

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



LINEA CATANIA - SIRACUSA

DIREZIONE TECNICA

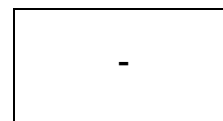
U.O. PROGETTAZIONE FUNZIONALE ED ESERCIZIO

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED-ECONOMICA

Bypass di Augusta

ANALISI MULTICRITERIA

SCALA:



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

RS60 00 R 16 RG EF0005 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
B	Recepimento commenti CSLPP	M. Musamih	Maggio 2023	S. Nardoni E. Castillo	Maggio 2023	P. Carlesimo	Maggio 2023	P. Rivoli Maggio 2023
A	Emissione Esecutiva	M. Musamih N. Pettinato	Aprile 2022	S. Nardoni F. Martire	Aprile 2022	P. Carlesimo	Aprile 2022	P. Rivoli Maggio 2023

File: RS60.00.R.16.RG.EF0005.001.B

n. Elab.:

INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	ELEMENTI COSTITUTIVI DELL'ANALISI MULTICRITERIA: IL METODO "PROMETHEE"	7
2.1	APPLICAZIONE DEL METODO PROMETHEE ED ANALISI DEI RISULTATI.....	8
3.	ALTERNATIVE ANALIZZATE	10
4.	ANALISI DI CONFRONTO	24
4.1	TEMI, CRITERI ED INDICATORI DI VALUTAZIONE	24
4.2	ASSEGNAZIONE DEI PESI	52
4.3	RISULTATI ANALISI MULTICRITERIA.....	56
4.4	ANALISI DI SENSITIVITÀ	59
5.	CONCLUSIONI.....	62

1. PREMESSA

Scopo della presente relazione è quello di illustrare i risultati dell'analisi Multicriteria sviluppata nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica relativa al Bypass di Augusta.

La città è attraversata dalla direttrice ferroviaria che collega tra di loro i due capoluoghi di Catania e Siracusa. Il tracciato della linea in corrispondenza dell'attraversamento del territorio comunale augustano è formato da una serie di curve e controcurve che hanno permesso di avvicinare la ferrovia al nucleo storico della città, costituito dall'Isola delle Palme, prima isola minore della Sicilia per numero di abitanti.

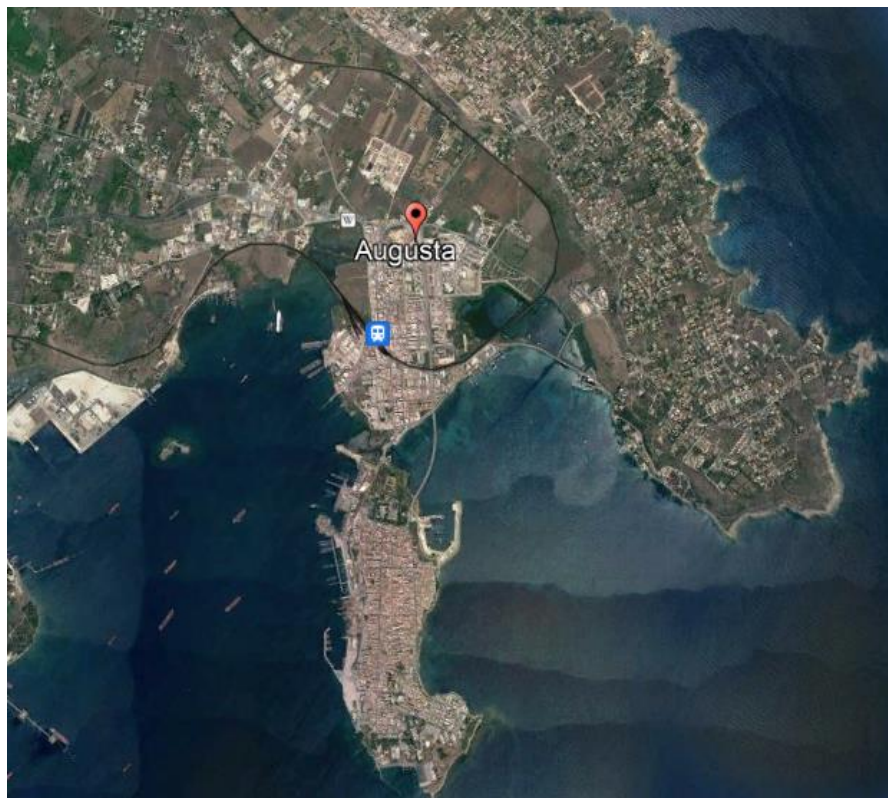


Figura 1- Inquadramento territoriale

Una volta attraversato l'abitato, la linea ferroviaria percorre il porto di Augusta, caratterizzato da tre differenti ambiti:

- Petrolifero – energetico;

- Industriale;
- Commerciale e RoRo.



Figura 2- Porto di Augusta

Allo stato attuale i traffici si sviluppano nell'ambito **petrolifero-energetico e in quello industriale.**

Nell'area di Augusta, attualmente, sono in corso due differenti Progetti di fattibilità tecnico – economica relativi a:

- Bypass di Augusta;
- Collegamento al porto di Augusta.

	LINEA CATANIA – SIRACUSA BYPASS DI AUGUSTA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RS60	LOTTO 00 R 16	CODIFICA RG	DOCUMENTO EF0005 001	REV. B

In particolare, l'**intervento Bypass** prevede la realizzazione di una variante di tracciato della linea Messina-Siracusa in prossimità della città di Augusta e di una nuova stazione ubicata fuori dal centro abitato, ma in zona di nuova espansione per perseguire i seguenti obiettivi:

- Riqualificazione urbana;
- Liberazione del centro abitato di Augusta dalla ferrovia ed annessi PL;
- Riduzione dell'impatto della linea sulle aree protette (saline);
- Dismissione del tratto di linea esistente caratterizzato da significative problematiche di manutenzione a causa di continui cedimenti del binario.

Il collegamento ferroviario al porto di Augusta, riguarda invece l'ambito Commerciale, situato nella parte settentrionale e per il quale sono in corso ipotesi di sviluppo infrastrutturale da parte dell'AdSP. L'intervento si inserisce nel progetto di ampliamento del porto commerciale di Augusta e consiste nella realizzazione di una bretella ferroviaria che collega il nuovo parco ferroviario, al cui interno dovranno essere ubicati i binari da adibire al carico/scarico e riordino dei container, alla rete ferroviaria nazionale. L'obiettivo è quello di rispettare gli Adempimenti previsti da Reg 1315/2013 per i porti Core, in ottica di sviluppo delle connessioni insulari e da/per il continente.

Nell'immagine seguente sono riportati in planimetria i progetti in essere nell'area di Augusta.



Figura 3 - Progetti in essere nell'area di Augusta

È importante sottolineare che seppur non si esclude che i due progetti possano confluire in un appalto unico, dovranno essere separati ed impostati in maniera tale da poter essere funzionali anche in modo indipendente.

Pertanto, lo scopo del presente elaborato è quello di illustrare i risultati dell'analisi Multicriteria sviluppata nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica bypass Augusta, relativamente alle quattro alternative di progetto individuate razionalmente per perseguire gli obiettivi di cui sopra.

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).

2.1 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. ALTERNATIVE ANALIZZATE

La realizzazione del bypass prevede inevitabilmente l'interferenza con diverse viabilità esistenti che collegano il centro di Augusta. In particolare, le principali viabilità interferenti risultano essere:

- ✓ Strada Provinciale 1 (SP1);
- ✓ Strada Statale 193;
- ✓ Contrada costa Pisone.

Nella Figura 4 sono riportate le viabilità interferenti con il nuovo Bypass di Augusta.

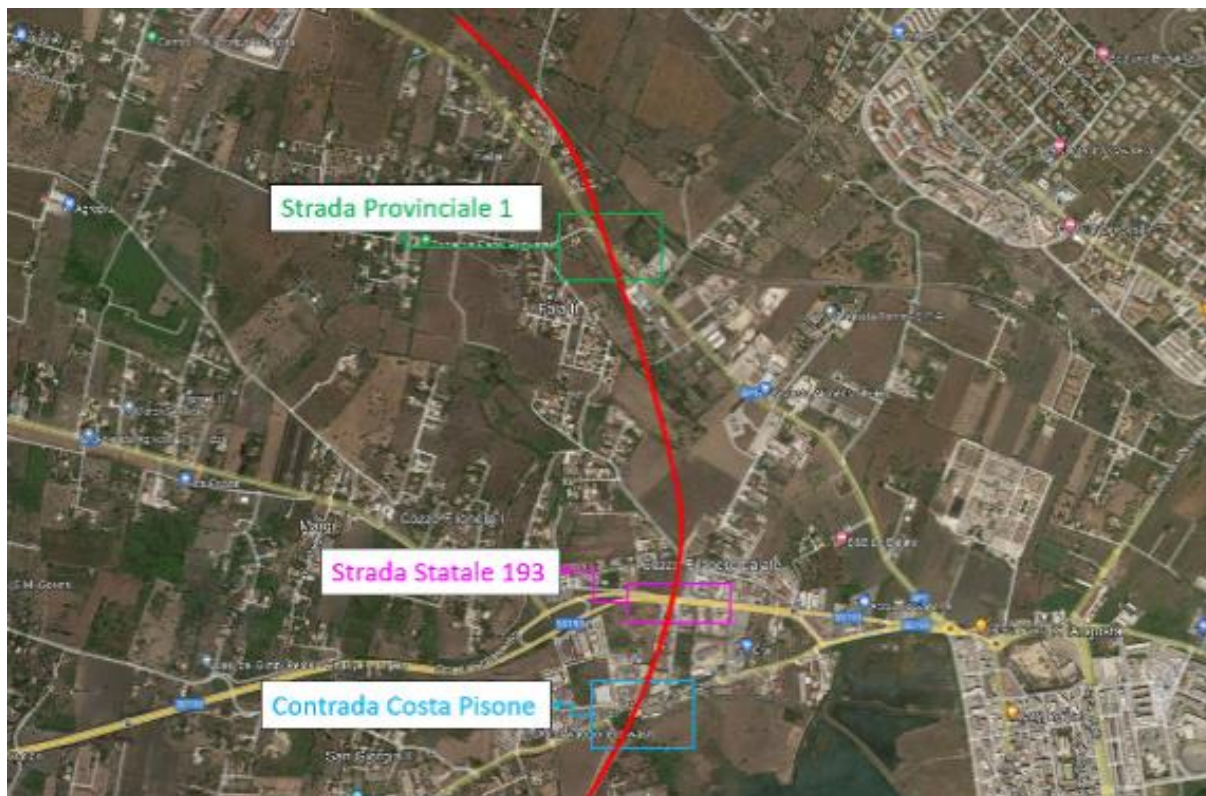


Figura 4 Viabilità interferenti con il ByPass

Queste viabilità sono i principali collegamenti con il centro di Augusta e sono caratterizzate da numerosi accessi privati.

Inoltre, si evidenzia che tutte le soluzioni comportano demolizioni di civili abitazioni e capannoni principalmente nei punti di connessione con linea storica a nord e sud del Bypass.

Nelle figure seguenti si riportano delle rappresentazioni utili ad individuare l'ubicazione delle connessioni tra il Bypass e la linea storica.



Figura 5 Connessione a Nord



Figura 6 Connessione a sud

A seconda dell'alternativa studiata le interferenze con le abitazioni/capannoni possono variare.

Il programma di esercizio di stazione fornito da RFI è da riferimento per tutte le alternative di tracciato analizzate.

Per mitigare gli effetti delle interferenze sopra descritte, sono state studiate quattro differenti soluzioni progettuali:

Alternativa 1: Bypass con livelletta alta e stazione sul bypass a nord - Pendenza stazione 6 ‰

La alternativa 1 prevede la stazione posizionata a nord del Bypass e l'andamento altimetrico sviluppato in viadotto. Si riportano di seguito la Planimetria e il Profilo Longitudinale relativi all'alternativa 1.

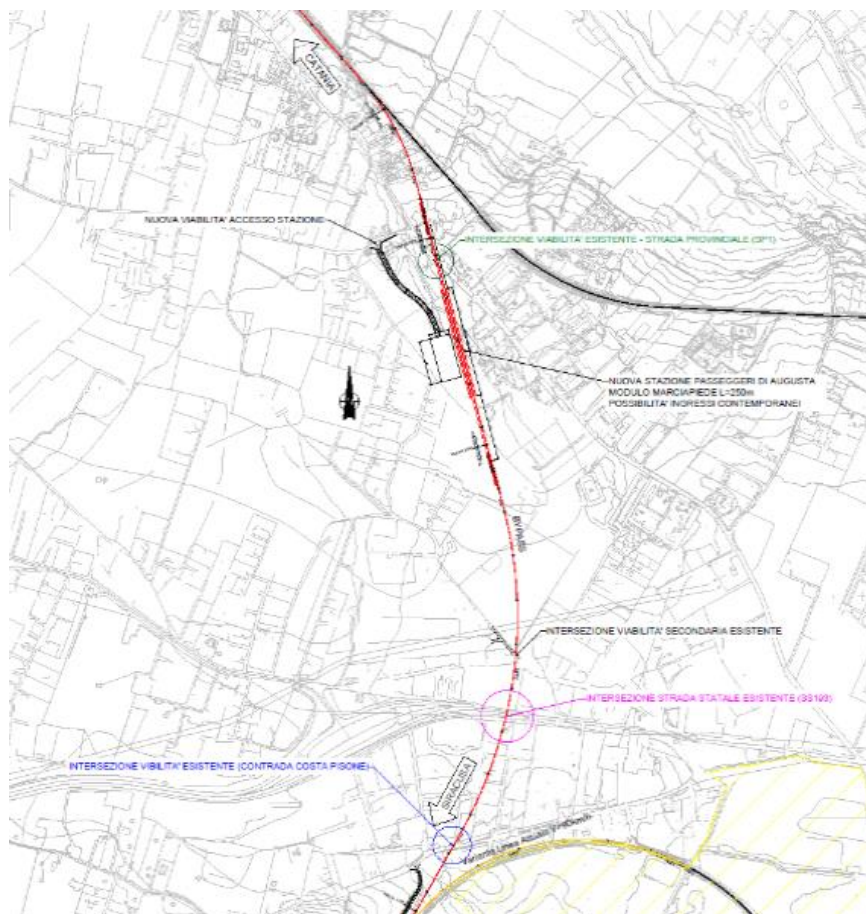


Figura 7 Planimetria alternativa 1



Figura 8 Profilo Longitudinale alternativa 1

Questa soluzione non prevede alcun intervento su tutte le viabilità interferenti. In particolare, al fine di non interferire con la strada provinciale SP1 i due binari di progetto della nuova stazione di Augusta presentano una pendenza massima del 6 ‰ circa che risulta superiore al 1,2 ‰ (eccezionalmente 2,5 ‰ prescritto nel manuale di progettazione).

Relativamente a questo aspetto si evidenzia che nel programma di esercizio di stazione fornito da RFI viene espressamente indicato che non è prevista la sosta di rotabili e quindi può essere escluso, durante il normale esercizio, il movimento incontrollato per gravità di materiale rotabile impresenziato nel senso discendente della pendenza. In caso di sosta non programmata di materiale impresenziato, sarà da prevedere eventualmente la staffatura e tutto quanto richiesto dalle specifiche procedure. Il programma di esercizio di stazione fornito da RFI è da riferimento per tutte le alternative di tracciato analizzate.

Inoltre, si evidenzia che dopo la stazione il profilo presenta una pendenza della livelletta al 18‰ superiore al valore limite del 12‰ prescritto nel Manuale di Progettazione d'Armamento RFI.

Questa pendenza è necessaria in quanto permette di raggiungere la quota del p.f. per la connessione con la variante della linea attuale.

Relativamente a questo aspetto si evidenzia che già nella tratta esistente Catania – Siracusa si riscontra un'ascesa massima del 16 per mille e che livellette del 18‰ ed estensione paragonabile

a quella ipotizzata sono previste anche lungo l'itinerario di prossima realizzazione Pa-Ct. Questa considerazione è valida per tutte le altre alternative di tracciato studiate.

Alternativa 2: Bypass con livelletta alta e stazione sul bypass a nord -Pendenza stazione 2.5 ‰.

Anche l'alternativa 2 prevede la nuova stazione di Augusta posizionata a nord del Bypass e l'andamento altimetrico sviluppato in viadotto. Si riportano di seguito la Planimetria e il Profilo Longitudinale relativi all'alternativa 2.

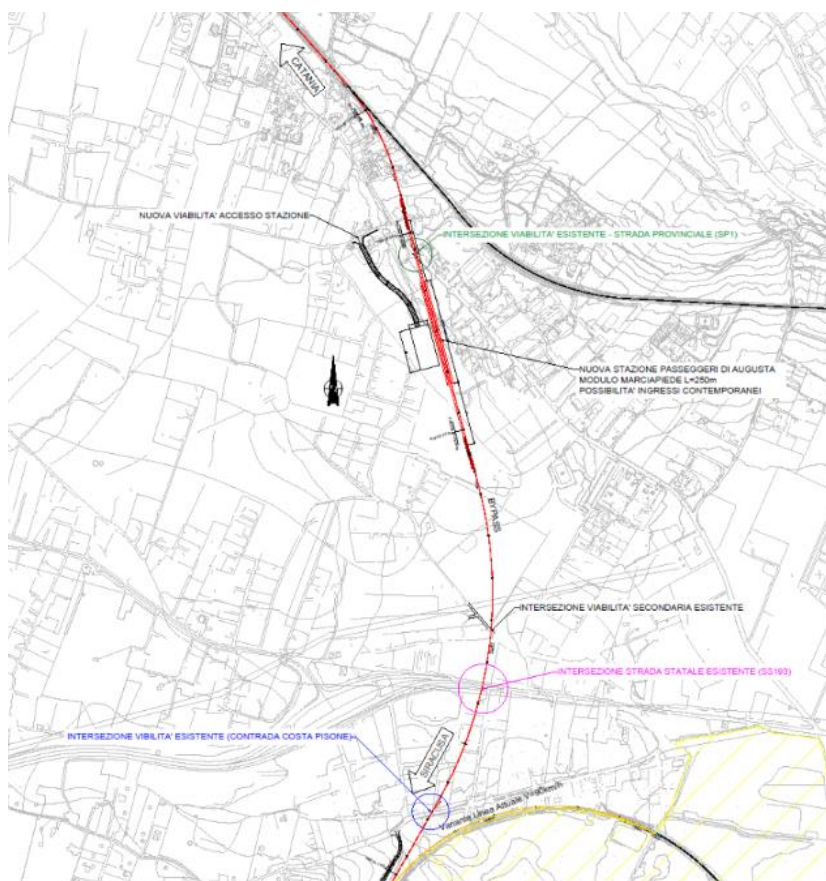


Figura 9 Planimetria alternativa 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS60	00 R 16	RG	EF0005 001	B	15 di 64



Figura 10 Profilo Longitudinale alternativa 2

Questa alternativa presenta i binari di stazione con pendenza del 2.5‰ (valore eccezionale della pendenza lungo i marciapiedi secondo quanto prescritto nel Manuale di progettazione RFI) e inoltre, un'interferenza con la viabilità Strada Provinciale SP1.

In Figura 11 è riportata una rappresentazione dell'interferenza con la SP1.



Figura 11 Interferenza con SP1 alternativa 2

Per poter eliminare tale interferenza e garantire gli standard di sicurezza e funzionalità della strada SP1 dovrebbe essere prevista una variante altimetrica del tracciato al fine di garantire il franco

altimetrico adeguato (abbassamento di circa 2 m) in prossimità dell'interferenza con la linea ferroviaria. Tale adeguamento altimetrico interesserebbe la viabilità esistente per uno sviluppo pari a circa 300 m a monte e valle dell'interferenza della linea e pertanto dovranno essere verificate le possibilità di mantenere e/o delocalizzare gli accessi degli edifici presenti lungo il tratto della SP1. Laddove non fosse possibile garantire/ripristinare tali accessi potrebbe essere necessario procedere con l'esproprio degli edifici interessati. Inoltre, la nuova altimetria potrebbe presentare problemi di smaltimento delle acque.

Alternativa 3: Bypass con livelletta alta e stazione a nord sulla linea attuale-Pendenza stazione 1.2 ‰.

L'alternativa 3 prevede la stazione posizionata sulla linea attuale a nord del Bypass e l'andamento altimetrico sviluppato in viadotto. Si riportano di seguito la Planimetria e il Profilo Longitudinale relativi all'alternativa 3.

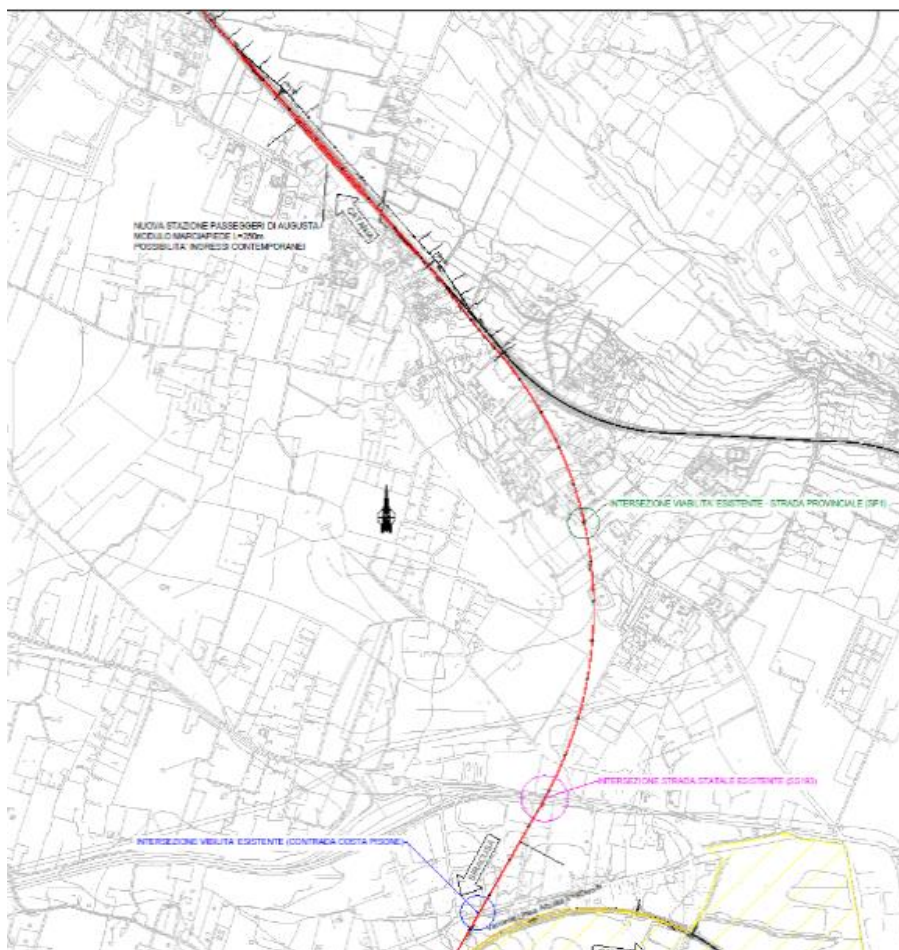


Figura 12 Planimetria Soluzione 3

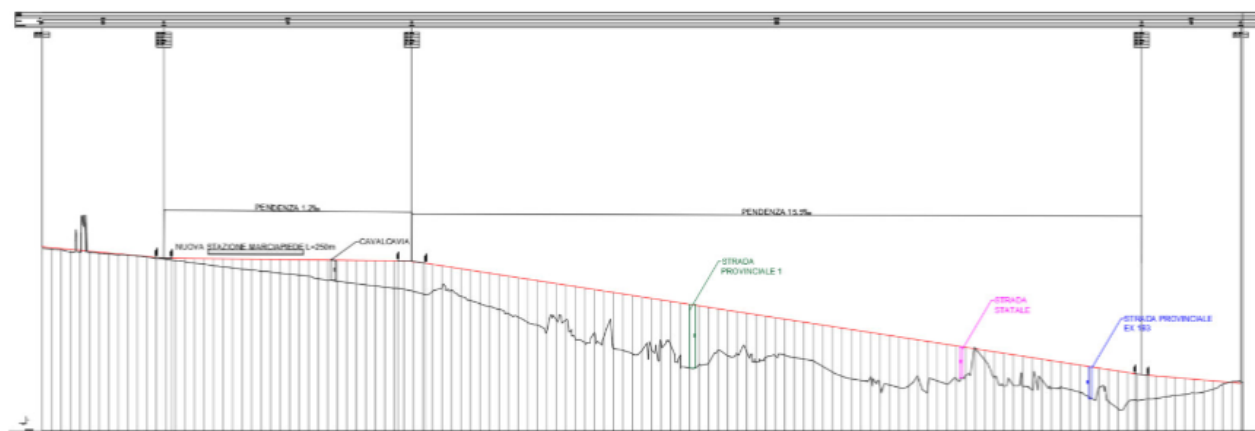


Figura 13 Profilo Longitudinale Soluzione 3

In questa alternativa la stazione posizionata sulla linea attuale presenta una pendenza del 1.2‰, a seguire la tratta del Bypass in viadotto ha una pendenza del 15‰. L'alternativa 3 rispetto alle altre riporta una pendenza della livelletta inferiore al 18‰, ma questa pendenza risulta comunque superiore al valore limite del 12‰ prescritto nel Manuale di Progettazione RFI, e quindi necessita di deroga. L'alternativa proposta, pur non avendo interferenze con le viabilità principali, necessita del rifacimento della cavalcaferrovia di Via Vitaliano Brancati, che non comporterebbe particolari problematiche.

Alternativa 4: Bypass con livelletta bassa e stazione sul bypass al centro Pendenza stazione 1.2 ‰.

L'alternativa 4 prevede la stazione posizionata sul Bypass nella parte centrale mentre per l'altimetria si è cercato di minimizzare l'impatto a livello paesaggistico. Si riportano di seguito la Planimetria e il Profilo Longitudinale relativi all'alternativa 4.

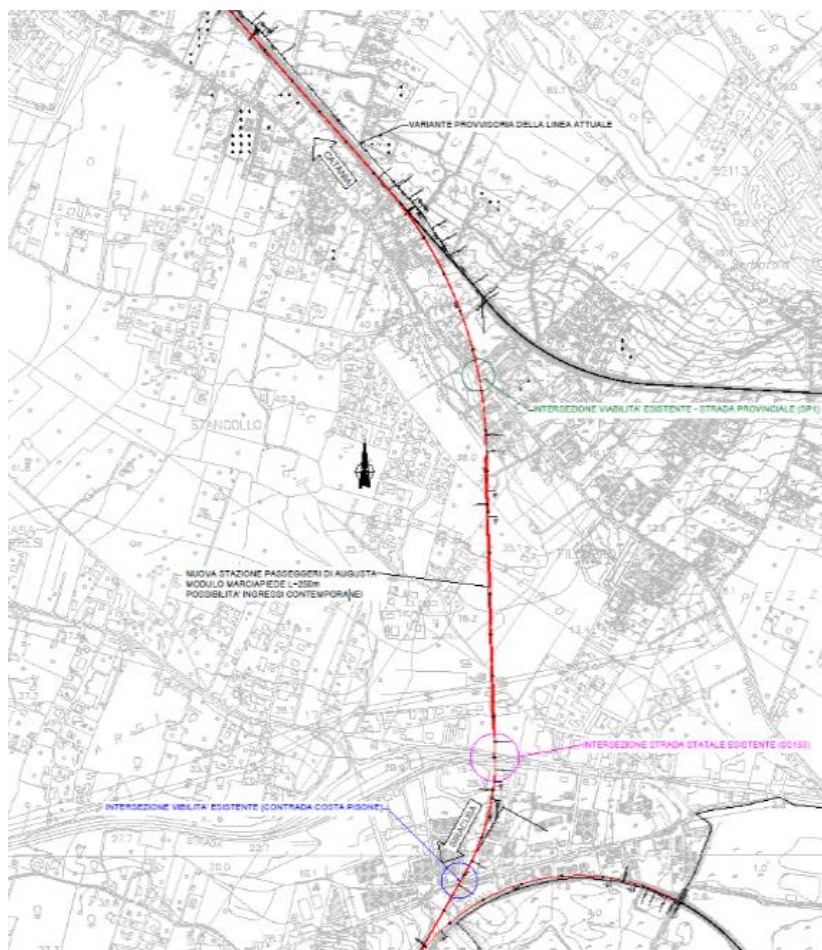


Figura 14 Planimetria Soluzione 4

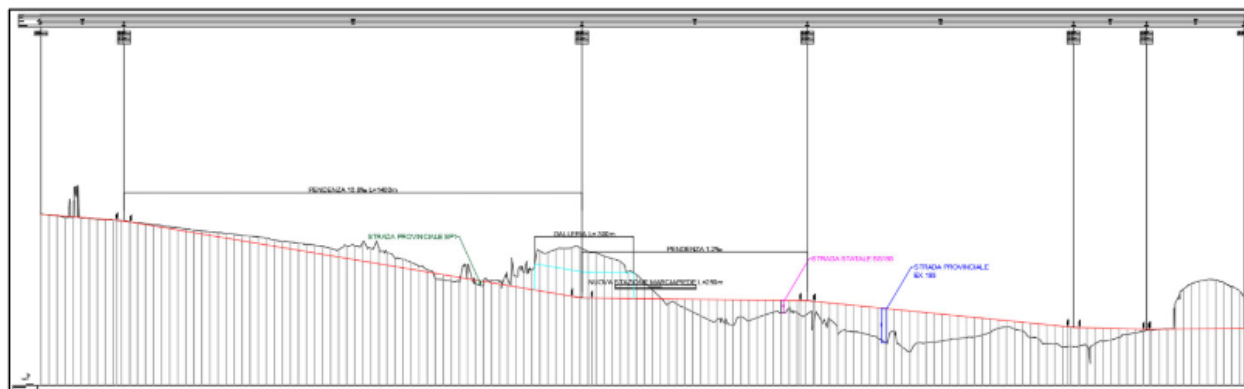


Figura 15 Profilo longitudinale Soluzione 4

L'alternativa 4 presenta un tratto antecedente la stazione di 1400 m circa con pendenza altimetrica al 16.8‰, superiore al valore limite del 12‰ prescritto nel Manuale di Progettazione RFI, e quindi necessita di deroga. La stazione invece ha pendenza del 1.2‰ anche se un tratto ricade in galleria. Si evidenzia che per quanto questa soluzione mitighi l'impatto paesaggistico, presenta delle criticità dal punto di vista delle interferenze con le strade principali.

Anche per questa alternativa la linea ferroviaria di progetto attraversa le viabilità Strada Provinciale SP1 con quote del piano ferro corrispondenti circa alla quota del piano strada, però avendo spostato la stazione nella parte centrale del Bypass si è generato lo spazio per prevedere una variante plano altimetrica di tracciato della SP1. Per poter eliminare tale interferenza e garantire gli standard di sicurezza e funzionalità si prevede una variante plano altimetrica di tracciato della SP1, caratterizzata planimetricamente dalla sequenza di due ampie curve e un rettilifo di estensione limitata, compatibili con la massima velocità di progetto. La variante plano-altimetrica intercetta la linea ferroviaria, in corrispondenza di una trincea ferroviaria profonda circa 13 m.

Si riporta di seguito la Planimetria e il profilo longitudinale delle interferenze relative all'alternativa 4.

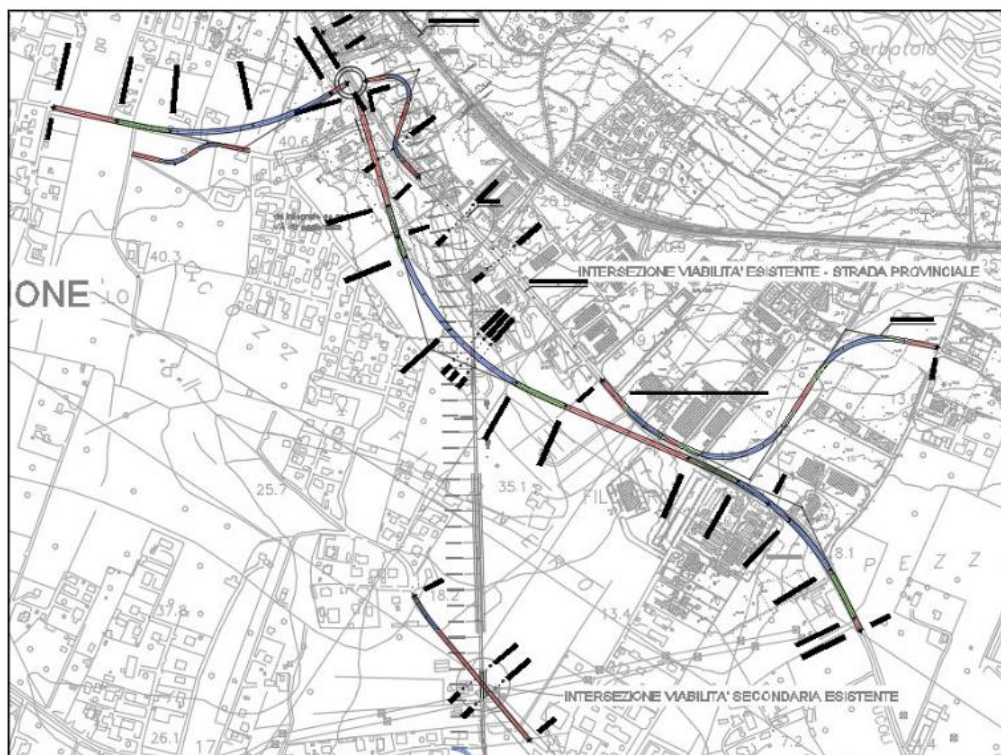


Figura 16 Planimetria interferenze alternativa 4

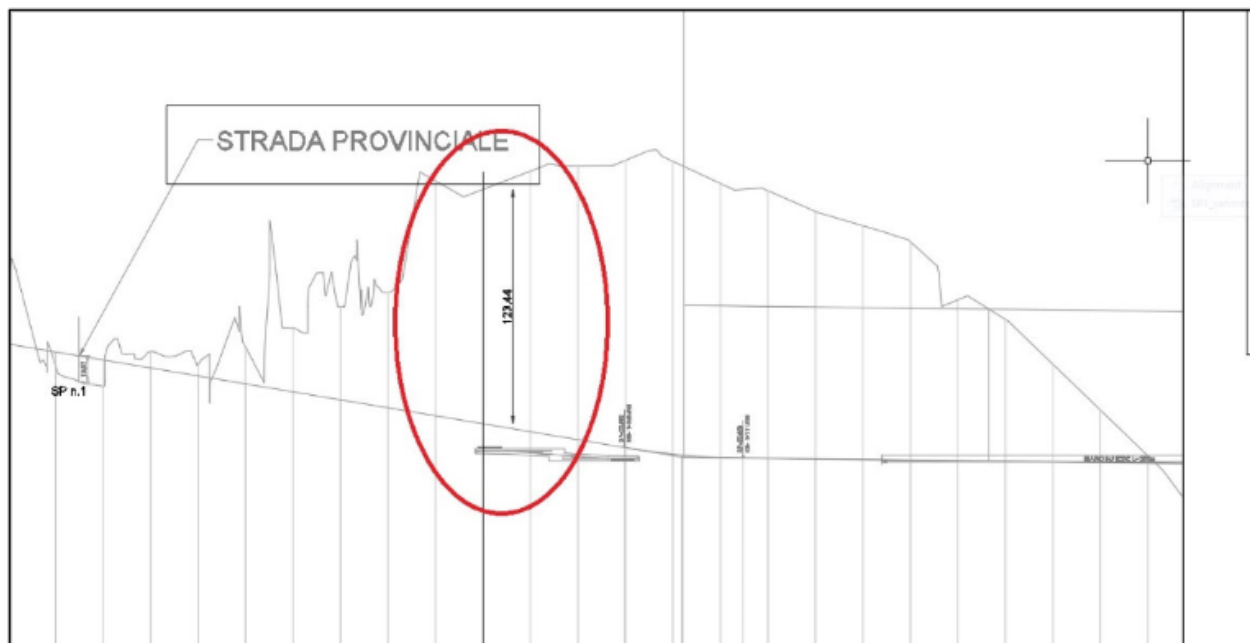


Figura 17 Profilo longitudinale interferenza con SP 1 alternativa 4

La variante plano-altimetrica si collega alla SP 1 esistente, a nord, per mezzo di una rotatoria convenzionale. Si prevedono delle viabilità per la gestione degli accessi; l'attuale SP 1 interrotta dalla linea ferroviaria svolgerà una funzione esclusiva di accesso ai fabbricati esistenti.

Si riporta di seguito il profilo longitudinale del tratto in variante con sovra-attraffersamento della strada rispetto alla ferrovia.

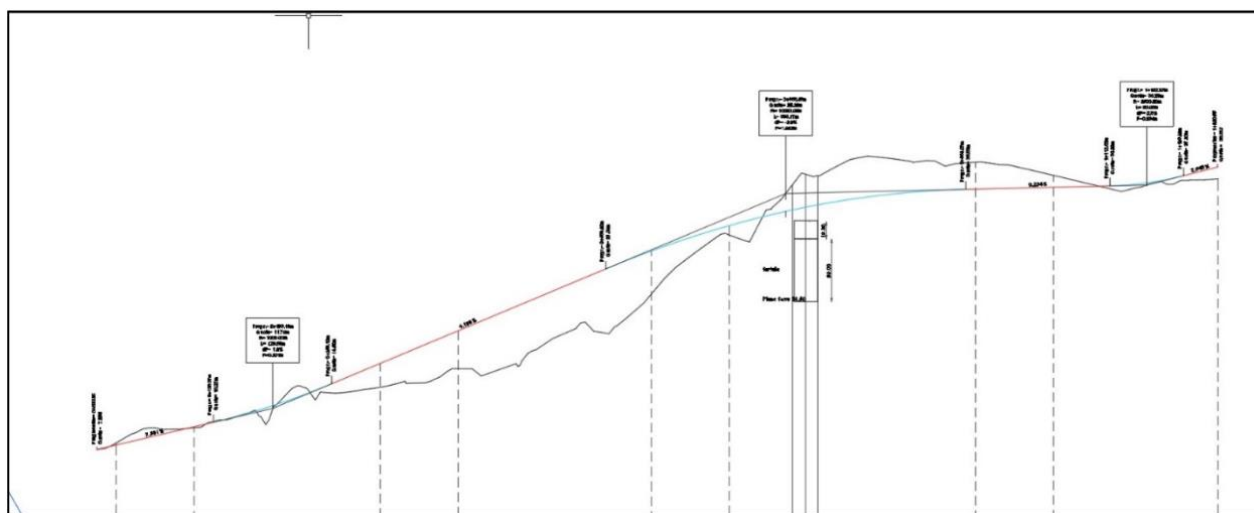


Figura 18 Profilo longitudinale sovra-attraffersamento strada rispetto alla ferrovia

L'andamento altimetrico è composto da una sequenza di livellette e da ampi raccordi parabolici compatibili con la V_{pmax}

Anche la Strada **Statale SS193** viene intercettata con una quota del piano ferro più alta del piano strada di circa 4 m. La predisposizione della ferrovia più alta rispetto alla strada prevede la risoluzione dell'interferenza mediante un sottoattraversamento della strada rispetto alla ferrovia. L'eliminazione di tale interferenza prevede quindi una variante plano-altimetrica della SS193 con le seguenti modifiche:

- ✓ lieve disassamento dell'asse, spostamento verso sud in modo da realizzare una complanare che raggruppa gli accessi diretti presenti sulla carreggiata in direzione Ovest;
- ✓ la complanare prevista è a senso unico di marcia con torna-indietro in superficie, ubicato in prossimità dell'interferenza con la linea ferroviaria;
- ✓ sul lato sud la complanare interferisce con alcune aree per cui saranno necessari espropri;
- ✓ eliminazione della corsia di uscita sulla SP93 e realizzazione del cappio di collegamento tra le viabilità esistenti.

Si riportano di seguito Planimetria (Figura 19) e Profilo longitudinale (Figura 20) dell'interferenza tra alternativa 4 e SS193.

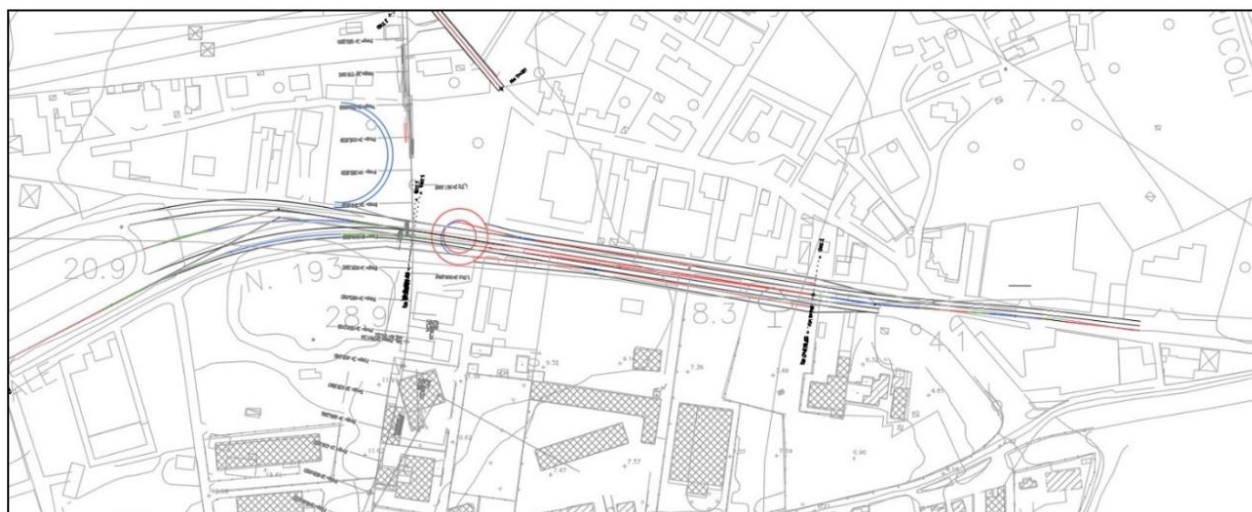


Figura 19 Planimetria Interferenza con SS 193 Alternativa 4

Altimetricamente si prevede, una modifica dell'altimetria in modo da sotto-attraversare la ferrovia di progetto. L'andamento altimetrico è composto da una sequenza di livellette e raccordi tali da garantire la visibilità compatibile con una velocità di progetto di circa 60 km/h - 65 km/h:

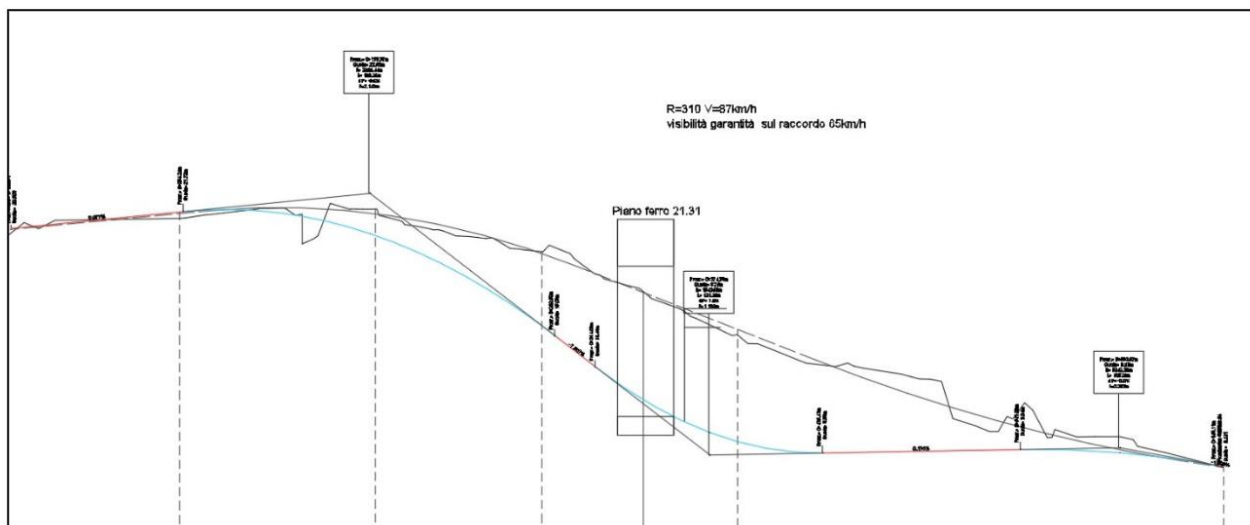


Figura 20 Profilo longitudinale interferenza con SS 193 Alternativa 4

Per garantire velocità di progetto paragonabili con la situazione esistente (che garantisce adeguata visibilità a velocità di circa 80km/h) è necessario intervenire altimetricamente anche sull'U-Turn (abbassamento del nodo), con possibili ricadute anche sul tronco SS193 di competenza Anas.

Infine, la **strada Provinciale ex 193** non necessita di modifiche plano-altimetriche e viene attraversata mediante scavalco con viadotto ferroviario.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA CATANIA – SIRACUSA BYPASS DI AUGUSTA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RS60	LOTTO 00 R 16	CODIFICA RG	DOCUMENTO EF0005 001	REV. B

4. ANALISI DI CONFRONTO

4.1 Temi, criteri ed indicatori di valutazione

Tutti i criteri e i relativi indicatori rientranti nell'analisi 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 categorie:

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

Ciascuna categoria è stata a sua volta rappresentata da più criteri di valutazione per cui sono stati definiti uno o più indicatori su cui poter realizzare il confronto a coppie previsto dal metodo Promethee.

In particolare, sono stati definiti i seguenti criteri e i relativi indicatori (con i rispettivi metodi di valutazione):

COMPLESSITÀ INFRASTRUTTURALE

La categoria *Complessità Infrastrutturale* si articola in un criterio, finalizzato ad analizzare le tipologie di opere infrastrutturali previste nell'intervento.

- **Tipologia di opera infrastrutturale prevista nell'intervento**

Nel criterio *Tipologia di opera infrastrutturale prevista nell'intervento* al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative sono stati scelti i seguenti indicatori:

- ✓ Tratto in variante;
- ✓ Rilevato/trincea;
- ✓ Viadotto;
- ✓ Galleria;

- ✓ Interferenza strutture preesistente;
- ✓ Necessità di deroga sulla pendenza.

L'indicatore *Tratto in variante* valuta quanti km sono realizzati in variante e non in sovrapposizione al tracciato esistente. Tutte le alternative progettuali si sviluppano sostanzialmente in variante rispetto alla linea esistente.

L'indicatore *Rilevato/Trincea* valuta quanti km di linea sono in rilevato o in trincea.

L'indicatore *Viadotto* valuta quanti km di linea sono realizzati in viadotto.

L'indicatore *Gallerie* valuta quanti km di linea sono realizzati in Gallerie artificiali.

L'indicatore *Interferenza strutture preesistente* rappresenta i tratti di raccordo con la linea ferroviaria esistente e l'interferenza che la ferrovia di progetto produce sul sistema delle viabilità locale.

L'indicatore *Necessità di deroga sulla pendenza* è stato inserito per tenere in conto la necessità di prevedere deroga per le pendenze massime di progetto massime previste dal manuale RFI per il piazzale di stazione (2.5 ‰). Con riferimento a questo indicatore solamente l'alternativa 1 necessità di deroga.

Nella seguente tabella si riporta la stima di ciascun indicatore per il criterio *Tipologia di opera infrastrutturale prevista nell'intervento*.

CRITERIO	INDICATORE			ALTERNATIVE			
Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
1.1 Tipologia di opera infrastrutturale prevista nell'intervento	TRATTO IN VARIANTE rispetto ad un tracciato esistente (ferrovia- autostrada)	Estensione dei tratti su nuovo sedime	m	3025	3025	3100	3450
	RILEVATO/TRINCEA	Estensione tratti in rilevato	m	1380 ferrovia + 600 stradale	1540 ferrovia + 1800 stradale	500 ferrovia + 600 stradale	1600 ferrovia + 6750 stradale
	VIADOTTO	Estensione tratti per tipologia di opere d'arte	m	1299 (250 scatolare)	1140 (180 scatolare)	2300 (300 scatolare)	950 (300 scatolare)
	GALLERIA	Estensione tratti per tipologia di opere d'arte	m	0	100 (GA FARFALLA)	100 (GA FARFALLA)	75 (ga farfalla) + 825 GA SB
	INTERFERENZA STRUTTURE PREESISTENTE	Lunghezza struttura interferita	m	425	425	350	500 FERROVIARIO + 500 STRADALE
	Necessità di deroga sulla pendenza	Deroga sulla pendenza dei binari di stazionamento	Si o No	si	no	no	no

Tabella 1 – Quantificazione indicatori per il criterio "Tipologia di opera infrastrutturale prevista nell'intervento"

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

La categoria *Sostenibilità Ambientale* si articola in tre criteri, finalizzati ad analizzare gli aspetti ambientali e paesaggistici, gli impatti dell'intervento sul suolo e sul sottosuolo (legati alla geomorfologia, idrologia e idraulica).

- **Suolo**

Nel criterio *suolo* al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative sono stati scelti i seguenti indicatori:

- ✓ Consumo di nuovo territorio;
- ✓ Demolizioni;
- ✓ Consumo di suolo pro capite.

- ✓ Consumo di nuovo territorio;

Nell'ambito del criterio "*Suolo*", sotto il profilo ambientale, è interessante esaminare il seguente indicatore, che consente di evidenziare importanti differenze in tema di consumo di nuovo territorio. Innanzi tutto, è doveroso sottolineare che i valori negativi indicano una "restituzione" di territorio anziché un "consumo". Ciò è dovuto al fatto che tutte e quattro le soluzioni hanno un minor sviluppo longitudinale rispetto alla linea storica, della quale è prevista la dismissione.

Come è evidente l'alternativa che "restituisce" la quota parte maggiore di territorio è la n.3, mentre alla 4 è associato un valore più basso poiché è caratterizzata da un maggiore "spanciamento" e dunque un maggior sviluppo longitudinale.

- ✓ Demolizioni;

Con questo indicatore è stata fornita una stima preliminare degli edifici da demolire per la realizzazione delle diverse alternative.

Nella tabella che segue sono riportati questi valori in metri cubi vuoto per pieno (m³vpp).

- ✓ Consumo di suolo pro capite.

Nello scenario attuale risulta necessario porre in essere azioni volte a rendere i centri urbani maggiormente inclusivi ed economicamente sviluppati senza danneggiare il territorio e le risorse naturali. Pertanto, occorre agire al fine di promuovere uno sviluppo sostenibile delle città, migliorando l'utilizzo delle risorse e riducendo l'inquinamento.

In ambito nazionale tra le criticità connesse a questo obiettivo si rilevano quelle relative alla gestione e all'uso del suolo. Infatti, l'indice di consumo di suolo pro-capite mantiene un trend crescente, risultando pari a 355 m² per abitante nel 2019. In tal senso l'indicatore, incluso nelle misure statistiche diffuse dall'Istat¹ rispetto agli indicatori SDGs, mira a quantificare l'indice di consumo suolo pro capite per il comune di Augusta in relazione alle diverse soluzioni progettuali proposte.

Al fine di quantificare l'indicatore sono stati presi come riferimento i dati progettuali relativi al consumo di suolo previsto dalle opere ed il numero di abitanti residenti nel comune di Augusta².

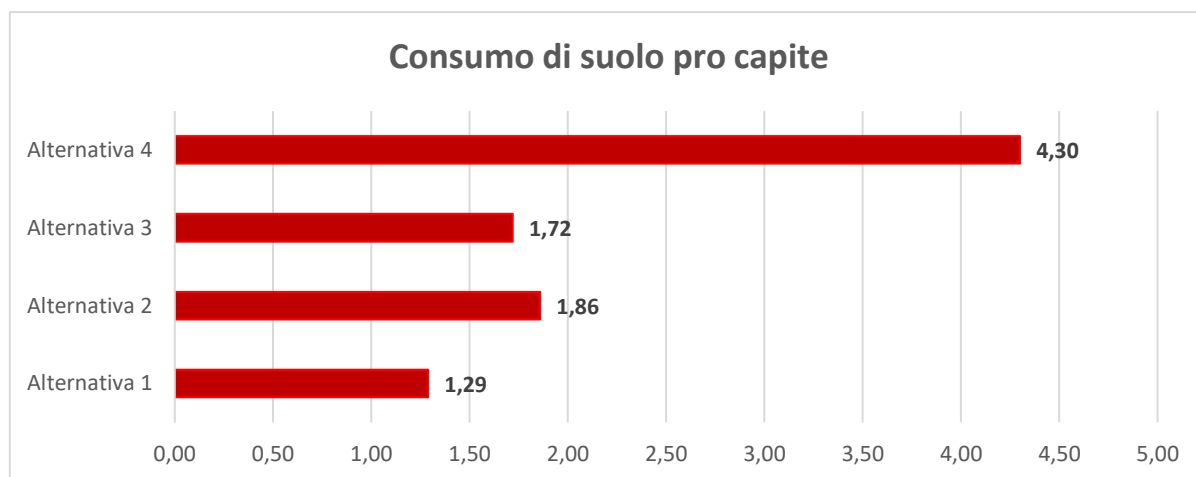


Figura 21– Consumo di suolo pro capite

Come si evince dalla figura precedentemente esposta l'alternativa n.4 rappresenta l'alternativa che prevede i valori maggiori in termini di suolo consumato pro-capite mentre l'alternativa n.1 risulta essere la soluzione che presenta un minor rapporto di suolo consumato per abitante.

Nella seguente tabella si riporta la stima di ciascun indicatore per il criterio *Suolo*.

¹ Tali misure rappresentano i KPI di monitoraggio, utilizzati a livello nazionale, volti a quantificare lo stato di raggiungimento degli obiettivi SDGs

² Fonte: Dati Istat 2021

CRITERIO	INDICATORE			ALTERNATIVE			
	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
2.1 SUOLO	CONSUMO DI NUOVO TERRITORIO	(Impronta complessiva del progetto - Impronta opera attuale) /Ingombro opera attuale	N	-82%	-70%	-90%	-30%
	DEMOLIZIONI	Volume/Volume tot max interc. da Alternative	m ³	72000	72000	85000	90000
	CONSUMO DI SUOLO PRO CAPITE	consumo di suolo in m2 previsto dalle opere rapportato al numero di abitanti residenti nel comune di Augusta	m ² /Abitante	1,29	1,86	1,72	4,30

Tabella 2 – Quantificazione indicatori per il criterio “Suolo”

- **Sottosuolo: geomorfologia, idrogeologia e idraulica**

Nel criterio *Sottosuolo: geomorfologia, idrogeologia e idraulica* al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative sono stati scelti i seguenti indicatori:

- ✓ Ostacolo allo scorrimento superficiale;
- ✓ Volumi di scavo;
- ✓ Fabbisogno;

- ✓ Ostacolo allo scorrimento superficiale

Fa riferimento ai tratti di linea (lunghezza) che ostacolano il deflusso superficiale delle acque meteoriche, per la presenza di opere di difesa idraulica quali ad esempio canali di gronda in testa alle trincee, argini o muri. Si differenzia dall' indicatore “*Interferenza con reticolo idrografico*”, in quanto non tiene in conto attraversamenti puntuali (non presenti) ma considera l'interferenza con lo scorrimento superficiale diffuso che si ritiene possa verificarsi in questi territorio a seguito di eventi meteorici importanti.

Le alternative che si sviluppano in viadotto non rappresentano un significativo ostacolo al deflusso superficiale essendo per lo più “trasparenti”; pertanto, per tali alternative è stato considerato un valore nullo. L'alternativa n.4 al contrario, sviluppandosi in buona parte in trincea è stata valutata

rispetto a questo indicatore, misurando la lunghezza del canale di gronda necessario per garantire la difesa della linea nei tratti interrati scoperti.

Nell'ambito del criterio "Sottosuolo", sotto il profilo ambientale è interessante esaminare i seguenti indicatori

- ✓ Volumi di scavo;
- ✓ Fabbisogno.

che consentono di evidenziare importanti differenze in tema di consumo della risorsa, Dall'analisi della tabella si evince come: all'alternativa 1 sia associato un minor volume di suolo non riutilizzabile e un minor fabbisogno, mentre all'alternativa 4 entrambi i volumi assumono valori di molto superiori. Le due alternative centrali evidenziano, tra loro, condizioni complessivamente paragonabili, ma opposte nei volumi di scavo/approvvigionamento.

Nella seguente tabella si riporta la stima di ciascun indicatore per il criterio *sottosuolo: geomorfologia, idrogeologia e idraulica*.

CRITERIO	INDICATORE			ALTERNATIVE			
Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
2.2 SOTTOSUOLO: GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA E IDRAULICA	OSTACOLO ALLO SCORRIMENTO SUPERFICIALE	Sommatoria dei tratti (lunghezza) in cui lo scorrimento superficiale è intercettato da opere di difesa idraulica (ad esempio canali di gronda in testa alle trincee)	m	0	0	0	1076
	VOLUMI DI SCAVO	Volume di scavo	m ³	67000	105000	75000	175000
	FABBISOGNO	Quantità di terre da approvvigionare per l'alternativa	m ³	61000	78000	105000	271000

Tabella 3 – Quantificazione indicatori per il criterio "Sottosuolo: Geomorfologia, Idrogeologia e Idraulica"

Sempre in riferimento al criterio *Sottosuolo*, si riporta di seguito una descrizione degli indicatori che, non differenziandosi tra le due alternative, sono risultati ininfluenti ai fini dell'analisi multicriteria in questione:

- ✓ Interferenza con area rischio geomorfologico;
- ✓ Interferenza con area a rischio idraulico;
- ✓ Interferenza con reticolo idrografico;
- ✓ Rischio sismico.

✓ Interferenza con area rischio geomorfologico;

L'indicatore denominato *“interferenza con area a rischio geomorfologico”* è valutato in base alla consultazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) e dell'Inventario Fenomeni Franosi Italiani (IFFI). Tali database permettono di suddividere i dissesti cartografati nelle seguenti quattro classi:

- Frana stabilizzata o frana a rischio moderato R1;
- Frana quiescente o frana a rischio medio R2;
- Frana attiva o frana a rischio elevato R3;
- Frana a rischio molto elevato R4.

La consultazione del PAI e dell'IFFI è avvenuta attraverso i WMS del Geoportale Nazionale *“PAI-Rischio geomorfologico”* (http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/WMS_v1.3/Vettoriali/PAI_rischio.map) e *“IFFI-Catalogo Frane”* (https://sinacloud.isprambiente.it/arcgisina/services/iffi/Progetto_IFFI_WMS_public/MapServer/WMServer).

Nel dettaglio questo indicatore è valutato come il rapporto tra la sommatoria dei tratti (lunghezza, m) del tracciato interferenti con le aree a rischio e la lunghezza totale del tracciato (lunghezza, m). Ad ogni classe di rischio è stato attribuito un peso, maggiore per le classi di rischio più elevate (peso massimo 1 per la classe di rischio R4) e minore per le classi di rischio minore (peso massimo 0 per la classe di rischio nullo). Il risultato finale è dato dalla moltiplicazione tra il rapporto ottenuto e il peso relativo alla classe di rischio e, di conseguenza, il valore finale per l'indicatore *“interferenza con aree a rischio geomorfologico”* è un dato adimensionale.

I risultati mostrano che nessuna alternativa di tracciato interseca aree a rischio geomorfologico.

✓ Interferenza con area a rischio idraulico;

Identifica la lunghezza dei tratti di linea interferenti con le aree a rischio idraulico individuate dagli strumenti di pianificazione del territorio (PAI, PGRA o PRG comunali). Nel caso in esame nessuna delle alternative attraversa aree di pericolosità e rischio idraulico, pertanto sono state tutte valutate con valore nullo.

✓ Interferenza con reticolo idrografico;

Identifica il numero di interferenze del tracciato con il reticolo idrografico di superficie. Nel caso in esame non sono identificabili delle incisioni idrauliche ben definite, inoltre le diverse alternative attraversano all'incirca gli stessi bacini idrografici; pertanto, sono state valutate tutte con valore nullo rispetto a questo indicatore.

✓ Rischio sismico.

L'indicatore denominato "*rischio sismico*" è valutato in base alla classificazione sismica del territorio in esame stabilita dall'Allegato 1, punto 3 dell'Ordinanza n.3274/2003, la quale ha introdotto una classificazione sismica nazionale, suddividendo il territorio in quattro zone caratterizzate da diverso grado di sismicità e sottoposte alle normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. Le zone sismiche sono di seguito riassunte:

- Zona 1 - È la zona più pericolosa. La probabilità che capiti un forte terremoto è alta;
- Zona 2 - In questa zona forti terremoti sono possibili;
- Zona 3 - In questa zona i forti terremoti sono meno probabili rispetto alla zona 1 e 2;
- Zona 4 - È la zona meno pericolosa: la probabilità che capiti un terremoto è molto bassa.

La distribuzione areale delle zone sismiche è stata visualizzata tramite il WMS dell'ISPRA "Classificazione sismica" (<http://sgi2.isprambiente.it/arcgis/services/servizi/sismicita/MapServer/WmsServer>).

Nel dettaglio l'indicatore rischio sismico è valutato come il rapporto tra la sommatoria dei tratti (lunghezza, m) del tracciato interferenti con le zone sismiche e la lunghezza totale del tracciato (lunghezza, m). Ad ogni zona sismica è stato attribuito un peso, maggiore per le zone sismiche più pericolose (peso massimo 1 per la Zona 1) e minore per le zone a minore pericolosità (peso minimo 0 per la Zona 4). Il risultato finale è dato dal rapporto ottenuto moltiplicato per il peso relativo alla classe di rischio e, di conseguenza, il valore finale per l'indicatore "rischio sismico" è un dato adimensionale.

I risultati mostrano che le quattro alternative di tracciato ricadono tutte completamente in zona sismica 2, rendendo i valori finali uguali.

I valori di riferimento per i suddetti indicatori, sono riportati nella tabella seguente, che come già espresso in precedenza, sono risultati ininfluenti ai fini della simulazione AMC in quanto sono tutti equivalenti per le quattro alternative.

CRITERIO	INDICATORE			ALTERNATIVE			
Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
2.2 SOTTOSUOLO: GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA E IDRAULICA	INTERFERENZA CON AREA A RISCHIO GEOMORFOLOGICO	rapporto tra la sommatoria dei tratti (lunghezza, m) del tracciato interferenti con le aree a rischio e la lunghezza totale del tracciato (lunghezza, m)	Adimensionale	0	0	0	0
	INTERFERENZA CON AREA A RISCHIO IDRAULICO	Sommatoria dei tratti (lunghezza) interferenti con le aree a rischio	m	0	0	0	0
	INTERFERENZA CON RETICOLO IDROGRAFICO	Numero intersezioni con il reticolo idrografico	N	3	3	3	3
	RISCHIO SISMICO	rapporto tra la sommatoria dei tratti (lunghezza, m) del tracciato interferenti con le zone sismiche e la lunghezza totale del tracciato (lunghezza, m).	Adimensionale	0,75	0,75	0,75	0,75

Tabella 4 - Quantificazione indicatori per il criterio "Sottosuolo: geomorfologia, idrogeologia e idraulica" non oggetto di simulazione

• **MITIGAZIONE CAMBIAMENTI CLIMATICI**

Nel criterio *Mitigazione cambiamenti climatici* al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative sono stati scelti i seguenti indicatori:

- ✓ Emissioni in fase di esercizio;
- ✓ Impronta climatica nella fase di realizzazione dell'opera;

- ✓ Emissioni in fase di esercizio.

Le emissioni di gas a effetto serra, derivanti dalle attività umane, rappresentano la principale causa del cambiamento climatico e continuano ad aumentare. In assenza di adeguati provvedimenti, si prevede che la temperatura media della superficie terrestre aumenti di 3°C in questo secolo. In tale contesto le comunità più vulnerabili risultano maggiormente esposte ai rischi di natura climatica.

Le criticità del contesto attuale richiedono soluzioni coordinate a livello internazionale e cooperazione al fine di aiutare i Paesi in via di sviluppo a muoversi verso un'economia a bassa emissione di carbonio. Pertanto, le infrastrutture sostenibili forniscono un contributo concreto alle

strategie globali di sviluppo sostenibile, mirando alla riduzione degli impatti sull'ambiente e alla decarbonizzazione del settore dei trasporti.

L'indicatore "Consumo energetico in fase di esercizio" ha l'obiettivo di stimare i consumi energetici da trazione del materiale rotabile e relative emissioni CO₂eq per le diverse alternative progettuali al fine di identificare la soluzione che comporta un minor dispendio energetico in fase di esercizio.

Le alternative analizzate sono relative alle Soluzioni progettuali proposte di seguito riportate:

- **Alternativa 1:** Bypass con livelletta alta e stazione sul bypass a nord - Pendenza stazione 6 ‰;
- **Alternativa 2:** Bypass con livelletta alta e stazione sul bypass a nord -Pendenza stazione 2.5 ‰;
- **Alternativa 3:** Bypass con livelletta alta e stazione a nord sulla linea attuale-Pendenza stazione 1.2 ‰;
- **Alternativa 4:** Bypass con livelletta bassa e stazione sul bypass al centro Pendenza stazione 1.2 ‰.

Per la stima dei consumi energetici e delle emissioni climateranti della trazione elettrica, relative alle diverse alternative, si è proceduto inizialmente ad individuare il valore previsto per gli scenari considerati in termini di numero treni giorno.

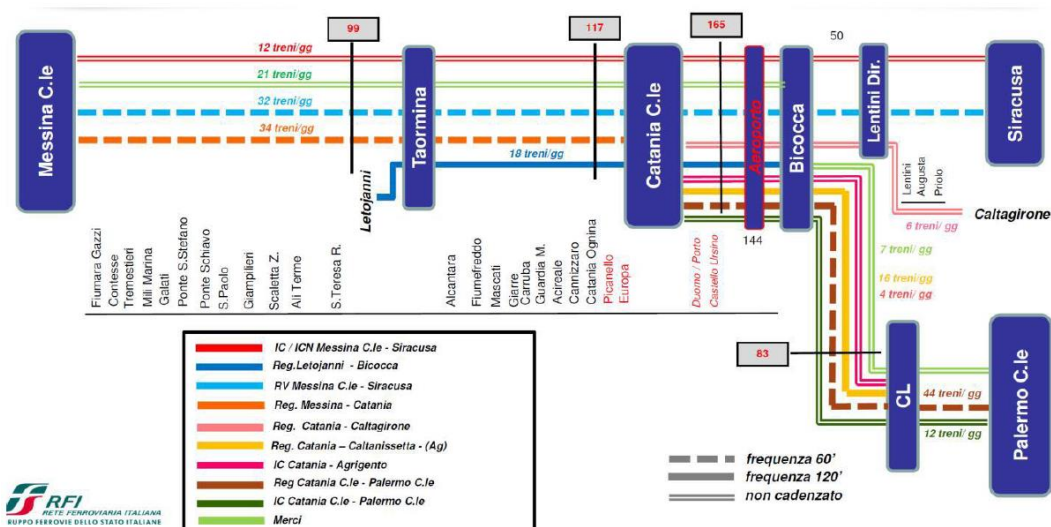


Figura 22 - Modello di esercizio a Regime

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA CATANIA – SIRACUSA BYPASS DI AUGUSTA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RS60	LOTTO 00 R 16	CODIFICA RG	DOCUMENTO EF0005 001	REV. B

Considerando il tratto di linea interessata Lentini Dir. <-> Siracusa, dalla figura 1 è possibile individuare il n° di treni/gg per la tipologia di rotabile utilizzato sulla linea

MODO	Treni/GG
Regionali	32
Lunga Percorrenza (LP)	12
TOT	44

Tabella 5 - Treni giorno

Dall'analisi delle diverse soluzioni progettuali proposte, risulta che il traffico ferroviario è lo stesso per tutte le alternative.

Il calcolo effettuato per la quantificazione dei consumi ha considerato le diverse lunghezze dei percorsi proposti (km). In funzione dei tracciati, tramite le simulazioni marcia treno, è stato possibile ricavare un consumo specifico (kWh/km) relativo al materiale rotabile con riferimento ad ogni alternativa. Nella seguente tabella sono riportati i valori relativi alle diverse lunghezze e consumi specifici delle alternative proposte.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Consumo specifico treno REG [kWh/km]	6,8	6,9	5,7	6,3
Consumo specifico treno LP [kWh/km]	15,1	15,1	13,5	14,2
Lunghezza [km]	3,025	3,025	3,1	3,45

Tabella 6 Lunghezze e consumi specifici Soluzioni proposte

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 da TE. Lo studio, così condotto, ha portato alla quantificazione dei consumi di energia elettrica annua di seguito riportati.

	Alternativa 1 [MWh _e /anno]	Alternativa 2 [MWh _e /anno]	Alternativa 3 [MWh _e /anno]	Alternativa 4 [MWh _e /anno]
Regionale	184	187	158	195
Lunga Percorrenza	153	153	141	165
Totale	338	340	299	359

Tabella 7 Consumi TE relativi alle soluzioni proposte

Per il calcolo delle emissioni climalteranti, si è fatto uso dei dati presenti in tabella 7 e dei coefficienti di conversione forniti dalla banca dati ISPRA espressi in g di CO₂_eq per kWh elettrico consumato. Nella seguente tabella viene riportato il confronto delle emissioni climalteranti, espresse in termini di tonnellate di CO₂ equivalente, relative alle diverse alternative.

	Alternativa 1 [ton CO ₂ _eq /anno]	Alternativa 2 [ton CO ₂ _eq /anno]	Alternativa 3 [ton CO ₂ _eq /anno]	Alternativa 4 [ton CO ₂ _eq /anno]
Regionale	50	51	43	53
Lunga Percorrenza	42	42	38	45
Totale	91	92	81	97

Tabella 8 - Emissioni climalteranti relative alle soluzioni proposte

Dal confronto dei risultati mostrati in tabella 8, si nota una maggiore emissione climalterante annua relativa all'alternativa 4, tale effetto è dovuto, principalmente, alla maggiore lunghezza del percorso associato. Dall'analisi condotta risulta che la soluzione preferibile dal punto di vista energetico (consumi TE) e ambientale (Emissioni climalteranti) risulta l'alternativa 3 alla quale è associato un valore di lunghezza del percorso inferiore e prestazioni più efficienti del materiale rotabile.

- ✓ Impronta climatica nella fase di realizzazione dell'opera

La stima parametrica delle emissioni GHG in fase di realizzazione dell'opera viene effettuata 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 stimare³ i potenziali impatti in termini di emissione GHG correlati.

L'applicazione della stima parametrica dell'impronta climatica alle alternative progettuali individuate per "Bypass Augusta" genera i risultati riportati nella seguente tabella, espressi per ciascuna soluzione in tonnellate di CO_{2e}:

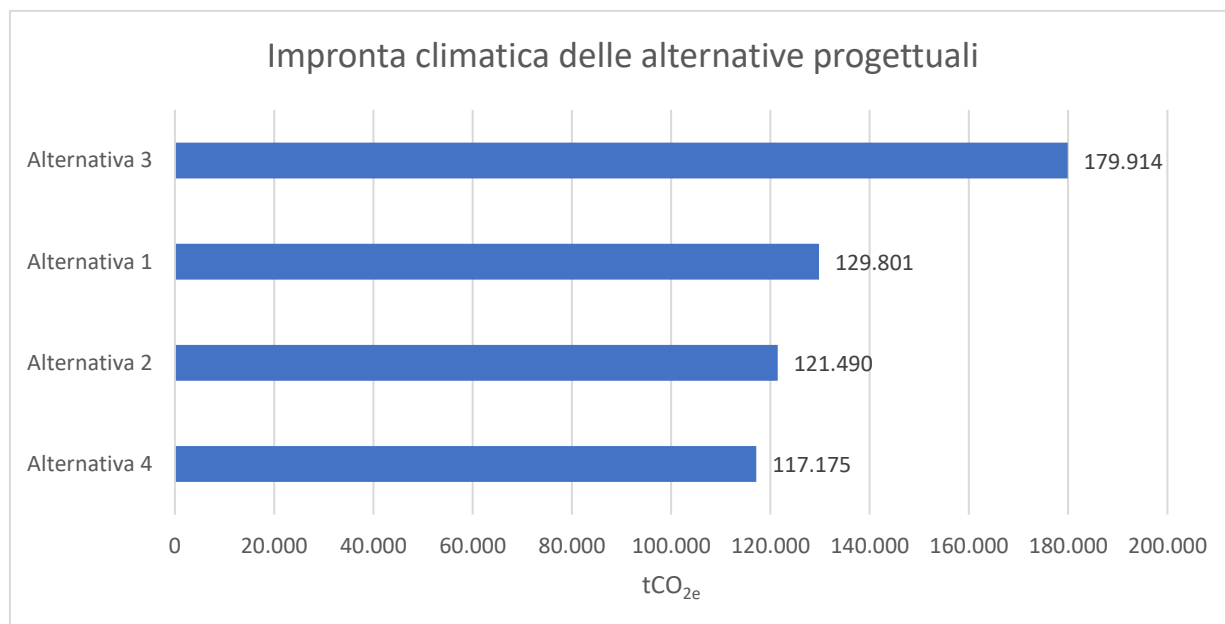


Figura 23 - Impronta climatica delle alternative progettuali

Nella seguente tabella si riporta la stima di ciascun indicatore per il criterio *Mitigazione cambiamenti climatici*.

³ Con una variabilità del risultato pari a ±20%

CRITERIO	INDICATORE			ALTERNATIVE			
	Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
2.3 MITIGAZIONE CAMBIAMENTI CLIMATICI	Emissioni in fase di esercizio	Emissioni in tonnellate di CO2e per anno	[ton CO2_eq /anno]	91	92	81	97
	Impronta climatica nella fase di realizzazione dell'opera	Emissioni in tonnellate di CO2e in fase di realizzazione dell'opera	[tCO2e]	129801	121490	179914	117175

Tabella 9 - Quantificazione indicatori per il criterio "Emissioni"

- **Paesaggio naturale e antropico**

Lo scopo dell'analisi comparativa è quello di evidenziare le interferenze delle alternative di tracciato con le aree vincolate ai fini della tutela del paesaggio.

Nel criterio *Paesaggio naturale e antropico* al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative sono state esaminate:

- ✓ aree con vincolo paesaggistico art.136 del d.lgs. 42/2004;
- ✓ aree protette (aree naturali protette, rete natura 2000);
- ✓ aree con vincolo paesaggistico art. 142 del d.lgs. 42/2004.

Le quattro alternative di tracciato non interferiscono direttamente con aree protette o vincolate.

Tuttavia, tutte e quattro le alternative sono caratterizzate da un altissimo valore ambientale poiché prevedono la dismissione della linea storica, direttamente interferente con il Sito Natura 2000: ZSC ITA090014 Saline di Augusta.



Figura 24 -Interferenza tra la linea storica (in nero) e la ZSC ITA090014 Saline di Augusta. In rosso le alternative proposte.

Per quanto riguarda la sostenibilità ambientale, in materia di archeologia, sono stati utilizzati tre indicatori:

- ✓ presenza/assenza di vincoli archeologici ex art. 10 del Dlg. 42/2004,
- ✓ interferenza con aree di interesse archeologico ex dlgs 42\2004,art.142 lettera m
- ✓ prossimità con siti/ambiti di interesse archeologico, entro il raggio di 1 km dal tracciato

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

- sito del MiC Vincoliinrete: <http://vincoliinrete.beniculturali.it/>
- Piano Territoriale Provinciale di Augusta
http://www.provincia.siracusa.it/piano_paesaggistico.php

Siracusa

Tuttavia, 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 D.lgs. 50/2016, potrebbe valutare di “interesse archeologico”, richiedendo l’esecuzione di indagini archeologiche preventive.

Alternativa 1

Dalla verifica risultano 0 vincoli archeologici e una interferenza per ml 176 con area di interesse archeologico.

Tuttavia, 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 D.lgs. 50/2016, potrebbe valutare di “interesse archeologico”, richiedendo l’esecuzione di indagini archeologiche preventive.

Alternativa 2

Per quanto riguarda la sostenibilità ambientale, in materia di archeologia, sono stati utilizzati tre indicatori: il primo parametro utilizzato è stata la presenza/assenza di vincoli archeologici ex art. 10 del Dlg. 42/2004, il secondo parametro è l’interferenza con aree di interesse archeologico ex d.lgs. 42/2004, art.142 lettera mil terzo parametro è la prossimità con siti/ambiti di interesse archeologico, entro il raggio di 1 km dal tracciato

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

sito del MiC Vincoliinrete: <http://vincoliinrete.beniculturali.it/>, Piano Territoriale Provincia Siracusa http://www.provincia.siracusa.it/piano_paesaggistico.php

Dalla verifica risultano 0 vincoli archeologici e nessuna interferenza con aree di interesse archeologico. Si registra una prossimità di 15 m con area di interesse archeologico.

Tuttavia, 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 D.lgs. 50/2016,

potrebbe valutare di "interesse archeologico", richiedendo l'esecuzione di indagini archeologiche preventive.

Alternativa 3

Per quanto riguarda la sostenibilità ambientale, in materia di archeologia, sono stati utilizzati tre indicatori: il primo parametro utilizzato è stata la presenza/assenza di vincoli archeologici ex art. 10 del Dlg. 42/2004, il secondo parametro è l'interferenza con aree di interesse archeologico ex d.lgs. 42\2004,art.142 lettera mil terzo parametro è la prossimità con siti/ambiti di interesse archeologico, entro il raggio di 1 km dal tracciato

La verifica è stata effettuata tramite la consultazione delle risorse disponibili on-line: sito del MiC Vincoliinrete: <http://vincoliinrete.beniculturali.it/>, Piano Territoriale Provincia Siracusa http://www.provincia.siracusa.it/piano_paesaggistico.php

Dalla verifica risultano 0 vincoli archeologici e una interferenza per ml 175 con area di interesse archeologico.

Tuttavia, 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 4

Per quanto riguarda la sostenibilità ambientale, in materia di archeologia, sono stati utilizzati tre indicatori: il primo parametro utilizzato è stata la presenza/assenza di vincoli archeologici ex art. 10 del Dlg. 42/2004, il secondo parametro è l'interferenza con aree di interesse archeologico ex dlgs 42\2004,art.142 lettera mil terzo parametro è la prossimità con siti/ambiti di interesse archeologico, entro il raggio di 1 km dal tracciato

La verifica è stata effettuata tramite la consultazione delle risorse disponibili on-line: sito del MiC Vincoliinrete: <http://vincoliinrete.beniculturali.it/>, Piano Territoriale Provincia Siracusa http://www.provincia.siracusa.it/piano_paesaggistico.php

Dalla verifica risultano 0 vincoli archeologici e nessuna interferenza con aree di interesse archeologico. Si registra una prossimità di 233 m con area di interesse archeologico.

Tuttavia, 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.

EFFICACIA TRASPORTISTICA

La categoria “*Efficacia trasportistica*” è stata studiata attraverso due criteri: uno di natura strettamente trasportistica e l’altro di esercizio ferroviario.

L’analisi dal punto di vista del criterio trasportistico ha considerato vari indicatori, ad esempio le modifiche apportate a livello di viabilità stradale, di connettività con la rete di trasporto o di appetibilità dell’offerta. Dal punto di vista delle viabilità, entrambe le alternative vedono la soppressione di PL con il ripristino delle viabilità attraverso opere di ricucitura. Dal punto di vista di connessioni con altre modalità di trasporto (possibilità di interscambio modale), le alternative non evidenziano benefici di rilievo, come anche dal punto di vista di domanda potenziale indotta. L’analisi, quindi, dal punto di vista trasportistico ha dato come risultato l’equivalenza tra le due alternative. Detto criterio è stato, quindi, elemento della valutazione quantitativa.

Per quanto riguarda il criterio esercizio ferroviaria si riporta di seguito la analisi effettuata.

- **Esercizio ferroviario**

Nel criterio Esercizio ferroviario al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative sono stati scelti i seguenti indicatori:

- ✓ Prestazione massima locomotiva;
- ✓ Recupero tempi di percorrenza.

L’indicatore di performance “**recupero tempo di percorrenza**” è stato definito come la differenza tra il tempo di percorrenza attuale e quello di progetto relativamente alle varie soluzioni di tracciato. In particolare, i tempi di percorrenza sono stati calcolati attraverso il software specialistico IF-SIM (proprietario Italferr). Lo strumento rende possibile lo studio della marcia del treno su una linea, in relazione alle prestazioni di uno specifico materiale rotabile, alla configurazione del tracciato

(livellette, curve planimetriche, stazioni, PM, sistema di distanziamento, segnalamento ecc.) e alle caratteristiche commerciali del servizio (tempi di fermata, allungamenti), fornendo tempi di percorrenza, velocità e consumi energetici.

Le simulazioni di marcia, dunque, sono state eseguite conformemente alle velocità di tracciato definite in fase di progetto, e con riferimento al materiale rotabile Minuetto Elettrico (3 casse) avente le seguenti caratteristiche:

<i>Locomotiva</i>	<i>Minuetto Elettrico (3 casse)</i>
Massa	92 t
Lunghezza	52 m

Per simulare le diverse soluzioni di tracciato, è stata mantenuta la fermata nella stazione di Augusta ed è stato tenuto in conto anche il tempo di sosta, al fine di rendere confrontabili i risultati ottenuti.

In generale, le quattro alternative presentano recuperi di tempo, rispetto all'attuale, sostanzialmente equivalenti tra loro, di circa 3 min. Pertanto, si è deciso di non considerare tale indicatore ai fini dell'analisi.

La **prestazione massima della locomotiva in partenza ($P_{\text{TRAIN}}^{\text{MAX}}$)**, rappresenta il massimo carico trainabile allo spunto rispetto alla pendenza della livelletta ed all'accelerazione da assicurare. Imponendo l'uguaglianza tra forza di trazione e forza di aderenza si ottiene:

$$P_{\text{TRAIN}}^{\text{MAX}} = \mu P_{\text{LOC}}^{\text{ad}} / (r_0 + i + a/g) - P_{\text{LOC}}$$

in cui

- μ è il coefficiente di aderenza;
- $P_{\text{LOC}}^{\text{ad}}$ è il peso aderente, ovvero la somma dei pesi che gravano sugli assi motori del locomotore.
- g è l'accelerazione di gravità;
- a è l'accelerazione impressa al treno.
- r_0 è la resistenza specifica in piano ed in rettilineo;

- i è la pendenza della livelletta sulla quale il treno deve (ri)partire, espressa in ‰.

Le verifiche di (ri)partenza sono state eseguite con riferimento alla Disp.2 del 2005 All.1 (DI TCRST SR CF 04 001 B), secondo la quale “*il treno dovrà essere in grado di avviarsi da tutti i punti della linea con un’accelerazione di $0,03 \pm 0,07 \text{ m/s}^2$ [...] in relazione al tempo di utilizzo dello sforzo di avviamento massimo*”.

Le verifiche sono state effettuate rispetto ai seguenti dati di input:

Grandezza	Simbolo	Valore
Accelerazione minima [m/s^2]	a	0.03
Coefficiente di aderenza	μ	0,28
Resistenze specifica al moto [daN/t]	r_0	2,1
Pendenza livelletta [‰]	i	$15 \div 18$

Tabella 10 – Dati di input per la simulazione

Le caratteristiche della locomotiva considerate sono: $P_{\text{LOC}} = P^{\text{ad}}_{\text{LOC}} = 90 \text{ t}$

Dai risultati ottenuti si ricava che, a parità di peso aderente e di un’accelerazione allo spunto di 0.03 m/s^2 , l’alternativa più limitativa per la prestazione massima della locomotiva è rappresentata dalle alternative 1 e 2, che risentono maggiormente dell’effetto della pendenza della livelletta (18‰), garantendo per i treni merci un peso trainato di 1001 t.

Un decremento della pendenza massima di progetto (15,6 ‰), invece, determina un aumento della prestazione massima della locomotiva in partenza con un massimo carico trainato pari a 1127 t. nella alternativa 3.

Nella seguente tabella si riporta la stima di ciascun indicatore per il criterio *Esercizio ferroviario*.

CRITERIO	INDICATORE			ALTERNATIVE			
	Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
3.1 ESERCIZIO FERROVIARIO	PRESTAZIONE MASSIMA LOCOMOTIVA	massimo carico trainabile allo spunto rispetto alla pendenza della livelletta	T	1001	1001	1127	1061

Tabella 11 – Quantificazione indicatori per il criterio “Esercizio ferroviario”

I valori di riferimento per l'indicatore di tempi di percorrenza, sono riportati nella tabella seguente, che come già espresso in precedenza, sono risultati ininfluenti ai fini della simulazione AMC in quanto sono simili per le quattro alternative.

CRITERIO	INDICATORE			ALTERNATIVE			
	Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
3.1 ESERCIZIO FERROVIARIO	TEMPI DI PERCORRENZA	Recupero tempi di percorrenza rispetto attuale	min	3'	3'	3' 01"	3'03"

Tabella 12 - Quantificazione indicatori per il criterio "Esercizio Ferroviario" non oggetto di simulazione

- **EFFICACIA TRASPORTISTICA (Connettività e sviluppo del territorio)**

Da un punto di vista *trasportistico* le diverse alternative progettuali sono state confrontate in riferimento alle ricadute su l'accessibilità al servizio ferroviario rispetto alla situazione attuale. Tali ricadute sono state misurate attraverso il calcolo di alcuni indicatori sintetici scelti in considerazione dei fini delle analisi e del confronto tra le differenti alternative:

- ✓ Indicatore di popolazione mobile servita;
- ✓ Indicatore di accessibilità territoriale;
- ✓ Indicatore di tempo medio di accesso al servizio pesato rispetto alla popolazione mobile.

L'analisi di accessibilità per la definizione degli indicatori trasportistici è stata eseguita mediante il Software VISUM e tramite l'utilizzo di grafi *OpenStreetMap* grazie ai quali è possibile misurare la distanza temporale in auto tra le sezioni censuarie del Comune di Augusta e la principale località dei Comuni della Provincia di Siracusa dove risiedono la maggior parte dei residenti e una specifica destinazione, che nel caso in esame è rappresentata dalla diversa posizione della stazione ferroviaria di Augusta nei vari scenari.

La discretizzazione della domanda è stata eseguita posizionando un centroide per ogni Comune della Provincia oggetto di studio, eccetto per il Comune di Augusta per il quale è stato considerato un centroide per ognuna delle sezioni censuarie individuate da ISTAT. Per quanto riguarda i centroidi dei Comuni della Provincia di Siracusa essi sono stati posizionati nella località ISTAT con

	LINEA CATANIA – SIRACUSA BYPASS DI AUGUSTA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RS60	LOTTO 00 R 16	CODIFICA RG	DOCUMENTO EF0005 001	REV. B

maggior popolazione di ogni Comune per replicare al meglio il comportamento medio degli utenti e i tempi calcolati sono relativi al modo auto. Gli indicatori che vengono stimati fanno riferimento al confronto delle quattro alternative con lo scenario attuale.

Al fine di ottenere una stima più significativa degli indicatori, si è deciso di non considerare l'intera popolazione ISTAT residente al 2019 ma la sola componente "mobile" (inteso come più reale bacino potenziale di utenza), ovvero la componente di età compresa tra 18 e 69 anni che tipicamente rappresenta la popolazione che effettua, oltre agli spostamenti occasionali, la maggior parte degli spostamenti sistematici (spostamenti per lavoro e per studio).

Come isocrona di riferimento è stata considerata quella posta a **15 min** dalla localizzazione della stazione più vicina, assunta come soglia temporale di attrattività del servizio ferroviario e in grado di valutare gli effetti delle variazioni derivanti dalle diverse alternative.

- ✓ Indicatore di popolazione mobile servita;

Il primo indicatore trasportistico studiato è rappresentato da l'accessibilità della "popolazione mobile" al servizio ferroviario. Dato un bacino potenziale di utenti, tale indicatore è in grado di stimare la porzione di popolazione che si trova ad una data distanza temporale da una specifica destinazione.

La formulazione utilizzata è la seguente:

$$A_{pms}^{\tau} = \sum_{i=1}^n Pop\ mobile_i^{\tau}$$

dove "Pop mobile_i^τ" è la popolazione mobile della zona *i*-esima che si trova entro una determinata soglia temporale τ .

Nella tabella seguente (Tabella 13) vengono messi a confronto i risultati ottenuti per ogni alternativa rispetto allo scenario attuale in modo da calcolare l'indicatore relativo alla variazione di popolazione mobile (espressa in percentuale) che rientra nell'intervallo 0-15 min di riferimento, al fine di supportare la scelta di una delle tre alternative progettuali.

Alternative	Indicatore di popolazione mobile servita entro 15 min [pop]	Variazione % su isocrone di 15 min rispetto allo scenario Attuale
Scenario Attuale	17.637	--
Alternativa 1	18.403	+4,35%
Alternativa 2	18.403	+4,35%
Alternativa 3	16.654	-5,57%
Alternativa 4	18.304	+3,78%

Tabella 13 – Variazione percentuale dell'indicatore di popolazione mobile servita per ogni alternativa rispetto allo scenario attuale

L'analisi di accessibilità eseguita per le diverse alternative ha evidenziato come le alternative 1 e 2 sono quelle per le quali viene misurata la maggiore variazione percentuale, circa il 4%, rispetto allo scenario attuale, seguita poi dall'alternativa 4 che prevede circa il 3% di popolazione mobile in più rispetto all'attuale. L'alternativa 3, che prevede il posizionamento della stazione più a nord rispetto alle aree più densamente abitate e, quindi, rispetto all'attuale posizione della stazione di Augusta, è l'unica che perde circa il 5% di popolazione mobile attratta nel raggio di 15 min rispetto allo scenario attuale.

- ✓ Indicatore di accessibilità territoriale;

Altro indicatore considerato è quello relativo a "l'accessibilità territoriale" il quale consente di avere una misura delle aree ad una determinata distanza temporale da una specifica destinazione.

La formulazione utilizzata è la seguente:

$$A_{re}^{\tau} = \sum_{i=1}^n S^{\tau}$$

dove "S^τ" è l'area dei Comuni che si trovano entro la soglia temporale di 15 min fornita dall'ISTAT in m², eccetto per il Comune di Augusta per il quale è stata considerata l'area delle sezioni censuarie individuate da ISTAT e posizionate entro la stessa soglia temporale di 15 min.

Nella tabella seguente (Tabella 14) vengono messi a confronto i risultati ottenuti per ogni alternativa rispetto allo scenario attuale in modo da calcolare l'indicatore relativo alla variazione di accessibilità

territoriale (espressa in percentuale) che rientra nell'intervallo 0-15 min di riferimento, al fine di supportare la scelta di una delle tre alternative progettuali.

Alternative	Indicatore di accessibilità territoriale entro 15 min [km ²]	Variazione % su isocrone di 15 min rispetto allo scenario Attuale
Scenario Attuale	30,10	--
Alternativa 1	40,78	+35,48%
Alternativa 2	40,78	+35,48%
Alternativa 3	39,78	+32,14%
Alternativa 4	35,02	+16,33%

Tabella 14- Variazione percentuale dell'indicatore di accessibilità territoriale per ogni alternativa rispetto allo scenario attuale

Tale indicatore consente di ottenere un'idea immediata della copertura del territorio nel raggio di 15 min dal posizionamento della stazione di Augusta e si può quindi notare come le alternative 1 e 2 presentano il massimo valore di accessibilità a confronto di tutte le alternative studiate rispetto allo scenario attuale. Questo indicatore, a differenza del precedente, può dare indicazioni anche relativamente a possibili sviluppi sul territorio non essendo legato solo alla presenza degli attuali insediamenti abitativi ma alla sola estensione territoriale delle zone studiate.

✓ Indicatore di tempo medio di accesso al servizio pesato rispetto alla popolazione mobile

Ultimo indicatore trasportistico analizzato è "l'indicatore di tempo medio di accesso al servizio pesato rispetto alla popolazione mobile" che consente di ottenere una misura ponderata del tempo necessario per raggiungere una specifica destinazione rispetto alla popolazione mobile di età compresa tra i 18 e i 69 anni.

La formulazione utilizzata è la seguente:

$$Ai_{pmp}^{\tau} = \frac{\sum^n T^{\tau} * Pop\ mobile^{\tau}}{Pop\ mobile^{\tau}}$$

dove "Pop mobile^τ" è la popolazione mobile che si trova entro una determinata soglia temporale, in questo caso posta pari a 15 min, e "T^τ" è il tempo medio di percorrenza dal centroide alla destinazione finale (ossia la stazione).

Nella tabella seguente (*Tabella 15*) vengono messi a confronto i risultati ottenuti per ogni alternativa rispetto allo scenario attuale in modo da calcolare l'indicatore relativo alla variazione di tempo medio di accesso al servizio pesato rispetto alla popolazione mobile (espressa in percentuale) che rientra nell'intervallo 0-15 min di riferimento, al fine di supportare la scelta di una delle tre alternative progettuali.

Alternative	Indicatore di tempo medio di accesso al servizio pesato rispetto alla popolazione mobile servita entro 15 min [min/pers]	Variazione % su isocrone di 15 min rispetto allo scenario Attuale
Scenario Attuale	6,32	--
Alternativa 1	9,02	+42,86%
Alternativa 2	9,02	+42,86%
Alternativa 3	9,73	+54,12%
Alternativa 4	9,71	+53,80%

Tabella 15- Variazione percentuale dell'indicatore di tempo medio di accesso al servizio pesato rispetto alla popolazione mobile per ogni alternativa rispetto allo scenario attuale

Chiave di lettura di tale indicatore è quello di voler verificare che, per una data isocrona, l'accessibilità sia garantita in tempi contenuti (ossia posizionandosi quanto più possibile in corrispondenza del livello inferiore dell'intervallo dell'isocrona): valori più bassi indicano che la popolazione servita si trova in media ad una distanza più bassa dalla stazione di riferimento, tuttavia, va fatto notare che valori di tempi medi più alti potrebbero garantire accesso ad un bacino più ampio. Ciò, infatti, è dimostrato guardando il primo indicatore (indicatore di popolazione mobile servita) secondo il quale le alternative che garantiscono al maggior numero di utenti una accessibilità al servizio ferroviario entro i 15 minuti sono la 1 e la 2. Detta popolazione, come dimostrato dall'indicatore relativo al tempo medio di accesso al servizio, si trova mediamente ad un tempo di circa 3 min in più dalla stazione futura (vivendo in case sparse) rispetto a quello della popolazione (però inferiore) dello scenario attuale che risiede nel nucleo densamente abitato della città e dove è attualmente ubicata la stazione di Augusta.

Nella seguente tabella si riporta la stima di ciascun indicatore per il criterio *Efficacia trasportistica*.

CRITERIO	INDICATORE			ALTERNATIVE			
	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
3.2 EFFICACIA TRASPORTISTICA	Popolazione mobile servita entro 15 min	Variazione % su isocrone di 15 min rispetto allo Scenario Attuale	%	4,35%	4,35%	-5,57%	3,78%
	Accessibilità territoriale entro 15 min	Variazione % su isocrone di 15 min rispetto allo Scenario Attuale	%	35,48%	35,48%	32,14%	16,33%
	Tempo medio di accesso al servizio pesato rispetto alla popolazione mobile servita entro 15 min	Variazione % su isocrone di 15 min rispetto allo Scenario Attuale	%	42,86%	42,86%	54,12%	53,80%

Tabella 16 -Quantificazione indicatori per il criterio "Efficacia Trasportistica"

REALIZZAZIONE ED ECONOMIA DEL PROGETTO

La categoria *Realizzazione ed economia del progetto* valuta il progetto dal punto di vista del solo criterio costruzione.

✓ Costruzione

Il criterio *Costruzione* valuta il progetto dal punto di vista dei tempi, costi e delle fasi di realizzazione dell'intervento, quindi al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative sono stati scelti i seguenti indicatori:

- ✓ Tempi di realizzazione;
- ✓ Interferenza con le viabilità;
- ✓ Costi di realizzazione.

- ✓ Tempi di realizzazione

L'indicatore relativo ai "tempi di realizzazione" consente di capire la durata dei lavori comprensiva di attività propedeutiche iniziali fino alla disponibilità per le verifiche tecniche (CVT ed ANSF). Per le quattro alternative individuate, la stima temporale comprende le attività propedeutiche iniziali, le attività di costruzione, una coda di attività relative all'attrezzaggio tecnologico e verifiche

appaltatore. La stima non tiene conto del tempo necessario per i collaudi e le verifiche tecniche (CVT – ANSF). Dall' analisi condotta è emerso che l'alternativa 1 e l'alternativa 2 presentano un tempo di realizzazione stimato in circa 2,0 anni. Entrambe le prime due alternative hanno un valore inferiore di circa 0,5 anno rispetto all'alternativa 4 e di circa 1 anno rispetto all'alternativa 3.

✓ Interferenza con le viabilità

L'indicatore relativo alle "interferenze con le viabilità" analizza l'invasività di ciascuna soluzione alternativa sulla rete viaria esistente e gli interventi di ricucitura necessari, effettuando una sommatoria delle interferenze. Dall' analisi condotta è emerso che l'alternativa 1 non presenta interferenze con la viabilità. L'alternativa 2 e l'alternativa 3 presentano entrambe n.1 interferenze e l'alternativa 4 (la più impattante sul sistema viario) presenta n.3 interferenze.

Nella seguente tabella è riportata la quantificazione degli indicatori considerati per il criterio Costruzione.

✓ Costi di realizzazione

L'indicatore relativo ai "costi di realizzazione" è stato calcolato per le diverse alternative progettuali: *Alternativa 1, Alternativa 2, Alternativa 3 e Alternativa 4*. Al riguardo, si precisa che i criteri utilizzati sono i seguenti:

- In considerazione del livello progettuale, il quale definisce esclusivamente il tracciato delle alternative, le valutazioni sono state effettuate con metodologia parametrica sulla base dei dati di input ricevuti;
- Sono state tenute in considerazione le incidenze delle restanti opere civili, tecnologiche e espropri;
- L'alternativa presa di riferimento è la "1".

Nella seguente tabella si riporta la stima di ciascun indicatore per il criterio *Costruzione*.

CRITERIO	INDICATORE			ALTERNATIVE			
	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
4.1 COSTRUZIONE	TEMPI DI REALIZZAZIONE	Tempi	ANNI	2	2	3	2,5
	INTERFERENZA CON LE VIABILITA'	Interferenza con le viabilità interessate dal tracciato di ciascuna alternativa	N	0	1	1	3
	COSTI DI REALIZZAZIONE	$\Delta\%$ rispetto all'alternativa "1"	%	0%	16%	37%	85%

Tabella 17 – Quantificazione indicatori per il criterio "Costruzione"

4.2 Assegnazione dei pesi

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

Per la determinazione dei pesi relativi alle **categorie** è stata utilizzata la metodologia AHP (*Analytical Hierarchy process*) che è un modello decisionale multicriteria 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.

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.

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

Tabella 18 - Scala di rapporti di Saaty

Il giudizio finale si basa sull'esperienza dei progettisti/analisti coinvolti, con anche 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 19) e la stima dei pesi per ciascuna categoria selezionata (Tabella 20)

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS60	00 R 16	RG	EF0005 001	B	53 di 64

	Complessità infrastrutturale	SOSTENIBILITA' AMBIENTALE	EFFICACIA TRASPORTISTICA	REALIZZAZIONE E ECONOMIA DEL PROGETTO
Complessità infrastrutturale	1	0,17	0,33	0,5
SOSTENIBILITA' AMBIENTALE	6	1	2	5
EFFICACIA TRASPORTISTICA	3	0,50	1	4
REALIZZAZIONE E ECONOMIA DEL PROGETTO	2	0,20	0,25	1
Sum	12,00	1,87	3,58	10,50

Tabella 19 - Matrice dei confronti a coppie

	Complessità infrastrutturale	SOSTENIBILITA' AMBIENTALE	EFFICACIA TRASPORTISTICA	REALIZZAZIONE E ECONOMIA DEL PROGETTO	Pesi
Complessità infrastrutturale	0,083	0,089	0,093	0,048	8%
SOSTENIBILITA' AMBIENTALE	0,500	0,536	0,558	0,476	52%
EFFICACIA TRASPORTISTICA	0,250	0,268	0,279	0,381	29%
REALIZZAZIONE E ECONOMIA DEL PROGETTO	0,167	0,107	0,070	0,095	11%

Tabella 20 - Stima del peso per ciascuna categoria selezionata

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

- ✓ Complessità infrastrutturale = 8%
- ✓ Sostenibilità ambientale = 52%
- ✓ Efficacia trasportistica = 29%
- ✓ Realizzazione ed economia del progetto = 11%

La determinazione dei pesi relativi a **criteri** e **indicatori** è stata ipotizzata sulla base del buon senso e dell'esperienza da parte degli analisti/progettisti coinvolti, e anche sulla base degli studi e delle analisi precedentemente effettuati su progetti simili, 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.

Al fine di garantire la robustezza del peso assegnato per ciascun criterio è stata effettuata un'analisi di sensitività che verrà descritta nei capitoli successivi.

All'interno delle categorie, i pesi sono distribuiti sia per i criteri che per gli indicatori come i seguenti dettagli mostrati nella Tabella 21, all'interno della quale si riportano i risultati ottenuti per le alternative progettuali alla luce di quanto raccolto mediante le analisi specialistiche.

Nella seguente tabella si riporta la stima di ciascun indicatore per tutti i criteri delle quattro categorie analizzate.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA CATANIA – SIRACUSA BYPASS DI AUGUSTA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA						
	ANALISI MULTICRITERIA		COMMESSA RS60	LOTTO 00 R 16	CODIFICA RG	DOCUMENTO EF0005 001	REV. B

Indicatori generali per AMC - Bypass Augusta														
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	Alternativa 4	
1. Complessità infrastrutturale	8%	1.1 Tipologia di opera infrastrutturale prevista nell'intervento	100%	1.1.1	TRATTO IN VARIANTE rispetto ad un tracciato esistente (ferrovia-autostrada)	Estensione dei tratti su nuovo sedime	m	16,67%	1,3%	min	3.025	3.025	3.100	3.450
				1.1.2	RILEVATO/TRINCEA	Estensione tratti in rilevato	m	16,67%	1,3%	min	1.980	3.340	1.100	8.350
				1.1.3	VIADOTTO	Estensione tratti per tipologia di opere d'arte	m	16,67%	1,3%	min	1.299	1.140	2.300	950
				1.1.4	GALLERIA	Estensione tratti per tipologia di opere d'arte	m	16,67%	1,3%	min	0	100	100	900
				1.1.5	INTERFERENZA STRUTTURE PREESISTENTE	Lunghezza struttura interferita	m	16,67%	1,3%	min	425	425	350	1.000
				1.1.6	Necessità di deroga sulla pendenza	Deroga sulla pendenza dei binari di stazionamento	Si o No	16,67%	1,3%	min	si	no	no	no
2. SOSTENIBILITA' AMBIENTALE	52%	2.1 SUOLO	30%	2.1.1	CONSUMO DI NUOVO TERRITORIO	(Sviluppo complessiva del progetto - Sviluppo opera attuale) /Sviluppo opera attuale	%	33,3%	5,2%	min	-82%	-70%	-90%	-30%
				2.1.2	DEMOLIZIONI	Volume/Volume tot max interc. da Alternative	m³	33,3%	5,2%	min	72.000	72.000	85.000	90.000
				2.1.3	Consumo di suolo pro capite	consumo di suolo in m2 previsto dalle opere rapportato al numero di abitanti residenti nel comune di Augusta	m2/Abitante	33,3%	5,2%	min	1,29	1,86	1,72	4,30
		2.2 SOTTOSUOLO: GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA E IDRAULICA	30%	2.2.1	OSTACOLO ALLO SCORRIMENTO SUPERFICIALE	Sommatoria dei tratti (lunghezza) in cui lo scorrimento superficiale è intercettato da opere di difesa idraulica (ad esempio canali di gronda in testa alle trincee)	m	33,3%	5,2%	min	0	0	0	1.076
				2.2.2	VOLUMI DI SCAVO non riutilizzabili	Volume di scavo in m3	m3	33,3%	5,2%	min	67.000	105.000	75.000	175.000
				2.2.3	FABBISOGNO	Quantità di terre da approvvigionare per l'alternativa	m³	33,3%	5,2%	min	61.000	78.000	105.000	271.000
		2.3 Mitigazione cambiamenti climatici	30%	2.3.1	Emissioni in tonnellate di CO2e per anno di esercizio	Emissioni in tonnellate di CO2e per anno	[ton CO2_eq /anno]	50,0%	7,8%	min	91	92	81	97
				2.3.2	Emissioni in tonnellate di CO2e in fase di realizzazione dell'opera	Emissioni in tonnellate di CO2e in fase di realizzazione dell'opera	[tCO2e]	50,0%	7,8%	min	129.801	121.490	179.914	117.175
2.4 PAESAGGIO NATURALE E ANTROPICO	10%	2.4.1	VINCOLI ARCHEOLOGICI	Interferenza con aree di interesse archeologico ex dlgs 42\2004, art.142 lettera m	Sommatoria delle aree vincolate interferite dall'alternativa	ml	70,0%	3,6%	min	176	0	175	0	
		2.4.2		Prossimità con siti/ambiti di interesse archeologico, entro il raggio di 1 km dal tracciato	Distanza lineare minima del tracciato da aree di interesse archeologico (buffer 1 Km)	ml	30,0%	1,6%	min	0	15	0	233	
3. EFFICACIA TRASPORTISTICA *	29%	3.1 ESERCIZIO FERROVIARIO	30%	3.1.1	PRESTAZIONE MASSIMA LOCOMOTIVA	massimo carico trainabile allo spunto rispetto alla pendenza della livelletta	T	100,0%	8,7%	max	1.001	1.001	1.127	1.061
				3.2 EFFICACIA TRASPORTISTICA (Connettività e sviluppo del territorio)	70%	3.2.1	Indicatore di popolazione mobile servita	Variazione % su isocrone di 15 min rispetto allo Scenario Attuale	%	33,3%	6,8%	max	4,35%	4,35%
		3.2.2	Indicatore di accessibilità territoriale			Variazione % su isocrone di 15 min rispetto allo Scenario Attuale	%	33,3%	6,8%	max	35,48%	35,48%	32,14%	16,33%
		3.2.3	Tempo medio di accesso al servizio pesato rispetto alla popolazione mobile servita entro 15 min			Variazione % su isocrone di 15 min rispetto allo Scenario Attuale	%	33,3%	6,8%	min	42,86%	42,86%	54,12%	53,80%
4. REALIZZAZIONE ECONOMICA DEL PROGETTO	11%	5.1 COSTRUZIONE	100%	5.1.1	TEMPI DI REALIZZAZIONE	Stima della durata delle attività connesse a ciascuna alternativa	ANNI	40,0%	4,4%	min	2	2	3	2,5
				5.1.2	INTERFERENZA CON LE VIABILITA'	Interferenza con le viabilità interessate dal tracciato di ciascuna alternativa	N	20,0%	2,2%	min	0	1	1	3
				5.1.3	COSTI DI REALIZZAZIONE	Δ% rispetto all'alternativa "1"	%	40,0%	4,4%	min	0%	16%	37%	85%

Tabella 21 - Scenario pesi attribuiti e matrice di valutazione-ANALISI DI PRIORITÀ DEGLI INTERVENTI

	LINEA CATANIA – SIRACUSA BYPASS DI AUGUSTA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RS60	LOTTO 00 R 16	CODIFICA RG	DOCUMENTO EF0005 001	REV. B

4.3 Risultati Analisi Multicriteria

Nel seguente paragrafo sono riportati i risultati dell'analisi multicriteria sviluppata per l'individuazione dell'alternativa giustificata per il Bypass di Augusta.

I risultati mostrano come l'alternativa "1", con un punteggio complessivo di 62,67/100, risulta preferibile rispetto alle altre soluzioni progettuali (Figura 25). In particolare, questa alternativa presenta risultati comparabili all'alternativa 2, ma di fatto si configura di poco come migliore risposta agli indicatori di Sostenibilità Ambientale, Efficacia trasportistica e Realizzazione ed economia del progetto rispetto quest'ultima.

Nei grafici seguenti si riporta il dettaglio dei risultati ottenuti.

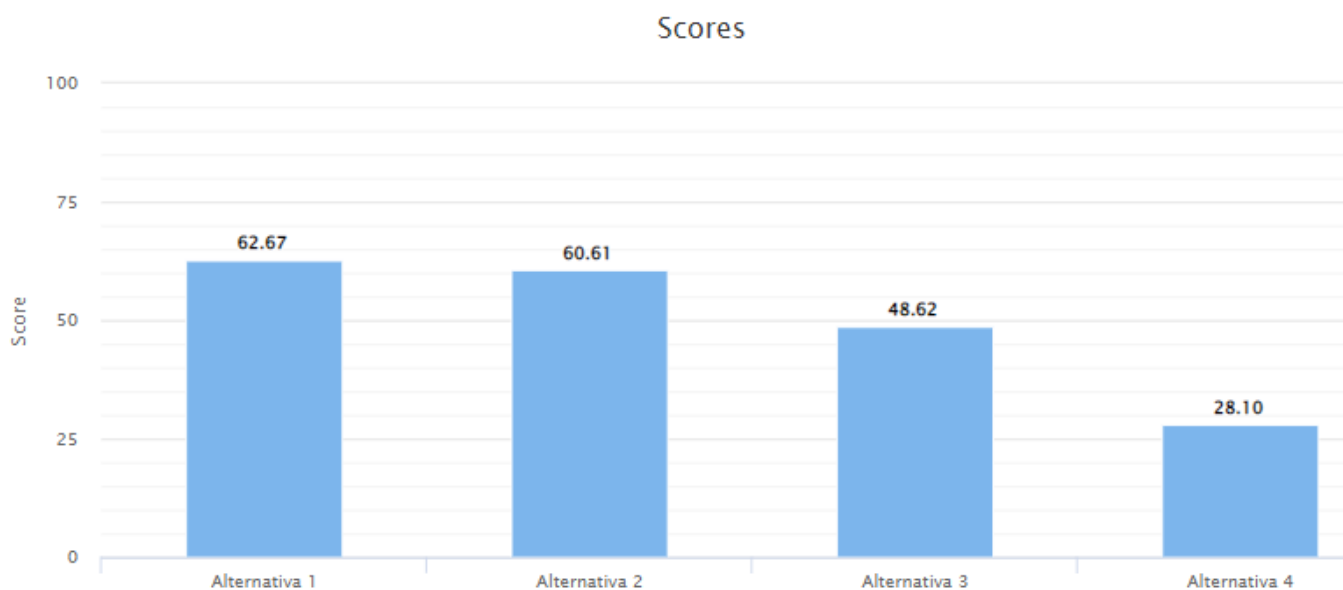


Figura 25 - Ranking finale con le varie alternative progettuali

Nella seguente figura vengono illustrati i dettagli del risultato dell'analisi multicriteria secondo i contributi di ciascuna categoria.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA CATANIA – SIRACUSA BYPASS DI AUGUSTA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RS60	LOTTO 00 R 16	CODIFICA RG	DOCUMENTO EF0005 001	REV. B

Criteria Contribution

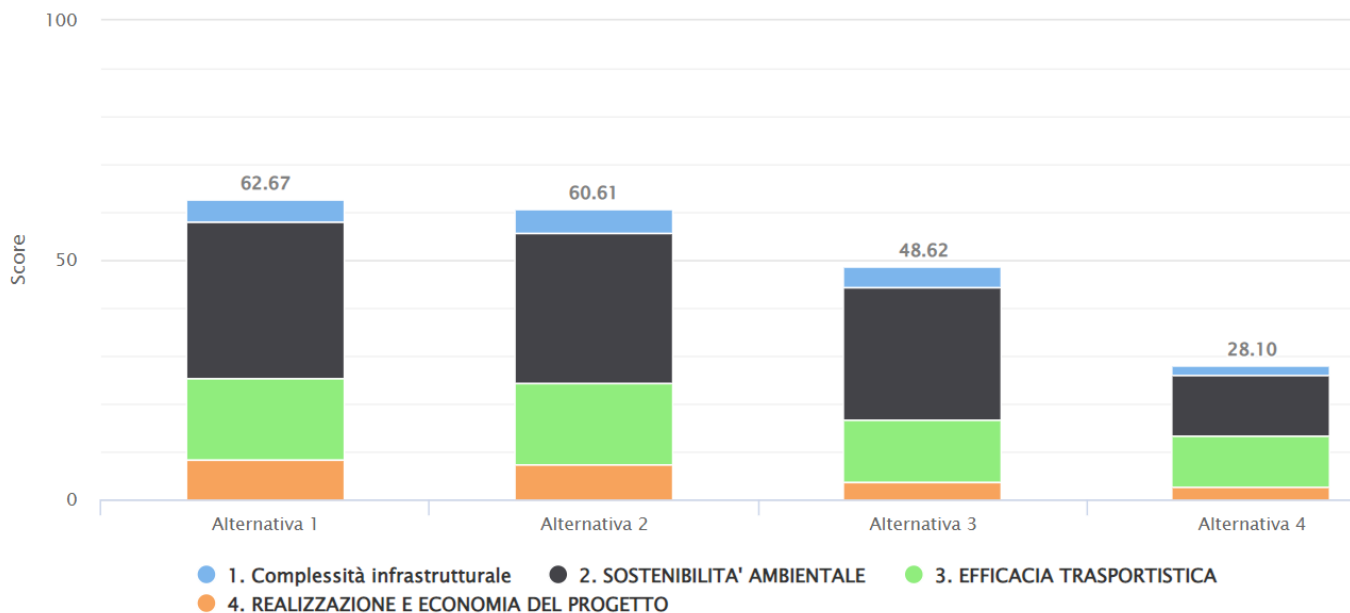
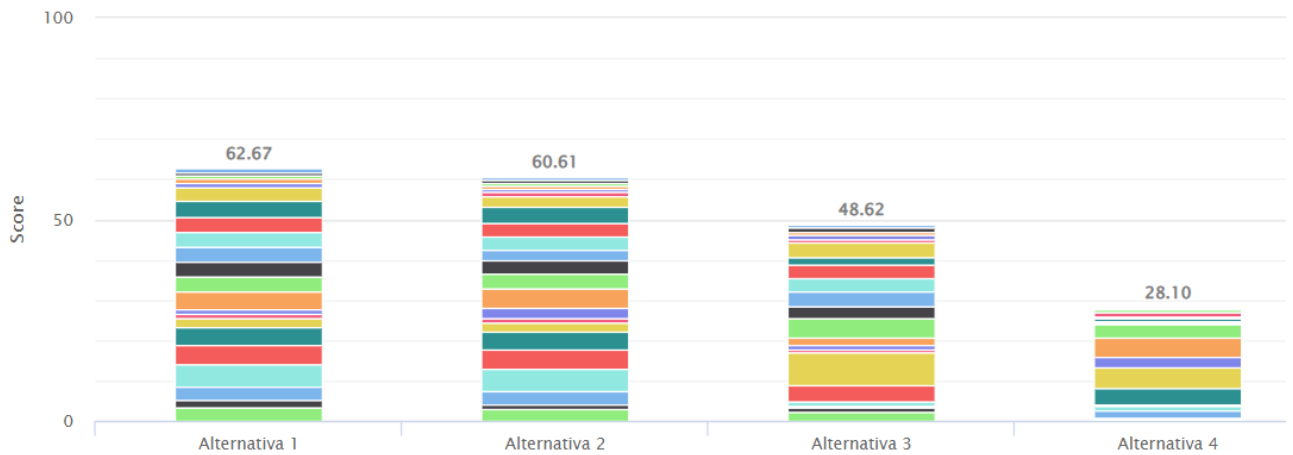


Figura 26 Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascuna categoria

Nella seguente figura vengono illustrati i dettagli del risultato dell'analisi multicriterio secondo i contributi di ciascun indicatore.

Criteria Contribution



- 1.1.1 TRATTO IN VARIANTE rispetto ad un tracciato esistente (ferrovia–autostrada) ● 1.1.2 RILEVATO/TRINCEA ● 1.1.3 VIADOTTO
- 1.1.4 GALLERIA ● 1.1.5 INTERFERENZA STRUTTURE PREESISTENTE ● 1.1.6 Necessità di deroga sulla pendenza
- 2.1.1 CONSUMO DI NUOVO TERRITORIO ● 2.1.2 DEMOLIZIONI ● 2.1.3 Consumo di suolo pro capite
- 2.2.1 OSTACOLO ALLO SCORRIMENTO SUPERFICIALE ● 2.2.2 VOLUMI DI SCAVO non riutilizzabili ● 2.2.3 FABBISOGNO
- 2.3.1 Emissioni in tonnellate di CO2e per anno ● 2.3.2 Emissioni in tonnellate di CO2e in fase di realizzazione dell'opera
- 2.4.1 Interferenza con aree di interesse archeologico ex dlgs 42\2004,art.142 lettera m
- 2.4.2 Prossimità con siti/ambiti di interesse archeologico, entro il raggio di 1 km dal tracciato
- 3.1.1 PRESTAZIONE MASSIMA LOCOMOTIVA ● 3.2.1 Popolazione mobile servita entro 15 min
- 3.2.2 Accessibilità territoriale entro 15 min
- 3.2.3 Tempo medio di accesso al servizio pesato rispetto alla popolazione mobile servita entro 15 min ● 4.1.1 TEMPI DI REALIZZAZIONE
- 4.1.2 INTERFERENZA CON LE VIABILITA' ● 5.1.3 COSTI DI REALIZZAZIONE

Figura 27 - Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascun indicatore

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA CATANIA – SIRACUSA BYPASS DI AUGUSTA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>					
<p>ANALISI MULTICRITERIA</p>	<p>COMMESSA RS60</p>	<p>LOTTO 00 R 16</p>	<p>CODIFICA RG</p>	<p>DOCUMENTO EF0005 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 59 di 64</p>

4.4 Analisi di sensitività

L'analisi di sensitività mira a studiare la variazione dell'alternativa 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 dell'alternativa giustificata identificando gli elementi più sensibili del modello, vale a dire quelli per i quali anche una piccola variazione porta a variazioni significative nei risultati.

In Figura 28 sono rappresentati precisamente gli intervalli ammissibili entro i quali i pesi delle categorie identificate a monte della valutazione possono cambiare senza cambiare la classifica finale.

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 "1" continui ad essere quella giustificata. Per tutte le categorie l'alternativa risulta essere estremamente robusta in quanto si conferma essere la preferibile all'interno dell'intero campo di variabilità di ciascuna di esse (0 – 100%), con la sola eccezione della "Complessità Infrastrutturale", per la quale l'intervallo di stabilità è di (0 – 51,72%). Tale risultato appare comunque più che soddisfacente considerato che il peso attribuito nell'analisi è dell'8%.

Assegnare un peso superiore a quest'ultime significherebbe dover ripartire le restanti percentuali tra le altre tre categorie eseguendo, pertanto, un'analisi con minore sensibilità verso gli aspetti di natura ambientale e di efficacia trasportistica che per le caratteristiche del progetto in questione sarebbe opportuno tenere in maggiore considerazione.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA CATANIA – SIRACUSA BYPASS DI AUGUSTA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RS60	LOTTO 00 R 16	CODIFICA RG	DOCUMENTO EF0005 001	REV. B

Stability Intervals

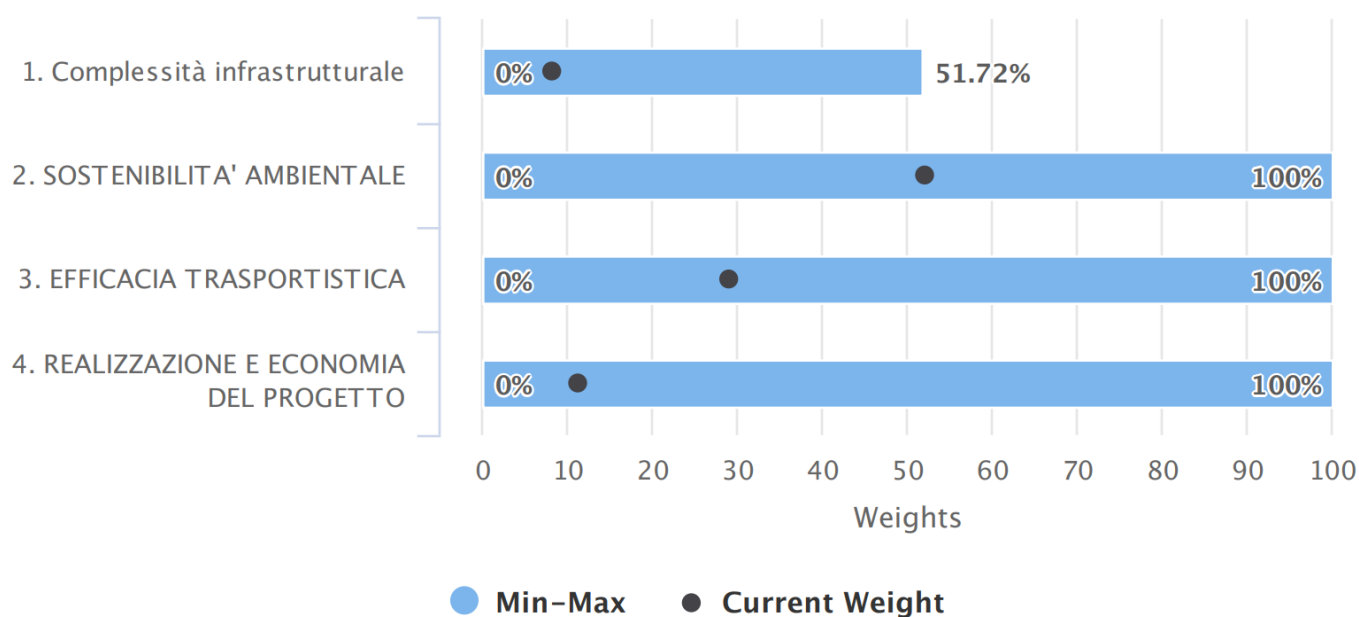


Figura 28 - Intervalli di stabilità del ranking per le categorie dell'Analisi Multicriteria

L'analisi di stabilità si è successivamente focalizzata sui singoli criteri (Figura 29). Anche in questo caso gli intervalli di stabilità ottenuti per i singoli criteri hanno un'estensione analoga a quelli ottenuti per le categorie, ad eccezione di alcuni. Si consideri, per esempio, il criterio Paesaggio Naturale e Antropico il cui intervallo di stabilità ha un valore del 12,14% che rappresenta la soglia entro la quale l'alternativa "1" rimane giustificata, in particolare, a questo livello di sensibilità per i criteri, le soglie ottenute nel grafico seguente sono state derivate dalla moltiplicazione di ciascuna percentuale di soglia per il peso della categoria, quindi il 12,14 % è il risultato della moltiplicazione di 52 % per 23,4%, per cui assegnando un valore al peso " Paesaggio Naturale e Antropico " sino al 23,4% il risultato finale non varia, e questo conferisce una robustezza alla analisi effettuata.

Come per le categorie, anche per i criteri è opportuno valutare tali soglie rispetto all'insieme complessivo di scelta: assegnare un peso superiore a tale soglia, comporterebbe la ripartizione della restante quota percentuale tra gli altri 7 criteri, conducendo quindi a dei risultati poco rappresentativi della realtà.

Gli intervalli di stabilità mostrano anche un'elevata robustezza per la maggior parte degli indicatori ad eccezione di quelli relativi a "Necessità di deroga sulla pendenza" e "Interferenza con aree di interesse archeologico ex dlgs 42\2004,art.142 lettera m" per i quali l'intervallo di stabilità è rispettivamente di (0 – 4,29%) e (0 – 8,46%).0

Il seguente grafico rappresenta precisamente gli intervalli ammissibili entro i quali i pesi dei temi identificati a monte della valutazione possono cambiare senza cambiare la classifica finale.

Stability Intervals

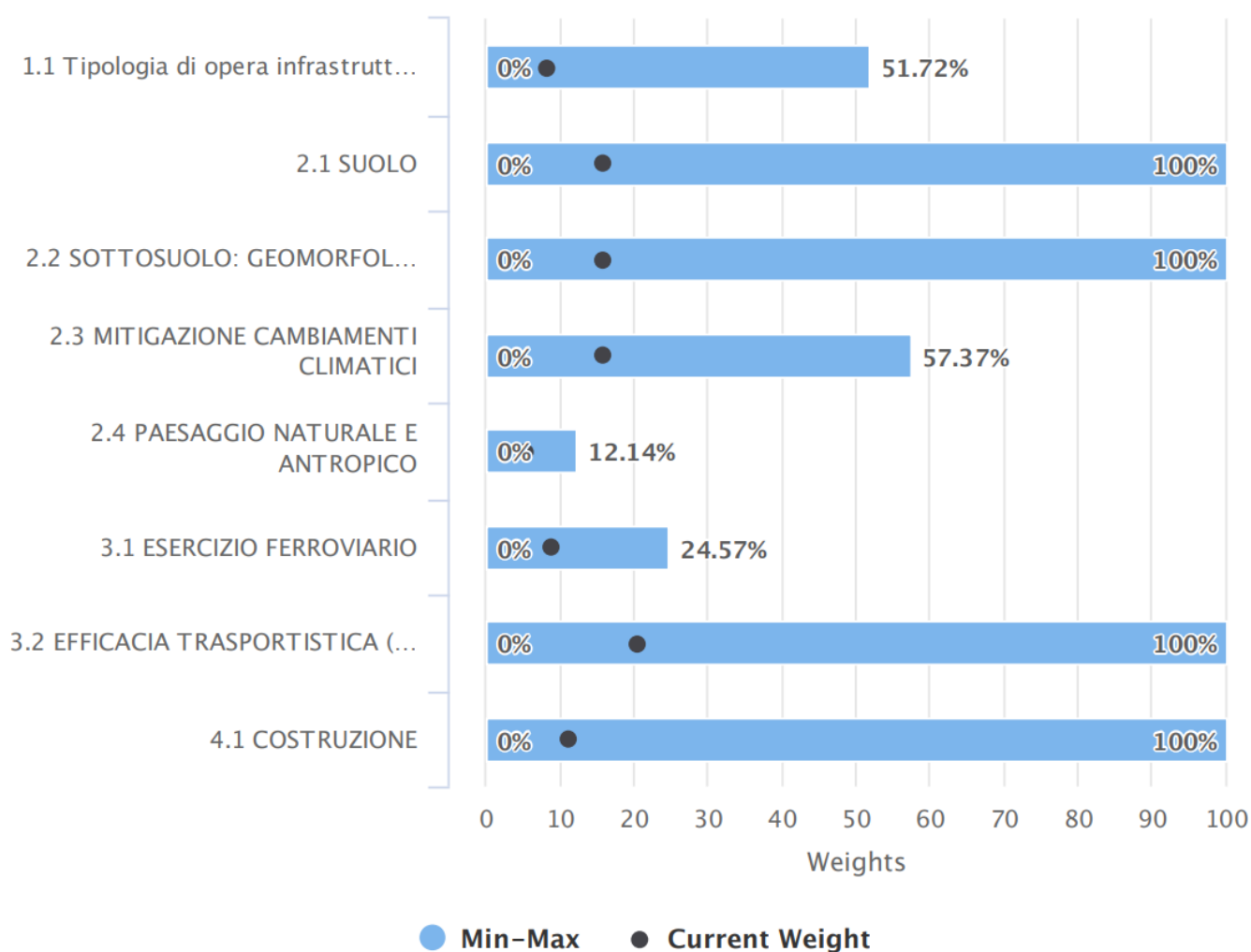


Figura 29 - Intervalli di stabilità del ranking per i criteri dell'Analisi Multicriteria

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA CATANIA – SIRACUSA BYPASS DI AUGUSTA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RS60	LOTTO 00 R 16	CODIFICA RG	DOCUMENTO EF0005 001	REV. B

5. CONCLUSIONI

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

Pertanto, lo scopo del presente elaborato è quello di illustrare i risultati dell'analisi Multicriteria sviluppata nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica bypass Augusta, relativamente alle quattro alternative di progetto individuate razionalmente per perseguire gli obiettivi di cui sopra.

- Riqualificazione urbana;
- Liberazione del centro abitato di Augusta dalla ferrovia ed annessi PL;
- Riduzione dell'impatto della linea sulle aree protette (saline);
- Dismissione del tratto di linea esistente caratterizzato da significative problematiche di manutenzione a causa di continui cedimenti del binario.

La complessità dei vincoli al contorno e le esigenze prestazionali e funzionali della Linea di progetto hanno comportato lo studio di diverse alternative:

1. Alternativa "1": Bypass con livelletta alta e stazione sul bypass a nord - Pendenza stazione 6 ‰;
2. Alternativa "2": Bypass con livelletta alta e stazione sul bypass a nord -Pendenza stazione 2.5 ‰;
3. Alternativa "3": Bypass con livelletta alta e stazione a nord sulla linea attuale-Pendenza stazione 1.2 ‰;
4. Alternativa 4: Bypass con livelletta bassa e stazione sul bypass al centro- Pendenza stazione 1.2 ‰.

Per le alternative sopra menzionate è stata sviluppata un'analisi multicriteria per trovare l'alternativa preferibile.

	LINEA CATANIA – SIRACUSA BYPASS DI AUGUSTA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA RS60	LOTTO 00 R 16	CODIFICA RG	DOCUMENTO EF0005 001	REV. B

Nell'immagine seguente è riportata una rappresentazione in planimetria delle quattro alternative di progetto sopra descritte.



Figura 30 – Planimetria alternative di progetto

I risultati dell'Analisi Multicriteria mostrano come **l'alternativa "1"** risulti preferibile rispetto alle altre tre soluzioni progettuali, con un punteggio complessivo di **62,67/100**.

In particolare, questa alternativa presenta i migliori risultati rispetto alle categorie *"Sostenibilità Ambientale"*, *"Efficacia Trasportistica"* e *"Realizzazione ed Economia del progetto"*.

Nella Figura 31, in sintesi, il ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascuna categoria.

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS60	00 R 16	RG	EF0005 001	B	64 di 64

Criteria Contribution

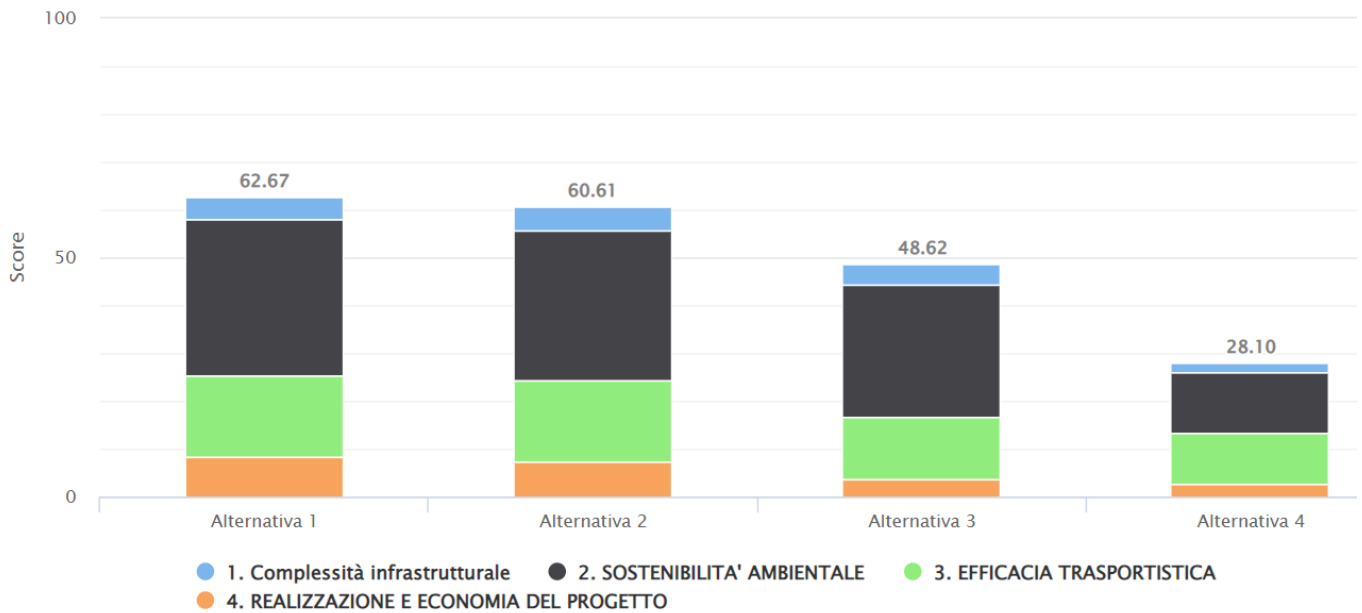


Figura 31 Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascuna categoria

Per l'analisi di sensitività, gli intervalli di stabilità mostrano un'elevata robustezza per la maggior parte degli indicatori ad eccezione di quelli relativi a " *Necessità di deroga sulla pendenza*" e " *Interferenza con aree di interesse archeologico ex dlgs 42\2004, art.142 lettera m* " per i quali l'intervallo di stabilità è rispettivamente di **(0 – 4,29%)** e **(0 – 8,46%)**.