

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. PROGETTAZIONE FUNZIONALE ED ESERCIZIO

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA
RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO

ANALISI MULTICRITERIA

SCALA:

-

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

I R 0 F 0 3 R 1 6 R G E F 0 0 0 5 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	M. Malara 	Febbraio 2022	S. Nardoni F. Martire 	Febbraio 2022	C. Urciuoli 	Febbraio 2022	P. Rivoli Febbraio 2022

File: IR0F.03.R.16.RG.EF0005.001.A

n. Elab.:

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	3
2	ELEMENTI COSTITUTIVI DELL'ANALISI MULTICRITERIA: IL METODO "PROMETHEE".....	5
2.1	APPLICAZIONE DEL METODO PROMETHEE ED ANALISI DEI RISULTATI.....	6
3	TRATTA DA ANALIZZARE (LOTTO 3).....	7
3.1	LE VARIANTI DI ROSORA.....	9
4	ANALISI DI CONFRONTO.....	12
4.1	CATEGORIE, CRITERI ED INDICATORI DI VALUTAZIONE.....	12
	<i>Sostenibilità ambientale.....</i>	<i>13</i>
	<i>Sostenibilità fase lavorativa.....</i>	<i>17</i>
	<i>Efficacia trasportistica.....</i>	<i>18</i>
	<i>Realizzazione ed economia del progetto.....</i>	<i>18</i>
4.2	ASSEGNAZIONE DEI PESI.....	19
4.3	RISULTATI ANALISI MULTICRITERIA.....	21
4.4	ANALISI DI SENSITIVITÀ.....	22
5	CONCLUSIONI.....	25

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO					
	PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IR0F	03 R 16	RG	EF 0005 001	A	3 di 25

1 INTRODUZIONE

Nell'ambito del piano di potenziamento infrastrutturale della linea ferroviaria Orte – Falconara, rientrano i seguenti interventi, oggetto del presente Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica:

- raddoppio della tratta PM228-Castelplanio (escluso), a sua volta suddiviso in tre lotti;
- raddoppio della tratta PM228-Albacina (incluso).

La tratta Orte-Falconara, della grande linea Ancona-Roma, si sviluppa in territorio umbro-marchigiano, attraversando obliquamente l'Appennino Centrale per una lunghezza complessiva di 204 km. Nella sua originaria connotazione, la linea Orte-Falconara risulta quasi interamente a semplice binario, con lunghi tratti a pendenza del 22 ‰.

Il suo raddoppio viene, pertanto, ritenuto indispensabile per il miglioramento e lo sviluppo del servizio ferroviario non solo nella Regione Marche, ma anche per il collegamento Tirreno-Adriatico.

Dal punto di vista infrastrutturale, il primo intervento ha inizio in corrispondenza del Posto di Movimento (PM) al km 228 della linea Orte-Falconara e prevede un raddoppio in stretto affiancamento alla linea storica (circa 4 km) fino alla stazione di Albacina; allo stesso modo il secondo intervento inizia in corrispondenza del PM 228 e si sviluppa inizialmente attraverso una variante a doppio binario che *bypassa* la stazione di Albacina per poi proseguire, in corrispondenza della stazione di Genga, con un raddoppio della linea esistente, sia in stretto affiancamento sia in variante, fino alla stazione di Castelplanio. Considerata la lunghezza e la complessità, quest'ultimo progetto si suddivide nei tre lotti funzionali di seguito elencati:

- **Lotto 1: da PM228 a nuovo Bivio Nord Albacina**, localizzato in prossimità della stazione di Genga, che rappresenta il punto di confluenza tra la variante a doppio binario del progetto PM228-Castelplanio e la linea storica a semplice binario in uscita dalla stazione di Albacina;
- **Lotto 2: da nuovo Bivio Nord Albacina a Serra San Quirico (i)**;
- **Lotto 3: da Serra San Quirico (e) a Castelplanio (e)**.

La configurazione infrastrutturale attuale e quella di progetto sono schematizzate in Figura 1.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO					
	PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IR0F	03 R 16	RG	EF 0005 001	A	4 di 25

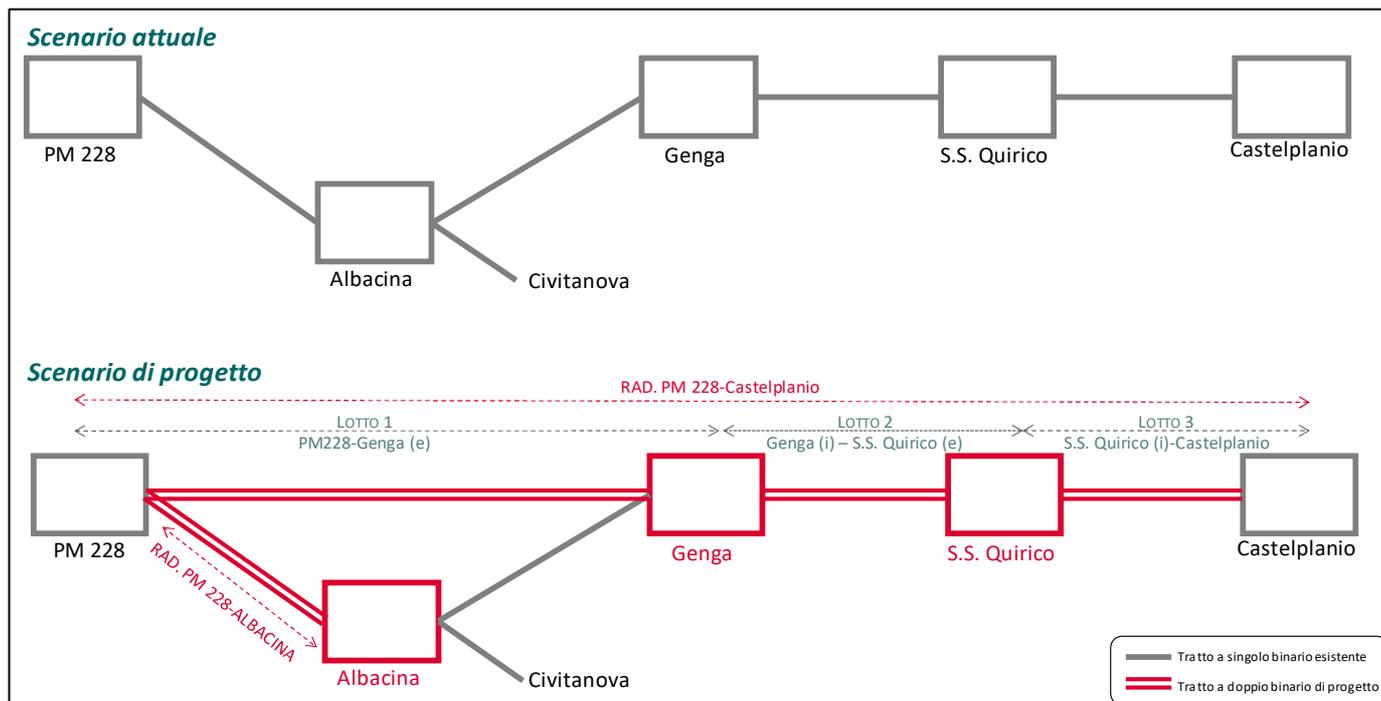


Figura 1 – Rappresentazione schematica della configurazione infrastrutturale attuale e di progetto

L'Analisi Multicriteria, oggetto del presente documento, rappresenta lo strumento di supporto utile ad analizzare il confronto tra diverse alternative di tracciato (anche solo su tratte limitate) per suggerire una soluzione migliore, e che meglio dovrebbe rispondere agli obiettivi e alle priorità dei decisori.

Nell'ambito del progetto PM228-Castelplanio Lotto 3 è stata analizzata una tratta del tracciato di progetto per la quale sono state valutate le diverse alternative. Questo al fine di scegliere quella che permetterà di rispettare i requisiti di base richiesti dalla committenza, adattandosi all'orografia dei siti interessati, nel rispetto dei vincoli idraulici e idrogeologici, geologici e geotecnici, al fine di minimizza le interferenze con le viabilità e con le preesistenze e garantire l'esecuzione dell'intervento con la linea in esercizio.

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO					
	PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IR0F	03 R 16	RG	EF 0005 001	A	5 di 25

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.

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA IR0F	LOTTO 03 R 16	CODIFICA RG	DOCUMENTO EF 0005 001	REV. A	FOGLIO 6 di 25

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.

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO					
	PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IR0F	03 R 16	RG	EF 0005 001	A	7 di 25

3 TRATTA DA ANALIZZARE (LOTTO 3)

Attualmente il potenziamento della tratta P.M. 228 – Castelplanio, rientra tra gli investimenti ferroviari inseriti nella Missione “Infrastrutture per la Mobilità Sostenibile” del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (P.N.R.R.) varato dal Consiglio dei Ministri il 12 gennaio 2021, e tra le opere commissionate ai sensi dell’art. 4. comma 1, del D.Lgs. 18/04/2019 e s.m.i. (c.d. “Sblocca cantieri”).

Al fine di aggiornare il progetto preliminare del 2003, a Gennaio 2021, Italferr, per conto di RFI, avvia lo studio di fattibilità tecnico ed economica della tratta.

L’aggiornamento del quadro normativo di riferimento in materia tecnico-ferroviaria e il complesso contesto territoriale di inserimento dell’infrastruttura, hanno imposto l’esigenza di sviluppare ulteriori studi delle alternative progettuali al fine di ottimizzare, tra diverse ipotesi di tracciato, la soluzione proposta nel 2003.

Coerentemente con quanto sviluppato nel P.P. 2006, l’intervento è suddiviso in 3 lotti funzionali (Figura 2):

- Lotto 1: P.M. 228-Genga;
- Lotto 2: Genga-Serra S. Quirico;
- Lotto 3: Serra S. Quirico-Castelplanio.

Nella *Figura 2* è rappresentata la suddivisione dei tre Lotti.

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO					
	PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IR0F	03 R 16	RG	EF 0005 001	A	8 di 25



Figura 2 - Inquadramento aereo - tratta PM228-Castelplanio (PFTE 2021)

Di questi, la relazione prende in esame il Lotto 3 che si sviluppa in variante rispetto al semplice binario esistente a partire dall' uscita della Fermata di Serra San Quirico, discostandosi dalla soluzione del PP di Legge Obiettivo del 2003 che prevedeva in questo Lotto un raddoppio in affiancamento.

Al fine di individuare una soluzione di progetto migliorativa e attuale rispetto a quella preliminare, per il tracciato del Lotto 3 (nel rispetto del quadro normativo vigente e degli studi idrologici, idraulici, idrogeologici e geologici, finalizzati a minimizzare l'impatto dell'infrastruttura con il territorio di inserimento, oltre che a ridurre le criticità legate alle interferenze con le preesistenze e le viabilità) sono state studiate diverse alternative di tracciato nel tratto compreso tra il km 247+258, nei pressi della frazione Madonna delle Grazie, poco dopo l'impianto di stazione di Serra S. Quirico, e il km 251+038, nei pressi della frazione Angeli di Rosora, del Comune di Rosora, denominate "Varianti di Rosora", che sfruttano il corridoio strutturale intercluso tra il Fiume Esino e la S.S.76 (per maggiori dettagli si rimanda al documento: "Analisi della soluzione progettuale e delle alternative" cod IR0F03R14RGMD0000001A).

3.1 LE VARIANTI DI ROSORA

Le varianti di Rosora si sviluppano a sud della linea storica, attraverso il corridoio strutturale intercluso tra la S.S. 76 e il fiume Esino, vedi *Figura 3*.

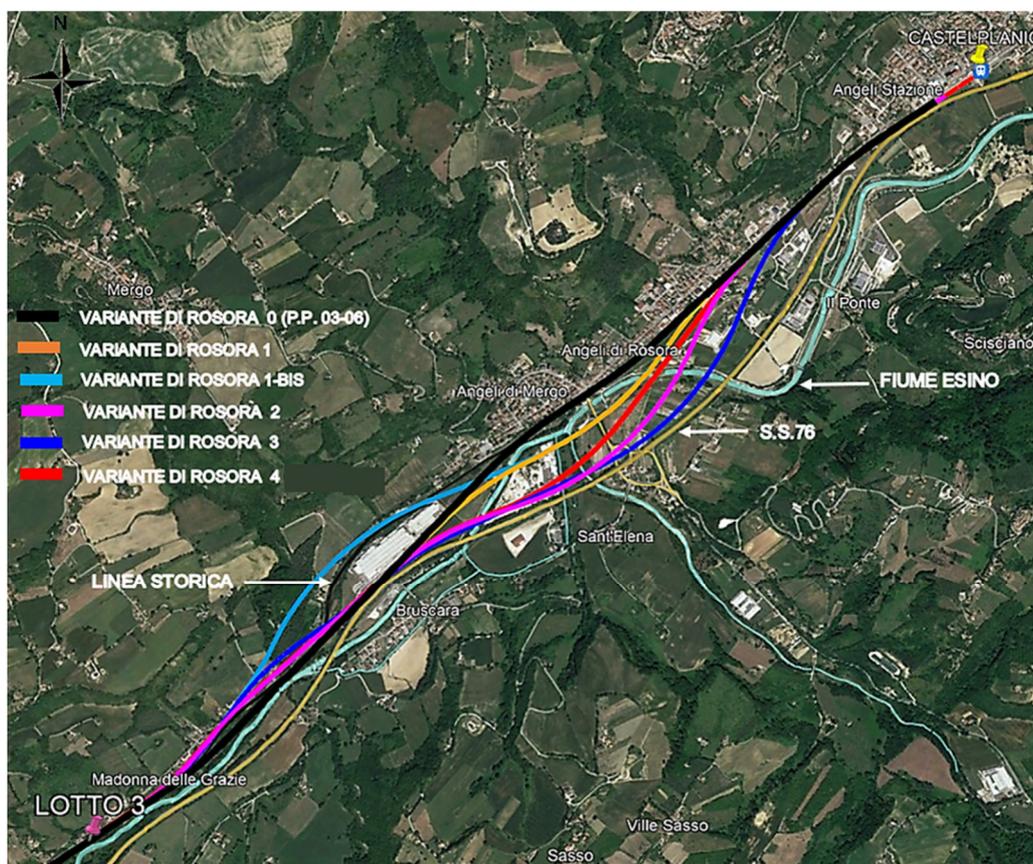


Figura 3 - Varianti di Rosora

Di seguito una sintetica descrizione delle soluzioni analizzate.

Variante di Rosora 0

Rispetto alla soluzione originaria prevista dal PP 2003-2006 denominata "Variante di Rosora 0", il tracciato è stato aggiornato e modificato nel rispetto del quadro normativo vigente e degli studi idrologici, idraulici, idrogeologici e geologici, finalizzati a minimizzare l'impatto dell'infrastruttura con il territorio di inserimento, oltre che a ridurre le criticità legate alle interferenze con le preesistenze e le viabilità.

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO					
	PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IR0F	03 R 16	RG	EF 0005 001	A	10 di 25

Infatti, nell'ultima parte del tracciato, la "Variante di Rosora 0" prevedeva un raddoppio in sede, lato Fiume Esino, completamente in area di esondazione (Tr200) ovvero di pericolosità idraulica P2. Questo ha determinato un adeguamento del tracciato, nonché la scelta delle principali soluzioni progettuali adottate nel presente progetto, descritte a seguire.

Variante di Rosora 1

La prima alternativa indagata è la "Variante di Rosora 1", che, rispetto alla soluzione "Variante di Rosora 0", coincidente con il Progetto Preliminare del 2003-2006, si sviluppa quasi completamente in variante, a sud della linea storica. L'alternativa sviluppata, oltre ad evitare il raddoppio della linea lungo l'argine del corso d'acqua, cerca di risolvere l'interferenza con il passaggio a livello, previsto in soppressione al km 250+152, ricalcando la soluzione originaria nel tratto finale di intervento, ormai fuori dall'area di esondazione.

Tuttavia, la variante di Rosora 1, prevedendo un tratto di parallelismo con attraversamenti, pressoché obliqui, del fiume Esino, risulta incompatibile con la normativa vigente in materia di attraversamenti idraulici ed è stata scartata.

Variante di Rosora 1 bis

Come alternativa alla variante di Rosora 1, è stata indagata la soluzione "Variante Rosora 1 bis" che esclude l'interferenza con il parcheggio dell'impianto industriale "Elica S.p.A."

La variante Rosora 1 bis, sfruttando il passaggio a nord della linea storica, nel tratto iniziale, in corrispondenza del versante montuoso, prevede la realizzazione di una trincea/galleria artificiale che richiede scavi eccessivi, ma con ricoprimenti minimi non sufficienti da consentire il passaggio ad una galleria naturale. Nel tratto successivo, il nuovo tracciato prosegue interferendo, oltre che con la ferrovia esistente, con la strada provinciale, Via Angeli, il cui ripristino richiede la realizzazione di un'opera di scavalco.

La parte terminale del tracciato ripercorre l'alternativa Rosora 1, con tratti di parallelismo e attraversamenti pressoché obliqui del fiume Esino, presentando le medesime criticità idrauliche già evidenziate per la variante Rosora 1, e per tale motivo anch'essa scartata.

Al fine di escludere la condizione di parallelismo e lo stretto affiancamento con il corso d'acqua, si è cercato di sfruttare il corridoio vicino alla statale S.S. 76, sviluppando ulteriori tre alternative di tracciato.

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO					
	PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IR0F	03 R 16	RG	EF 0005 001	A	11 di 25

Variante di Rosora 3

La variante Rosora 3 si estende quasi interamente in affiancamento alla strada statale, prevedendo l'inserimento del tracciato in un lungo viadotto, di circa 2 km di estensione, funzionale all'attraversamento dell'Esino e dei suoi affluenti.

In ottemperanza delle prescrizioni normative idrauliche, la configurazione planimetrica del tracciato è tale da garantire l'ortogonalità dell'intersezione della linea con il corso d'acqua.

Tuttavia, dal punto di vista altimetrico la variante non esclude l'interferenza con le rampe dello svincolo della S.S.76 di Anas, collocato tra le due opere esistenti, funzionali all'attraversamento dell'Esino.

La risoluzione dell'interferenza richiede, non solo la ricollocazione e l'adeguamento dello svincolo, le cui rampe di accelerazione/decelerazione risultano incompatibili con la normativa stradale vigente, ma, al contempo, il rifacimento di una delle due opere stradali di scavalco.

Variante di Rosora 2

È stata studiata la soluzione "Variante Rosora 2" che ripercorre nel primo tratto il corridoio della statale e successivamente si ricollega alla LS interferendo anch'essa con lo svincolo stradale.

A differenza della variante di Rosora 3, la variante di Rosora 2 si allontana dal corridoio della statale, a circa metà del suo sviluppo, intercettando soltanto una porzione dello svincolo, prima di ricollegarsi alla LS. Tuttavia, l'interferenza non esclude le criticità già descritte per la precedente alternativa.

Variante di Rosora 4

La "Variante Rosora 4", prevede il raddoppio della LS lato monte, percorre il corridoio strutturale della statale e nel non interferisce con lo svincolo stradale, ricongiungendosi nel tratto finale alla LS in cui il raddoppio viene effettuato a dx come nel PP03, in quanto in tale area non c'è rischio di esondazione.

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO					
	PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IR0F	03 R 16	RG	EF 0005 001	A	12 di 25

4 ANALISI DI CONFRONTO

Di tutte le soluzioni studiate, alcune sono risultate infattibili, come descritto nel paragrafo precedente e meglio specificate nel documento *“Analisi della soluzione progettuale e delle alternative”* cod. IR0F03R14RGMD0000001A.

Per le soluzioni fattibili è stata condotta un’Analisi Multicriteria sulle alternative progettuali:

- “Variante Rosora 2”;
- “Variante Rosora 3”;
- “Variante Rosora 4”.

4.1 Categorie, criteri ed indicatori di valutazione

Tutti i criteri ed i relativi indicatori, stimati 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. Sostenibilità ambientale;
2. Efficacia trasportistica;
3. Realizzazione ed economia del progetto;
4. Sostenibilità in fase lavorativa.

Ciascun tema è stato a sua volta rappresentato 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 relativi indicatori (con i rispettivi metodi di valutazione):

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO					
	PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IR0F	03 R 16	RG	EF 0005 001	A	13 di 25

Sostenibilità ambientale

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

- **Suolo**

Nel criterio *Suolo* al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative è stato scelto il seguente indicatore:

- ✓ CONSUMO DI SUOLO.

La fonte ricognitiva consultata è:

- Carta dell'uso del suolo

Per quanto riguarda l'indicatore **Consumo di suolo** si è fatto riferimento alla sua definizione in letteratura e segnatamente da ISPRA nell'edizione 2019 del rapporto "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici", «il consumo di suolo è un processo associato alla perdita di una risorsa ambientale fondamentale, limitata e non rinnovabile, dovuta all'occupazione di superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale con copertura artificiale» e, in tal senso, è un fenomeno derivante da un incremento della copertura artificiale di terreno, legato alle dinamiche insediative e infrastrutturali. In buona sostanza, come riportato nel citato rapporto, «il consumo di suolo è, quindi, definito come la variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) ad una copertura artificiale del suolo (suolo consumato)». Stante quanto sopra sinteticamente richiamato ne consegue che, secondo la logica di lettura assunta alla base della presente analisi, l'entità di tale tipologia di indicatore è direttamente dipendente dall'estensione areale dell'opera stessa e dal livello di artificializzazione delle aree interessate.

Nella *Tabella 1* si riporta la stima di ciascun indicatore per il criterio *Suolo*.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO					
	PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IR0F	03 R 16	RG	EF 0005 001	A	14 di 25

Tabella 1 - Categoria "Sostenibilità Ambientale", Criterio "Suolo"

CATEGORIA	CRITERIO	INDICATORE				ALTERNATIVE		
		Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	VARIANTE ROSORA 4	VARIANTE ROSORA 2	VARIANTE ROSORA 3
1. SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE	1.1 SUOLO	1.1.1	CONSUMO SUOLO	Sommatoria delle superficie di suolo occupato dall'impronta di progetto delle alternative	m ²	145.885	146.675	147.100

- **Paesaggio naturale e antropico**

Nel criterio *Paesaggio naturale e antropico*, al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative, si analizzano le interferenze delle alternative di tracciato con i Siti Rete Natura 2000 e con le aree vincolate ai fini della tutela del paesaggio.

Per quanto concerne Siti Rete Natura 2000 per tutte le alternative vi è assenza di interferenza.

Per quanto riguarda l'attraversamento di Aree con vincolo paesaggistico Art.142 del Dlgs 42/04 le lunghezze delle alternative di tracciato interferente con il vincolo (lett. c fiume) assumono i medesimi valori per tutte e tre le alternative, pertanto non sono stati considerati come indicatori nell'analisi.

Dunque, sono stati considerati i seguenti indicatori:

- ✓ ATTRAVERSAMENTO DI AREE CON VINCOLO PAESAGGISTICO ART.136;
- ✓ CONSERVAZIONE DEI CARATTERI DEL PAESAGGIO.

La fonte ricognitiva consultata è:

- PPAR – Piano Paesistico ambientale approvato con D.A.C.R. n. 197 del 3 novembre 1989 (<https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica-Genio-Civile/Paesaggio#Presentazione>)

L'indicatore **Attraversamento di Aree con vincolo paesaggistico Art.136** valuta quanto, in termini di lunghezza, il tracciato dell'alternativa interferisce con aree vincolate ai sensi dell'art.136 del Dlgs 42/04 (immobili ed aree di notevole interesse pubblico).

L'indicatore **Conservazione dei caratteri del paesaggio** valuta lo sviluppo, in termini di lunghezza, dei viadotti delle tre alternative nella Valle dell'Esino.

Nella *Tabella 2* si riporta la stima di ciascun indicatore per il criterio *Paesaggio naturale e antropico*.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO					
	PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IROF	03 R 16	RG	EF 0005 001	A	15 di 25

Tabella 2 - Categoria "Sostenibilità Ambientale", Criterio "Paesaggio naturale e antropico"

CATEGORIA	CRITERIO	INDICATORE			ALTERNATIVE			
Definizione	Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	VARIANTE ROSORA 4	VARIANTE ROSORA 2	VARIANTE ROSORA 3	
1. SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE	1.2 PAESAGGIO NATURALE E ANTROPICO	1.2.1	ATTRAVERSAMENTO DI AREE CON VINCOLO PAESAGGISTICO Art. 136 del D. Lgs 42/2004	Sommatoria delle tratte (lunghezza) in aree vincolate interferite dall'alternativa in riferimento ad immobili di notevole interesse pubblico	m	6.272	6.311	6.335
		1.2.2	CONSERVAZIONE DEI CARATTERI DEL PAESAGGIO	Sviluppo in viadotto (lunghezza) dell'alternativa nella Valle dell'Esino	m	2.183	2.220	2.255

- **Biodiversità**

Nel criterio *Biodiversità* al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative è stato scelto il seguente indicatore:

- ✓ PERMEABILITA' DELL'OPERA ALLA FAUNA

L'indicatore **Permeabilità dell'opera alla fauna** valuta il rapporto percentuale della lunghezza dei viadotti delle tre alternative, rispetto alla lunghezza totale dei tracciati, definendo così la permeabilità dell'opera rispetto all'attraversamento della fauna.

Nella *Tabella 3* si riporta la stima dell'indicatore per il criterio *Biodiversità*.

Tabella 3 - Categoria "Sostenibilità Ambientale", Criterio "Biodiversità"

CATEGORIA	CRITERIO	INDICATORE			ALTERNATIVE			
Definizione	Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	VARIANTE ROSORA 4	VARIANTE ROSORA 2	VARIANTE ROSORA 3	
1. SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE	1.3 BIOIDIVERSITÀ	1.3.1	PERMEABILITA' DELL'OPERA ALLA FAUNA	% del viadotto rispetto alla lunghezza della variante	%	33,84%	34,22%	34,64%

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO					
	PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IR0F	03 R 16	RG	EF 0005 001	A	16 di 25

- **Sottosuolo geomorfologia, idrologia e idraulica**

Per il 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:

- ✓ INTERFERENZA CON RETICOLO IDROGRAFICO;
- ✓ INTERFERENZA CON AREA A RISCHIO IDRAULICO.

L'indicatore **Interferenza con reticolo idrografico** valuta il numero di intersezioni con il reticolo idrografico. Nel caso specifico le tre alternative progettuali presentano i medesimi punti di interferenza, pertanto sono ininfluenti (poiché invarianti) ai fini dell'analisi.

L'indicatore **Interferenza con area a rischio idraulico** valuta la lunghezza dei tratti di progetto che ricadono in tali aree.

Le tre alternative analizzate si sviluppano lungo il medesimo "corridoio" e sono pertanto interessate in egual misura dalle aree potenzialmente inondabili (Tr200) del Fiume Esino, come mostrato nella *Figura 4*.

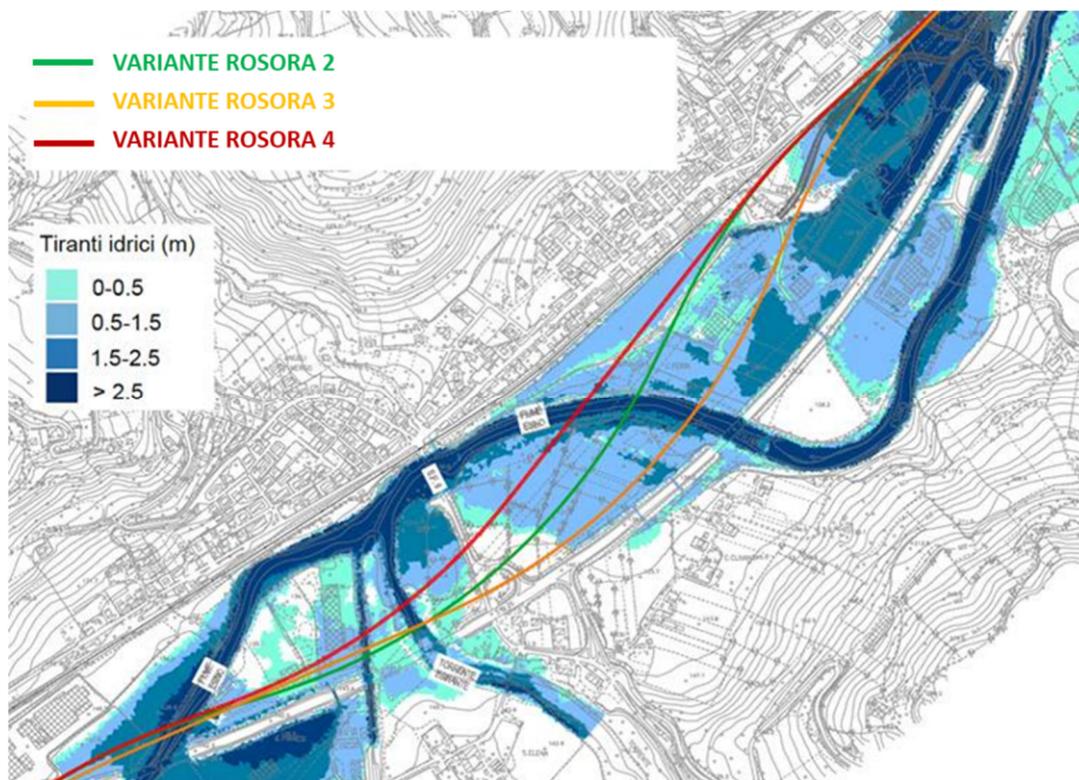


Figura 4 - Aree esondabili

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO					
	PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IR0F	03 R 16	RG	EF 0005 001	A	17 di 25

Di conseguenza, l'indicatore assume valori che differiscono di poco tra le tre alternative.

Nella *Tabella 4* si riporta la stima dell'indicatore per il criterio *Sottosuolo: geomorfologia, idrogeologia e idraulica*.

Tabella 4 - Categoria "Sostenibilità Ambientale", Criterio " Sottosuolo: geomorfologia, idrogeologia e idraulica

CATEGORIA	CRITERIO	INDICATORE			ALTERNATIVE			
Definizione	Definizione	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	VARIANTE ROSORA 4	VARIANTE ROSORA 2	VARIANTE ROSORA 3	
1. SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE	1.4 SOTTOSUOLO: GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA E IDRAULICA	1.4.1	INTERFERENZA CON AREA A RISCHIO IDRAULICO	Sommatoria dei tratti (lunghezza) interferenti con le aree a rischio	m	2.600	2.520	2.680

Sostenibilità fase lavorativa

Obiettivo di questa categoria è valutare l'impatto del progetto dal punto di vista della cantierizzazione e della viabilità. A tal fine sono stati presi a riferimento il seguente indicatore:

- ✓ IMPATTO SULL'ESERCIZIO VIARIO.

L'indicatore **Impatto sull'esercizio viario** valuta il numero di viabilità esistenti interferite in funzione della soluzione progettuale della linea ferroviaria. La "Variante Rosora 4", in corrispondenza dello svincolo della SS76 con la SP9, rispetto alle alternative "Variante Rosora 2" e "Variante Rosora 3" evita l'interferenza con le rampe a nord dello svincolo stesso.

Tale soluzione pertanto risolve le problematiche legate al dover realizzare le nuove rampe dello svincolo e conseguentemente i relativi impatti in termini di soggezione all'esercizio viario sulla SS76 per il tempo strettamente necessario alla realizzazione delle stesse.

Conseguentemente la soluzione progettuale risulta di minor impatto anche sotto il profilo economico dell'intervento.

Infine, in termini di cantierizzazione, non si prevede una stima quantitativa degli indicatori in quanto le soluzioni di tracciato (in assenza di un dettaglio delle opere e delle fasi di esercizio), possono ritenersi assimilabili, ovvero non intravediamo delle differenze determinanti.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO					
	PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IR0F	03 R 16	RG	EF 0005 001	A	18 di 25

Nella *Tabella 5* si riporta la stima dell'indicatore per il criterio *Sottosuolo: geomorfologia, idrogeologia e idraulica*.

Tabella 5 - Categoria "Sostenibilità fase lavorativa", criterio "Cantierizzazione e viabilità"

CATEGORIA	CRITERIO	INDICATORE				ALTERNATIVE		
Definizione	Definizione	Definizione		Metodo di valutazione	Unità di misura	VARIANTE ROSORA 4	VARIANTE ROSORA 2	VARIANTE ROSORA 3
2. SOSTENIBILITÀ FASE LAVORATIVA	2.1 CANTIERIZZAZIONE E VIABILITÀ	2.1.1	IMPATTO SULL'ESERCIZIO VIARIO	Numero di interferenze con la viabilità esistente (indistintamente dalla tipologia: di progetto e/o cantiere)	cad.	1	2	2

Efficacia trasportistica

La categoria *Efficacia trasportistica* valuta i criteri sia dal punto di vista ferroviario (capacità della linea, tempi di percorrenza, velocità della linea...) che dal punto di vista della connettività e sviluppo del territorio. Le tre alternative progettuali sviluppandosi lungo il medesimo corridoio non presentano delle consistenti differenze rispetto a tali indicatori, per questo motivo non sono stati quantificati all'interno dell'analisi.

Realizzazione ed economia del progetto

La categoria *Realizzazione ed economia del progetto* valuta il progetto dal punto di vista dei tempi e costi necessari per la realizzazione dell'intervento.

Gli indicatori ***tempi di realizzazione*** e ***costi di realizzazione*** (in assenza di un dettaglio delle opere e delle fasi di esercizio), per le tre alternative progettuali, non presentano delle differenze determinanti, per questo motivo non sono stati quantificati all'interno dell'analisi.

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA IR0F	LOTTO 03 R 16	CODIFICA RG	DOCUMENTO EF 0005 001	REV. A	FOGLIO 19 di 25

4.2 Assegnazione dei pesi

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

La determinazione di tali pesi è stata ipotizzata sulla base del buon senso e dell'esperienza da parte dei progettisti coinvolti, con il fine di individuare la ripartizione che desse la giusta importanza sia agli aspetti tecnici, ma anche agli impatti (sia con carattere transitori temporalmente sia definitivi) che un progetto di tale tipo può generare sulla collettività e sui trasporti.

L'Analisi ha tenuto conto dei seguenti pesi per le categorie individuate:

1. Sostenibilità ambientale = 70%
2. Sostenibilità in fase lavorativa = 30%

All'interno delle categorie, i pesi sono distribuiti sia per i criteri che per gli indicatori come i seguenti dettagli mostrati nella *Tabella 6* all'interno della quale si riportano i risultati ottenuti per le alternative progettuali alla luce di quanto raccolto mediante le analisi specialistiche.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO					
	PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IR0F	03 R 16	RG	EF 0005 001	A	20 di 25

Tabella 6 - Scenario pesi attribuiti e matrice di valutazione

AMC LOTTO 3 PM228-CASTELPLANIO													
CATEGORIA		CRITERIO		INDICATORE						ALTERNATIVE			
Definizione	Peso	Definizione	Peso	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Peso	Peso sul totale	F.ni di normalizzaz.	VARIANTE ROSORA 4	VARIANTE ROSORA 2	VARIANTE ROSORA 3	
1. SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE	70%	1.1 SUOLO	25%	1.1.1	CONSUMO SUOLO	Sommatoria delle superficie di suolo occupato dall'impronta di progetto delle alternative	m ²	100%	17,5%	min	145.885	146.675	147.100
		1.2 PAESAGGIO NATURALE E ANTROPICO	25%	1.2.1	ATTRAVERSAMENTO DI AREE CON VINCOLO PAESAGGISTICO Art. 136 del D. Lgs 42/2004	Sommatoria delle tratte (lunghezza) in aree vincolate interferite dall'alternativa in riferimento ad immobili di notevole interesse pubblico	m	50%	8,8%	min	6.272	6.311	6.335
				1.2.2	CONSERVAZIONE DEI CARATTERI DEL PAESAGGIO	Sviluppo in viadotto (lunghezza) dell'alternativa nella Valle dell'Esino	m	50%	8,8%	min	2.183	2.220	2.255
		1.3 BIODIVERSITÀ	25%	1.3.1	PERMEABILITÀ DELL'OPERA ALLA FAUNA	% del viadotto rispetto alla lunghezza della variante	%	100%	17,5%	max	33,84%	34,22%	34,64%
		1.4 SOTTOSUOLO: GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA E IDRAULICA	25%	1.4.1	INTERFERENZA CON AREA A RISCHIO IDRAULICO	Sommatoria dei tratti (lunghezza) interferenti con le aree a rischio	m	100%	17,5%	min	2.600	2.520	2.680
2. SOSTENIBILITÀ FASE LAVORATIVA	30%	2.1 CANTIERIZZAZIONE E VIABILITÀ	100%	2.1.1	IMPATTO SULL'ESERCIZIO VIARIO	Numero di interferenze con la viabilità esistente (indistintamente dalla tipologia: di progetto e/o cantiere)	cad.	100%	30,0%	min	1	2	2

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO					
	PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IR0F	03 R 16	RG	EF 0005 001	A	21 di 25

4.3 Risultati Analisi Multicriteria

Nel seguente paragrafo sono riportati i risultati dell'Analisi Multicriteria sviluppata per la linea Orte – Falconara, sulla tratta PM228 – Castelplanio (Lotto 3), confrontando le alternative progettuali:

- “Variante Rosora 2”;
- “Variante Rosora 3”;
- “Variante Rosora 4”.

I risultati mostrano come la soluzione di tracciato “Variante Rosora 4” risultata la risultata la giustificata rispetto alle altre alternative progettuali, con un punteggio complessivo di 72,51/100.

In particolare, questa alternativa presenta i migliori risultati rispetto alle categorie “Sostenibilità ambientale” e “Sostenibilità fase lavorativa”.

Nei grafici seguenti si riporta il dettaglio dei risultati ottenuti.

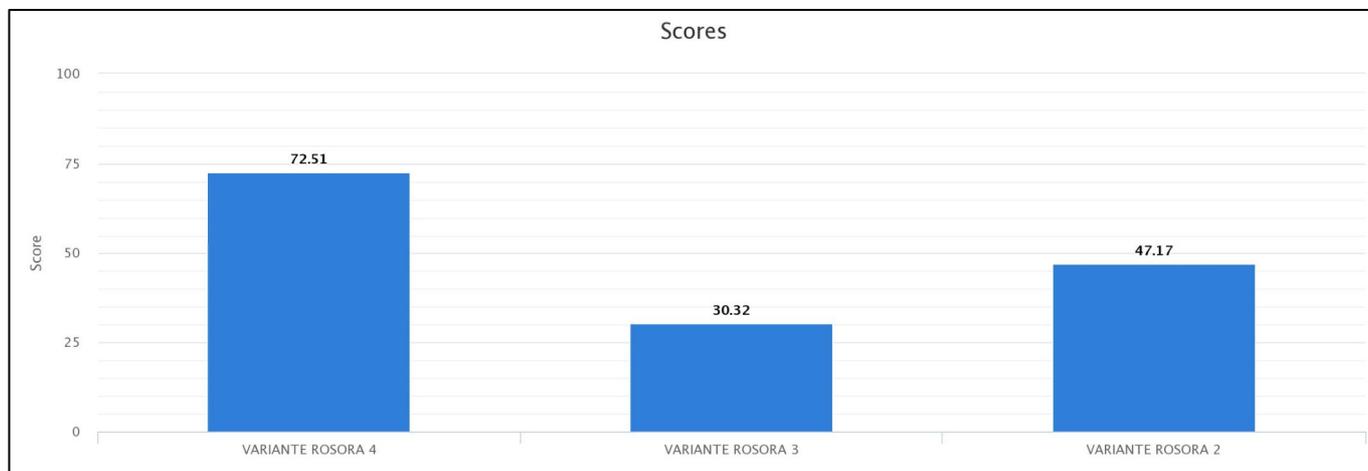


Figura 5 - Ranking finale con le varie alternative progettuali

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO					
	PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IR0F	03 R 16	RG	EF 0005 001	A	22 di 25

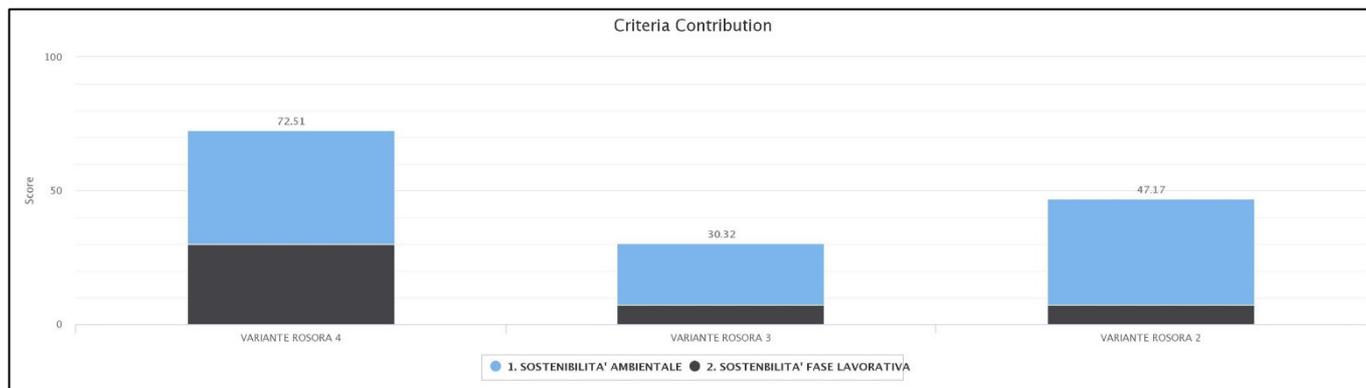


Figura 6 - Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascuna categoria

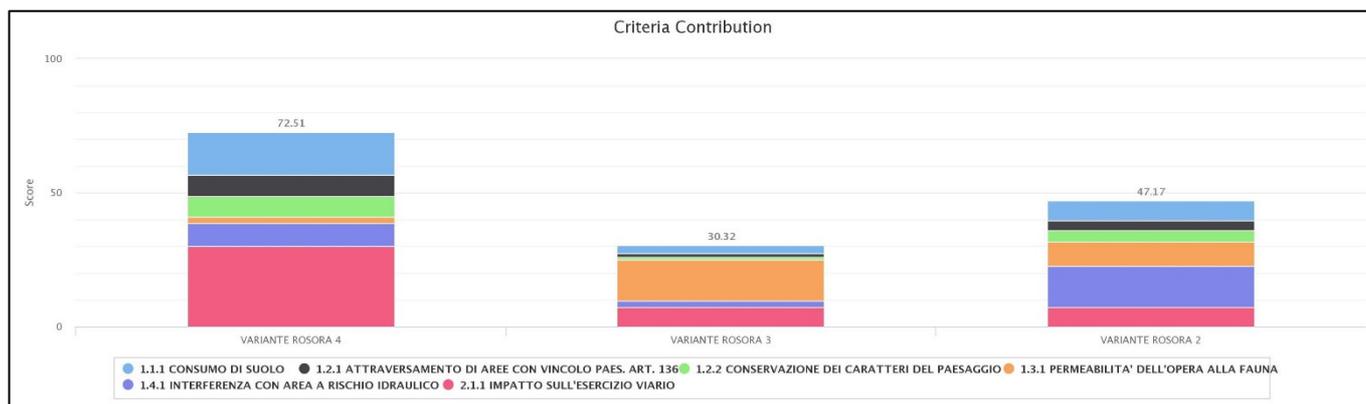


Figura 7 - Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascun indicatore

4.4 Analisi di sensitività

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO					
	PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IR0F	03 R 16	RG	EF 0005 001	A	23 di 25

Gli intervalli individuati dall'analisi di sensitività (rappresentati nelle figure seguenti e distinti per categorie e per indicatori) mostrano il range entro cui possono variare i pesi attribuibili affinché la soluzione "Variante Rosora 4" continui ad essere quella vincente. Per tutte le categorie l'alternativa risulta essere estremamente robusta in quanto si conferma essere la vincente all'interno dell'intero campo di variabilità di ciascuna di esse (0 – 100%).

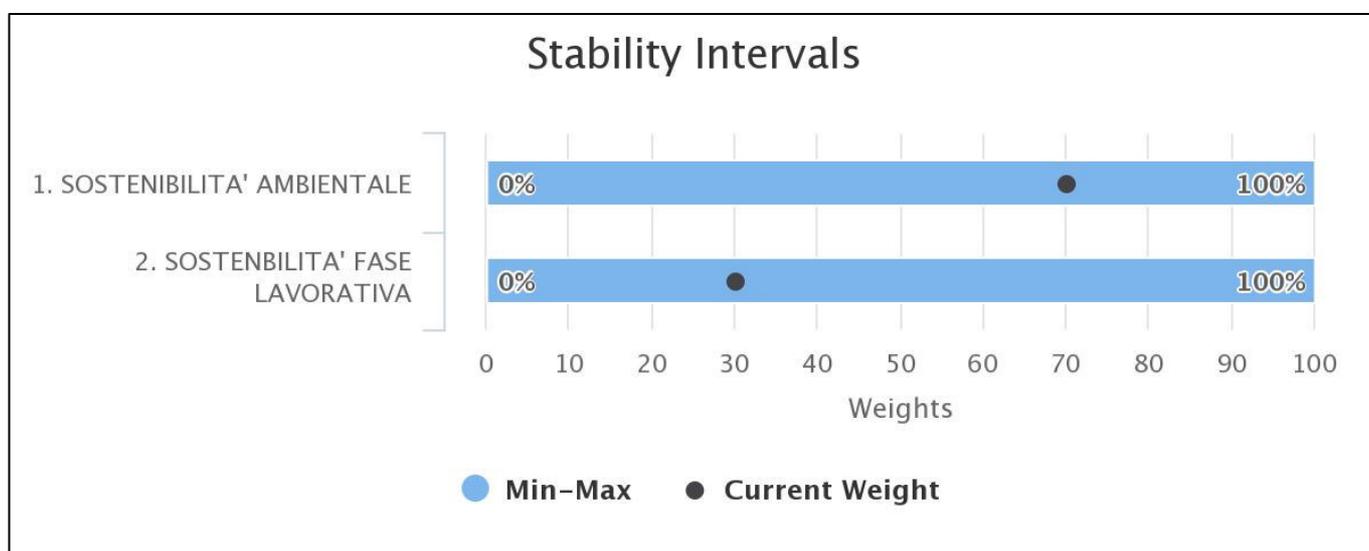


Figura 8 - Intervalli di stabilità del ranking per le categorie dell'Analisi Multicriteria

L'analisi di stabilità si è successivamente focalizzata sui singoli criteri (Figura 9). Anche in questo caso gli intervalli di stabilità ottenuti per i singoli indicatori hanno un'estensione analoga a quelli ottenuti per le categorie, ad eccezione di alcuni. Si consideri, per esempio, l'indicatore *Permeabilità dell'opera alla fauna* il cui intervallo di stabilità ha un valore del 47,20% che rappresenta la soglia entro la quale l'alternativa "Variante Rosora 4" rimane giustificata e preferibile. 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 5 indicatori, conducendo quindi a dei risultati poco rappresentativi della realtà.

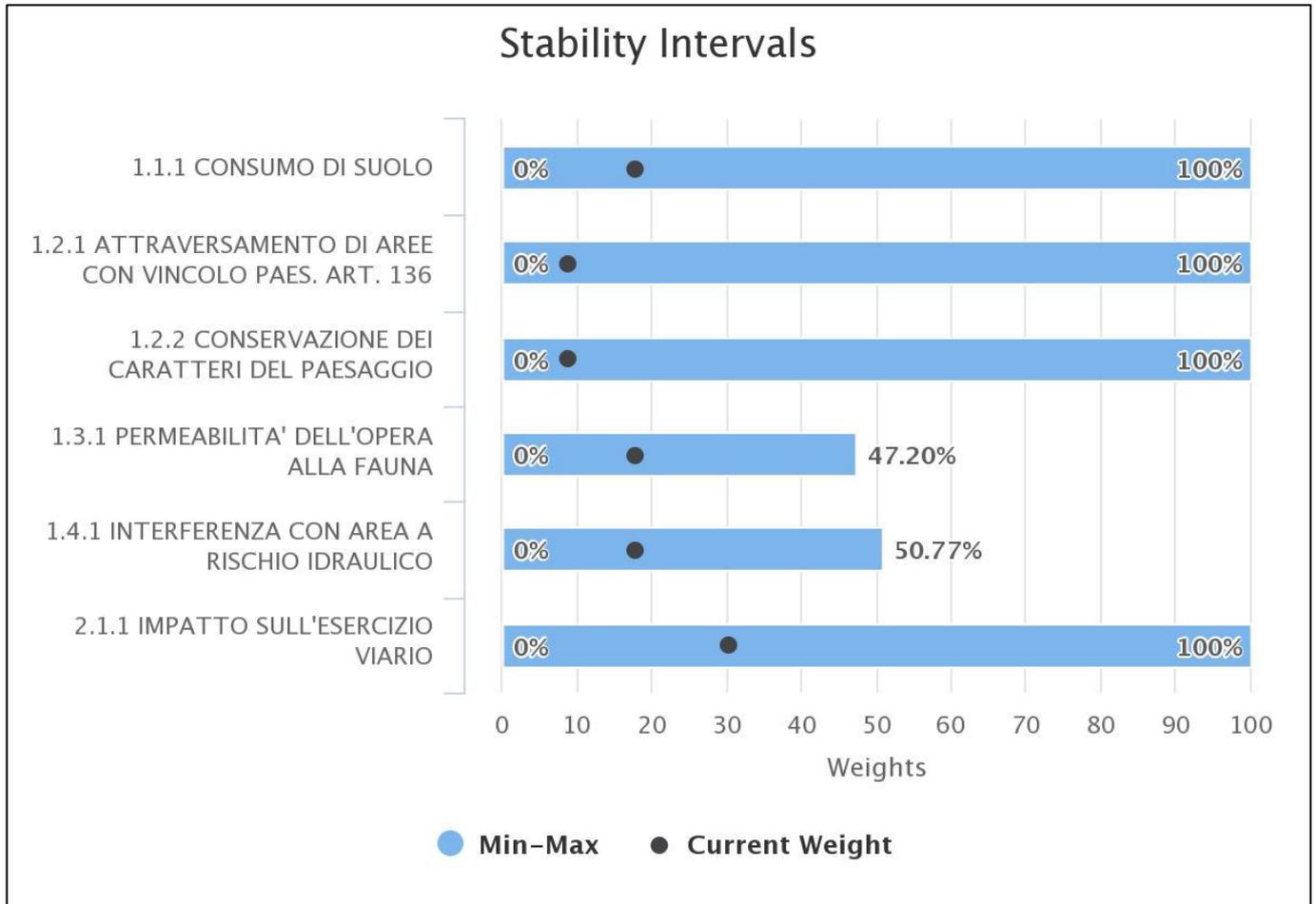


Figura 9 - Intervalli di stabilità del ranking per gli indicatori dell'Analisi Multicriteria

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO					
	PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IR0F	03 R 16	RG	EF 0005 001	A	25 di 25

5 CONCLUSIONI

L'Analisi Multicriteria, oggetto del presente documento, rappresenta lo strumento di supporto per scegliere, fra diverse alternative di tracciato, rientranti nel Lotto 3 del progetto PM228-Castelplanio nell'ambito del piano di potenziamento infrastrutturale della linea ferroviaria Orte – Falconara, la soluzione che meglio si adatta agli obiettivi e alle priorità dei decisori.

L'analisi, condotta con riferimento alle tre alternative progettuali studiate per il Lotto 3, ha permesso di razionalizzare il processo di scelta attraverso la definizione di diversi criteri e indicatori di carattere ambientale e di sostenibilità in fase lavorativa, così da individuare la soluzione ottima.

Sulla base delle categorie, dei criteri e degli indicatori che sono stati studiati ed analizzati, i risultati mostrano come l'alternativa "Variante Rosora 4" risulti preferibile e giustificata, con uno score di 72,51/100 rispetto alle altre alternative analizzate.

In particolare, questa alternativa presenta i migliori risultati rispetto alle categorie "Sostenibilità ambientale" e "Sostenibilità fase lavorativa". Nella *Figura 10*, in sintesi, il ranking finale con ripartizione delle quote di contributo a risultato di ciascuna categoria.

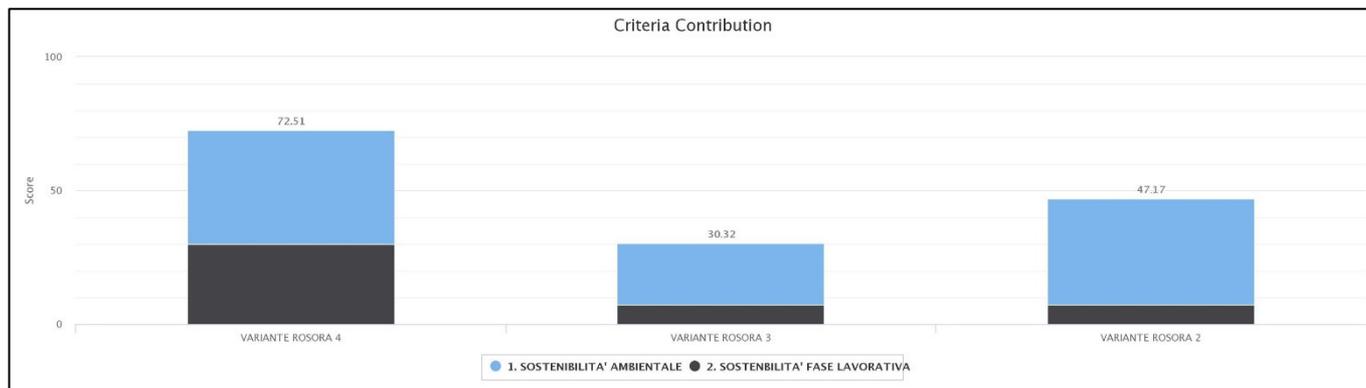


Figura 10 - Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascuna categoria

Inoltre, effettuando una successiva analisi di sensitività, è stato possibile verificare la stabilità dell'alternativa progettuale "Variante Rosora 4" risultata giustificata e preferibile (si rimanda alla *Figura 8* e *Figura 9*).