

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J31H03000180008

**DIREZIONE TECNICA  
U.O. PROGETTAZIONE FUNZIONALE ED ESERCIZIO**

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA DI 2^ FASE**

**NPP 0258 - GRONDA MERCI DI ROMA  
GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD**

**ANALISI MULTICRITERIA**

SCALA:

-

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

NR4E 00 R 16 RG EF0005 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	<i>A. Lucchesini</i>	Luglio/21	<i>M. Medda</i>	Luglio/21	T. Paoletti	Luglio/21	<i>P. Riyoli</i> Luglio/21

File: NR4E00R16RGEF0005001A

n.Elab

## INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. ALTERNATIVE PROGETTUALI.....	5
2.1. ALTERNATIVA B2 .....	5
2.2. ALTERNATIVA B3 .....	6
2.3. ALTERNATIVA D1 .....	8
2.4. ALTERNATIVA D2.....	9
3. ANALISI MULTICRITERIA .....	10
3.1. ELEMENTI COSTITUTIVI DELL'ANALISI MULTICRITERIA .....	11
3.2. METODOLOGIA UTILIZZATA: IL METODO "PROMETHEE".....	12
3.3. APPLICAZIONE DEL METODO PROMETHEE .....	12
3.3.1. Definizione dei criteri ed identificazione degli indicatori.....	14
3.3.2. Complessità infrastrutturale opere .....	14
3.3.3. Prestazioni relative all'esercizio ferroviario .....	17
3.3.4. Effetti sul territorio.....	18
3.3.5. Impatti ambientali e paesaggistici .....	20
3.3.6. Onerosità fase di cantiere.....	22
3.3.7. Economia del progetto .....	24
3.3.8. Sintesi degli elementi di confronto e matrice di valutazione.....	25
3.3.9. Assegnazione dei pesi .....	28
3.3.10. Analisi dei risultati .....	33
3.3.11. Analisi di sensitività .....	37
4. CONCLUSIONI .....	41

## 1. PREMESSA

Il progetto di chiusura dell'Anello ferroviario di Roma, in particolare della cosiddetta Cintura Nord (parte settentrionale non ancora completata della linea di circonvallazione ferroviaria), è finalizzato al potenziamento dell'offerta commerciale nel nodo e alla realizzazione di un servizio a ring.

La chiusura dell'Anello Ferroviario prevede la connessione della stazione di Valle Aurelia con la linea che da Roma Smistamento arriva a Tiburtina, passando per stazioni di Vigna Clara e di Tor di Quinto.

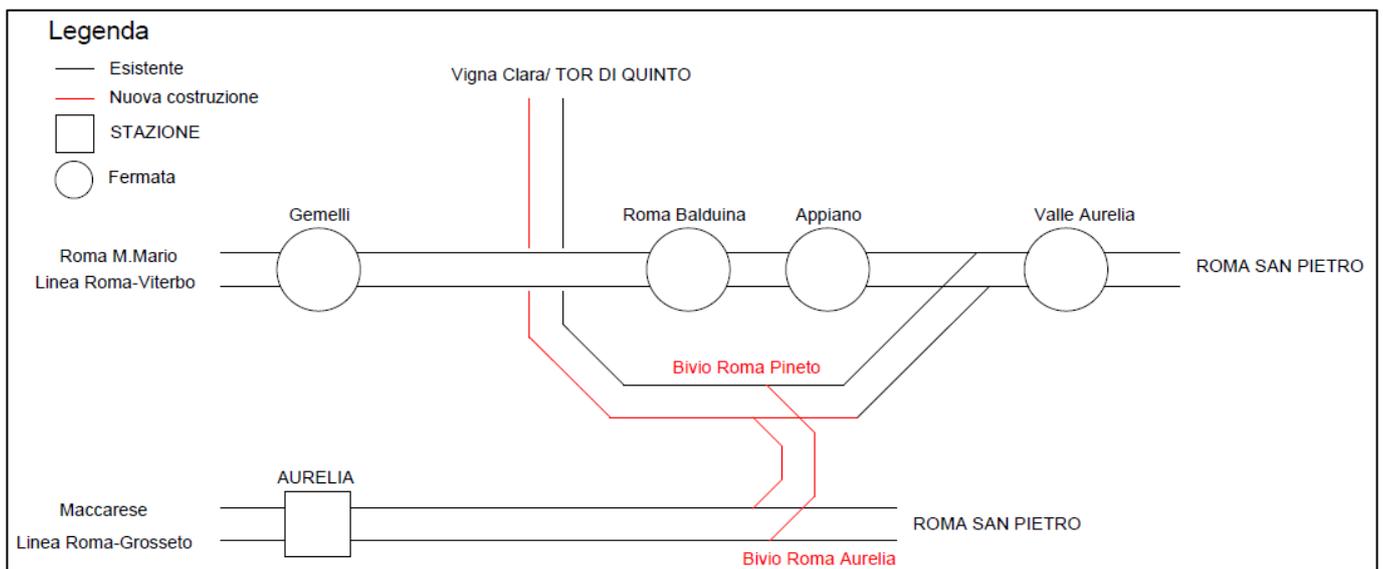


Figura 1 – Inquadramento zona d'intervento

Nel presente documento l'attenzione viene riposta sull'interconnessione tra la Cintura e la linea Roma – Grosseto tramite la realizzazione di due bivi (bivio Pineto e bivio Aurelia), per la quale sono state sviluppate quattro alternative progettuali di tracciato per la chiusura del nodo:

- **Opzione B**, prevede la realizzazione di una singola canna per l'inserimento del futuro binario pari con l'utilizzo del camerone storico di Bivio Aurelia per consentire la connessione del nuovo binario dispari con il binario dispari della linea tirrenica.

In funzione dei diversi possibili andamenti del binario pari, si individuano due alternative:

- Alternativa B2, caratterizzata dalla realizzazione di una nuova galleria con sviluppo di tracciato di 4177 m;
- Alternativa B3, caratterizzata dalla realizzazione di una nuova galleria con sviluppo di tracciato di 4959 m;
- **Opzione D**, prevede la realizzazione di una galleria a singola canna a doppio binario indipendente dalla galleria Aurelia in esercizio e dalla galleria esistente Cintura Militare con innesto dei binari pari e dispari attraverso gallerie a singola canna e singolo binario. In funzione dei diversi possibili andamenti del binario pari, si individuano due alternative:
  - Alternativa D1, caratterizzata da uno sviluppo del binario pari e dispari rispettivamente di 4959 m e 4816 m. In questa configurazione, il binario pari sottoattraversa prima la Cintura Nord e successivamente la linea Roma – Grosseto, realizzando il bivio in corrispondenza della stazione Aurelia;
  - Alternativa D2, caratterizzata da uno sviluppo del binario pari e dispari rispettivamente di 4800 m e 4816 m. Il binario pari sottoattraversa la linea Roma – Grosseto innestandosi in prossimità della stazione Aurelia, senza eliminare l'interferenza tra i flussi del Bivio Pineto.

Lo scopo del presente documento è quello di presentare i risultati di un'analisi multicriteria per il confronto delle diverse soluzioni progettuali sviluppate, analizzando per ogni singola alternativa le caratteristiche tecniche e funzionali e gli impatti sociali ed economici.

Il confronto tra le alternative è stato effettuato attraverso l'analisi di specifici criteri che consentano l'individuazione delle priorità su cui basare la scelta della soluzione vincente, ovvero la soluzione che meglio si adatta agli obiettivi dei decisori.

## 2. ALTERNATIVE PROGETTUALI

Come riportato in premessa, nell'ambito del progetto di chiusura della Cintura Nord di Roma e con riferimento alla tratta Valle Aurelia – Bivio Pineto, sono state elaborate quattro soluzioni alternative di tracciato.

Di seguito si riporta una descrizione sintetica di ciascuna soluzione progettuale.

### 2.1. Alternativa B2

L'alternativa B2 presenta le seguenti caratteristiche di progetto:

*Tabella 1 - Caratteristiche di progetto alternativa B2*

<b>ALTERNATIVA B2</b>	<b>BINARIO PARI</b>	<b>BINARIO DISPARI</b>
<b>Sviluppo (m)</b>	4177	1874
<b>Velocità (km/h)</b>	60/90	60/90
<b>Raggio minimo (m)</b>	700	963
<b>Pendenza massima (‰)</b>	15.6	9.2
<b>Galleria singolo binario (m)</b>	3208	1426

Tale soluzione progettuale prevede per il binario pari la realizzazione di una nuova galleria a singolo binario, indipendente dalla Galleria Militare attualmente esistente il sottopasso della linea Roma – Grosseto e la realizzazione del bivio in corrispondenza della stazione Aurelia. Per il binario dispari, invece, il bivio verrà realizzato nell'attuale camerone Aurelia come indicato nello schematico della Figura 2.

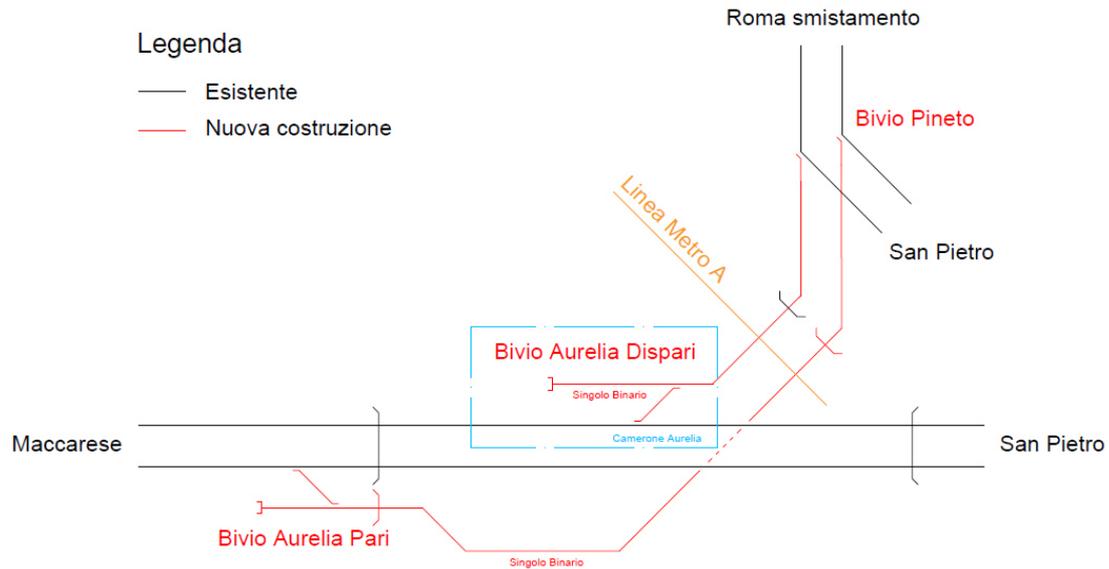


Figura 2 – Schematico alternativa B2

L'alternativa B2 scollega, dunque, il tracciato dei due binari provenienti da Bivio Pineto con la realizzazione del bivio, per il binario dispari, nell'attuale camerone Aurelia e la costruzione della nuova singola canna per l'alloggiamento del binario pari, con andamento pseudo-parallelo al tracciato della galleria in esercizio, sottopassando la linea Roma – Grosseto.

## 2.2. Alternativa B3

L'alternativa B3 presenta le seguenti caratteristiche:

Tabella 2 - Caratteristiche di progetto alternativa B3

<b>ALTERNATIVA B3</b>	<b>BINARIO PARI</b>	<b>BINARIO DISPARI</b>
<b>Sviluppo (m)</b>	4959	1874
<b>Velocità (km/h)</b>	60/90	60/90
<b>Raggio minimo (m)</b>	400	963
<b>Pendenza massima (‰)</b>	14	9.2
<b>Galleria singolo binario (m)</b>	4240	1426

In questo caso l'alternativa prevede per il binario pari la realizzazione di una nuova galleria a singolo binario indipendente dalla Galleria Militare attualmente esistente e il sottopasso dei binari della Cintura Nord e della linea Roma – Grosseto, con la realizzazione del bivio in corrispondenza della stazione Aurelia. Come per l'alternativa B2, per il binario dispari il bivio verrà realizzato nell'attuale camerone.

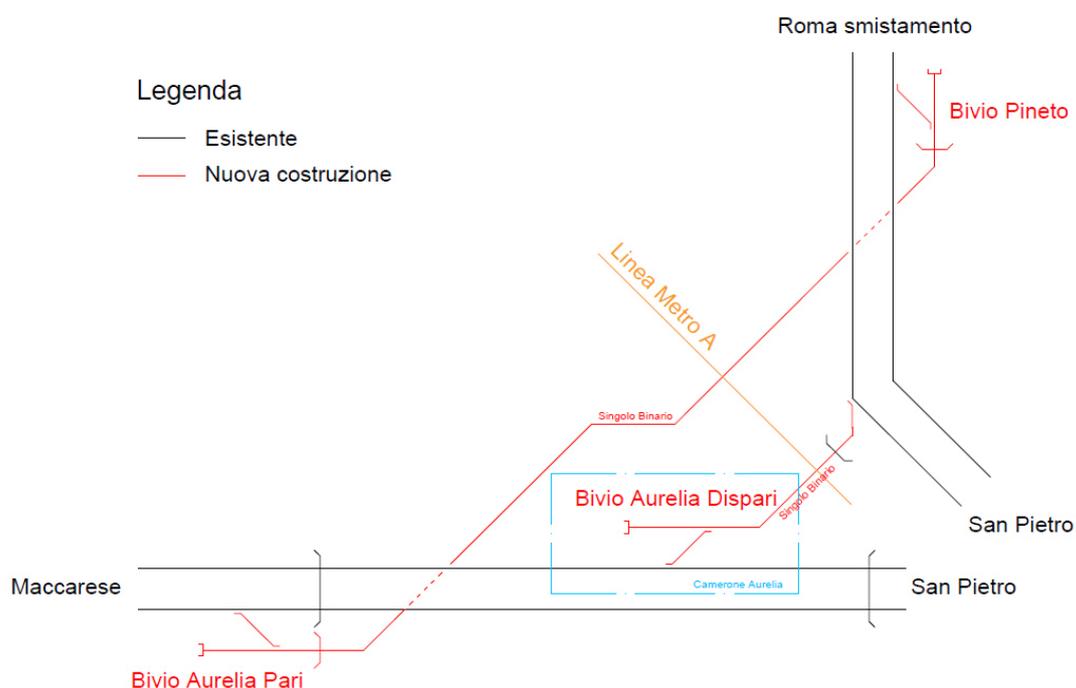


Figura 3 - Schematico alternativa B3

Come è possibile osservare dalla Figura 3, anche in questo caso l'alternativa B3 scollega il tracciato dei due binari provenienti da Bivio Pineto con la realizzazione, per il binario dispari, del bivio nell'attuale camerone di Bivio Aurelia e la costruzione della nuova singola canna per l'alloggiamento del binario pari, il quale deve sotto-attraversare la galleria Aurelia, sottopassando prima i binari della Cintura Nord e successivamente la linea Roma – Grosseto (Figura 3).

### 2.3. Alternativa D1

L'alternativa D1 presenta le seguenti caratteristiche:

Tabella 3 - Caratteristiche di progetto alternativa D1

ALTERNATIVA D1	BINARIO PARI	BINARIO DISPARI
<b>Sviluppo (m)</b>	4959	4816
<b>Velocità (km/h)</b>	60/90	60/90
<b>Raggio minimo (m)</b>	400	400
<b>Pendenza massima (%)</b>	14	12
<b>Galleria singolo binario (m)</b>	4240	4039

Nell'alternativa D1 nessuno dei due binari del bivio utilizza la galleria esistente ma si realizzano due nuove gallerie a singolo binario, che consentono al binario pari di sottoattraversare prima la Cintura Nord e successivamente la linea Roma – Grosseto, realizzando il bivio in corrispondenza della stazione Aurelia. Con tale soluzione si elimina l'intersezione tra il b.p. del bivio e la linea di Cintura e, conseguentemente, l'interferenza tra i flussi.

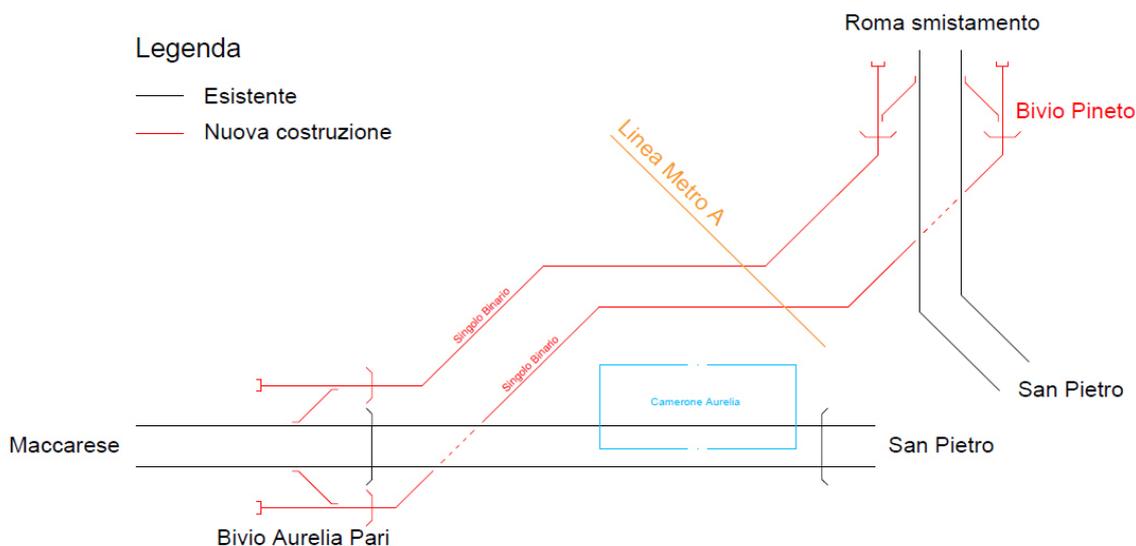


Figura 4 - Schematico alternativa D1

Dalla *Figura 4* è possibile osservare che per il Bivio Pineto si realizza una interconnessione a salto di montone con i due imbocchi che sono disposti all'esterno del tracciato della Linea di Cintura, eliminando così l'interferenza tra i flussi.

## 2.4. Alternativa D2

L'alternativa D2 presenta le seguenti caratteristiche:

*Tabella 4 - Caratteristiche di progetto alternativa D2*

<b>ALTERNATIVA D2</b>	<b>BINARIO PARI</b>	<b>BINARIO DISPARI</b>
<b>Sviluppo (m)</b>	4800	4816
<b>Velocità (km/h)</b>	60/90	60/90
<b>Raggio minimo (m)</b>	400	400
<b>Pendenza massima (%)</b>	12	12
<b>Galleria singolo binario (m)</b>	4010	4039

In questa alternativa si realizzano due nuove gallerie a singolo binario che consentono al binario pari di sottoattraversare la linea Roma – Grosseto; entrambi i binari del bivio si innestano in prossimità della stazione Aurelia, senza eliminare l'interferenza tra i flussi del Bivio Pineto (*Figura 5*).

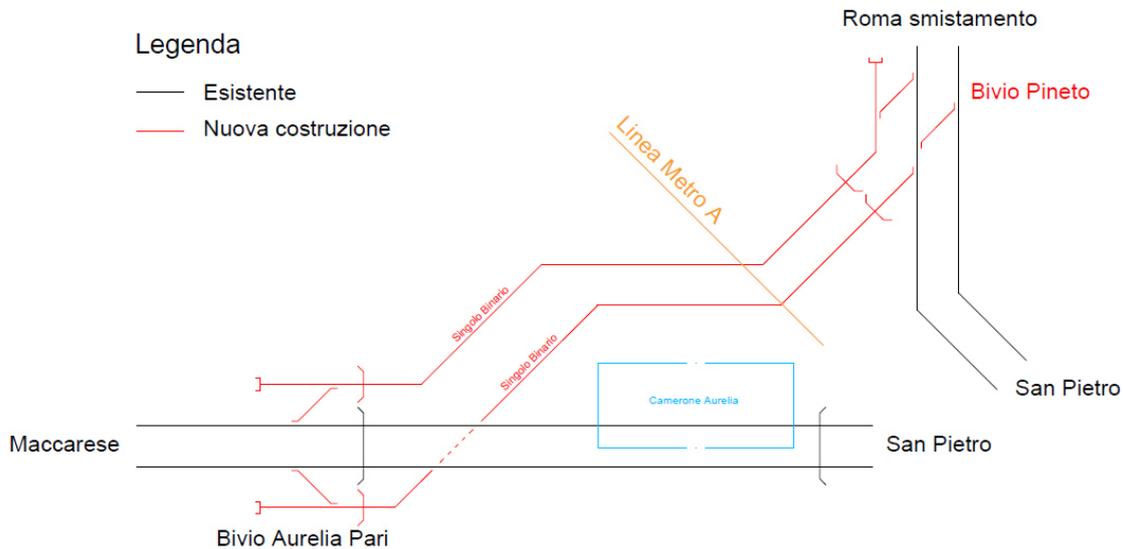


Figura 5 - Schematico alternativa D2

Per le alternative della famiglia D sono stati inseriti dei collegamenti per la sicurezza (by-pass) per quasi l'intera estesa dell'intervento tranne che per la parte più prossima al Bivio Aurelia dove, tra le due gallerie a singolo binario, si interpone il tracciato della galleria Aurelia in esercizio imponendo di prevedere per questa parte residuale del tracciato l'inserimento di uscite intermedie verticali.

### 3. ANALISI MULTICRITERIA

Con l'espressione "Analisi Multicriteria" (AMC) si definiscono una serie di elaborazioni concettuali e di calcoli che permettono di analizzare e confrontare nel loro insieme le "performance" di alternative decisionali rispetto a criteri di valutazione di natura diversa (sia qualitativi che quantitativi) fra loro non direttamente comparabili.

Con l'Analisi Multicriteria si sposta quindi la ricerca dalla soluzione "ottima" (concetto riferibile al criterio unico) a quella di soluzione "giustificata" ossia quella che, nel confronto basato su una molteplicità di criteri, risulta più volte vincente rispetto alle altre alternative decisionali.

L'elemento innovativo introdotto dall'analisi a criteri multipli consiste quindi nell'abbandono del paradigma dell'"ottimalità" a favore della ricerca del compromesso ottimale in cui non si ricerca un risultato unico, ma sono individuati quegli elementi che servono a chiarire le priorità su cui basare le scelte (*Las Casas 1996*). L'Analisi Multicriteria è quindi definibile anche 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.

### 3.1. Elementi costitutivi dell'analisi multicriteria

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.

### 3.2. Metodologia utilizzata: il metodo “Promethee”

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).

### 3.3. Applicazione del metodo Promethee

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. Alla luce di quanto raccolto mediante le analisi specialistiche presentate in tabella, si riportano i risultati ottenuti per i due scenari di analisi, illustrati tramite gli ordinamenti delle alternative di tracciato rispettivamente ai soli criteri di ciascuna categoria ed infine il loro risultato aggregato.

La prima fase prevista dal metodo Promethee si basa sulla identificazione delle diverse alternative. Il progetto relativo alla chiusura dell’Anello Nord di Roma ha previsto, dunque, per il tratto che si estende da Valle Aurelia a Bivio Pineto, l’analisi di quattro soluzioni alternative precedentemente definite come:

- Alternativa B2;
- Alternativa B3;
- Alternativa D1;
- Alternativa D2.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD					
ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA NRXX	LOTTO 00	CODIFICA R 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. 1	FOGLIO 14 di 41

### 3.3.1. Definizione dei criteri ed identificazione degli indicatori

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

In particolare, le alternative progettuali sono state valutate relativamente alle seguenti categorie:

1. Complessità infrastrutturale opere;
2. Esercizio ferroviario;
3. Effetti sul territorio;
4. Impatti ambientali e paesaggistici;
5. Onerosità fase di cantiere;
6. Economia del progetto.

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

### 3.3.2. Complessità infrastrutturale opere

La categoria relativa alla complessità infrastrutturale si articola in tre criteri, ciascuno composto da specifici indicatori quali:

#### 1.1 Opera di linea

- complessità costruttiva gallerie (contesto geologico e geotecnico, ...);
- complessità costruttiva imbocchi (morfologia, contesto geologico e geotecnico, ...);
- interferenze dello scavo con preesistenze infrastrutturali in sotterraneo;
- interferenze dello scavo con preesistenze di superficie;

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NRXX	00	R 16 RG	EF 00 05 001	1	15 di 41

### 1.2 Opere complementari

- uscite di sicurezza e pozzi – impatto sulla superficie;
- interventi di consolidamento di strutture esistenti per collegamenti con uscite di sicurezza e pozzi;

### 1.3 Opere allo scoperto

- superficie opere d'interferenza con opere d'arte ferroviarie esistenti.

Nel dettaglio, gli indicatori del primo criterio sono di tipo descrittivo, ovvero assumono un valore all'interno di un dominio prestabilito. Tali indicatori sono valutati in maniera qualitativa, ossia si associa un punteggio in una scala da 1 (minimo) a 10 (massimo) a seguito della valutazione di alcuni parametri quali geologia, idrogeologia, geotecnica, coperture, preesistenze infrastrutturali e del tessuto urbano. Esprimono, pertanto, un giudizio sul grado di difficoltà/complessità che la nuova galleria presenta per la sua costruzione relativamente alle condizioni al contorno che saranno incontrate conformemente all'attuale grado di conoscenza. Idealmente una galleria in condizioni medie di difficoltà realizzativa sarebbe contraddistinta da un punteggio variabile tra il 5 e il 6.

Gli indicatori del secondo criterio, invece, enumerano quanti sono gli elementi "caratterizzanti" la soluzione dal punto di vista della presenza di opere complementari necessarie al suo completamento. Ovviamente minore è il numero di opere dalla soluzione e maggiore sarà la sua "fattibilità". Il conteggio del numero di opere da prevedere viene eseguito nel rispetto di qualunque aspetto normativo individuato dai dati di base dello studio.

L'indicatore del terzo criterio, infine, misura l'interferenza dell'alternativa con le opere d'arte ferroviarie esistenti in termini di superficie.

Si riassumono i vari indicatori nella tabella seguente.

**ANALISI MULTICRITERIA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NRXX	00	R 16 RG	EF 00 05 001	1	16 di 41

*Tabella 5: Indicatori complessità infrastrutturale opere in sotterraneo*

INDICATORI	U.M.	ALTERNATIVA B2	ALTERNATIVA B3	ALTERNATIVA D1	ALTERNATIVA D2
complessità costruttiva gallerie	scala	5	7	8	6
complessità costruttiva imbocchi	scala	8	10	10	6
interferenze dello scavo con preesistenze infrastrutturali in sotterraneo	scala	10	5	5	5
interferenze dello scavo con preesistenze di superficie	scala	8	10	10	6
uscite di sicurezza e pozzi - impatto sulla superficie	num	13	12	3	3
interventi di consolidamento di strutture esistenti per collegamenti con uscite di sicurezza e pozzi	num	10	10	0	0
superficie opere d'interferenza con opere d'arte ferroviarie esistenti	m <sup>2</sup>	4200	4200	0	0

Nella lista dei criteri e degli indicatori scelti, sono stati esclusi, per assenza di documentazione, parametri che facessero riferimento al tema delle verifiche di resistenza al fuoco. Per le alternative B2 e B3, che prevedono l'utilizzo delle gallerie esistenti, le norme di settore attualmente vigenti prevedono che in caso di gallerie esistenti oggetto di rinnovo e ristrutturazione non è richiesto il soddisfacimento del requisito di resistenza al fuoco alle strutture delle gallerie.

Il soddisfacimento di tale requisito è, invece, richiesto nel caso di gallerie nuove e di allungamento di gallerie esistenti.

Nel caso in cui si manifestino tutte le condizioni per espletare le verifiche, va comunque segnalata la possibilità di esito negativo e, in tale scenario, l'eventuale impossibilità di mettere in atto interventi di adeguamento (che non siano di demolizione e ricostruzione).

In ragione della molteplicità ed attuale indeterminazione degli aspetti sopra evidenziati, non risulta possibile effettuare, in questa fase progettuale, una previsione di tempi e costi in caso di non soddisfacimento del requisito.

### 3.3.3. Prestazioni relative all'esercizio ferroviario

Gli indicatori di performance relativi all'esercizio ferroviario che sono stati considerati ai fini dell'analisi multicriteria sono i seguenti:

- tempo di percorrenza;
- capacità ( $C_{reg}$ )
- consumo energetico.

Tempo di percorrenza e consumo energetico sono stati ricavati attraverso la simulazione di marcia<sup>1</sup> di un treno merci per la tratta che si estende da Aurelia a Bivio Pineto, in quanto il tratto di linea oggetto di intervento sarà caratterizzato da un traffico misto viaggiatori e merci. La capacità è stata analizzata considerando l'indicatore "grado di utilizzazione regolare"<sup>2</sup> del bivio che rappresenta una misura del tempo totale di occupazione rispetto al periodo di esercizio giornaliero. Nella *Tabella 6* si riportano i valori degli indicatori per le quattro alternative.

*Tabella 6: Indicatori Esercizio ferroviario*

INDICATORI	U.M.	ALTERNATIVA B2	ALTERNATIVA B3	ALTERNATIVA D1	ALTERNATIVA D2
tempo di percorrenza	min	5.12	4.82	4.68	4.68
capacità ( $C_{reg}$ )	-	0.503	0.463	0.463	0.503
consumo energetico	kWh	224	235	223	223

<sup>1</sup> La valutazione degli indicatori è stata effettuata tramite 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.

<sup>2</sup> Le verifiche sul grado di utilizzazione dell'impianto sono state eseguite utilizzando il software specialistico IF-CAP (proprietario Italferr). Per ciascuna verifica si è provveduto all'acquisizione dei dati di base, alla definizione analitica del modello di offerta, alla costruzione del modello di rete, al caricamento dei dati di traffico su modulo di calcolo del software ed, infine, all'esecuzione del programma e analisi dei risultati ottenuti.

### 3.3.4. Effetti sul territorio

Gli indicatori relativi agli effetti sul territorio prodotti dalle diverse alternative sono stati individuati attraverso la “superficie di edifici da demolire” e le “aree da espropriare”, al fine di valutare le interferenze con l’edificato.

#### Alternative B2 e B3

Per quanto concerne le interferenze con edifici civili localizzati in corrispondenza della vecchia sede ferroviaria, le demolizioni risultano occupare una superficie pari a  $4.900 m^2$ . A queste si aggiunge la demolizione di una struttura abitativa in corrispondenza di Stazione Aurelia di dimensione planimetrica pari a  $500 m^2$ .

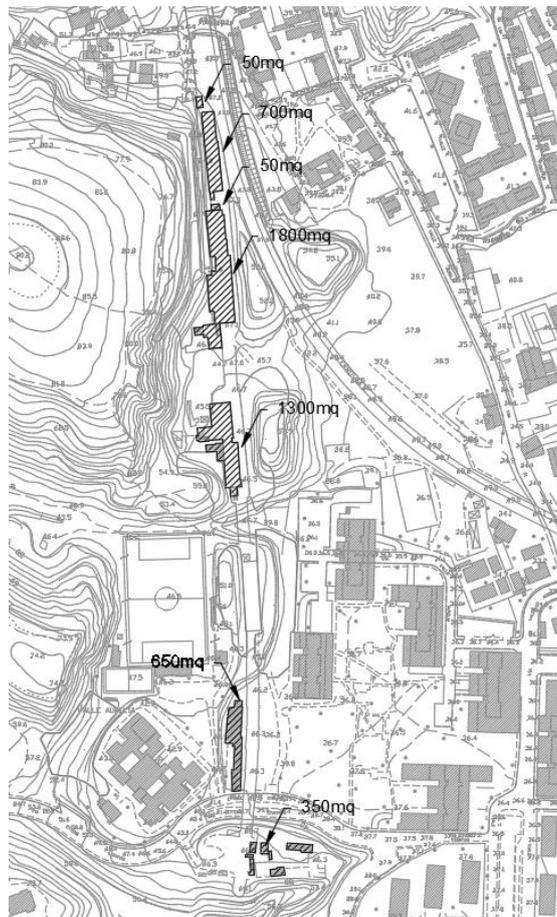


Figura 6: Interferenze con l’edificato alternative B2 e B3

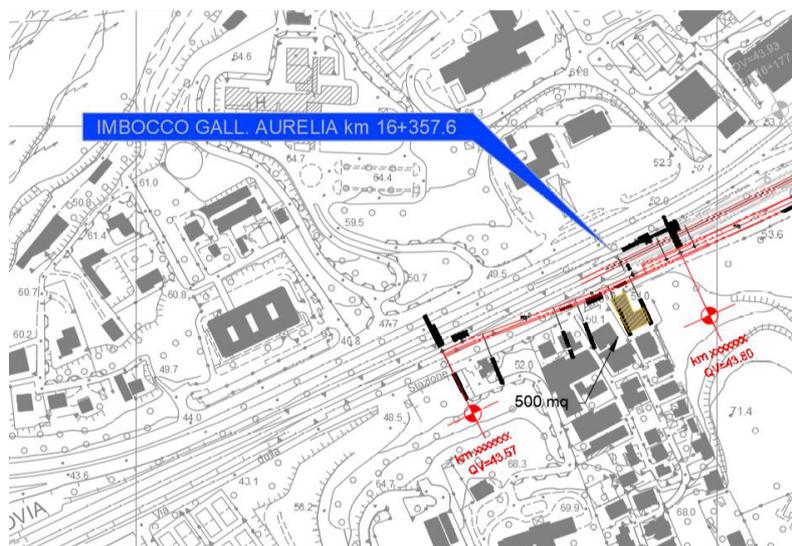


Figura 7: Interferenze con l'edificato comune alle quattro alternative

Alternative D1 e D2:

È presente la sola demolizione della struttura abitativa in corrispondenza di Stazione Aurelia di dimensione planimetrica pari a 500 m<sup>2</sup> (Figura 7).

In generale per tutte le alternative, nei tratti allo scoperto, le aree in esproprio sono nella maggior parte dei casi aree agricole, mentre nei tratti in galleria, le aree per i pozzi ricadono tutte in ambito urbano.

Nella tabella di seguito si riassumono gli indicatori descritti:

Tabella 7: Indicatori Effetti sul territorio

INDICATORI	U.M	ALTERNATIVA B2	ALTERNATIVA B3	ALTERNATIVA D1	ALTERNATIVA D2
superficie edifici da demolire	m <sup>2</sup>	5400	5400	500	500
aree da espropriare	m <sup>2</sup>	15000	20000	22000	11500

### 3.3.5. Impatti ambientali e paesaggistici

Nel seguito si effettua un confronto tra le alternative rispetto agli effetti sui ricettori antropici, intendendo con tale termine i soli ricettori di pregio, relativamente ai seguenti aspetti:

- Aspetti metodologici
  - Indicatori e criteri di confronto
    - modalità di stima;
    - fonti conoscitive sulla scorta delle quale sono stati costruiti gli strati informativi adottati ai fini delle analisi;
- Risultanze del confronto.

#### Aspetti metodologici

In merito agli aspetti metodologici, il confronto è stato condotto attraverso il seguente indicatore:

##### *1. Vicinanza tra opera e ricettori di pregio*

I ricettori di pregio sono stati identificati nei beni di interesse culturale dichiarato ai sensi della Parte Seconda del DLgs 42/2004 e smi, e segnatamente a termini dell'articolo 10 "Beni culturali".

##### *2. Estensione superficiale aree soggette a vincolo paesaggistico*

I vincoli paesaggistici sono stati identificati nei beni oggetto di tutela ai sensi della Parte Terza del DLgs 42/2004 e smi, e segnatamente a termini dell'articolo 136 "Immobili ed aree di notevole interesse pubblico", dell'articolo 142 "Aree tutelate per legge" e dell'articolo 143 co. 1 lett. d "Ulteriori immobili od aree, di notevole interesse pubblico a termini dell'articolo 134, comma 1, lettera c)" del citato decreto.

Tale indicatore viene misurato in termini di metri lineari di sviluppo dell'alternativa ricadenti su beni paesaggistici, intesi nei termini precedentemente indicati.

##### *3. Edifici all'interno della fascia di pertinenza acustica*

L'iter metodologico con il quale sono state condotte le analisi acustiche preliminari per ciascuna delle quattro soluzioni progettuali proposte, può essere schematizzato secondo le fasi di lavoro di seguito riportate:

- Individuazione dei valori limite di immissione secondo il DPR 459/98 (decreto sul rumore ferroviario),
- Caratterizzazione ante operam. In questa fase dello studio è stato analizzato il territorio allo stato attuale identificando i fabbricati presenti con riguardo alla destinazione d'uso dei ricettori potenzialmente impattati e ricadenti nella fascia di pertinenza acustica ferroviaria (250 m per lato);
- Livelli acustici post operam. Con l'ausilio del modello di simulazione SoundPLAN si è proceduto alla valutazione dei livelli acustici con la realizzazione del progetto in esame. Gli algoritmi di calcolo scelti per valutare la propagazione dell'onda sonora emessa dall'infrastruttura ferroviaria fanno riferimento al metodo Schall 03, DIN 18005. I risultati del modello di simulazione sono stati quindi messi a confronto con i limiti acustici della linea.

#### 4. Barriere antirumore

Per l'ipotesi di localizzazione degli interventi di mitigazione (barriere antirumore), si fa presente che le emissioni acustiche dei convogli inserite nel modello sono state estratte dalla banca dati delle emissioni dei singoli transiti riportata nella Tabella 2 contenuta nel Documento "Piano degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore ai sensi del DM Ambiente 29/11/2000 – Relazione Tecnica" redatto da RFI. Nelle successive fasi della progettazione saranno effettuate apposite campagne di misure fonometriche per la taratura del modello di simulazione. In questa fase preliminare sono state condotte simulazioni su sezioni isofoniche tipologiche e senza considerare concorsualità con altre infrastrutture di trasporto. Il censimento degli edifici, così come l'individuazione degli edifici particolarmente sensibili, è stato condotto con l'ausilio della piattaforma G Earth. Il censimento in campo consiste in un'attività da espletare nelle successive fasi di progettazione. Per le ragioni sopra elencate sono state sostanzialmente individuate ipotesi di localizzazione di barriere antirumore.

Nella Tabella 8 si schematizzano dunque gli indicatori costitutivi della categoria impatti ambientali e paesaggistici:

Tabella 8: Indicatori impatti ambientali e paesaggistici

INDICATORI	U.M.	ALTERNATIVA B2	ALTERNATIVA B3	ALTERNATIVA D1	ALTERNATIVA D2
vicinanza tra opera e ricettori di pregio	num	2	1	1	1
edifici all'interno della fascia di pertinenza acustica	num	200	135	90	50
barriere antirumore	m	4420	3140	2480	2010
estensione superficiale aree soggette a vincolo paesaggistico	m	3225	3828	7142	7043

### 3.3.6. Onerosità fase di cantiere

Questa tipologia di criterio è stata definita al fine di quantificare gli impatti sul territorio (compresi i potenziali disagi sul traffico stradale a causa di possibili deviazioni, restringimenti di carreggiata, chiusure, ecc.) e per poter eseguire un confronto fra le alternative progettuali. Un aspetto importante della cantierizzazione delle infrastrutture consiste nello studio della viabilità che verrà utilizzata dai mezzi coinvolti nei lavori. Tale viabilità è costituita da tre tipi fondamentali di strade:

- le piste di cantiere, realizzate specificatamente per l'accesso o la circolazione dei mezzi impiegati nei lavori;
- la viabilità urbana e/o di interesse locale;
- la viabilità principale, le quali permettono di collegare la viabilità locale con quella primaria (in questo caso si è preso come riferimento il G.R.A.).

In particolare, per lo sviluppo di alcuni indicatori, sono state considerate principali tutte quelle viabilità che presentano carreggiate a doppia corsia e secondarie tutte le viabilità non incluse nelle principali, escluse quelle locali.

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NRXX	00	R 16 RG	EF 00 05 001	1	23 di 41

Nello specifico i criteri e gli indicatori adottati sono i seguenti:

- 1) Sottrazione di suolo
  - estensione superficiale beni paesaggistici interessati;
- 2) Flussi di cantiere
  - km di viabilità urbana impegnata dai mezzi di cantiere;
- 3) Interferenze provvisorie con l'esercizio ferroviario
  - mesi di chiusura totale dell'esercizio ferroviario (tratta Aurelia - San Pietro);
  - mesi di chiusura totale dell'esercizio ferroviario (tratta Valle Aurelia - Vigna Clara);
- 4) Interferenze provvisorie con le viabilità
  - numero di interferenze di cantiere su viabilità principali;
  - numero di interferenze di cantiere su viabilità secondarie.

Tabella 9: Indicatori Onerosità fase di cantiere

INDICATORI	U.M.	ALTERNATIVA B2	ALTERNATIVA B3	ALTERNATIVA D1	ALTERNATIVA D2
estensione superficiale beni paesaggistici interessati	m <sup>2</sup>	72964	110737	98511	60076
km di viabilità urbana impegnata dai mezzi di cantiere	km	13	18	12	9
mesi di chiusura dell'esercizio ferroviario (tratta Aurelia - San Pietro)	mesi	16	16	0	0
mesi di chiusura dell'esercizio ferroviario (tratta Valle Aurelia - Vigna Clara)	mesi	0	10	10	0
numero di interferenze di cantiere su viabilità principali	n°	4	3	1	1
numero di interferenze di cantiere su viabilità secondarie	n°	4	3	2	2

### 3.3.7. Economia del progetto

I criteri utilizzati per il confronto dei costi imputabili alle diverse alternative sono relativi al tempo complessivo di intervento e al costo a vita intera, sviluppati a loro volta attraverso i seguenti indicatori:

Tabella 10: Indicatori Economia del progetto

INDICATORI	U.M.	ALTERNATIVA B2	ALTERNATIVA B3	ALTERNATIVA D1	ALTERNATIVA D2
tempo di realizzazione dell'intervento	mesi	62	68	72	69
costo a vita intera	Mln €	270.6	286.3	281.8	273.1

Si osserva che i tempi riportati nella Tabella 10 si riferiscono ai soli tempi di costruzione e non tengono conto dei tempi relativi alle attività di CVT, ANSF e pre-esercizio. All'interno della famiglia di opzioni B, l'alternativa B2 è caratterizzata da una durata dei lavori maggiorata di 6 mesi, dovuto alla maggior complessità dell'imbocco Nord (ovvero scatolare sotto la linea ferroviaria da eseguire per fasi) e della galleria naturale più lunga di circa 600 m.

I tempi di realizzazione delle alternative della famiglia D sono stati calcolati prevedendo l'impiego di 2 TBM per lo scavo di due gallerie di circa 4 km ciascuna; l'alternativa D2, a sua volta, richiederebbe un aumento delle aree di cantiere all'imbocco, legato alla contemporaneità dello scavo delle canne.

### 3.3.8. Sintesi degli elementi di confronto e matrice di valutazione

Sulla base delle quattro alternative progettuali e dei 24 indicatori di valutazione considerati nell'analisi, si è costruita la matrice di valutazione (24 righe x 4 colonne).

Alla luce delle analisi svolte e dei risultati ottenuti per tutte le alternative progettuali, di seguito è riportata la matrice di valutazione per la scelta dell'alternativa ottimale.

Tabella 11: Matrice di valutazione

CATEGORIA	CRITERIO	INDICATORE	U.M.	B2	B3	D1	D2
<b>COMPLESSITÀ INFRASTRUTTURALE OPERE</b>	<i>Opera di linea</i>	Complessità costruttiva gallerie	Scala	5	7	8	6
		Complessità costruttiva imbocchi	Scala	8	10	10	6
		Interferenze dello scavo con preesistenze infrastrutturali in sotterraneo	Scala	10	5	5	6
		Interferenze dello scavo con preesistenze di superficie	Scala	8	10	10	6
	<i>Opere complementari</i>	Uscite di sicurezza e pozzi: impatto sulla superficie	num	13	12	3	3
		Interventi di consolidamento di strutture esistenti per collegamenti con uscite di sicurezza e pozzi	num	10	10	0	0
<i>Opere allo scoperto</i>	Superficie opere d'interferenza con opere d'arte ferroviarie esistenti	m <sup>2</sup>	4200	4200	0	0	
<b>ESERCIZIO FERROVIARIO</b>	<i>Caratteristiche rispetto all'esercizio ferroviario</i>	Tempo di percorrenza	min	5.12	4.82	4.68	4.68
		Capacità	-	0.503	0.463	0.463	0.503
		Consumo energetico	kWh	224	235	223	223
<b>EFFETTI SUL TERRITORIO</b>	<i>Interferenze con l'edificato</i>	Superficie edifici da demolire	m <sup>2</sup>	5400	5400	500	500
	<i>Consumo di suolo</i>	Aree da espropriare	m <sup>q</sup>	15000	20000	22000	11500

**ANALISI MULTICRITERIA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NRXX	00	R 16 RG	EF 00 05 001	1	27 di 41

<b>IMPATTI AMBIETALI E PAESAGGISTICO</b>		Vicinanza tra opera e ricettori di pregio	N°	2	1	1	1
	<i>Effetti sui ricettori antropici</i>	Edifici all'interno della fascia di pertinenza acustica	N°	200	135	90	50
		Barriere antirumore	m	4420	3140	2480	2010
	<i>Interferenze aree sottoposte a vincoli</i>	Estensione superficiale aree soggette a vincolo paesaggistico	m	3225	3828	7142	7043
<b>ONEROSITÀ FASE DI CANTIERE</b>	<i>Sottrazione di suolo</i>	Estensione superficiale beni paesaggistici interessati	m <sup>2</sup>	72964	110737	98511	60076
	<i>Flussi di cantiere</i>	Km di viabilità urbana impegnata dai mezzi di cantiere	km	13	18	12	9
	<i>Interferenze provvisorie con l'esercizio ferroviario</i>	Mesi di chiusura totale dell'esercizio ferroviario (tratta Aurelia - San Pietro)	mesi	16	16	0	0
		Mesi di chiusura totale dell'esercizio ferroviario (tratta Valle Aurelia - Vigna Clara)	mesi	0	10	10	0
	<i>Interferenze provvisorie con le viabilità</i>	Numero di interferenze di cantiere su viabilità principali	N°	4	3	1	1
		Numero di interferenze di cantiere su viabilità secondarie	N°	4	3	2	2
<b>ECONOMIA DEL PROGETTO</b>	<i>Tempi realizzativi</i>	Tempo di realizzazione dell'intervento	mesi	62	68	72	69
	<i>Costi</i>	Costo a vita intera	milioni €	270.6	286.3	281.8	273.1

### 3.3.9. Assegnazione dei pesi

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

La determinazione di tali pesi è stata eseguita sulla base del buon senso e dell'esperienza da parte dei progettisti coinvolti, andando ad individuare quella ripartizione che desse la giusta importanza sia agli aspetti tecnici e dell'impegno di risorse ma anche agli impatti, sia con carattere di temporaneità sia definitivi, che un tale tipo di progetto che dovrà essere realizzato in un'area fortemente urbanizzata e complessa per la presenza di diversi vincoli può generare sulla collettività e sui trasporti.

Nello specifico i pesi assegnati alle categorie sono:

- |                                       |      |
|---------------------------------------|------|
| 1. Complessità infrastrutturale opere | 25%; |
| 2. Esercizio ferroviario              | 5%;  |
| 3. Effetti sul territorio             | 10%; |
| 4. Impatti ambientali e paesaggistici | 15%; |
| 5. Onerosità fase di cantiere         | 25%; |
| 6. Economia del progetto              | 20%. |

Internamente alle categorie i pesi sono stati a loro volta ripartiti, tra i vari criteri ed indicatori, nel seguente modo:

- |   |             |
|---|-------------|
| <b>1.1 Opera di linea</b>   | <b>45%;</b> |
| 1.1.1 complessità costruttiva gallerie  | 30%;        |
| 1.1.2 complessità costruttiva imbocchi  | 20%;        |
| 1.1.3 interferenze dello scavo con preesistenze infrastrutturali in sotterraneo | 30%;        |
| 1.1.4 interferenze dello scavo con preesistenze di superficie                   | 20%;        |

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NRXX	00	R 16 RG	EF 00 05 001	1	29 di 41

<b>1.2 Opere complementari</b>	<b>45%;</b>
1.2.1 uscite di sicurezza e pozzi: impatto sulla superficie	33%;
1.2.2 interventi di consolidamento di strutture esistenti	67%;
<b>1.3 Opere allo scoperto</b>	<b>10%;</b>
1.3.1 superficie opere d' interferenza con opere d'arte ferroviarie esistenti	100%;
<b>2.1. Caratteristiche rispetto all'esercizio ferroviario</b>	<b>100%;</b>
2.1.1 tempi di percorrenza	25%;
2.1.2 capacità	50%;
2.1.3 consumo energetico	25%;
<b>3.1. Interferenze con l'edificato</b>	<b>50%;</b>
3.1.1 superficie edifici da demolire	100%;
<b>3.2. Consumo di suolo</b>	<b>50%;</b>
3.2.1 aree da espropriare	100%;
<b>4.1 Effetti sui ricettori antropici</b>	<b>50%;</b>
4.1.1 vicinanza tra opera e ricettori di pregio	50%;
4.1.2 edifici all'interno della fascia di pertinenza acustica	25%;
4.1.3 barriere antirumore	25%;
<b>4.2 Interferenze aree sottoposte a vincoli</b>	<b>50%;</b>
4.2.1 estensione superficiale aree soggette a vincolo paesaggistico	100%;
<b>5.1 Sottrazione di suolo</b>	<b>15%;</b>
5.1.1 estensione superficiale beni paesaggistici interessati	100%;
<b>5.2 Flussi di cantiere</b>	<b>20%;</b>
5.2.1 km di viabilità urbana impegnata dai mezzi di cantiere	100%;
<b>5.3 Interferenze provvisorie con l'esercizio ferroviario</b>	<b>35%;</b>
5.3.1 mesi di chiusura totale dell'esercizio ferroviario (tratta Aurelia - San Pietro)	42% <sup>(*)</sup> ;
5.3.2 mesi di chiusura totale dell'esercizio ferroviario (tratta Valle Aurelia - Vigna Clara)	58% <sup>(*)</sup> ;

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NRXX	00	R 16 RG	EF 00 05 001	1	30 di 41

<b>5.4 Interferenze provvisorie con le viabilità</b>	<b>30%;</b>
5.4.1 numero di interferenze di cantiere su viabilità principali	70%;
5.4.2 numero di interferenze di cantiere su viabilità secondarie	30%;
<b>6.1 Tempi realizzativi</b>	<b>30%;</b>
6.1.1 tempo di realizzazione dell'intervento	100%;
<b>6.2 Costi</b>	<b>70%;</b>
6.2.1 costo a vita intera	100%.

Nella Tabella 12 si sintetizzano i pesi assegnati per l'analisi multicriteria.

<sup>(\*)</sup> Il peso assegnato all'indicatore "mesi di chiusura totale dell'esercizio ferroviario", per le due tratte Aurelia – San Pietro e Valle Aurelia – Vigna Clara, è stato ripartito in maniera proporzionale ai volumi di traffico derivanti dal modello di esercizio.

Tabella 12: Scenario pesi attribuiti

CATEGORIA	PESO	CRITERIO	PESO	INDICATORE	PESO
<i>Complessità infrastrutturale opere</i>	<b>25%</b>	Opere di linea	<b>45%</b>	Complessità costruttiva gallerie	<b>30%</b>
				Complessità costruttiva imbocchi	<b>20%</b>
				Interferenze dello scavo con preesistenze infrastrutturali in sotterraneo	<b>30%</b>
		Opere complementari	<b>45%</b>	Interferenze dello scavo con preesistenze di superficie	<b>20%</b>
				Uscite di sicurezza e pozzi: impatto sulla superficie	<b>33%</b>
				Interventi di consolidamento di strutture esistenti per collegamenti con uscite di sicurezza e pozzi	<b>67%</b>
Opere allo scoperto	<b>10%</b>	Superficie opere d'interferenza con opere d'arte ferroviarie esistenti	<b>100%</b>		
<i>Esercizio ferroviario</i>	<b>5%</b>	Caratteristiche rispetto all'esercizio ferroviario	<b>100%</b>	Tempo di percorrenza	<b>25%</b>
				Capacità	<b>50%</b>
				Consumo energetico	<b>25%</b>
<i>Effetti sul territorio</i>	<b>10%</b>	Interferenze con l'edificato	<b>50%</b>	Superficie edifici da demolire	<b>100%</b>
		Consumo del suolo	<b>50%</b>	Aree da espropriare	<b>100%</b>

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NRXX	00	R 16 RG	EF 00 05 001	1	32 di 41

CATEGORIA	PESO	CRITERIO	PESO	INDICATORE	PESO
<i>Impatti ambientali e paesaggistici</i>	<b>15%</b>	Effetti sui ricettori antropici	<b>50%</b>	Vicinanza tra opera e ricettori di pregio	<b>50%</b>
				Edifici all'interno della fascia di pertinenza acustica	<b>25%</b>
				Barriere antirumore	<b>25%</b>
		Interferenze aree sottoposte a vincoli	<b>50%</b>	Estensione superficiale aree soggette a vincolo paesaggistico	<b>100%</b>
<i>Onerosità fase di cantiere</i>	<b>25%</b>	Sottrazione di suolo	<b>15%</b>	Estensione superficiale beni paesaggistici interessati	<b>100%</b>
		Flussi di cantiere	<b>20%</b>	Km di viabilità urbana impegnata dai mezzi di cantiere	<b>100%</b>
		Interferenze provvisorie con l'esercizio ferroviario	<b>35%</b>	Mesi di chiusura totale dell'esercizio ferroviario (tratta Aurelia - San Pietro)	<b>42%</b>
				Mesi di chiusura totale dell'esercizio ferroviario (tratta Valle Aurelia - Vigna Clara)	<b>58%</b>
		Interferenze provvisorie con le viabilità	<b>30%</b>	Numero di interferenze di cantiere su viabilità principali	<b>70%</b>
Numero di interferenze di cantiere su viabilità secondarie	<b>30%</b>				
<i>Economia del progetto</i>	<b>20%</b>	Tempi realizzativi	<b>30%</b>	Tempo di realizzazione dell'intervento	<b>100%</b>
		Costi	<b>70%</b>	Costo a vita intera	<b>100%</b>

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NRXX	00	R 16 RG	EF 00 05 001	1	33 di 41

### 3.3.10. Analisi dei risultati

L'Analisi Multicriteria effettuata per la tratta Bivio Pineto - Aurelia, ha restituito i seguenti risultati per ciascuna delle alternative analizzate.

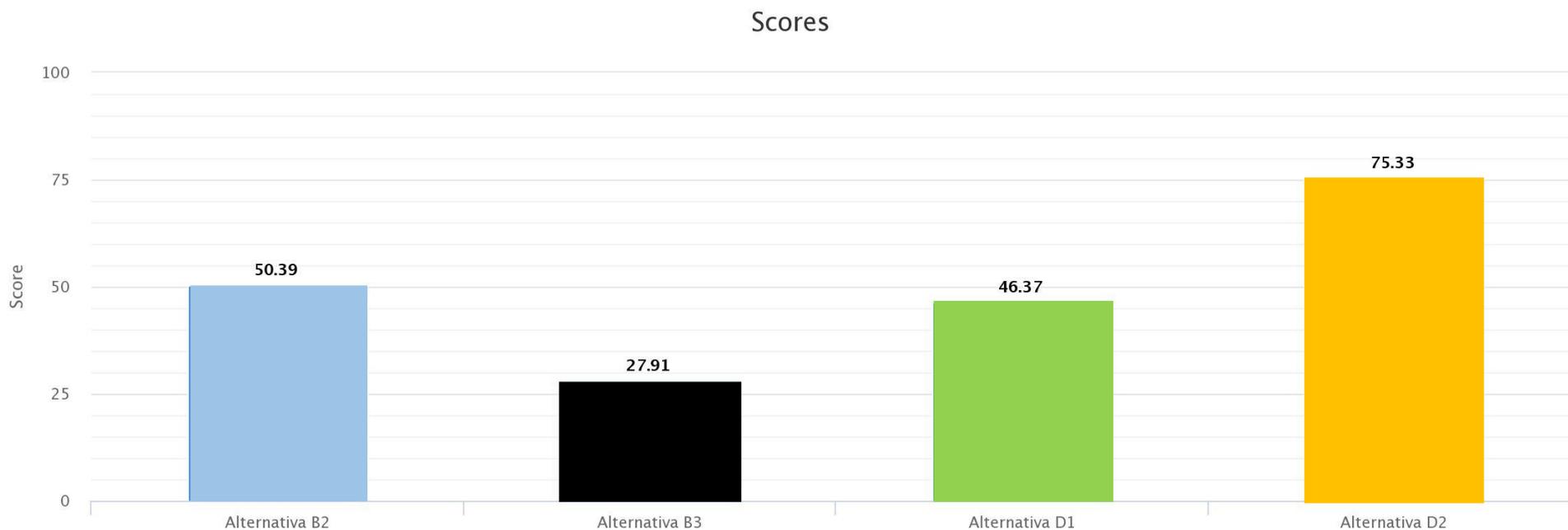


Figura 8: Ranking finale

In funzione dei pesi attribuiti, come riportato anche nel ranking finale (Figura 8), la soluzione vincente è l'alternativa D2. Di seguito si riporta il punteggio ottenuto per ogni soluzione:

*Tabella 13: Punteggi finali*

ALTERNATIVE	SCORE	RANKING
B2	50.39	2
B3	27.91	4
D1	46.37	3
D2	75.33	1

Il medesimo ranking può essere analizzato più in dettaglio, dando evidenza del contributo di ciascuna categoria (Figura 9) e ciascun indicatore (Figura 10) al punteggio finale, come risultato dei confronti a coppie delle alternative per ogni criterio di analisi.

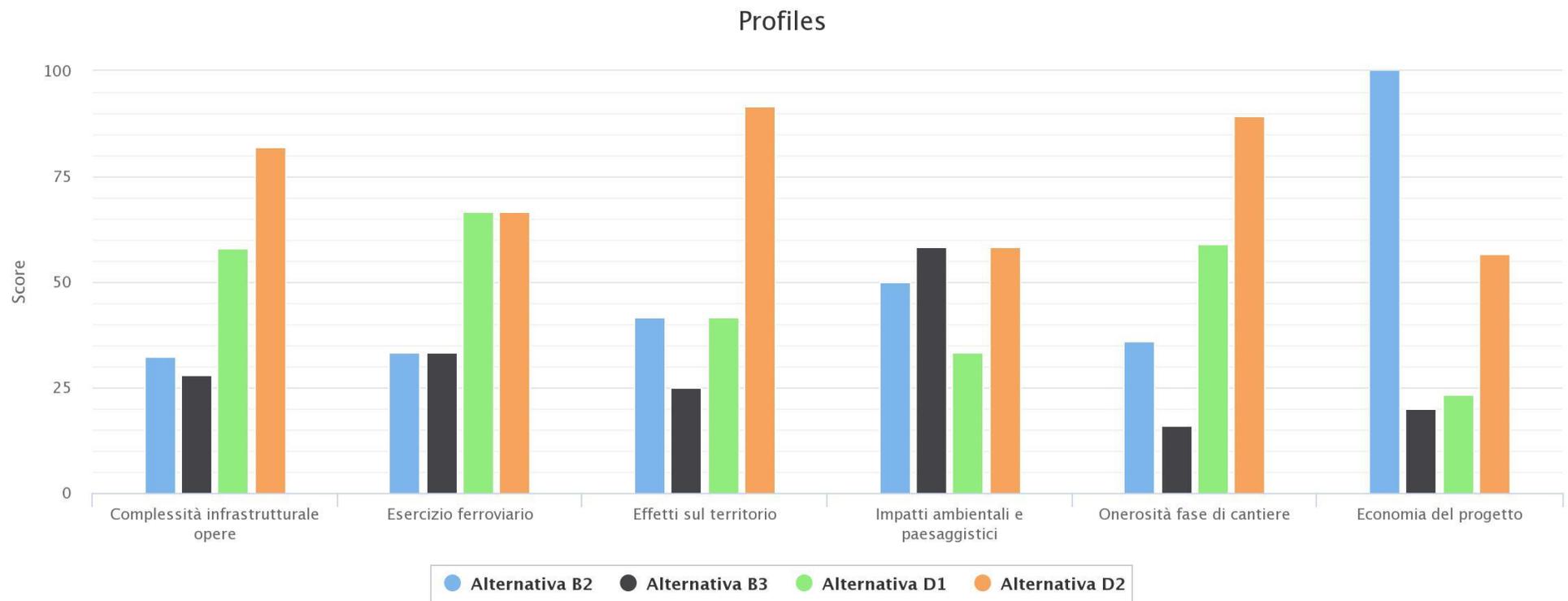


Figura 9: Confronto a coppie per categoria di analisi

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NRXX	00	R 16 RG	EF 00 05 001	1	36 di 41

Criteria Contribution

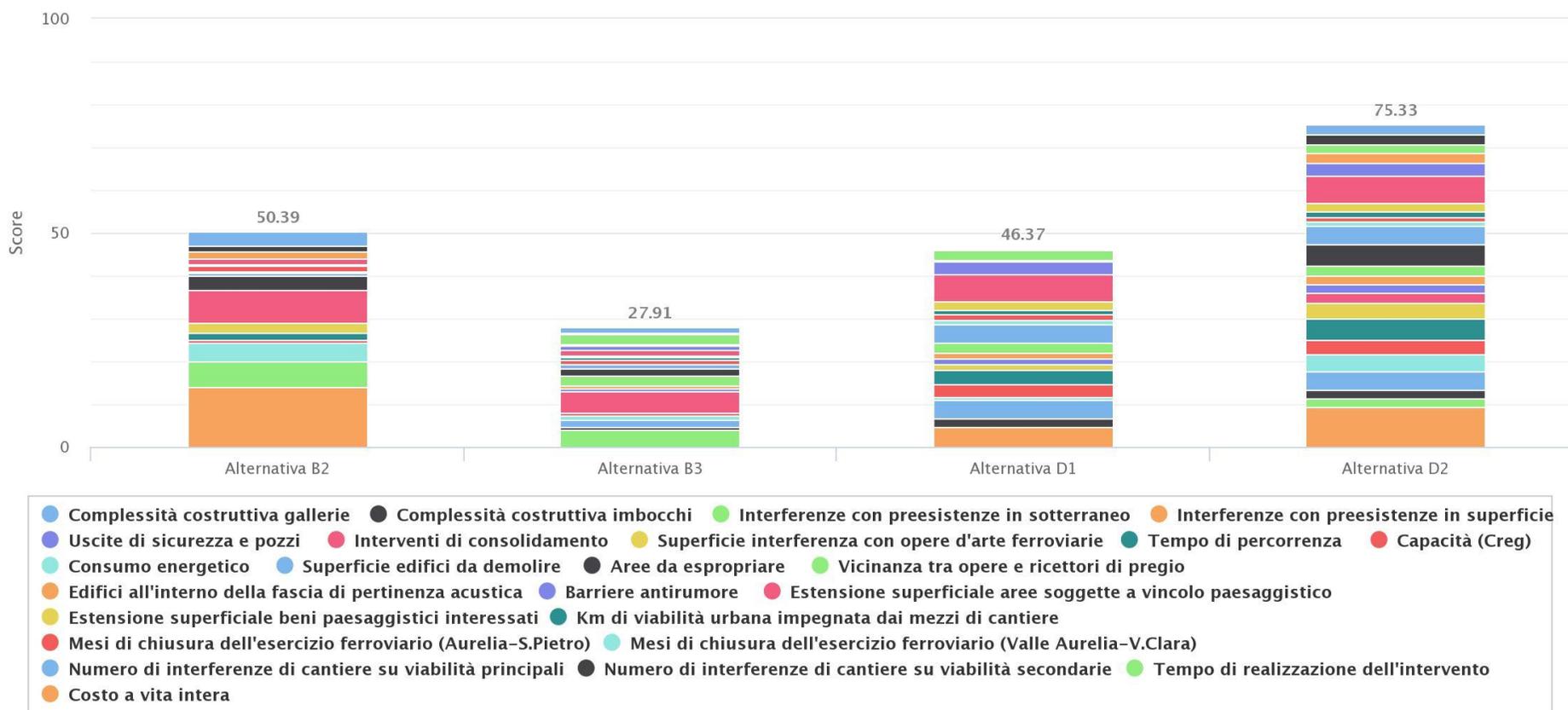


Figura 10: Ranking finale con indicazione del contributo al risultato di ciascun indicatore

Il generale sul punteggio finale di ciascuna alternativa il contributo maggiore è dato dall'indicatore relativo al "costo a vita intera" dell'intervento in quanto caratterizzato da un peso maggiore; fa eccezione l'alternativa B3, per la quale tale contributo risulta nullo, poiché caratterizzata dal costo di realizzazione più alto tra quelle oggetto del confronto. L'alternativa D2 risulta la migliore per tutte le categorie di riferimento ad eccezione della sola categoria "economia del progetto", come evidenziato dalla Figura 9, i cui istogrammi evidenziano un contributo inferiore alla sola alternativa B2 per questa categoria.

Le considerazioni suddette spiegano il risultato sbilanciato a favore dell'alternativa vincente, in quanto pur essendo caratterizzata da costi e tempi maggiori, cui è stato attribuito un peso elevato, l'alternativa ha conseguito i punteggi più alti per tutti gli altri indicatori, per cui il ranking ottenuto non è influenzato da questi maggiori costi. A tal proposito, al fine di verificare la robustezza della soluzione vincente, è stata realizzata una analisi di sensitività.

### **3.3.11. Analisi di sensitività**

L'analisi di sensitività mira a studiare come varia il ranking fra le alternative confrontate al variare degli elementi che compaiono nella valutazione e/o nella loro struttura (composizione e pesi associati). In particolare, l'obiettivo è quello di determinare un range di variazione (intervallo di stabilità) all'interno del quale la soluzione individuata come ottima non cambia.

Essa indaga sulla stabilità o robustezza della soluzione ottima individuando gli elementi più sensibili del modello e cioè quelli per cui anche una piccola variazione conduce a significative variazioni dei risultati. Una soluzione è robusta quando rimane ottimale anche al mutare dei dati di base per l'analisi.

Il grafico che segue rappresenta gli intervalli entro cui i pesi delle categorie possono subire variazioni pur non modificando il risultato finale, ovvero l'alternativa vincente.

Nello specifico, intervalli di grandi dimensioni forniscono maggiore fiducia nella soluzione in quanto rappresenta una alternativa solida.

Il decisore può modificare i pesi dei diversi criteri e categorie al fine esaminare come i risultati potrebbero cambiare in tempo reale, consentendo, quindi, di valutare l'impatto di una variazione di peso sulla classifica delle alternative.

### Stability Intervals

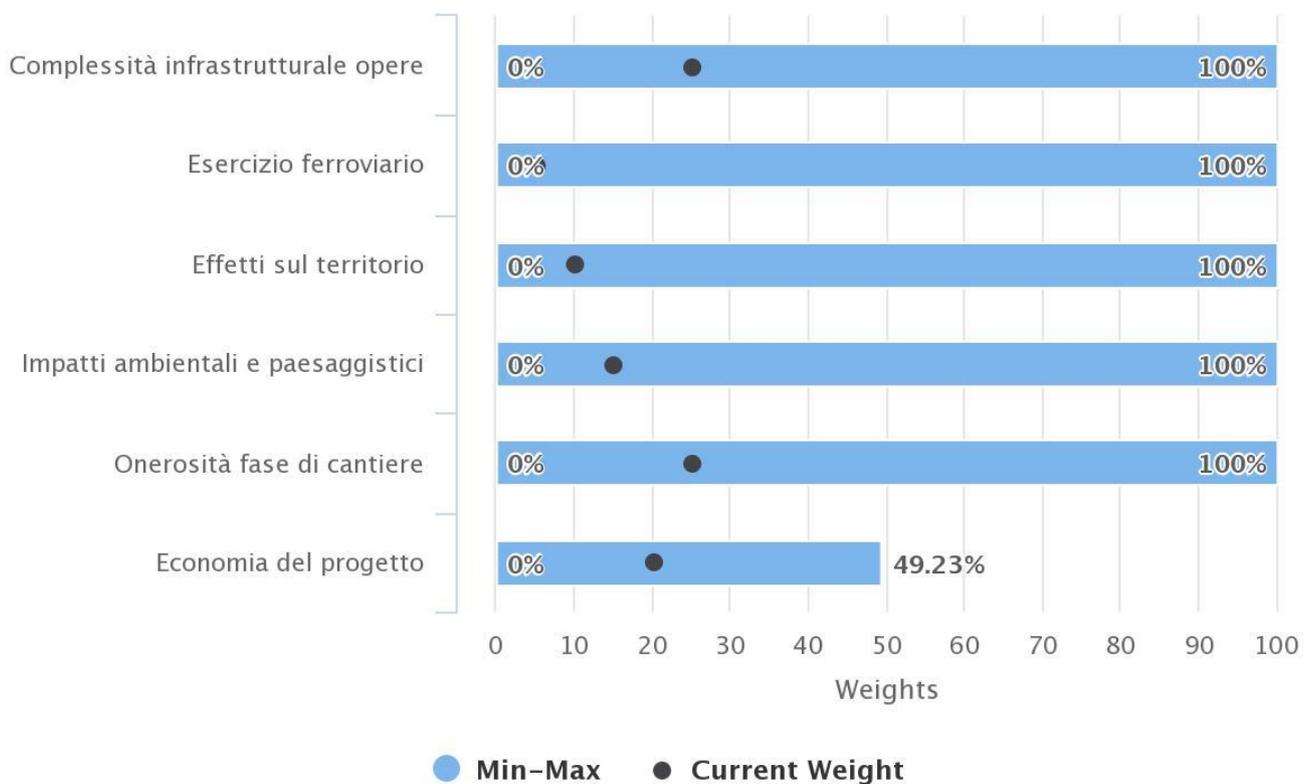


Figura 11: Intervalli di stabilità del ranking per le categorie dell'Analisi Multicriteria

Gli intervalli individuati dall'analisi di sensitività mostrano il range entro cui possono variare i pesi attribuibili alle diverse categorie affinché la soluzione D2 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%), con la sola eccezione della "Economia del progetto", per la quale l'intervallo di stabilità è 0 - 49.23%. Tale risultato appare comunque più che soddisfacente considerato che il peso attribuito nell'analisi è del 20% e che quindi l'ampiezza dell'intervallo di stabilità copre sufficientemente l'alea nella percezione di decisori diversi sul peso attribuito a tale categoria.

Assegnare un peso superiore al 49.23% alla categoria "Economia del progetto" significherebbe dover ripartire il restante 50.77% tra le altre cinque categorie eseguendo, pertanto, un'analisi priva di buon senso e di scarsa sensibilità verso gli aspetti di natura tecnica e di impatto sul territorio che per le caratteristiche del progetto in questione sarebbe inopportuno non tenere in degna considerazione.

L'analisi di stabilità si è successivamente focalizzata sui singoli indicatori. 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 (Figura 12). Si consideri, per esempio, l'indicatore "tempo di realizzazione dell'intervento" il cui intervallo di stabilità ha un valore del 31.59% che rappresenta la soglia entro la quale l'alternativa D2 rimane vincente. Come per le categorie, anche per gli indicatori 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 20 indicatori, conducendo quindi a dei risultati poco rappresentativi della realtà. A supporto di tale osservazione è possibile notare come i tempi siano simili e confrontabili nelle diverse alternative, pertanto assegnare un peso così elevato risulterebbe fuorviante ai fini dell'analisi.

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NRXX	00	R 16 RG	EF 00 05 001	1	40 di 41

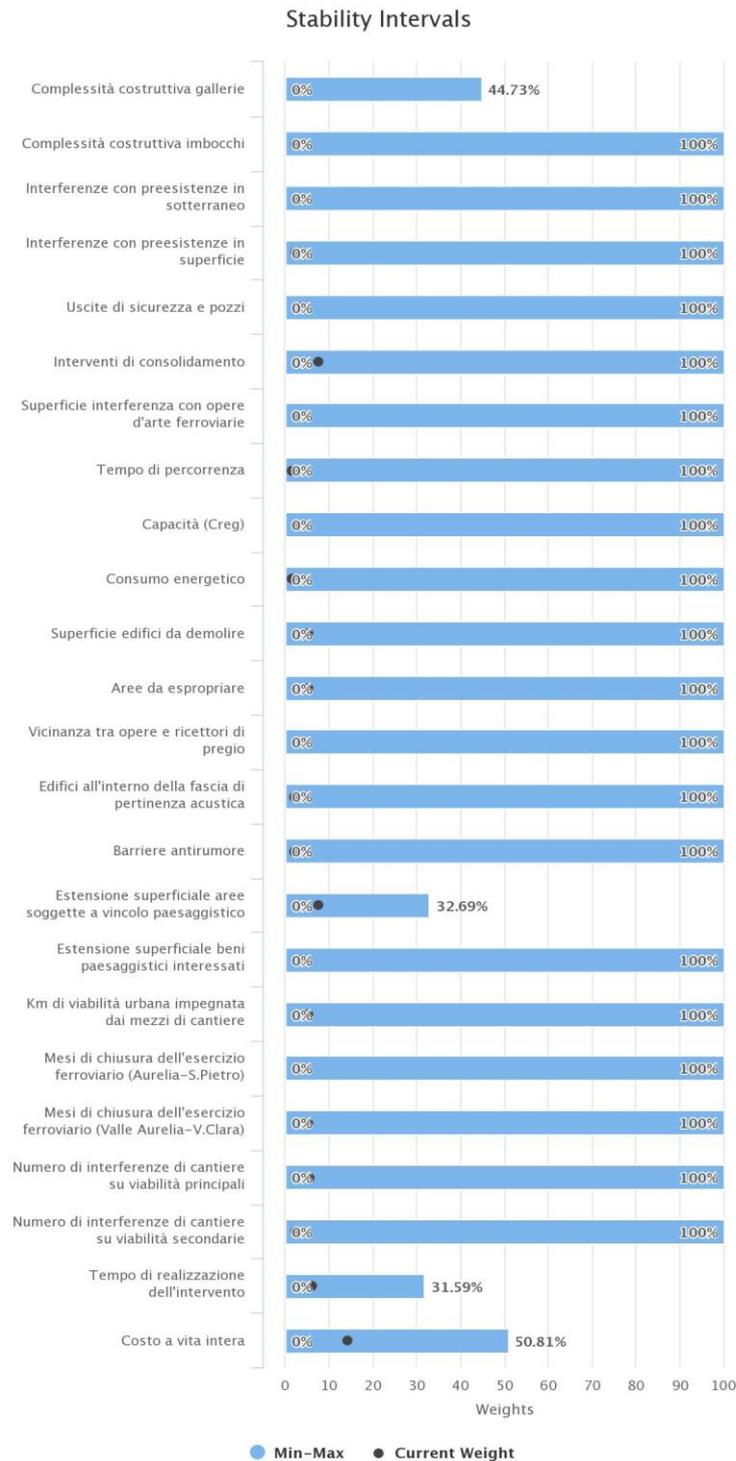


Figura 12: Intervalli di stabilità del ranking per gli indicatori dell'Analisi Multicriteria

## 4. CONCLUSIONI

L'analisi multicriteria condotta con riferimento alle quattro alternative progettuali studiate per il collegamento tra la linea di Cintura Nord di Roma e la linea Roma – Grosseto attraverso la realizzazione di due bivi (bivio Pineto e bivio Aurelia) ha permesso di razionalizzare il processo di scelta attraverso la definizione di diversi criteri e indicatori di carattere tecnico ed economico, arrivando così ad individuare la soluzione ottima.

Come descritto in precedenza, l'analisi multicriteria è stata condotta sulle quattro alternative, relative a due "macro-famiglie" denominate soluzione "B" e soluzione "D", che differiscono fra loro per l'utilizzo o meno del camerone esistente nella galleria Aurelia ad oggi in esercizio.

L'analisi Multicriteria ha individuato l'alternativa D2 come vincente, avendo conseguito un punteggio superiore rispetto alle altre. Come riportato nel paragrafo 3.3.10 tale soluzione si caratterizza per possedere i migliori valori per la quasi totalità degli indicatori presi a riferimento, pertanto il ranking ottenuto rappresenta una logica conseguenza. Inoltre, effettuando una successiva analisi di sensitività, è stato possibile verificare la stabilità di tale soluzione: assegnando pesi differenti, la soluzione D2 continua a rappresentare l'alternativa migliore (si rimanda alla Figura 11 e Figura 12).

L'alternativa D2 sulla base di categorie, criteri ed indicatori scelti e descritti nel paragrafo 3.3, risulterebbe vincente anche se l'analisi fosse condotta da altri progettisti con diversa sensibilità. Fatto salvo che la decisione sull'alternativa da scegliere è demandata al decisore finale, si può comunque concludere che sulla base delle indicazioni ottenute dall'AMC, l'alternativa D2 risulta migliore rispetto alle altre e, pertanto, quella consigliata.