sul corpo stradale, fasizzazioni di intervento con parzializzazioni differite della sede stradale e conseguenti soggezioni all'esercizio viario.

L'indicatore di tipo qualitativo, per essere inserito nel software specialistico, deve essere tradotto in termini quantitativi, associando ai range qualitativi dei range numerici compresi tra 0 e 1.

Nella seguente tabella è riportata la quantificazione degli indicatori considerati per il criterio tipologia di opera infrastrutturale prevista per ciascuna soluzione progettuale.

Tabella 20: Categoria "Complessità infrastrutturale" Criterio "Caratteristiche opera nel contesto territoriale"

CRITERIO	INDICATORE					ALTERNATIVE	
Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 2	Alternativa 4	
1.2 Caratteristiche opera nel contesto territoriale	1.2.1	Interventi sulle viabilità interferite	Estensione rifacimenti delle viabilità interferite	m	min	1 500	2300
	1.2.2	COMPLESSITA' FASI REALIZZAZIONE TRA OPERE D'ARTE FERROVIARIE E STRADALI	Complessità medio-bassa (M-B)/media-alta (M-A)/elevata(E) per la realizzazione delle opere d'arte (in presenza di esercizio e/o di fasizzazione)	numero	min	M-B (0)	A (1)

5.3.2 Categoria: SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Con la categoria "sostenibilità ambientale" si vuole raggruppare la valutazione, in toto, dei criteri relativi al suolo, al sottosuolo, al paesaggio naturale e antropico (incluso i temi relativi all'ambiente e all'archeologia) e alle possibili emissioni inquinanti e climalteranti derivanti dagli interventi progettuali. Di seguito è riportata una descrizione degli indicatori suddivisi secondo i criteri di valutazione sopracitati, con l'evidenza delle stime quantitative ottenute.

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 58 di 91

Suolo

Per il criterio “Suolo” al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative, sono stati analizzati i seguenti indicatori:

1. **Consumo di nuovo territorio;**
2. **Consumo di suolo agricolo;**
3. **Consumo di suolo pro capite;**
4. **Demolizioni**

Al fine di valutare il consumo di suolo, che può essere suddiviso in “**consumo di nuovo territorio**”, “**consumo di suolo agricolo**” e “**consumo di suolo extraurbano**”, è stata condotta un’analisi sulle diverse alternative di tracciato considerando l’impronta “tipologica media” al suolo del solido ferroviario.

Non sono state considerate per il livello di progettazione eventuali altre aree derivanti da modifiche alle viabilità esistenti o dalla presenza di fabbricati tecnologici. Per i tratti in viadotto è stata considerata la proiezione al suolo dell’impalcato. Lo scopo di tale analisi è quello di valorizzare la soluzione che limiti l’impatto dovuto all’occupazione di nuovo territorio. Si evidenzia che gran parte del territorio interessato dall’intervento ricade in aree agricole o a prato-pascolo, che pertanto rende gli indicatori “**consumo di suolo extraurbano**” e “**consumo di suolo agricolo**” equivalenti. Alla luce di ciò sono stati valutati rilevanti ai fini dell’individuazione dell’alternativa giustificata gli indicatori riportati in *Tabella 21* ossia il consumo di nuovo territorio e l’indicatore relativo al suolo agricolo.

Per l’indicatore “**consumo di suolo pro capite**” è stato considerato che il consumo di suolo è un processo associato alla perdita di una risorsa ambientale fondamentale, limitata e non rinnovabile, dovuta all’occupazione di una superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale con una copertura artificiale. Pertanto, nella valutazione delle alternative progettuali risulta necessario valutare l’impatto dell’infrastruttura in termini di suolo consumato.

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 59 di 91

La relazione tra il tasso del consumo di suolo ed il tasso demografico è alla base degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile, in particolare rappresenta una misura statistica utile ad “assicurare che il consumo di suolo non superi la crescita demografica” ed è inclusa nell’indicatore 11.3.1 del “Rapporto SDGs 2021-Informazioni statistiche per l’Agenda 2030 in Italia”.

L’area interessata dalle alternative progettuali ricade interamente nel comune di Olbia che al 2021 registra 59.948 residenti.

Le alternative di progetto prevedono una sottrazione/consumo di suolo pari a:

- Alternativa 2: 22.750 m² di aree naturali e subnaturali e 97.710 m² di aree agricole.
- Alternativa 4: 2.000 m² di aree naturali e subnaturali e 78.930 m² di aree agricole.

Al fine di quantificare la soluzione migliore in termini di minor impatto sul consumo di suolo è stato preso come riferimento l’indicatore “impermeabilizzazione e consumo di suolo pro capite” incluso nelle misure statistiche diffuse dall’Istat rispetto agli indicatori SDGs. Tale analisi è stata declinata rapportando i dati progettuali relativi al consumo di aree naturali, sub-naturali e agricole delle alternative con il numero di abitanti di Olbia.

Come si evince dall’istogramma riportato in *Figura 21*, l’Alternativa 2 determina maggiore consumo di suolo pro-capite per il Comune di riferimento, presentando un maggior impatto in termini di superficie di suolo agricolo occupato dall’impronta di progetto, mentre l’Alternativa 4

risulta essere maggiormente efficiente in termini consumo di suolo, incidendo maggiormente nell'occupazione di suolo agricolo.

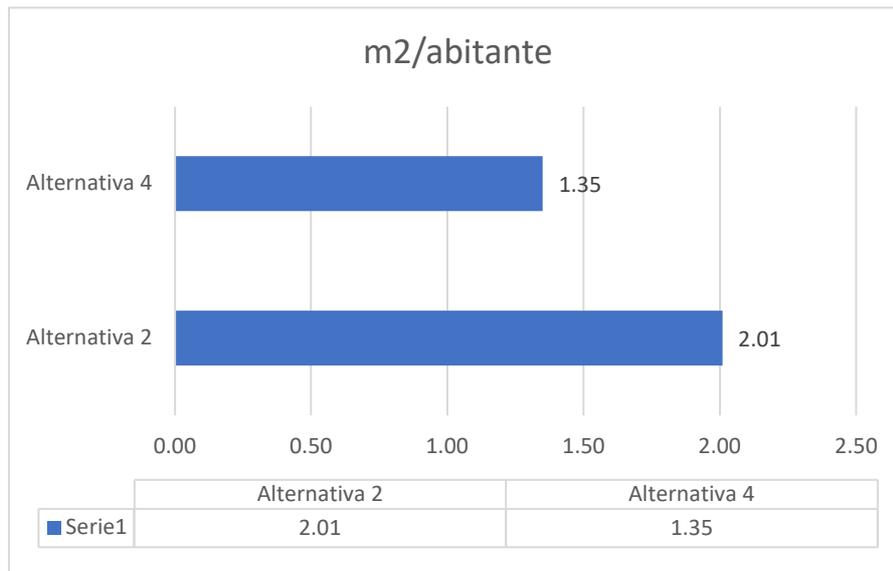


Figura 21: Consumo suolo pro capite

L'indicatore "**demolizioni**" fornisce una stima di massima valutata in mc vpp delle demolizioni dei fabbricati esistenti interferiti dalle alternative di progetto. Come si può desumere dai valori riportati per le alternative "2" e "4", quest'ultima, benché la veda passare in galleria artificiale/naturale al di sotto della strada statale esistente, e pertanto in questa area presenti un maggiore numero di edifici potenzialmente interferiti dal tracciato, per il suo minore sviluppo planimetrico presenta un minore impatto sulle potenziali volumetrie di demolizione vuoto per pieno prodotte sull'edificato esistente interferito.

Nella seguente tabella è riportata la quantificazione degli indicatori considerati per il criterio "Suolo" per ciascuna soluzione progettuale.

Tabella 21: Categoria "Sostenibilità ambientale" - Criterio "Suolo"

Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 2	Alternativa 4	
2.1 SUOLO	2.1.1	CONSUMO DI NUOVO TERRITORIO	Sommatoria delle superficie di suolo libero occupato dall'impronta di progetto delle alternative	m ²	min	123 660	79 930
	2.1.2	CONSUMO SUOLO AGRICOLO	Sommatoria delle superficie di suolo agricolo occupato dall'impronta di progetto delle alternative	m ²	min	97 710	78 930
	2.1.3	Consumo di suolo pro capite	consumo di suolo in m2 previsto dalle opere rapportato al numero di abitanti residenti nei territori interessati	m2/Abitante	min	2.01	1.35
	2.1.5	DEMOLIZIONI	Volume vpp	m ³	min	10 000	6 000

Sottosuolo: Geomorfologia, idrogeologia e idraulica

Per il criterio "Sottosuolo: geomorfologia, idrologia e idraulica", al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative, sono stati scelti i seguenti indicatori:

1. **Interferenza con progetti di mitigazione del rischio idraulico di futura realizzazione;**
2. **Volumi di scavo;**
3. **Fabbisogno.**

Dal punto di vista geologico sono stati individuati come possibili indicatori da analizzare nella presente analisi multicriteria l'interferenza con area a rischio geomorfologico, la presenza di gas e il rischio sismico. Al fine di valutare la possibile "**interferenza con area a rischio geomorfologico**" delle alternative di tracciato, è stata esaminata la documentazione cartografica di PAI e Progetto IFFI per l'area, che non evidenziano aree soggette ad instabilità o frana lungo le tre ipotesi progettuali. Questo risultato è dovuto anche alla scarsa acclività media dei modesti rilievi presenti nell'area e alle sottili coperture eluvio colluviali derivanti dall'alterazione del substrato lapideo granitoide. Allo stesso modo lo studio dell'indicatore "**probabile presenza di gas**" non evidenzia probabili rischi, data la natura granitoide del substrato eventualmente interessato dal tracciato della galleria naturale. L'indicatore "**rischio sismico**", infine, stante la

mappa del rischio sismico riportata dal Dipartimento di Protezione Civile ed aggiornata al 20 aprile 2021, i comuni interessati dai tracciati ipotizzati ricadono tutti in area a rischio sismico basso - R4 (Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni: $\leq 0,05g$; Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico: $0,05g$). Pertanto, gli indicatori geologici non risultano rilevanti ai fini dell'individuazione dell'alternativa giustificata nella presente analisi.

L'indicatore "**interferenza con progetti di mitigazione del rischio idraulico di futura realizzazione**" evidenzia la possibile presenza di incompatibilità geometriche tra l'ipotesi progettuale esaminata e gli interventi di futura realizzazione da parte del Comune di Olbia che, nello specifico, sono finalizzati alla messa in sicurezza idraulica del centro abitato, da approfondire eventualmente nelle future fasi progettuali. Qualora l'interferenza fosse confermata in misura tale da non poter risolta con limiti accorgimenti progettuali, ne conseguirebbe un contrasto con le finalità e i contenuti del piano PAI vigente il quale, all'art.1 delle Norme Tecniche di Attuazione, inibisce "*attività ed interventi capaci di ostacolare il processo verso un adeguato assetto idrogeologico di tutti i sottobacini oggetto del piano*". Dall'analisi ne consegue che le alternative progettuali 2 e 4 non contrastano con i progetti di mitigazione del rischio idraulico previsti.

L'indicatore "**volumi di scavo**" rappresenta il volume delle terre e delle rocce prodotte dalla realizzazione delle opere ferroviarie e stradali e dei materiali di risulta da gestire in corso d'opera. In particolare, individua al netto dei riutilizzi non strutturali (ritombamenti delle fondazioni e inerbimento scarpate) la produzione di materiale derivante dallo scavo delle fondazioni delle opere d'arte (viadotti e scatolari), nonché dallo scotico del terreno al di sotto dei rilevati. Come riportato nella tabella seguente, l'alternativa 2, poiché presenta uno sviluppo planimetrico quasi doppio rispetto all'alternativa 4, rispetto a quest'ultima individua una maggiore produzione di volumi di scavo, nonostante l'alternativa 4 presenti tutti le lavorazioni necessarie alla realizzazione di Gallerie Naturali ed Artificiali presenti in tale ipotesi progettuale.

L'indicatore "**fabbisogno**" rappresenta la quantità di terre da approvvigionare per la realizzazione del corpo stradale per ciascuna alternativa (rilevati). Dal confronto tra le alternative 2 e 4 la principale differenza fra i fabbisogni è legata alla maggiore estensione/altezza dei tratti in rilevato dovuta alla maggiore estensione del tracciato dell'alternativa 2, che pertanto individua una maggiore fabbisogno lordo di approvvigionamenti di quantità di terre per le realizzazioni di progetto.

Nella seguente tabella è riportata la quantificazione degli indicatori considerati per il criterio Sottosuolo geomorfologia, idrologia e idraulica.

Tabella 22: Categoria "Sostenibilità ambientale" - Criterio "Sottosuolo: Geomorfologia, idrogeologia e idraulica"

CRITERIO	INDICATORE					ALTERNATIVE	
	Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 2	Alternativa 4
2.2 SOTTOSUOLO: GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA E IDRAULICA	2.2.1	VOLUMI DI SCAVO	Volume di scavo al netto dei riutilizzi non strutturali (ritombamenti fondazioni e inerbimento scarpate)	m ³	min	124 000	108 000
	2.2.2	FABBISOGNO	Quantità di terre da approvvigionare per la realizzazione del corpo stradale per l'alternativa	m ³	min	244 000	87 000

Paesaggio Naturale e antropico

Per il criterio "*Paesaggio naturale e antropico*", al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative, sono stati scelti i seguenti indicatori:

- 1. Attraversamento di aree con vincolo paesaggistico Art. 142 del D.Leg. 42/2004 – lett. g) foreste e da boschi;**
- 2. Vincoli archeologici:**
 - **Aree di interesse archeologico**
 - **Vincoli archeologici ex art.10 del D.Lgs 42\2004**
- 3. Consumi sottrazione di aree naturali e subnaturali (PPR)**

Dal punto di vista Ambientale lo scopo dell'analisi comparativa è quello di evidenziare le interferenze delle alternative di tracciato con le aree tutelate dal D.Lgs 42/2004, Aree naturali protette così come definite dalla Legge Quadro sulle aree protette, n. 394 del 6 dicembre 1991 e Rete Natura 2000, ai sensi del DPR n. 357 del 8 settembre 1997, s.m.i. dal DPR n. 120 del 12 marzo 2003 (fonte: Sardegna Geoportale).

In particolare, con riferimento alle aree interferenti con beni paesaggistici, sono stati considerati i beni di cui all'artt. 136 e 142, i quali dalle analisi effettuate non sono risultati interessati dal tracciato in esame

Pertanto, l'indicatore "**Attraversamento di aree con vincolo paesaggistico Art. 142 del D.Leg. 42/2004 – g) aree boschive**", è stato mantenuto unicamente come confronto con le altre alternative analizzate in precedenza.

La verifica è stata effettuata tramite la consultazione delle risorse disponibili on-line.

Per l'indicatore "**Consumo/sottrazione di aree naturali e subnaturali (PPR)**": l'analisi è stata condotta sulle diverse alternative di tracciato considerando l'impronta "tipologica media" al suolo del solido ferroviario, non sono stati considerati eventuali altre aree derivanti da modifiche alle viabilità esistenti o per la presenza di fabbricati tecnologici. Tali aree sono segnalate dal PPR come aree di elevato valore paesaggistico; le valutazioni effettuate hanno evidenziato come migliore l'alternativa 4 in quanto le alternative 1,2 e 3 risultano interferire con un maggior numero di aree naturali e subnaturali per quanto tali tracciati si trovano in aree più antropizzate poiché più prossimi, rispetto all'alternativa 4, all'area urbana di Olbia o ad altre infrastrutture esistenti. Si rileva che l'intera area interessata dalle alternative di progetto ricade nella Fascia Costiera da PPR (Art.143 D.Lgs 42/2004), tale vincolo risulta pertanto ininfluenza per la presente analisi in quanto equivalente per tutti i tracciati, per quanto ha influito sull'inserimento dell'indicatore relativo all'impatto visivo di seguito analizzato.

L'indicatore "**Impatto visivo del tracciato rispetto all'abitato**" esamina quanto il tracciato possa risultare visivamente impattante in generale ed in particolare rispetto all'abitato (scelto come

riferimento ai fini della valutazione paesaggistica in quanto ritenuta la zona con maggior numero di punti di vista di pubblico accesso); nello specifico le differenze tra le alternative si riscontrano nei pressi dell'abitato in zona Sporula ove rispetto a tale indicatore risultano migliori le l'alternative 3 e 4 che prevedono l'attraversamento in galleria della SS597 al contrario delle altre che ne prevedono l'attraversamento in viadotto.

Di seguito la tabella con gli indicatori precedentemente descritti:

Tabella 23: Categoria "Sostenibilità ambientale" - Criterio "Paesaggio naturale e antropico"

CRITERIO	INDICATORE					ALTERNATIVE		
Definizione	Definizione		Metodo di valutazione	Unità di misura	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 2	Alternativa 4	
2.3 PAESAGGIO NATURALE E ANTROPICO	2.3.1	ATTRAVERSAMENTO DI AREE CON VINCOLO PAESAGGISTICO Art. 142 del D. Lgs 42/2004	g) AREE BOSCHIVE	Sommatoria delle aree vincolate interferite dall'alternativa	m ²	min	0	0
	2.3.2	VINCOLI ARCHEOLOGICI	AREE DI INTERESSE ARCHEOLOGICO	Sommatoria delle aree vincolate interferite dall'alternativa	ml	min	394	321
	2.3.3	CONSUMO /SOTTRAZIONE DI AREE NATURALI E SUBNATURALI (PPR)		Sommatoria delle superfici di aree naturali e subnaturali occupate dall'impronta di progetto delle alternative	m ²	min	22 750	2000
	2.3.4	IMPATTO VISIVO		Impatto visivo tracciato rispetto l'abitato	-	min	A (1)	A (1)

Emissioni inquinanti e climalteranti

Per il criterio "Emissioni inquinanti e climalteranti", al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative, sono stati considerati i seguenti indicatori:

- 1. Probabilità di aumento del disturbo acustico rispetto allo stato attuale;**
- 2. Numero di ricettori sensibili;**
- 3. Emissioni in tonnellate di CO₂_eq in fase di realizzazione dell'opera;**
- 4. Emissioni climalteranti in tonnellate di CO₂_eq per anno di esercizio;**
- 5. Emissioni in tonnellate di particolato (PM10) per anno di esercizio.**

L'indicatore "**Probabilità di aumento del disturbo acustico rispetto allo stato attuale**" valuta in termini probabilistici quanto l'alternativa di tracciato possa comportare un aumento del disturbo acustico in considerazione di quanto il tracciato si avvicina o viceversa si allontana dalle aree abitate (valutate in termini di numero di edifici con probabilità di essere disturbati dall'esercizio dell'opera in progetto) o dai ricettori sensibili presenti. Le valutazioni effettuate evidenziano come l'alternativa 4 risulti migliore in quanto prevede nel tratto più prossimo all'area urbana una galleria e non va a produrre un potenziale disturbo all' Ospedale Giovanni Paolo II; pertanto l'Alternativa 4 risulta avere una probabilità inferiore di disturbo sia rispetto all' Ospedale che all'abitato (considerato in termini di numero di edifici).

Come ulteriore indicatore dell'impatto acustico è stato calcolato il **numero dei ricettori** (edifici residenziali, sensibili, commerciali/terziario), presenti all'interno della fascia di pertinenza acustica ferroviaria delle tre soluzioni in esame.

Tale scelta è dettata da quanto riportato nel decreto che disciplina il rumore di origine ferroviaria, che stabilisce i limiti dei livelli sonori in facciata da rispettare per i ricettori presenti all'interno di detta fascia di pertinenza acustica ferroviaria, che nel caso in esame è suddivisa in due parti: la prima, più vicina all'infrastruttura, della larghezza di m 100, denominata fascia A; la seconda, più distante dall'infrastruttura, della larghezza di m 150, denominata fascia B. L'ampiezza totale di tale fascia è pertanto pari a 250 metri per lato dall'asse del binario più esterno. Il numero dei ricettori presenti all'interno è pertanto indice della quantità di persone coinvolte dall'impatto acustico dovuto all'esercizio della linea in progetto.

L'Ospedale Giovanni Paolo II (ricettore sensibile ai sensi della L 447/95 e s.m.i.) è stato scomposto in 4 ricettori (sono i 4 corpi edificio presumibilmente sede di degenze). Le fascia di pertinenza dell'alternativa 2 ne include solamente 1 di questi.

Il lavoro è stato svolto disegnando le fasce di pertinenza tramite piattaforma Google Earth e pertanto con basso grado di precisione.

Per l'indicatore "**Emissioni in tonnellate di CO₂_eq in fase di realizzazione dell'opera**" è stata effettuata una stima parametrica delle emissioni GHG in fase di realizzazione dell'opera a partire da un'analisi storica ed una rielaborazione statistica delle emissioni calcolate nelle precedenti applicazioni della "Metodologia per la misura delle emissioni di gas serra", certificata da ente terzo in conformità alla norma UNI EN ISO 14064-1:2019, a progetti in fase di PFTE. Sulla base dell'estensione dei tratti per tipologia di opera d'arte e della lunghezza complessiva del tracciato di ciascuna alternativa progettuale, tale strumento di analisi permette di stimare² i potenziali impatti in termini di emissione GHG correlati.

L'applicazione della stima parametrica dell'impronta climatica alle alternative progettuali individuate per "Collegamento Olbia Aeroporto" genera i risultati riportati nella seguente tabella, espressi per ciascuna soluzione in tonnellate di CO₂e:

Tabella 24: Stima parametrica impronta climatica

Alternative progettuali	tCO₂e
<i>Alternativa 2</i>	301.893
<i>Alternativa 4</i>	160.059

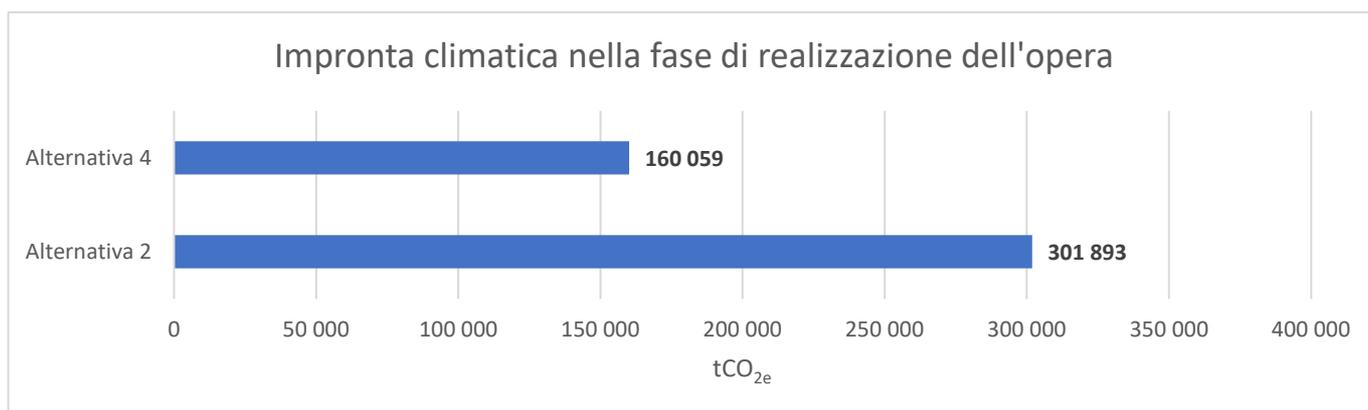


Figura 22 Impronta climatica nella fase di realizzazione dell'opera

² Con una variabilità del risultato pari a ±20%

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 68 di 91

Le “Emissioni inquinanti e climalteranti” sono state espresse nei seguenti indicatori:

- Emissioni climalteranti in tonnellate di CO₂_eq per anno di esercizio;
- Emissioni inquinanti in tonnellate di particolato (PM10) per anno di esercizio.

L'indicatore **Emissioni climalteranti in tonnellate di CO₂_eq per anno di esercizio** ha lo scopo di stimare le emissioni climalteranti relative alla trazione Diesel del materiale rotabile, con riferimento alle diverse alternative, per farlo si è proceduto inizialmente ad individuare il valore previsto per gli scenari considerati in termini di numero treni giorno. Considerando il tratto di linea interessata, nella tabella che segue è possibile individuare il n° di treni/gg e la tipologia di rotabile utilizzato sulla linea. Quanto riportato in tale tabella è valido per tutte le alternative.

Tabella 25: Treni giorno

Modo	Materiale Rotabile	Treni/GG
Regionali	ATR 365	34

Per ottenere la stima delle emissioni climalteranti è necessario prima quantificare i consumi energetici derivanti dalla trazione Diesel, tale quantificazione ha considerato esclusivamente l'estensione della tratta soggetta ad analisi multicriteria. In funzione dei tracciati, tramite le simulazioni marcia treno, è stato possibile ricavare un consumo specifico (espresso in litri di gasolio/km) relativo al materiale rotabile con riferimento ad ogni alternativa. Nella seguente tabella sono riportati i valori relativi alle lunghezze e ai consumi specifici considerati, con riferimento alle soluzioni proposte.

Tabella 26: Lunghezze e consumi specifici soluzioni proposte

	Soluzione 2	Soluzione 4
Consumo specifico treno REG [l/km]	3,2	2,6
Lunghezza [km]	6,6	5,1

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 69 di 91

Grazie ai valori individuati in relazione al numero treni giorno, alla lunghezza della tratta e ai consumi specifici è stato possibile ricavare i consumi energetici derivanti dalla trazione diesel. Lo studio, così condotto, ha portato alla quantificazione dei consumi di gasolio di seguito riportati.

Tabella 27 Consumi TE relativi alle soluzioni proposte

Modo	Soluzione 2	Soluzione 4
Regionale [t gasolio/anno]	171	103
Totale [t gasolio/anno]	171	103

Per il calcolo delle emissioni climalteranti espresse in termini di CO₂_eq, si è fatto uso dei consumi di gasolio sopra riportati e dei fattori di emissione relativi alla CO₂, CH₄ e N₂O derivanti dal “EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019”, espressi in Kg e g per tonnellata di Diesel; successivamente, le emissioni dei gas inquinanti atmosferici CH₄ e N₂O sono state convertite in termini di CO₂ equivalente. Tale conversione è stata effettuata attraverso dei parametri standard di Global Warming Potential (GWP).

Nella seguente tabella viene riportato il confronto delle emissioni climalteranti, espresse in termini di tonnellate di CO₂ equivalente, relative alle diverse alternative.

Tabella 28: Emissioni climalteranti relative alle soluzioni proposte

	Soluzione 2 [ton CO ₂ _eq /anno]	Soluzione 4 [ton CO ₂ _eq /anno]
Regionale	539	326
Totale	539	326

Dall’analisi condotta risulta che la soluzione preferibile, sotto il profilo di emissioni climalteranti, è la numero 4.

L’indicatore **Emissioni in tonnellate di particolato (PM10) per anno di esercizi** ha lo scopo di stimare le emissioni inquinanti derivanti dalla trazione Diesel del materiale rotabile, con

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 70 di 91

riferimento alle diverse alternative. Si specifica che nell'analisi sono stati considerati diversi agenti inquinanti (quali ad esempio: NO_x, NMVOC, PM_{2,5}); si è scelto infine di riportare esclusivamente il particolato (PM₁₀), viste le caratteristiche del progetto (vicinanza a centri abitati), anche al fine di non generare ridondanza nell'AMC. Per stimare tale indicatore si è proceduto inizialmente ad individuare il valore previsto per gli scenari considerati in termini di numero treni giorno. Considerando il tratto di linea interessata, in tabella seguente è possibile individuare il numero di treni/gg e la tipologia di rotabile utilizzato sulla linea, quanto riportato in tale tabella è valido per tutte le alternative.

Tabella 29: Treni giorno

Modo	Materiale Rotabile	Treni/GG
Regionali	ATR 365	34

Per ottenere la stima delle emissioni climalteranti è necessario prima quantificare i consumi energetici derivanti dalla trazione Diesel, tale quantificazione ha considerato esclusivamente l'estensione della tratta soggetta ad analisi multicriteria. In funzione dei tracciati, tramite le simulazioni marcia treno, è stato possibile ricavare un consumo specifico (espresso in litri di gasolio/km) relativo al materiale rotabile con riferimento ad ogni alternativa. Nella seguente tabella sono riportati i valori relativi alle lunghezze e ai consumi specifici considerati, con riferimento alle soluzioni proposte.

Tabella 30: Lunghezze e consumi specifici soluzioni proposte

	Soluzione 2	Soluzione 4
Consumo specifico treno REG [l/km]	3,2	2,6
Lunghezza [km]	6,6	5,1

Grazie ai valori individuati in relazione al numero treni giorno, alla lunghezza della tratta e ai consumi specifici è stato possibile ricavare i consumi energetici derivanti dalla trazione diesel. Lo studio, così condotto, ha portato alla quantificazione dei consumi di gasolio di seguito riportati.

Tabella 31: Consumi TE relativi alle soluzioni proposte

Modo	Soluzione 2	Soluzione 4
Regionale [t gasolio/anno]	171	103
Totale [t gasolio/anno]	171	103

Per il calcolo delle emissioni inquinanti relative al particolato, si è fatto uso dei consumi di gasolio sopra riportati e del Coefficiente di emissione relativo all'inquinante PM10 fornito dal documento "EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019" in Tabella 3.1.

Nella seguente tabella viene riportato il confronto delle emissioni di particolato PM10 derivanti dalla trazione Diesel, relative alle diverse alternative.

Tabella 32: Emissioni di particolato PM10 relativi alle soluzioni proposte

	Soluzione 2 [ton PM10/anno]	Soluzione 4 [ton PM10/anno]
Regionale	0,25	0,15
Totale	0,25	0,15

Dall'analisi condotta risulta che la soluzione preferibile, sotto il profilo di emissioni inquinanti (PM10), è la numero 4.

Di seguito si riporta la quantizzazione degli indicatori della categoria “Sostenibilità ambientale” relativa al criterio “Emissioni inquinanti e climalteranti”.

Tabella 33: Categoria “Sostenibilità ambientale” - Criterio “Emissioni inquinanti e climalteranti”

CRITERIO	INDICATORE				ALTERNATIVE		
Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 2	Alternativa 4	
2.4 EMISSIONI INQUINANTI E CLIMALTERANTI	2.4.1	Probabilità di AUMENTO del disturbo acustico rispetto allo stato attuale	verso l'abitato - ricettori sensibili	-	min	Media (0.5)	Molto Bassa
	2.4.2	Numero di ricettori sensibili	Ricettori nell'area di 250m per lato dall'asse ferroviario	N	min	105	85
	2.4.3	Emissioni in tonnellate di CO2e in fase di realizzazione dell'opera	Emissioni in tonnellate di CO2e in fase di realizzazione dell'opera	[tCO2e]	min	301 893	160.059
	2.4.4	Emissioni climalteranti in tonnellate di CO2_eq per anno di esercizio	Emissioni in tonnellate di CO2_eq derivanti dal consumo di gasolio per la trazione ferroviaria con riferimento ad un anno di esercizio	[t CO2_eq/anno]	min	539	326
	2.4.5	Emissioni inquinanti in tonnellate di particolato (PM10) per anno di esercizio	Emissioni in tonnellate di particolato (PM10) derivanti dal consumo di gasolio per la trazione ferroviaria con riferimento ad un anno di esercizio	[t PM10/anno]	min	0.25	0.15

Per quanto riguarda i Siti contaminati e potenzialmente contaminati, si sono fatte le seguenti analisi:

Nell'ambito dello studio degli interventi di progetto, si è proceduto al riconoscimento di aree potenzialmente critiche dal punto di vista ambientale presenti nelle aree oggetto dei lavori, ovvero all'individuazione di siti contaminati e potenzialmente contaminati interferenti con le opere in progetto.

5.3.3 Categoria: EFFICACIA TRASPORTISTICA

Per la categoria “*efficacia trasportistica*” sono stati valutati i criteri “esercizio ferroviario” e “domanda di trasporto”.

Di seguito è riportata una descrizione dei criteri sopracitati e degli indicatori utilizzati per la misurazione degli stessi, con l'evidenza delle stime quantitative ottenute.

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 73 di 91

Esercizio ferroviario

Per il criterio “*Esercizio ferroviario*”, al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative, sono stati analizzati tutti i possibili elementi caratterizzanti dal punto di vista funzionale e dell’esercizio. Di conseguenza è stato individuato come unico indicatore rilevante ai fini dell’analisi multicriteria il **tempo di percorrenza servizio passeggeri**.

L’indicatore di performance “**Tempi di percorrenza servizio passeggeri**” è stato valutato mediante le simulazioni di marcia del treno nelle tratte delle tre diverse alternative progettuali. Nel dettaglio, l’indicatore è stato definito come il tempo di percorrenza di progetto relativamente ad un servizio passeggeri tra la stazione di Olbia Terranova e la fermata Aeroporto di Olbia, inteso come tempo totale di percorrenza tra andata e ritorno. Come riportato nella tabella seguente l’alternativa 4 presenta un risparmio di tempi di percorrenza di circa 5 minuti rispetto all’alternativa 2.

Domanda di trasporto

Per il criterio “*Domanda di trasporto*”, al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative, sono stati analizzati tutti i possibili elementi caratterizzanti dal punto di vista trasportistico. Di conseguenza è stato individuato come unico indicatore rilevante ai fini dell’analisi multicriteria i **Flussi passeggeri del collegamento diretto con l’Aeroporto**.

L’indicatore “**Flussi passeggeri del collegamento diretto con l’Aeroporto**” è stato valutato mediante lo studio di trasporto “Collegamento ferroviario Aeroporto di Olbia” effettuato da CeSPI, in cui sono state analizzate le diverse alternative progettuali. Nel dettaglio, l’indicatore è stato definito come i flussi unidirezionali nella nuova stazione dell’aeroporto di Olbia riferito all’orizzonte temporale 2030 ed espresso in passeggeri/anno. Come riportato nella tabella seguente l’alternativa 4 presenta un maggior numero di passeggeri che utilizzano il servizio rispetto all’alternativa 2.

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 74 di 91

Di seguito la tabella relativa al criterio *Esercizio ferroviario e Domanda di trasporto*.

Tabella 34: Categoria "Efficacia trasportistica" Criterio "Esercizio ferroviario" e "Domanda di trasporto"

CRITERIO	INDICATORE					ALTERNATIVE	
Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 2	Alternativa 4	
3.1 ESERCIZIO FERROVIARIO	3.1.1	TEMPI DI PERCORRENZA SERVIZIO PASSEGGERI	Recupero tempi di percorrenza rispetto attuale	minuti	min	15.60	10.15
3.2 DOMANDA DI TRASPORTO	3.2.1	FLUSSI PASSEGGERI COLLEGAMENTO AEROPORTO	Numero di passeggeri anno con modalità ferrovia	passeggeri	max	121.712	141.303

5.3.4 Categoria: REALIZZAZIONE ED ECONOMIA DEL PROGETTO

Per la categoria "Realizzazione ed economia del progetto", relativamente al criterio costruzione, al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative, sono stati individuati i seguenti indicatori:

4.1.1 Costi di realizzazione;

4.1.2 Tempi di realizzazione.

L'indicatore "**Costi di realizzazione**", è stato espresso in milioni di euro e misurato come valore opere al netto del margine di accuratezza (pari a -40%/+70%) sulla tratta oggetto di intervento.

L'alternativa 2 risulta più onerosa rispetto all'alternativa 4 in particolare per la maggiore lunghezza del tracciato e per la presenza della fermata Ospedale.

L'indicatore "**tempi di realizzazione**" indica una stima temporale della durata totale dei lavori relativamente ad ogni singola soluzione progettuale analizzata, comprensiva delle attività propedeutiche iniziali fino alla disponibilità per le verifiche tecniche (CVT ed ANSF).

Per le alternative individuate, la stima temporale comprende le attività propedeutiche iniziali e le attività di costruzione delle opere civili.

La stima non tiene conto del tempo necessario per i collaudi e le verifiche tecniche (CVT – ANSF).

Allo stato attuale, l'analisi è stata effettuata su dati progettuali ha consentito di individuare una sostanziale differenza in termini di "tempi di realizzazione" tra l'alternativa 2 e l'alternativa 4. La durata complessiva delle attività di costruzione per l'alternativa 2 è superiore rispetto ai tempi previsti per l'alternativa 4, stimate rispettivamente in circa 3 anni e due anni.

Nella seguente tabella è riportata la quantificazione dell'indicatore considerato per il criterio Costruzione.

Tabella 35: Categoria "Realizzazione ed economia del progetto" - Criterio "Costruzione"

CRITERIO	INDICATORE				ALTERNATIVE		
	Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 2	Alternativa 4
4.1 COSTRUZIONE	4.1.1	TEMPI DI REALIZZAZIONE	Stima temporale della durata totale dei lavori	ANNI	min	3	2
	4.1.2	COSTI DI REALIZZAZIONE	Valore opere al netto	Mio Euro	min	205.6	185.2

5.4 Assegnazione dei pesi e matrice di valutazione

L'analisi è stata condotta ipotizzando tre livelli di pesi associati rispettivamente alle categorie, agli indicatori e ai criteri.

Per la determinazione dei pesi relativi alle **categorie** è stata utilizzata la metodologia AHP (*Analytical Hierarchy process*) che è un modello decisionale multicriterio utilizzato per l'assegnazione dei pesi delle categorie.

Il metodo è basato su valori e giudizi, sia quantitativi che qualitativi determinati in base a una struttura gerarchica multilivello al fine di ottenere delle priorità.

Le valutazioni, oggettive o soggettive, sono convertite in valori numerici ed utilizzate per assegnare una priorità alle singole categorie.

Nello specifico, i giudizi si basano su interpretazioni soggettive, espresse spesso in un linguaggio verbale e trasformate in numeri mediante la scala dei rapporti di Saaty, che trasforma i giudizi in punteggi assoluti compresi tra 1 e 9, dove 1 rappresenta l'uguaglianza tra i due criteri ed il valore 9 l'estrema importanza di un criterio rispetto all'altro.

Tabella 36: Scala di rapporti di Saaty

Value	Definition
1	Equal importance
2	
3	Slightly more important
4	
5	Much more important
6	
7	Very much more important
8	
9	Absolutely dominating

Il giudizio finale si basa sull'esperienza dei progettisti/analisti coinvolti, anche con la consapevolezza degli obiettivi riportati nell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile.

I valori assegnati nelle comparazioni sono organizzati in una matrice quadrata, positiva e reciproca, unitaria sulla diagonale principale, chiamata matrice dei confronti a coppie.

Si riportano di seguito la matrice dei confronti a coppie (Tabella 14) e la stima dei pesi per ciascuna categoria analizzata (Tabella 15).

Tabella 37: Matrice dei confronti a coppie

	Complessità infrastrutturale	SOSTENIBILITA' AMBIENTALE	EFFICACIA TRASPORTISTICA *	REALIZZAZIONE E ECONOMIA DEL PROGETTO
Complessità infrastrutturale	1	0.20	2.00	1
SOSTENIBILITA' AMBIENTALE	5	1	4	5
EFFICACIA TRASPORTISTICA *	1	0.25	1	1
REALIZZAZIONE E ECONOMIA DEL PROGETTO	1	0.20	1.00	1
Somma	8.00	1.65	8.00	8.00

Tabella 38: Stima del peso per ciascuna categoria analizzata

	Complessità infrastrutturale	SOSTENIBILITA' AMBIENTALE	EFFICACIA TRASPORTISTICA *	REALIZZAZIONE E ECONOMIA DEL PROGETTO	Pesi
Complessità infrastrutturale	0.125	0.121	0.250	0.125	16%
SOSTENIBILITA' AMBIENTALE	0.625	0.606	0.500	0.625	59%
EFFICACIA TRASPORTISTICA *	0.125	0.152	0.125	0.125	13%
REALIZZAZIONE E ECONOMIA DEL PROGETTO	0.125	0.121	0.125	0.125	12%

L'Analisi ha dato come risultati i seguenti pesi per le categorie:

- ✓ Complessità infrastrutturale = 16%
- ✓ Sostenibilità ambientale = 59%
- ✓ Efficacia trasportistica= 13%
- ✓ Realizzazione ed economia del progetto = 12%

La stima dei pesi relativi a **criteri** e **indicatori** è stata ipotizzata sulla base del buon senso e dell'esperienza da parte degli analisti/progettisti coinvolti, con il fine di individuare la ripartizione che desse la giusta importanza sia agli aspetti tecnici, ma anche agli impatti (sia con carattere transitorio che definitivo) che un progetto di tale tipo può generare sulla collettività e sui trasporti. All'interno delle categorie, i pesi sono distribuiti sia per i criteri che per gli indicatori con il dettaglio mostrato nelle Tabelle 39-40. In generale, con il fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative, è stato attribuito un peso equo per ciascun criterio e per ciascun indicatore.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	COLLEGAMENTO OLBIA AEROPORTO					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RR0P	00	F 16 RG	EF 00 05 001	A	79 di 91

Tabella 39: Vettore dei pesi attribuiti e matrice di valutazione - Analisi Olbia necessità fermata aeroporto 1/2

Indicatori AMC PFTE Collegamento Olbia Aeroporto (necessità fermata aeroporto)													
CATEGORIA		CRITERIO		INDICATORE							ALTERNATIVE		
Definizione	Peso	Definizione	Peso	Definizione			Metodo di valutazione	Unità di misura	Peso	Peso sul totale	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 2	Alterativa 4
1 - Complessità infrastrutturale	16%	1.1 Tipologia di opera infrastrutturale prevista per l'intervento	60%	1.1.1	RILEVATO/TRINCEA		Estensione tratti in rilevato	m	25%	2.4%	min	3 085	1 600
				1.1.2	VIADOTTO/SCATOLARE		Estensione tratti per tipologia di opere d'arte	m	25%	2.4%	min	3 111	1 292
				1.1.3	GALLERIA ARTIFICIALE		Estensione tratti per tipologia di opere d'arte	m	25%	2.4%	min	0	231
				1.1.4	GALLERIA NATURALE		Estensione tratti per tipologia di opere d'arte	m	25%	2.4%	min	0	215
		1.2 Caratteristiche opera nel contesto territoriale	40%	1.2.1	Interventi sulle viabilità interferite		Estensione rifacimenti delle viabilità interferite	m	50%	3.2%	min	1 500	2 300
				1.2.2	COMPLESSITA' FASI REALIZZAZIONE TRA OPERE D'ARTE FERROVIARIE E STRADALI		Complessità medio-bassa (M-B)/media-alta (M-A)/elevata(E) per la realizzazione delle opere d'arte (in presenza di esercizio e/o di fasizzazione)	qualitativo (-)	50%	3.2%	min	M-B (0)	A (1)

	COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RR00	LOTTO 00	CODIFICA F 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. B	FOGLIO 80 di 91

Tabella 40: Vettore dei pesi attribuiti e matrice di valutazione - Analisi Olbia necessità fermata aeroporto 2/2

CATEGORIA		CRITERIO		INDICATORE							ALTERNATIVE		
Definizione	Peso	Definizione	Peso	Definizione			Metodo di valutazione	Unità di misura	Peso	Peso sul totale	F.ni di normalizzaz.	Alternativa 2	Alterativa 4
2. SOSTENIBILITA' AMBIENTALE	59%	2.1 SUOLO	30%	2.1.1	CONSUMO DI NUOVO TERRITORIO		Sommatoria delle superficie di suolo libero occupato dall'impronta di progetto delle alternative	m ²	25%	4.4%	min	123 660	79 930
				2.1.2	CONSUMO SUOLO AGRICOLO		Sommatoria delle superficie di suolo agricolo occupato dall'impronta di progetto delle alternative	m ²	25%	4.4%	min	97 710	78 930
				2.1.3	Consumo di suolo pro capite		consumo di suolo in m2 previsto dalle opere rapportato al numero di abitanti residenti nei territori interessati	m2/Abitante	25%	4.4%	min	2.01	1.35
				2.1.4	DEMOLIZIONI		Volume vpp	m ³	25%	4.4%	min	10 000	6 000
		2.2 SOTTOSUOLO: GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA E IDRAULICA	20%	2.2.1	VOLUMI DI SCAVO		Volume di scavo al netto dei riutilizzi non strutturali (ritombamenti fondazioni e inerbimento scarpe)	m ³	50%	5.9%	min	124 000	108 000
				2.2.2	FABBISOGNO		Quantità di terre da approvvigionare per la realizzazione del corpo stradale per l'alternativa	m ³	50%	5.9%	min	244 000	87 000
		2.3 PAESAGGIO NATURALE E ANTROPICO	25%	2.3.1	VINCOLI ARCHEOLOGICI	AREE DI INTERESSE ARCHEOLOGICO	Sommatoria delle aree vincolate interferite dall'alternativa	ml	33%	4.9%	min	394	200
				2.3.2	CONSUMO /SOTTRAZIONE DI AREE NATURALI E SUBNATURALI (PPR)		Sommatoria delle superfici di aree naturali e subnaturali occupate dall'impronta di progetto delle alternative	m ²	33%	4.9%	min	22 750	2 000
				2.3.3	IMPATTO VISIVO		Impatto visivo tracciato rispetto l'abitato	-	33%	4.9%	min	A (1)	B (0)
		2.4 EMISSIONI INQUINANTI E CLIMALTERANTI	25%	2.4.1	Probabilità di AUMENTO del disturbo acustico rispetto allo stato attuale		impatto acustico nuova linea ferroviaria	-	20%	3.0%	min	Media (0,75)	Molto Bassa (0)
				2.4.2	NUMERO DI RICETTORI SENSIBILI		Ricettori nell'area di 250 m per lato dall'asse ferroviario	N	20%	3.0%	min	105	85
				2.4.2	Emissioni in tonnellate di CO2e in fase di realizzazione dell'opera		Emissioni in tonnellate di CO2e in fase di realizzazione dell'opera	[tCO2e]	20%	3.0%	min	301 893	160 059
				2.4.3	Emissioni climalteranti in tonnellate di CO2_eq per anno di esercizio		Emissioni in tonnellate di CO2_eq derivanti dal consumo di gasolio per la trazione ferroviaria con riferimento ad un anno di esercizio	[t CO2_eq/anno]	20%	3.0%	min	539	326
				2.4.4	Emissioni inquinanti in tonnellate di particolato (PM10) per anno di esercizio		Emissioni in tonnellate di particolato (PM10) derivanti dal consumo di gasolio per la trazione ferroviaria con riferimento ad un anno di esercizio	[t PM10/anno]	20%	3.0%	min	0.25	0.15
3. EFFICACIA ECONOMI TRASPORTISTICA	13%	3.1 ESERCIZIO FERROVIARIO	50%	3.1.1	TEMPI DI PERCORRENZA SERVIZIO PASSEGGERI		Recupero tempi di percorrenza rispetto attuale	minuti	100.0%	6.5%	min	15.60	10.15
		3.2 DOMANDA DI TRASPORTO	50%	3.2.1	FLUSSI PASSEGGERI COLLEGAMENTO AEROPORTO		Numero di passeggeri anno con modalità ferrovia	passeggeri	100.0%	6.5%	max	121712.00	141303.00
4. REALIZZAZIONE E ECONOMI DEL PROGETTO	12%	4.1 COSTRUZIONE	100%	4.1.1	TEMPI DI REALIZZAZIONE			ANNI	40.0%	4.8%	min	3	2
				4.1.2	COSTI DI REALIZZAZIONE			Mio euro	60.0%	7.2%	min	205.6	185.2

5.5 Risultati Analisi Multicriteria

Nella seguente paragrafo si riportano i risultati dell'analisi multicriteria.

I risultati mostrano come l'alternativa 4 (no fermata ospedale) risulti la giustificata con un punteggio complessivo di 82.12/100, rispetto alle altre soluzioni progettuali. In particolare, questa alternativa si configura come una risposta più giustificata agli indicatori di *Sostenibilità ambientale*, *Efficacia trasportistica* e *Realizzazione ed economia del progetto*.

Nei grafici seguenti si riporta il dettaglio dei risultati ottenuti.

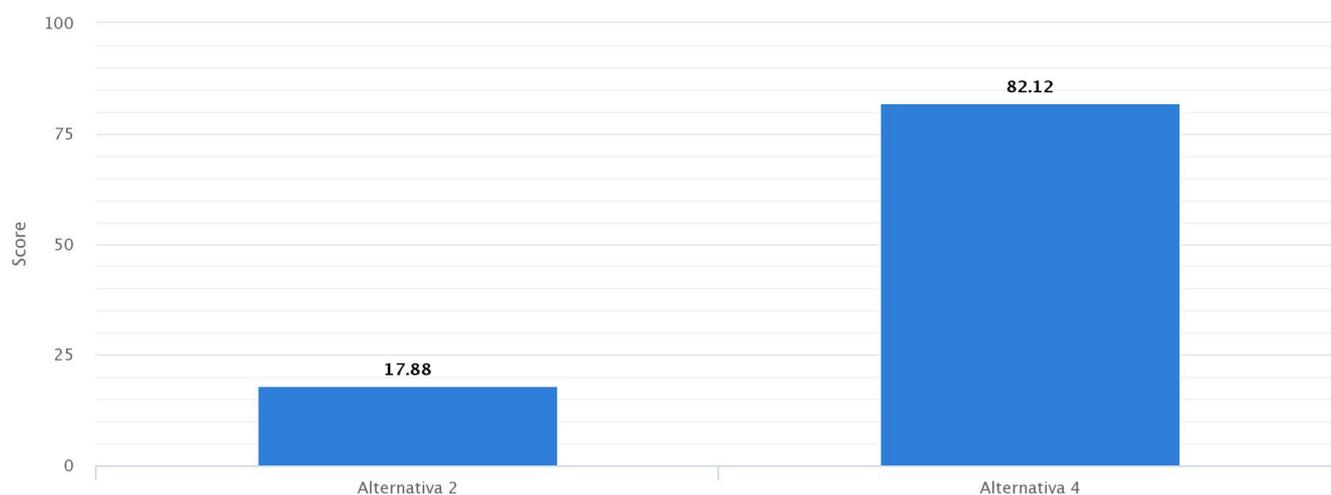


Figura 23: Ranking finale con le varie alternative progettuali

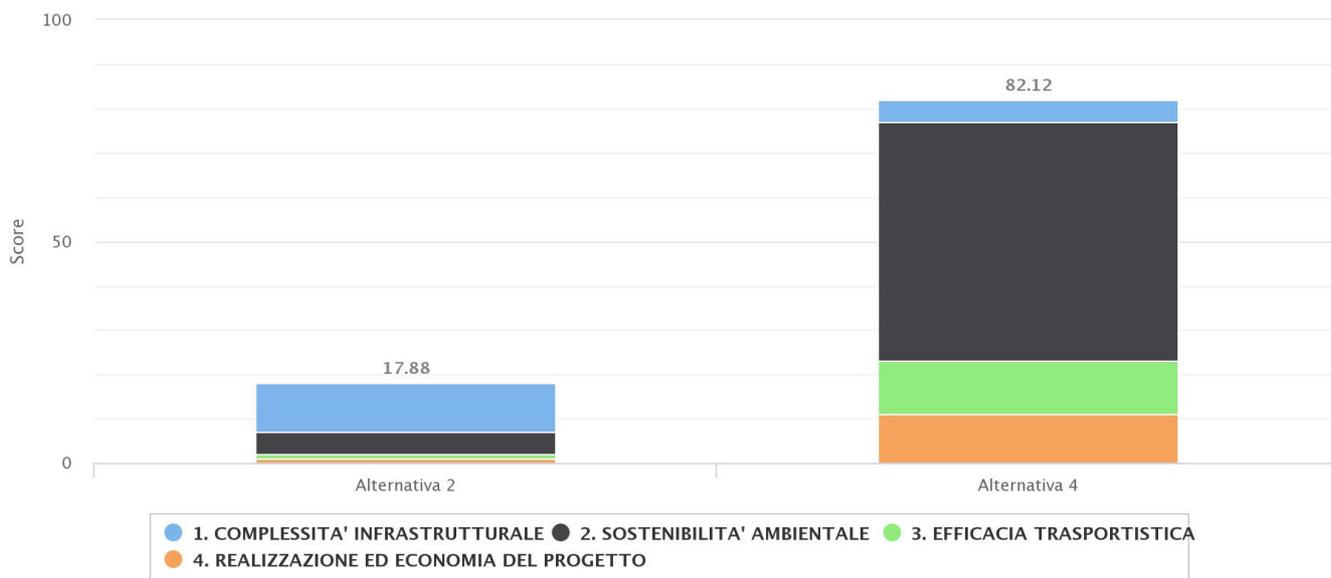


Figura 24: Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascuna categoria

La seguente tabella riporta il dettaglio dei punteggi ottenuti dalle due alternative nelle singole categorie analizzate.

Tabella 41: Dettaglio delle quote di contributo al risultato di ciascuna categoria

CATEGORIE	Alternativa 2	Alternativa 4
Complessità infrastrutturale	10.93	5.07
Sostenibilità ambientale	4.83	54.17
Efficacia trasportistica	1.11	11.89
Realizzazione ed economia del progetto	1.00	11.00
PUNTEGGIO COMPLESSIVO	17.88	82.12

Nel seguente grafico si riporta la ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascun criterio.

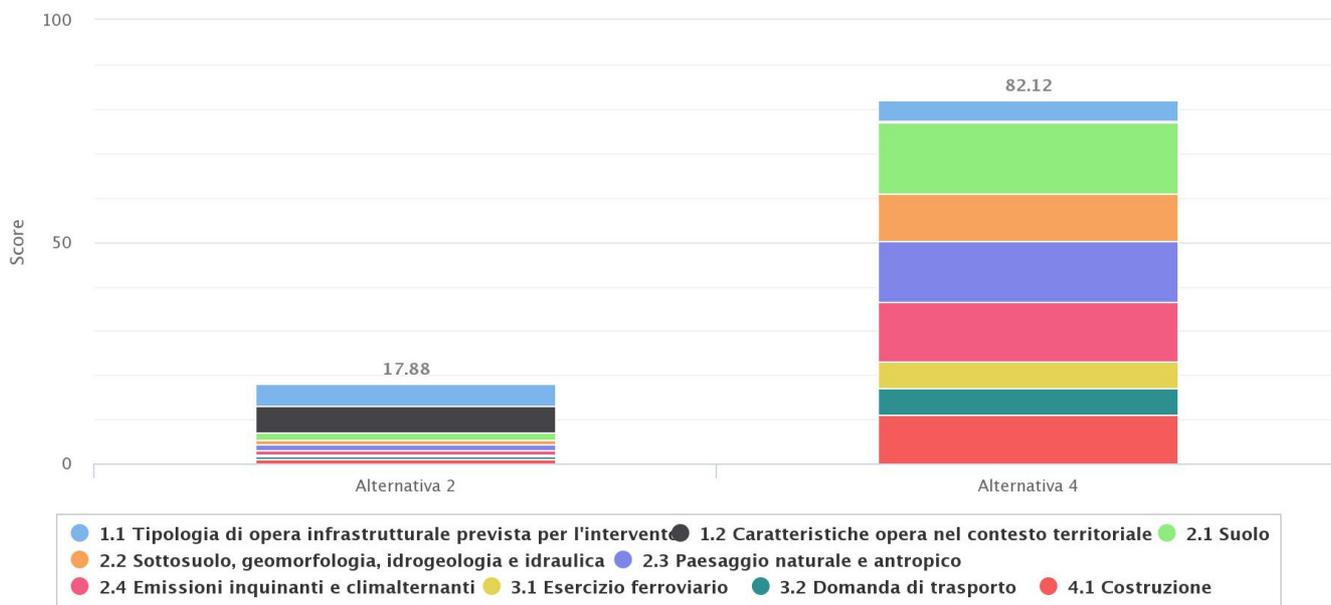


Figura 25: Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascun criterio

Nel seguente grafico si riporta la ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascun indicatore.

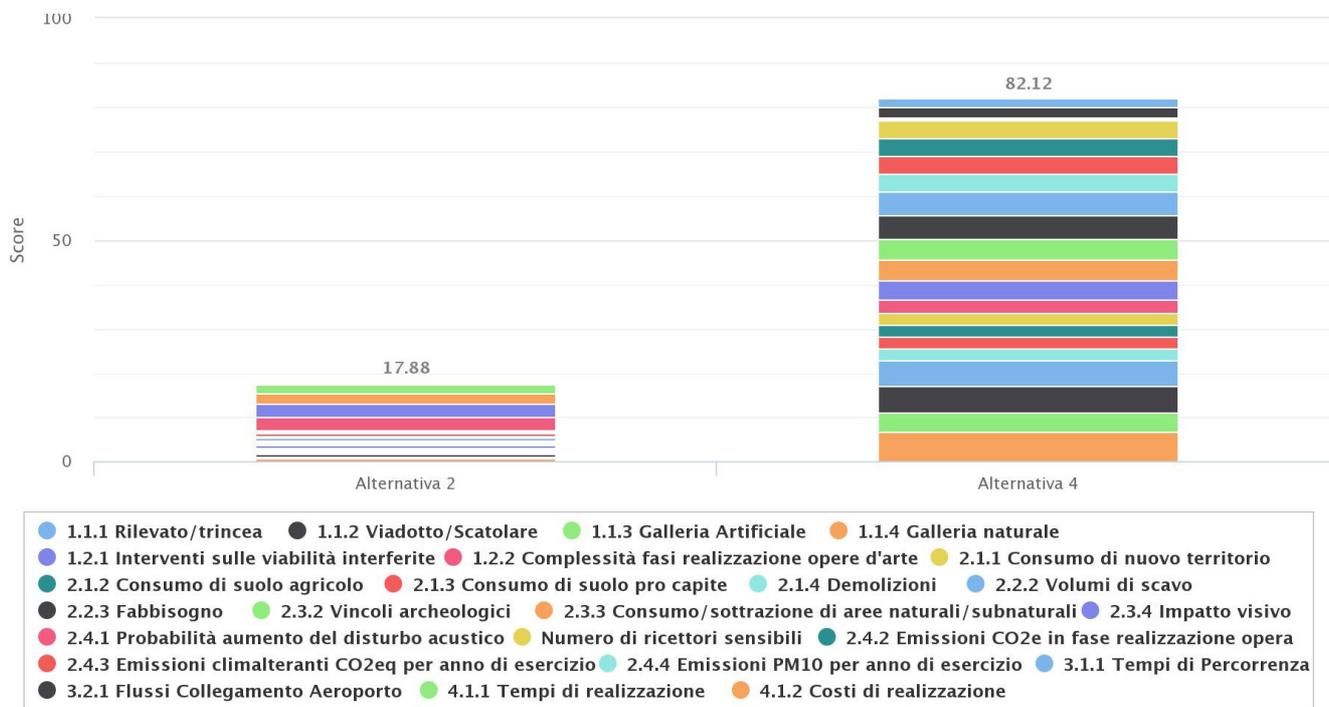


Figura 26: Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascun indicatore

5.6 Analisi di sensitività

L'analisi di sensitività mira a studiare la variazione della soluzione "giustificata" alla variazione degli elementi che compaiono nella valutazione e / o nella loro struttura (composizione e pesi associati). In particolare, l'obiettivo è determinare un intervallo di variazione (intervallo di stabilità) all'interno del quale la soluzione ottimale non cambia.

Indaga la stabilità o la robustezza della soluzione ottimale identificando gli elementi più sensibili del modello, vale a dire quelli per i quali anche una piccola variazione porta a variazioni significative nei risultati.

Il seguente grafico rappresenta precisamente gli intervalli ammissibili entro i quali i pesi delle categorie identificate possono cambiare senza cambiare la classifica finale. Infatti, gli intervalli individuati dall'analisi di sensitività (rappresentati nelle figure seguenti e distinti per categorie e

per criteri) mostrano il range entro cui possono variare i pesi attribuibili affinché l'alternativa 4 continui ad essere quella "giustificata".

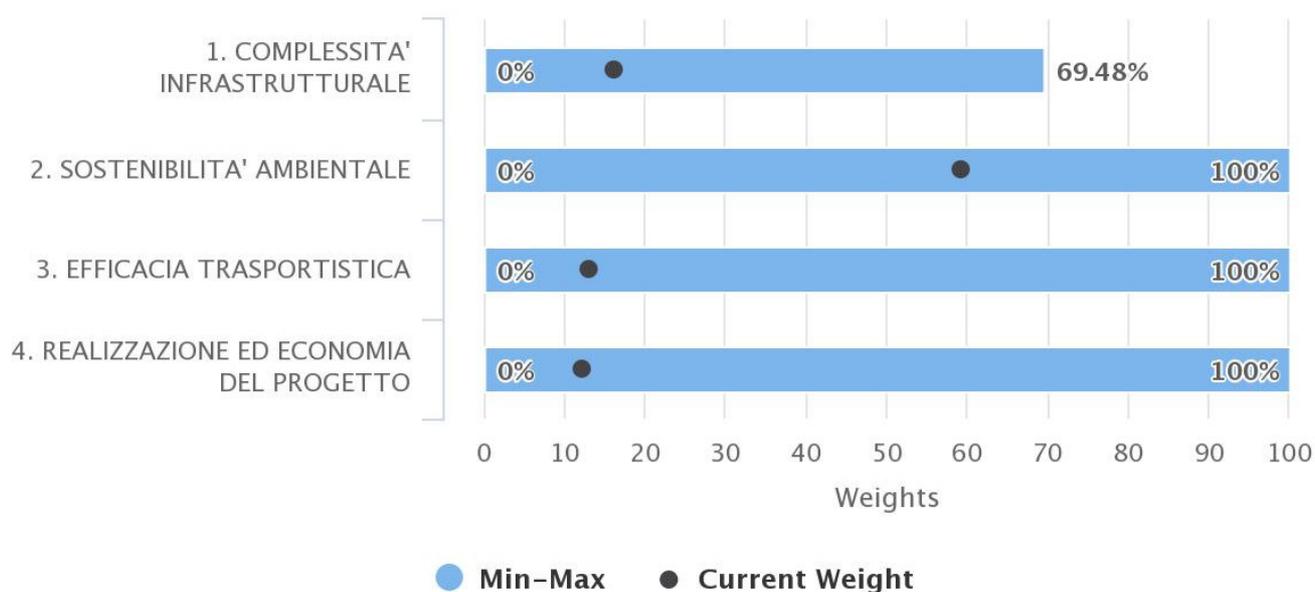


Figura 27: Analisi di sensitività

Con il fine di fornire uno strumento di supporto alle decisioni e una completezza di informazioni sulle analisi svolte, si riportano i grafici che illustrano la classificazione delle soluzioni alternative al variare dei pesi assegnati a ciascuna categoria.

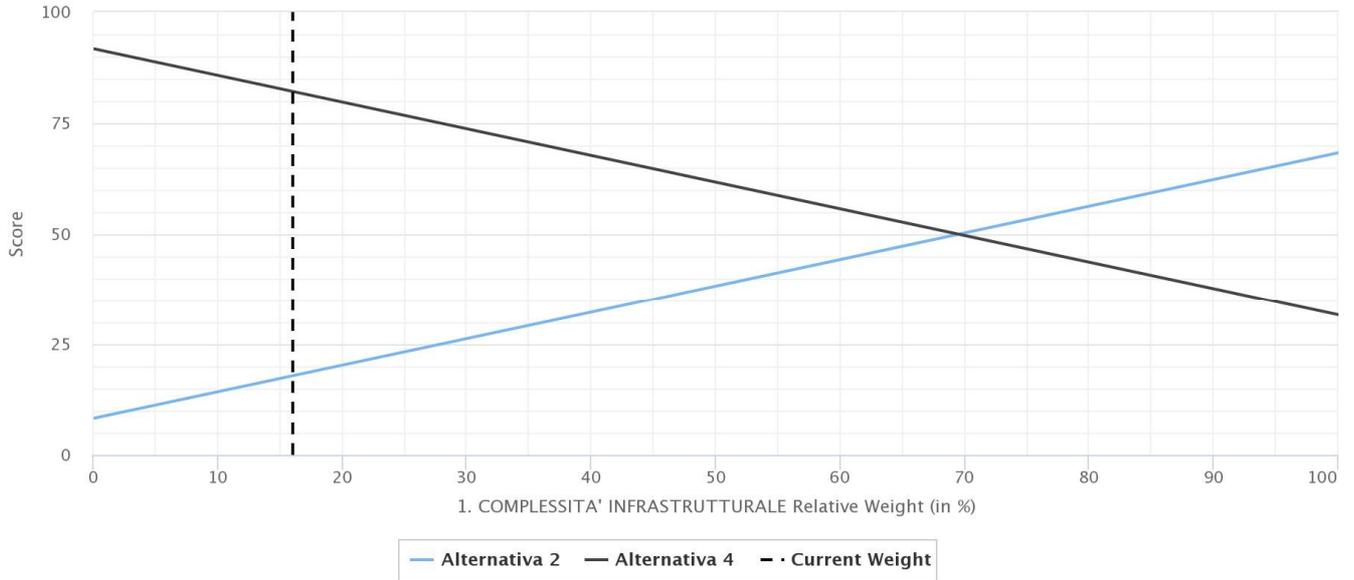


Figura 28: Ranking soluzioni progettuali in funzione del peso assegnato alla categoria "Complessità Infrastrutturale"

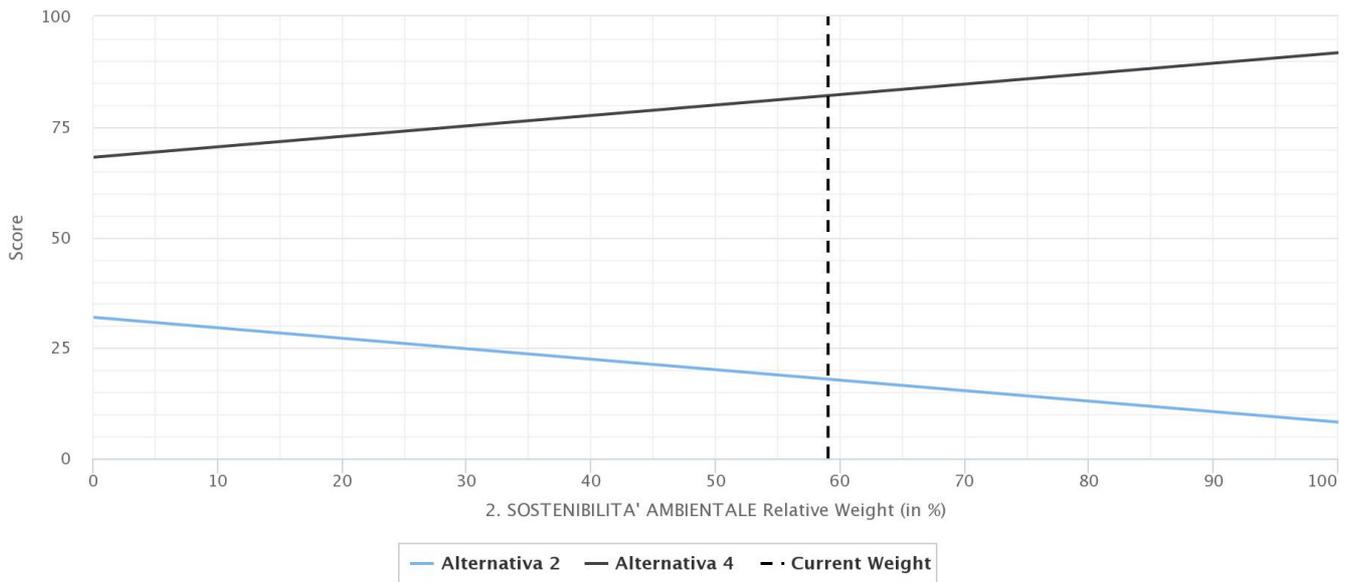


Figura 29: Ranking soluzioni progettuali in funzione del peso assegnato alla categoria "Sostenibilità ambientale"

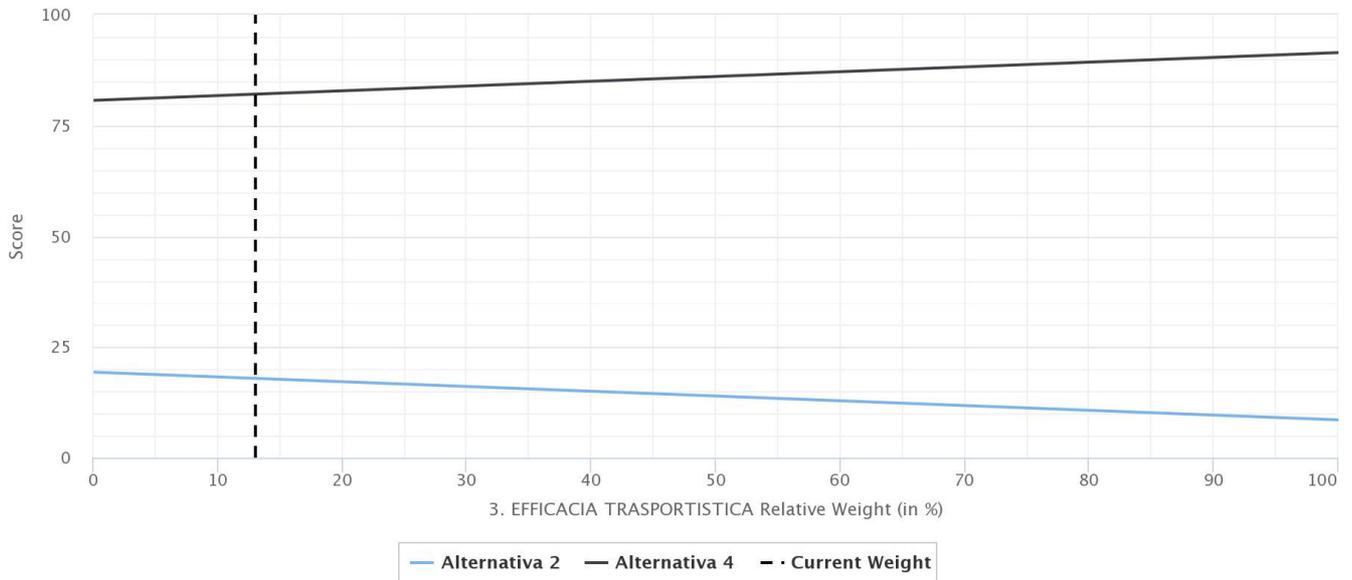


Figura 30: Ranking soluzioni progettuali in funzione del peso assegnato alla categoria "Efficacia trasportistica"

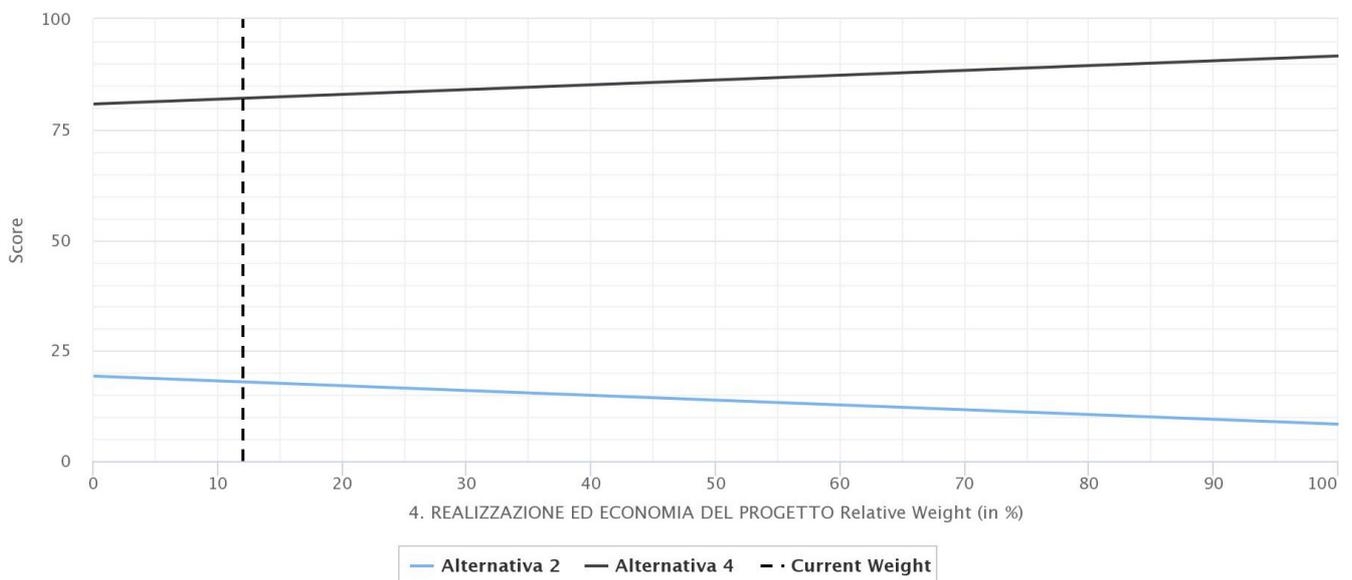


Figura 31: Ranking soluzioni progettuali in funzione del peso assegnato alla categoria "Realizzazione e Economia del progetto"



COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	00	F 16 RG	EF 00 05 001	B	88 di 91

Per quanto riguarda l'analisi di stabilità dei risultati si può affermare che per tutte le categorie la robustezza dell'alternativa 4 risulta essere estremamente accettabile in quanto si conferma essere la giustificata all'interno dell'intero campo di variabilità di ciascuna di esse.

6 CONCLUSIONI

L'Analisi Multicriteria, oggetto del presente documento, rappresenta lo strumento di supporto per valutare fra diverse alternative, quella che meglio si adatta agli obiettivi predefiniti, ricercando la soluzione "giustificata" ossia quella che, nel confronto basato su una molteplicità di criteri, risulta più volte vincente rispetto alle altre alternative. Una rispondenza quindi al concetto di sostenibilità a 360°, ovvero di sostenibilità ambientale, sociale, tecnica, finanziaria.

Scopo del presente documento è quello di illustrare l'Analisi Multicriteria per il progetto di fattibilità tecnico economica "Collegamento Olbia aeroporto". In particolare, questa progettazione ha visto due fasi di approfondimento progettuale, per cui in un primo momento sono state studiate alternative di collegamento allo scalo aeroportuale di Olbia che includessero anche una fermata in corrispondenza dell'ospedale. In questa fase l'alternativa risultata giustificata è stata **l'alternativa 2 preferibile rispetto alle altre soluzioni progettuali, con un punteggio complessivo di 60.23/100**. In particolare, questa alternativa presentava risultati comparabili all'alternativa 3, ma di fatto si configurava come una risposta più giustificata per le categorie Complessità infrastrutturale e Realizzazione ed Economia del progetto, mentre risulta equivalente per la categoria Efficacia trasportistica. Nel grafico seguente si riporta il dettaglio dei risultati ottenuti.

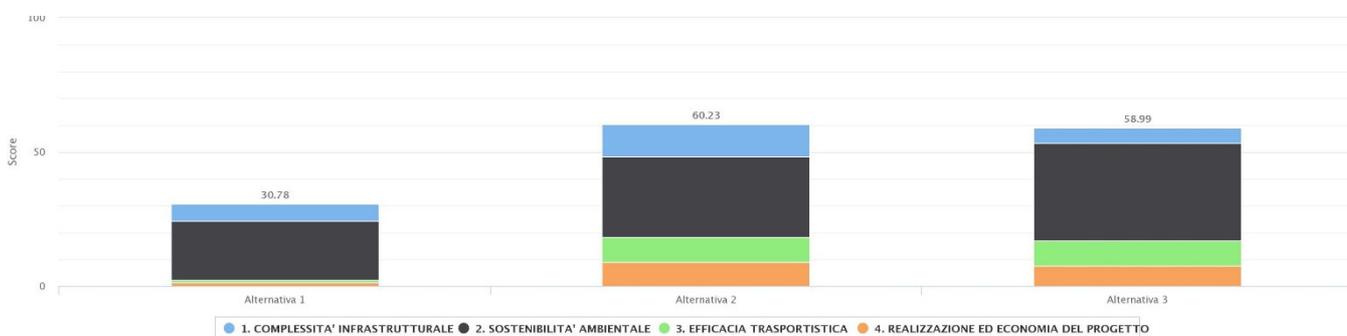


Figura 32: Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascuna categoria per l'Analisi Muticriteria fermata Ospedale

Successivamente è stata valutata la possibilità di escludere dal tracciato di progetto la fermata in corrispondenza dell'ospedale. Per valutare le ricadute di questa scelta sulla progettazione è stata sviluppata una multicriteria tra l'alternativa 2, risultata giustificata nell'analisi precedente, e l'alternativa 4 (senza la fermata ospedale). A seguito di questo approfondimento **l'alternativa 4** risulta **giustificata con un punteggio complessivo di 82.12/100**.

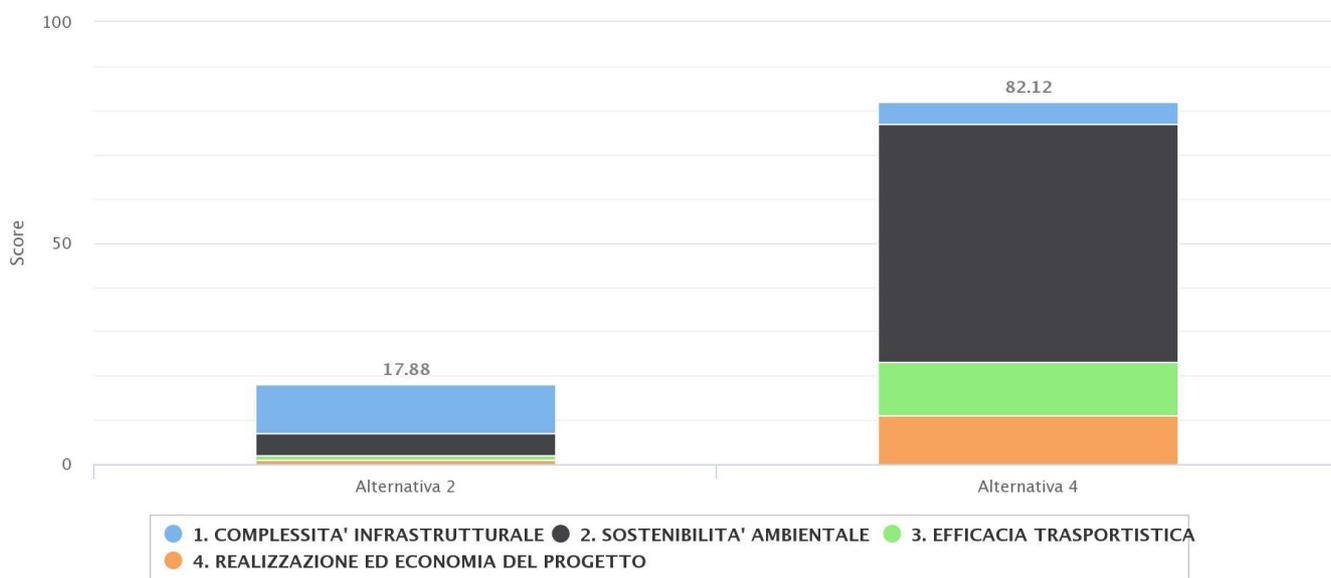


Figura 33 Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascuna categoria per l'Analisi Muticriteria Necessità della fermata Ospedale

Per quanto riguarda l'analisi di stabilità dei risultati si può affermare che per tutte le categorie la robustezza dell'alternativa 4 risulta essere estremamente accettabile in quanto si conferma essere la giustificata all'interno dell'intero campo di variabilità di ciascuna di esse.

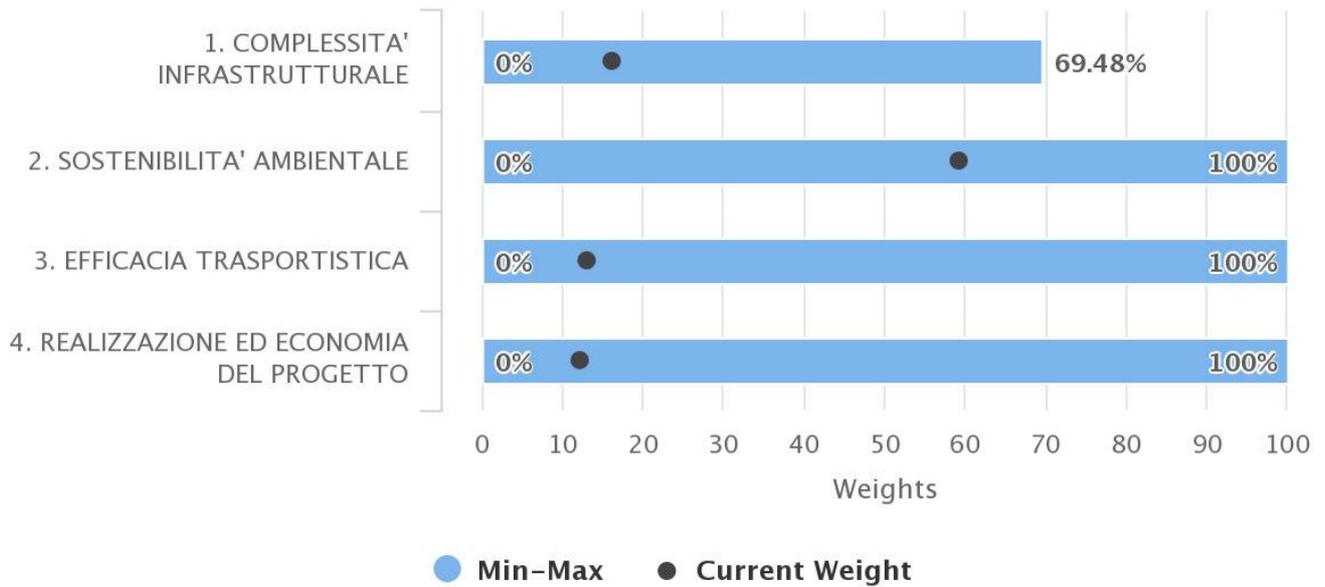


Figura 34 Analisi di sensitività