

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA

U.O. PROGETTAZIONE FUNZIONALE ED ESERCIZIO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

**VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA**

ANALISI MULTICRITERIA DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE

SCALA:

-

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

I Q 0 1 0 1 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. Musamih	Febbraio 2022	S. Nardoni F. Martire	Febbraio 2022	M. Berlingieri	Febbraio 2022	P. Rivoli Febbraio 2022

File: IQ0101R16RGEF0005001A

n. Elab.: 16_004

INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. ELEMENTI COSTITUTIVI DELL'ANALISI MULTICRITERIA: IL METODO "PROMETHEE"	7
3. TRATTE DA ANALIZZARE	10
3.1. TRATTA GRUE.....	10
3.2. ANALISI DI CONFRONTO	12
3.2.1. <i>Temi, criteri ed indicatori di valutazione</i>	12
3.2.2. <i>Assegnazione dei pesi</i>	23
3.2.3. <i>Risultati Analisi Multicriteria</i>	25
3.2.4. <i>Analisi di sensitività</i>	26
3.2. CURONE FERMATA	28
3.3. ANALISI DI CONFRONTO	30
3.3.1. <i>Temi, criteri ed indicatori di valutazione</i>	30
3.3.2. <i>Assegnazione dei pesi</i>	39
3.3.3. <i>Risultati Analisi Multicriteria</i>	42
3.3.4. <i>Analisi di sensitività</i>	43
3.4. TRATTA VIA BAXILIO	45
3.4.1. <i>Analisi di confronto</i>	46
3.4.2. <i>Temi, criteri ed indicatori di valutazione</i>	46
3.4.3. <i>Assegnazione dei pesi</i>	53
3.4.4. <i>Risultati Analisi Multicriteria</i>	56
3.4.5. <i>Analisi di sensitività</i>	57
4. CONCLUSIONI	59

TABELLE INDICE

<i>Tabella 3.1: quantificazione indicatori per il criterio Suolo</i>	<i>14</i>
<i>Tabella 3.2: quantificazione indicatori per il criterio sottosuolo: geomorfologia, idrogeologia e idraulica</i>	<i>18</i>
<i>Tabella 3.3: quantificazione indicatori per il criterio paesaggio naturale e antropico</i>	<i>20</i>
<i>Tabella 3.4: quantificazione indicatori per il criterio costruzione</i>	<i>22</i>
<i>Tabella 3.5 Scenario pesi attribuiti e matrice di valutazione-Tratta Grue</i>	<i>24</i>
<i>Tabella 3.6: quantificazione indicatori per il criterio parametri tecnico- funzionali del tracciato</i>	<i>31</i>
<i>Tabella 3.7: quantificazione indicatori per il criterio suolo</i>	<i>32</i>
<i>Tabella 3.8: quantificazione indicatori per il criterio sottosuolo: geomorfologia, idrogeologia e idraulica</i>	<i>35</i>
<i>Tabella 3.9: quantificazione indicatori per il criterio costruzione</i>	<i>39</i>
<i>Tabella 3.10 Scenario pesi attribuiti e matrice di valutazione- Curone Fermata.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabella 3.11 quantificazione indicatori per il criterio parametri tecnico- funzionali del tracciato</i>	<i>48</i>
<i>Tabella 3.12 quantificazione indicatori per il criterio suolo, territorio, edificato</i>	<i>49</i>
<i>Tabella 3.13 quantificazione indicatori per il criterio costruzione</i>	<i>53</i>
<i>Tabella 3.14 Scenario pesi attribuiti e matrice di valutazione-Tratta via Baxilio</i>	<i>55</i>

FIGURE INDICE

<i>Figura 1: Ranking finale con le varie alternative progettuali</i>	<i>25</i>
<i>Figura 2: Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascun indicatore</i>	<i>26</i>
<i>Figura 3: Intervalli di stabilità del ranking per le categorie dell'Analisi Multicriteria</i>	<i>27</i>
<i>Figura 4: Ranking finale con le varie alternative progettuali</i>	<i>42</i>
<i>Figura 5: Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascun indicatore</i>	<i>43</i>
<i>Figura 6: Intervalli di stabilità del ranking per le categorie dell'Analisi Multicriteria</i>	<i>44</i>
<i>Figura 7: Ranking finale con le varie alternative progettuali</i>	<i>56</i>
<i>Figura 8: Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascun indicatore</i>	<i>57</i>
<i>Figura 9: Intervalli di stabilità del ranking per le categorie dell'Analisi Multicriteria</i>	<i>58</i>



**VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA**

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 16 RG	EF 00 05 001	A	4 di 61

1. PREMESSA

Il quadruplicamento della tratta Tortona-Voghera si inserisce nel quadro complessivo degli interventi previsti nello scenario di potenziamento dell'offerta ferroviaria delle direttrici Milano-Genova e Torino-Alessandria-Piacenza.

Nell'ambito dei Progetti per il Piano Lombardia ed al fine di dare continuità all'attivazione del Terzo Valico dei Giovi (TVG), RFI ha valutato l'opportunità di effettuare un potenziamento infrastrutturale del corridoio Milano – Genova, includendo negli interventi da realizzare anche il quadruplicamento della tratta Tortona-Voghera.

Il quadruplicamento tra Tortona e Voghera permetterà di disporre della capacità necessaria per soddisfare gli incrementi di traffico sulle due direttrici. Il layout infrastrutturale di progetto consentirà una separazione dei flussi di traffico tra i collegamenti Torino/Alessandria - Piacenza e le relazioni Milano – Genova garantendo una riduzione delle interferenze negli impianti, a beneficio di un incremento complessivo della regolarità di circolazione.

In particolare, è prevista in progetto un'opera di scavalco che consentirà di instradare i treni provenienti da Genova (via TVG) / Alessandria e diretti verso Piacenza sulla "linea Piacenza" senza interferire con i treni provenienti da Milano e diretti verso Genova (via TVG) / Alessandria, che costituiscono il flusso principale secondo il nuovo modello di esercizio. Con quest'opera, da un lato si eliminano le interferenze sulla "linea Milano" in stazione di Tortona, dall'altro si consente una più equa ripartizione dei flussi sui quattro binari.

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova coppia di binari tra la Stazione di Tortona e di Voghera, in affiancamento a quella esistente, per un'estesa di circa 16 km.

Le caratteristiche di progetto della linea sono le seguenti:

- Modulo di linea: 750 m;
- Peso assiale: D4;



**VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA**

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 16 RG	EF 00 05 001	A	5 di 61

- Codifica per Trasporto Combinato: P/C 80;
- Velocità di progetto: 200 km/h in rango C, salvo riduzioni puntuali;
- Tipologia di traffico: misto (passeggeri e merci);
- Profilo minimo degli ostacoli: PMO 5.

È previsto un sistema di distanziamento a 5 minuti tra due treni a seguito. La gestione ed il comando della circolazione dell'insieme della linea quadruplicata, avverrà dal Posto Centrale di Milano Greco Pirelli.

Il regime di circolazione previsto è ERTMS L2 sovrapposto al segnalamento laterale.

Il perimetro dell'intervento riguarda la tratta Tortona (esclusa) – Voghera (esclusa). Gli interventi previsti negli impianti di Tortona e Voghera sono minimali e atti ad accogliere i nuovi binari di quadruplicamento.

È previsto l'adeguamento della fermata di Pontecurone per l'inserimento dei due nuovi binari e di conseguenza saranno adeguati a STI i marciapiedi a servizio viaggiatori (altezza pari a H=55 cm e lunghezza utile di 250 m). Inoltre, il sottopasso dovrà essere opportunamente adeguato a garantire la piena accessibilità anche alle PRM. Le periferiche laP installate nella fermata dovranno essere adeguate per le caratteristiche e i quantitativi allo standard RFI.

Il Piano di Committenza del progetto prevede un unico appalto multidisciplinare e trattative private singole per le riconfigurazioni tecnologiche degli apparati esistenti.

L'Analisi Multicriteria, oggetto del presente documento, rappresenta lo strumento di supporto per scegliere, fra diverse alternative, la soluzione che meglio si adatta agli obiettivi e alle priorità dei decisori.

Nell'ambito del progetto Tortona – Voghera sono state analizzate tre tratte del tracciato di progetto per le quali sono state valutate alternative.



**VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA**

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 16 RG	EF 00 05 001	A	6 di 61

Le suddette tratte sono state identificate con i nomi di:

- Tratta Grue.
- Tratta Curone Fermata
- Tratta Baxilio.

Nei successivi capitoli sono illustrati i dettagli della metodologia dell'Analisi Multicriteria adottata ed i risultati dell'applicazione, della stessa, per la scelta della soluzione finale tra le alternative individuate sulle tratte suddette.

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



**VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA**

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 16 RG	EF 00 05 001	A	8 di 61

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

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

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

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

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

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

- Applicazione del metodo promethee ed Analisi dei risultati



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 16 RG	EF 00 05 001	A	9 di 61

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

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

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

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

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

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

3. TRATTE DA ANALIZZARE

3.1. Tratta Grue

Il progetto di quadruplicamento Tortona - Voghera è stato sviluppato al fine di ridurre al minimo l'impatto sull'area urbana e ambientale cercando di non modificare l'efficacia trasportistica e di costruzione.

Alla pk 59+150.00 circa il tracciato ferroviario interseca planimetricamente il torrente Grue. Esso nasce dalla Bocchetta del Barillaro presso lo spartiacque con la val Bordera e percorrendo prima l'appennino ligure poi inserendosi tra le colline Tortonesi finisce la sua corsa in pianura padana.

Tale interferenza è stata risolta analizzando in dettaglio due possibili alternative denominate:

- **Alternativa affiancamento**

Dalla pk 58+200.00 circa (oltrepassato lo scavalco ferroviario), i nuovi binari di quadruplicamento (per dare spazio all'inserimento planimetrico dei due binari di scavalco) si posizionano a una distanza di circa 28.50m e tramite un flesso a contatto composto da un raggio a 4590m, clotoidi da 50.00m e un'ulteriore curva di raggio 6100 m si posizionano a una distanza planimetrica dalla linea storica pari a 25.50 m. Proseguendo in direzione Voghera, un rettilo di 60.00m permette l'inserimento di un'ulteriore flesso a contatto con raggi da 4850m e 7000m con clotoidi di 50.00m così da posizionare la coppia di binari in corrispondenza della nuova opera di scavalco idraulico a una distanza di circa 32.00m. Tale maggiorazione in termini di distanza planimetrica si è resa necessaria per l'inserimento della nuova opera risolvendo così l'interferenza in esame. Il tracciato prosegue con un rettilo di circa 96m e tramite un flesso a contatto si riduce l'interasse ai soli 8.60m alla pk 60+000.00. I binari di scavalco dalla pk 58+200.00 circa, risultano posizionati nell'area interclusa tra la linea storica e la linea di quadruplicamento. Essi si posizionano a una distanza di 17.00m in corrispondenza dell'interferenza idraulica per poi chiudersi con deviatoio (S60UNI/1200/0.040dx) alla pk 26+710.7886 linea storica.



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 16 RG	EF 00 05 001	A	11 di 61

Detta posizione planimetrica del tracciato (binari di quadruplicamento e binari di scavalco) ha reso necessaria una riprofilatura planimetrica del torrente rendendolo nella zona di intersezione più ortogonale possibile alle linee ferroviarie.

- **Alternativa con spanciamento**

Dalla pk 58+200.00 circa (oltrepassato lo scavalco ferroviario), i nuovi binari di quadruplicamento si posizionano a una distanza di circa 53m. Un rettilo di circa 85m posizionato con un'azimut divergente rispetto all'assetto planimetrico della linea storica incrementa la distanza planimetrica a circa 68m dalla linea storica alla pk 58+570.9400. L'inserimento di un flesso a contatto con raggi 3.750m e clotoidi da 60.00m posizionano i binari di quadruplicamento in corrispondenza della nuova opera di scavalco a una distanza di circa 100m. Il tracciato prosegue in direzione Voghera con un rettilo di 60.00m posizionandosi ad un interasse di 16.00m in corrispondenza della pk 60+079.400. Anche i binari di scavalco subiscono un elevato spanciamento tramite la progettazione di una deformazione planimetrica. Il rettilo con sviluppo pari a 272.61m posiziona la coppia di binari in progetto a una distanza dalla linea storica pari a circa 77m. Tale distanza va riducendosi, con l'inserimento di un flesso a contatto per poi chiudersi con deviatoio (S60UNI/1200/0.040dx) alla pk 26+989.7400 linea storica.

La posizione planimetrica del tracciato (binari di quadruplicamento e binari di scavalco) è stata caratterizzata in funzione dell'attuale tracciato del torrente Grue. Infatti, spostando planimetricamente il tracciato (spostamento di circa 100m) in direzione Nord/Ovest il torrente assume un assetto più perpendicolare rendendo l'attraversamento più semplice in termini di costi, costruzione e tempi di realizzazione.

3.2. Analisi di confronto

3.2.1. Temi, criteri ed indicatori di valutazione

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

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

1. Parametri tecnico- funzionali del tracciato
2. Sostenibilità ambientale
3. Efficacia trasportistica in fase realizzativa
4. Costruzione

Ciascun tema è stato a sua volta rappresentato da più indicatori di valutazione per cui sono stati definiti uno o più criteri su cui poter realizzare il confronto a coppie previsto dal metodo Promethee.

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

3.2.1.1. Parametri tecnico- funzionali del tracciato

Per quanto riguarda la categoria *“Parametri tecnico- funzionali del tracciato”* le valutazioni hanno dato esito simile tra le due alternative, tanto da far eliminare la categoria di confronto dall'analisi.

3.2.1.2. Sostenibilità ambientale

Con la categoria *“Sostenibilità Ambientale”* si vuole raggruppare la valutazione in toto dei criteri relativi al suolo, al sottosuolo e al paesaggio naturale e antropico.



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 16 RG	EF 00 05 001	A	13 di 61

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

Suolo

L'analisi del consumo di suolo è stata condotta su di un tratto pari a 2 Km, corrispondente allo spanciamiento del tracciato presente nell'Alternativa B.

Sono stati scelti indicatori in grado di evidenziare il consumo, ma anche la creazione di aree residue intercluse da riqualificare. Lo scopo è valorizzare la soluzione che ne limiti l'impatto, considerando anche che si tratta di suolo ricadente totalmente in aree extraurbane.

Pertanto, per il criterio "Suolo" sono stati scelti come indicatori il "consumo di nuovo territorio" e la "Riqualificazione di aree residuali".

- Consumo di nuovo territorio

Il primo indicatore scelto è un N così calcolato:

$$\frac{(\text{Ingombro del progetto} - \text{Ingombro opera attuale})}{\text{Ingombro opera attuale}}$$

Ove:

- **Ingombro opera attuale** = tracciato esistente su uno sviluppo longitudinale pari a 2Km
- **Ingombro del progetto** = tracciato esistente e nuovo tracciato su uno sviluppo longitudinale pari a 2Km. Comprende anche tutte le aree intercluse.

- Riqualificazione di aree residuali

Il secondo indicatore è teso a quantificare e confrontare le aree intercluse che sarebbero oggetto di riqualificazione. È un indicatore di superficie, valorizzato in m².

Ciò che emerge dal confronto è che alla soluzione “con spanciamento” è evidentemente associato un maggiore consumo di suolo ed è presente un’ampia area da riqualificare interclusa tra vecchio e nuovo tracciato.

CRITERIO								ALTERNATIVE	
Definizione	Peso	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Peso	Peso sul totale	F.ni di normalizzazione	"Alternativo Affiancamento"	"Alternativo con spanciamento"
1.1 SUOLO		CONSUMO DI NUOVO TERRITORIO	(Ingombro del progetto - Ingombro opera attuale) /Ingombro opera attuale	N			min.	8	19.1
		RIQUALIFICAZIONE AREE RESIDUALI	Aree residuali create dall'intervento	m2			max.	0	128000

Tabella 3.1: quantificazione indicatori per il criterio Suolo

Sottosuolo: geomorfologia, idrogeologia 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 valutati indicatori appartenenti alle macroaree “Geologia” ed “Idraulica”.

Geologia

Analizzando le tematiche prettamente geologiche, ovvero il rischio geomorfologico e la presenza di gas nelle *unità* geologiche incontrate, si riportano di seguito i relativi commenti e risultati:

- Rischio geomorfologico: Dall'analisi delle carte afferenti il Piano di Governo del Territorio (PGT) del comune di Tortona (AL) risulta che le aree di studio sono prive del rischio geomorfologico.
- Rischio presenza gas in galleria: Il progetto, nelle aree di interesse, non presenta gallerie; si esclude pertanto il rischio di presenza di gas.



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 16 RG	EF 00 05 001	A	15 di 61

Dal punto di vista dei materiali di risulta da gestire in corso d'opera e, in particolare, delle terre e rocce da scavo prodotte dalla realizzazione delle opere ferroviarie, è da considerare che l'alternativa con "spanciamento" comporta una maggiore estensione del tracciato ferroviario e, dunque, un incremento dei volumi di terre da scavare, movimentare, trasportare e gestire fino alla loro destinazione finale. In considerazione dell'attuale livello di approfondimento progettuale, la valutazione è stata condotta in termini meramente qualitativi.

L'allungamento del tracciato ferroviario associato all'alternativa "spanciamento" rispetto alla soluzione in affiancamento al tracciato esistente, determina, inoltre, un incremento del fabbisogno di terre e materiali inerti per la realizzazione dell'opera, presumibilmente da approvvigionare da siti estrattivi esterni. In considerazione dell'attuale livello di approfondimento progettuale, la valutazione è stata condotta in termini meramente qualitativi.

Idraulica

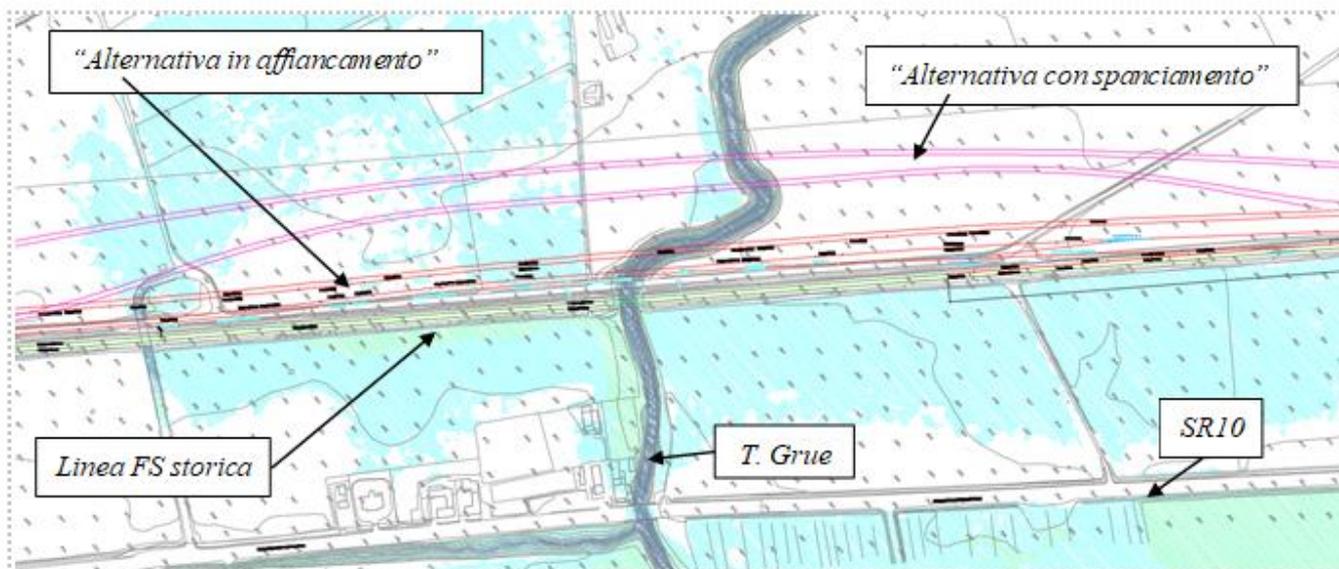
Per quanto concerne gli aspetti idraulici, l'analisi delle soluzioni individuate per la "Tratta Grue" non può prescindere dalla situazione di pericolosità idraulica individuata per l'area di intervento nei documenti della pianificazione di bacino (i.e. Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – Autorità di Bacino del Fiume Po), aggiornati a seguito degli eventi alluvionali del 2014 e del 2019, che hanno interessato particolarmente il tratto fluviale del Torrente Grue in corrispondenza dell'attuale attraversamento ferroviario.



Tale scenario ha reso necessario uno studio idraulico bidimensionale (2D) di dettaglio, finalizzato alla determinazione delle aree potenzialmente inondabili e dei corrispondenti livelli idrici, per i tempi di ritorno di riferimento, sviluppato in accordo anche alle indicazioni avanzate dalla Regione Piemonte nelle varie riunioni tenutesi nel corso dello sviluppo del progetto, propedeutiche alla definizione (e ad una preliminare approvazione) della soluzione progettuale adottata.

Innanzitutto, va precisato che entrambe le soluzioni di attraversamento del T. Grue “Alternativa in affiancamento” e “Alternativa con spanciamento” si sviluppano a valle (o sul lato nord) della linea ferroviaria esistente, in ragione dell’estensione delle aree potenzialmente inondabili (derivanti dallo studio idraulico condotto nel presente progetto) che (come anche indicato nel P.G.R.A.) evidenziano/mostrano l’accumulo delle acque esondate nella zona interclusa “ferrovia-SR10”. Tuttavia, sebbene in maniera molto limitata, anche le aree a valle della ferrovia esistente risultano soggette ad allagamento, per via del deflusso delle acque esondate a monte attraverso i manufatti/tombini presenti lungo la linea FS.

Le due soluzioni si differenziano principalmente per la “modalità” di attraversamento del T. Grue; in particolare, la soluzione “Alternativa in affiancamento” rende necessario un intervento di deviazione del T. Grue, in ragione della sua conformazione (con sviluppo sub-parallelo) a valle della linea FS esistente, oggetto di quadruplicamento.



A questo punto, con riferimento al tratto mostrato nella figura precedente (lunghezza 1 km circa), l'influenza delle due soluzioni sulle caratteristiche "idrauliche" del territorio può essere valutata mediante i seguenti indicatori:

- interferenza con area a rischio idraulico o di esondazione da modello numerico 2D, come "sommatoria dei tratti (lunghezza, m) interferenti con le aree a rischio o di allagamento"
- impatto dell'opera idraulica di deviazione del Torrente Grue in termini di "entità della modifica dello stato attuale dei luoghi ed in particolare del reticolo idraulico esistente (da 0 a 100 %)"
- sistemazioni idrauliche in termini di "quantità (superficie, m2) di sistemazioni idrauliche necessarie"

Il confronto evidenzia che:

- alla soluzione "con spanciamento" è evidentemente associata una maggiore interferenza con le aree a rischio idraulico o di allagamento;
- alla soluzione "in affiancamento" sono evidentemente associati un maggiore impatto sul reticolo idraulico esistente (in ragione dell'opera di deviazione, comunque del tutto compatibile con i requisiti normativi in materia di sicurezza idraulica e qualità delle acque, come dimostra

lo studio idraulico a corredo del presente progetto) e una maggiore entità degli interventi di sistemazione idraulica da attuare.

CRITERIO		INDICATORE					ALTERNATIVE		
Definizione	Peso	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Peso	Peso sul totale	F.ni di normalizzaz.	"Alternativo Affiancamento"	"Alternativo con spanciamento"
1.2 SOTTOSUOLO: GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA E IDRAULICA		Interferenza con area a rischio idraulico o di esondazione da modello numerico 2d	Sommatoria dei tratti (lunghezza) interferenti con le aree a rischio o di allagamento	m			min.	210	410
		Impatto Opera idraulica deviazione corso Grue	Modifica dello stato attuale dei luoghi ed in particolare del reticolo idraulico esistente	-			min.	100%	0%
		Sistemazioni idrauliche	Quantità, in termini di superficie, di sistemazioni idrauliche necessarie	m ²			min.	12000	4000

Tabella 3.2: quantificazione indicatori per il criterio sottosuolo: geomorfologia, idrogeologia e idraulica

Paesaggio naturale e antropico

Per il criterio "Paesaggio naturale e antropico" gli indicatori scelti hanno lo scopo di evidenziare le interferenze con aree le vincolate presenti lungo il tracciato e le differenze a carico delle alternative poste a confronto.

Le fonti ricognitive consultate sono: i piani paesistici delle regioni interessate (Piemonte e Lombardia) nonché i siti istituzionali del MITE (Geoportale Nazionale) e del MIC (Vincoli in rete).

L'unica variazione evidenziata in termini vincolistici riguarda la fascia di rispetto fluviale.



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 16 RG	EF 00 05 001	A	19 di 61

Infatti, in termini meramente planimetrici (e non idraulici), l'alternativa "con spanciamento" ha una maggiore interferenza con l'area di rispetto del torrente Grue, area vincolata ope legis ai sensi dell'art. 142 comma 1 lett. c del Dlgs 42/2004.

Per quanto riguarda l'aspetto antropico, in materia di archeologia, il parametro utilizzato è stata la verifica della presenza/assenza (valore 1/0) di vincoli archeologici direttamente interferenti con i tracciati, prendendo in considerazione sia i vincoli archeologici ex art. 10 del Dlgs. 42/2004 che le zone di interesse archeologico ex art. 142, lettera m del Dlgs. 42/2004.

La verifica è stata effettuata tramite la consultazione delle risorse disponibili on-line. In particolare, i Piani Paesaggistici Regionali vigenti (per la regione Piemonte risalente al 2017 e per la Lombardia al 2013 con aggiornamento annuale) e i siti istituzionali del MiC: vincoliinrete http://vincoliinrete.beniculturali.it/vir/vir_/vir.html) e il webGis Raptor (<https://www.raptor.beniculturali.it/mappa.php>).

Dalla verifica effettuata non risultano vincoli archeologici né aree di interesse direttamente interferenti con le opere in progetto, né in relazione al tracciato scelto, né in relazione all'alternativa proposta. Si è pertanto ritenuto opportuno non inserire il parametro nella tabella di valutazione essendo il valore 0 ininfluenza.

Tuttavia, si evidenzia che solo gli esiti dello Studio Archeologico – in corso di esecuzione in relazione alle scelte progettuali, secondo quanto previsto dalla normativa vigente in materia di "Verifica preventiva dell'interesse archeologico" - consentiranno di individuare la presenza di eventuali altri vincoli di carattere archeologico e di definirne con esattezza posizione ed estensione, e la presenza di aree interessate dal progetto che la Soprintendenza territorialmente competente, in base a quanto previsto dall'art.25 del DLgs 50/2016, potrebbe valutare di "interesse archeologico", richiedendo l'esecuzione di indagini archeologiche preventive.

CRITERIO		INDICATORE						ALTERNATIVE	
Definizione	Peso	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Peso	Peso sul totale	F.ni di normalizzaz.	"Alternativo Affiancamento"	"Alternativo con spanciamento"
1.3 PAESAGGIO NATURALE E ANTROPICO		ATTRAVERSAMENTO DI AREE CON VINCOLO PAESAGGISTICO Art. 142 del D. Lgs 42/2004	c) FASCIA DI RISPETTO FIUMI 150m	Sommatoria delle aree vincolate interferite dall'alternativa	m ²		min.	15600	42000

Tabella 3.3: quantificazione indicatori per il criterio paesaggio naturale e antropico

3.2.1.3. Efficacia trasportistica

Per quanto riguarda la categoria "Efficacia trasportistica" le valutazioni hanno dato esito simile tra le due alternative, tanto da far eliminare la categoria di confronto dall'analisi.

3.2.1.4. Costruzione

Nella categoria "Costruzione" al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative sono stati scelti i seguenti indicatori: Complessità tecnica, Costruibilità, Costi di realizzazione.

L'indicatore *complessità tecnica* valuta la complessità realizzativa dal punto di vista tecnologico, architettonico-strutturale ed anche in termini di onerosità temporale di realizzazione delle alternative. Sono stati individuati quattro livelli contraddistinti dalle lettere "N" – per strutture normali e quindi molto simili alle soluzioni standard solitamente adottate, "M" – per strutture più complesse rispetto a quella di riferimento, "C" per strutture con un grado di complessità effettivamente condizionante dal punto di vista economico e infine con "E" per opere ad alto valore architettonico.

L'indicatore di *costruibilità* tiene conto di come l'opera deve essere costruita, vale a dire dalle modalità realizzative che sono imposte dalle condizioni al contorno quali fasizzazione e/o lavori in presenza di esercizio. Sono stati individuati quattro livelli di condizionamento dei lavori di

costruzione dell'opera su una scala numerica da 1 a 4 (1:Nessuno; 2:In presenza di esercizio; 3:In presenza di fasizzazione; 4:In presenza di esercizio e fasizzazione).

Il *costo di realizzazione* tiene conto dei costi delle sole opere che si diversificano nelle varie alternative, tale scelta deriva dall'idea di far emergere le sole differenze sostanziali in termini economici tra le varianti, in modo che l'indicatore non venga "contaminato" dal costo di opere esterne comuni alle stesse.

- L'analisi dell'alternativa di tracciato "in affiancamento" prevede per il quadruplicamento, in approccio al fiume Grue, la realizzazione di un viadotto e di un rilevato in affiancamento alla linea "storica" esistente. Per lo scavalco del fiume Grue è stata prevista la realizzazione di due ponti affiancati a doppio binario, mono-campata a via superiore a struttura mista acciaio-calcestruzzo, le spalle di tali opere sono fondate su pali di diametro 1500. Per la tratta in oggetto è stato assegnato un indicatore di complessità tecnica C (complessa), in virtù delle opere di consolidamento da svolgere sulle sponde del fiume Grue al fine di migliorare le caratteristiche meccaniche del terreno e permettere la realizzazione del manufatto. Il secondo indicatore valutato è il coefficiente di costruibilità dell'opera, tale coefficiente tiene conto di come l'opera deve essere costruita, vale a dire dalle modalità realizzative che sono imposte dalle condizioni al contorno quali fasizzazione e/o lavori in presenza di esercizio, nel caso dell'alternativa in esame il coefficiente assegnato è 3: in presenza di fasizzazione, poiché la costruzione della tratta segue un preciso programma di opere preliminari propedeutiche alla corretta realizzazione della stessa. L'ultimo indicatore utilizzato per confrontare le due alternative è il costo delle sole opere oggetto di variazione, tale indicatore è stato ottenuto valutando le opere impattate dalle alternative e computando quindi i diversi costi relativi alle diverse soluzioni adottate, il costo di realizzazione delle opere dell'alternativa in oggetto è 30.3 Mio EUR
- L'analisi dell'alternativa di tracciato "con spanciamento" prevede per il quadruplicamento, in approccio al fiume Grue, la realizzazione di due viadotti posti a distanza dalla linea "storica" esistente. Per lo scavalco del fiume Grue è stata prevista la realizzazione di due

ponti affiancati a doppio binario, mono-campata a via inferiore a struttura reticolare in acciaio, le spalle di tali opere sono fondate su pali di diametro 1500. Per la tratta in oggetto è stato assegnato un indicatore di complessità tecnica M (Media), poiché l'opera non presenta particolari vincoli o difficoltà tecnologiche. Il secondo indicatore valutato è il coefficiente di costruibilità dell'opera, tale coefficiente tiene conto di come l'opera deve essere costruita, vale a dire dalle modalità realizzative che sono imposte dalle condizioni al contorno quali fasizzazione e/o lavori in presenza di esercizio, nel caso dell'alternativa in esame il coefficiente assegnato è 1: nessuno, poiché la costruzione della tratta è prevista in una zona sgombra in aperta campagna lontano da centri urbani, ciò permette massima flessibilità non imponendo vincoli rilevanti alla costruzione delle opere. L'ultimo indicatore utilizzato per confrontare le due alternative è il costo delle sole opere oggetto di variazione, tale indicatore è stato ottenuto valutando le opere impattate dalle alternative e computando quindi i diversi costi relativi alle diverse soluzioni adottate, il costo di realizzazione delle opere dell'alternativa in oggetto è 62.3 Mio EUR.

CRITERIO		INDICATORE						ALTERNATIVE	
Definizione	Peso	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Peso	Peso sul totale	F.ni di normalizzaz.	"Alternativo Affiancamento"	"Alternativo con spianamento"
2.1 COSTRUZIONE		COMPLESSITA' TECNICA	scala composta: N: Normale; M:Medio; C:Complessa; E:Elevato valore architettonico	-				C	M
		COSTRUIBILITA'	scala composta: 1: Nessuno; 2: In presenza di esercizio; 3:In presenza di fasizzazione; 4:In presenza di esercizio e fasizzazione	-			max.	3	1
		COSTI DI REALIZZAZIONE	Costi di realizzazione	MIO EURO			min.	30.3	62.3

Tabella 3.4:quantificazione indicatori per il criterio costruzione



**VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA**

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 16 RG	EF 00 05 001	A	23 di 61

3.2.2. Assegnazione dei pesi

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

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 i temi (categorie) individuati:

1. Sostenibilità ambientale= 65%;
2. Costruzione= 35%;

All'interno dei temi, i pesi sono distribuiti sia per i criteri che per gli indicatori come i seguenti dettagli mostrati nella Tabella 3.1

Alla luce di quanto raccolto mediante le analisi specialistiche presentate in tabella 3.1, si riportano i risultati ottenuti per le alternative progettuali.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. A

AMC Tortona - Voghera Alternative deviazione Tratta Grue											
CATEGORIA		CRITERIO		INDICATORE						ALTERNATIVE	
Definizione	Peso	Definizione	Peso	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Peso	Peso sul totale	F.ni di normalizzaz.	"Alternativo Affiancamento"	"Alternativo con spanciamento"
1. SOSTENIBILITA' AMBIENTALE	65%	1.1 SUOLO	30%	CONSUMO DI NUOVO TERRITORIO	(Ingombro del progetto - Ingombro opera attuale)/Ingombro opera attuale	N	50%	9,8%	min.	8	19,1
				RIQUALIFICAZIONE AREE RESIDUALI	Aree residuali create dall'intervento	m2	50%	9,8%	max.	0	128000
		3.2 SOTTOSUOLO: GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA E IDRAULICA	50%	INTERFERENZA CON AREA A RISCHIO IDRAULICO O DI ESONDAZIONE DA MODELLO NUMERICO 2D	Sommatoria dei tratti (lunghezza) interferenti con le aree a rischio o di allagamento	m	30%	9,8%	min.	210	410
				Impatto Opera idraulica deviazione corso Grue	Modifica dello stato attuale dei luoghi ed in particolare del reticolo idraulico esistente	-	40%	13,0%	min.	100%	0%
				Sistemazioni idrauliche	Quantità, in termini di superficie, di sistemazioni idrauliche necessarie	m2	30%	9,8%	min.	12000	4000
		1.3 PAESAGGIO NATURALE E ANTROPICO	20%	ATTRAVERSAMENTO DI AREE CON VINCOLO PAESAGGISTICO Art. 142 del D. Lgs 42/2004	c) FASCIA DI RISPETTO FIUMI 150m	Sommatoria delle aree vincolate interferite dall'alternativa	m2	100%	13,0%	min.	15600
2. COSTRUZIONE	35%	2.1 COSTRUZIONE	100%	COMPLESSITA' TECNICA	scala composta: N:Normale; M:Medio; C:Complessa; E:Elevato valore architettonico	-	25%	8,8%	.	C	M
				COSTRUIBILITA'	scala composta: 1:Nessuno; 2:In presenza di esercizio; 3:In presenza di fasizzazione; 4:In presenza di esercizio e fasizzazione	-	25%	8,8%	max.	3	1
				COSTI DI REALIZZAZIONE		MIO EURO	50%	17,5%	min.	30,3	62,3

Tabella 3.5 Scenario pesi attribuiti e matrice di valutazione-Tratta Grue

3.2.3. Risultati Analisi Multicriteria

Tratta Grue

Nella seguente immagine sono riportati i risultati dell'analisi multicriteria sviluppata per la tratta Grue confrontando la soluzione "Affiancamento" con la soluzione "Spanciamento".

I risultati mostrano come la soluzione di tracciato "Affiancamento" risultata la vincente.

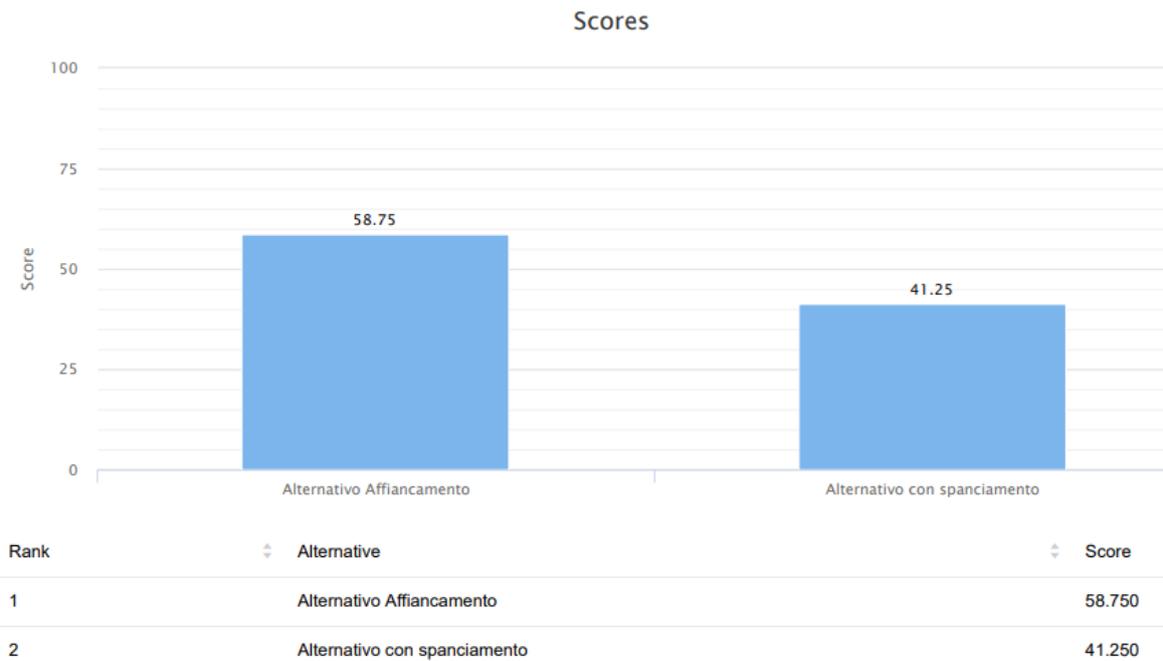


Figura 1: Ranking finale con le varie alternative progettuali

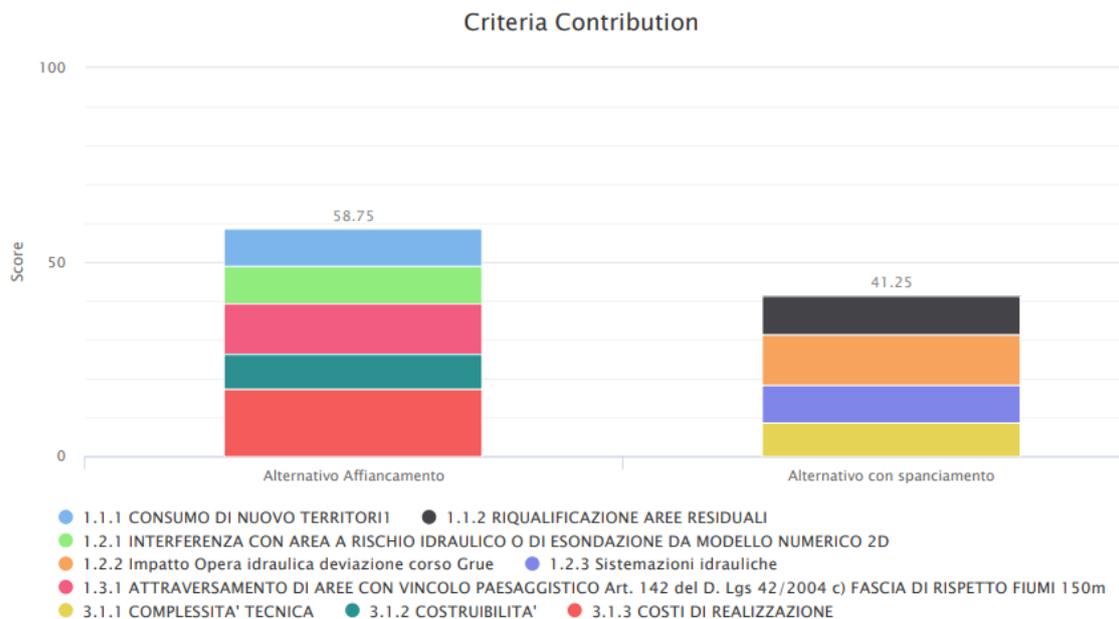


Figura 2: Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascun indicatore

3.2.4. 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.

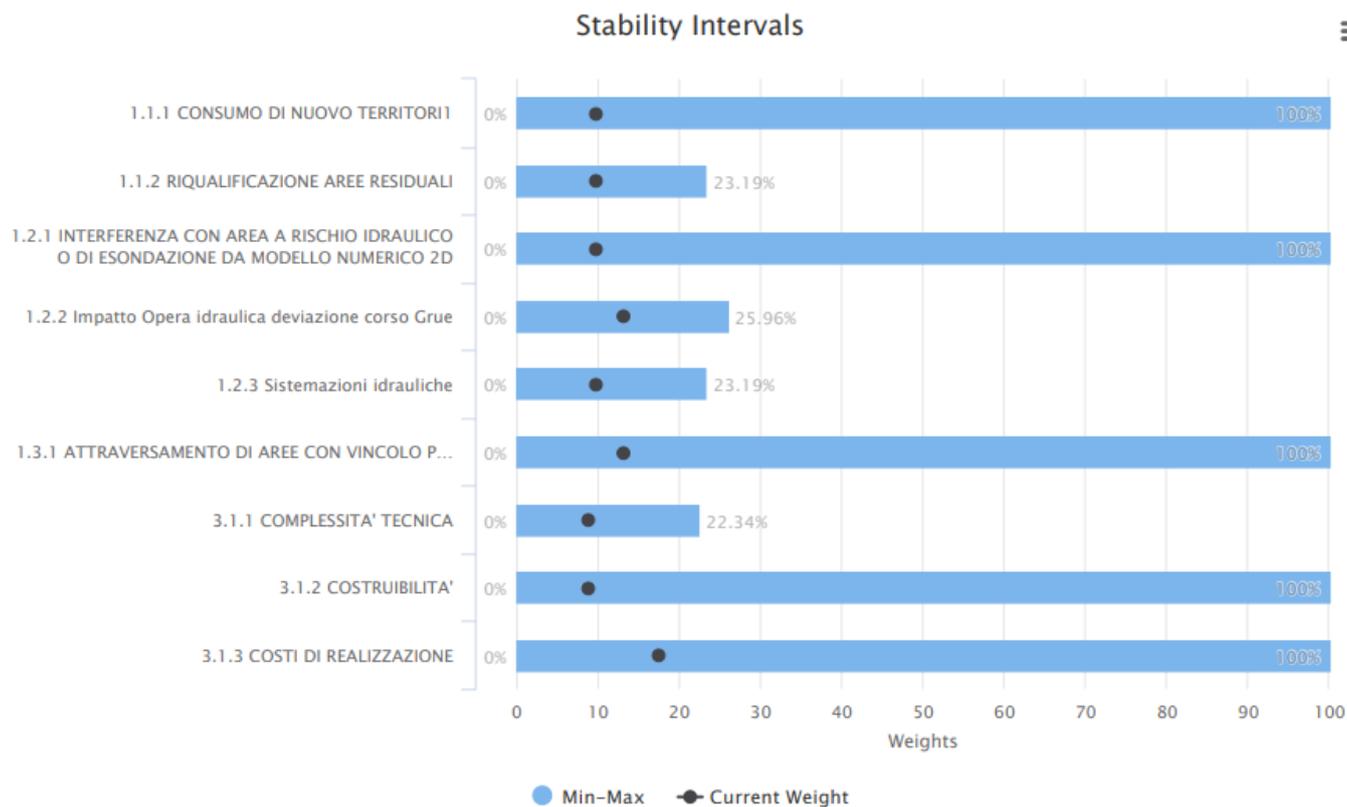


Figura 3: Intervalli di stabilità del ranking per le categorie dell'Analisi Multicriteria

3.2. Curone Fermata

Il progetto di quadruplicamento Tortona - Voghera è stato sviluppato al fine di ridurre al minimo l'impatto sull'area urbana e ambientale cercando di non modificare l'efficacia trasportistica e di costruzione.

Alla pk 62+000.00 circa il tracciato di quadruplicamento ferroviario viene interessato da un tratto densamente abitato (Pontecurone) e più precisamente sul lato Nord/Est edifici a destinazione civile abitazione, sul lato Nord/Ovest azienda industriale (Stamplast).

Al fine di ridurre al minimo l'impatto del solido ferroviario con l'ambiente urbano rispettando vincoli idraulici presenti nella zona, si è proceduto ad analizzare due possibili alternative denominate:

- **Curone fermata monte idraulico;**

La filosofia di questa alternativa è quella di effettuare il quadruplicamento poco prima della fermata Pontecurone sul lato Nord/Est così da ottenere:

1. Assenza di interferenza con la cascina posizionata alla pk 62+400.00 circa adibita in parte ad uso civile abitazione ed in parte a centro di allevamento e addestramento per alcune tipologie di razze canine,
2. Ridotta interferenza con il sistema viabilità interno al perimetro dell'azienda industriale Stamplast.

Dalla pk 62+000.00 circa i binari di quadruplicamento subiscono una deformazione planimetrica in direzione Nord/Est con l'ausilio di un flesso così da posizionarsi sulla linea storica alla pk 29+544.34. Il quadruplicamento prosegue in direzione Voghera con un rettilineo avente sviluppo pari a 370.46m. Alla pk 62+863.38 i binari di quadruplicamento incominciano a deformarsi planimetricamente in direzione Nord/Ovest per chiudersi sulla linea storica alla pk 30+450.00 circa. I binari di quadruplicamento proseguono la loro corsa

in direzione Voghera sul lato Nord/Ovest, spanciandosi planimetricamente per l'inserimento del marciapiede a isola in zona fermata.

Detto studio posiziona sul lato Nord/Est (monte idraulico) il nuovo solido ferroviario per uno sviluppo di circa 1.400m rendendolo incompatibile con problematiche idrauliche e geotecniche.

- **Curone fermata valle idraulico;**

Dalla pk 62+000.00 circa i binari di quadruplicamento proseguono in direzione Voghera con un rettilineo 224.19m mantenendosi a una distanza di 8.60m rispetto al binario più vicino della linea storica. Alla pk 62+244.98 la presenza di un flesso a contatto con raggi da 10.000m e clotoidi da 30.00m incrementa a 10.00m la distanza rispetto al binario più vicino della linea storica. Tale incremento si è reso necessario per l'inserimento della nuova opera su strada Piccagallo al fine di risolvere l'interferenza viabilistica. Il tracciato prosegue in direzione Voghera spanciandosi opportunamente per l'inserimento del marciapiede a isola in zona fermata Pontecurone.

Avendo effettuato il quadruplicamento lato Nord/Ovest rispettando vincoli di natura idraulica e geotecnica, si ha:

1. L'interferenza planimetrica con la cascina posizionata alla pk 62+400.00. Tale interferenza ne determina la demolizione del fabbricato;
2. L'interferenza con il sistema viabilità interno al perimetro dell'azienda industriale Stamplast. Tale interferenza ne determina una ri-geometrizzazione del perimetro interno senza interferire con le operazioni di carico e scarico oggi attive.

3.3. Analisi di confronto

3.3.1. Temi, criteri ed indicatori di valutazione

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

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

1. Sostenibilità tecnico- funzionale
2. Sostenibilità ambientale
3. Costruzione

Ciascun tema è stato a sua volta rappresentato da più indicatori di valutazione per cui sono stati definiti uno o più criteri su cui poter realizzare il confronto a coppie previsto dal metodo Promethee.

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

3.3.1.1. Sostenibilità tecnico funzionale

Nella categoria “*Sostenibilità tecnico funzionale*” al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative sono stati scelti i seguenti indicatori: velocità di progetto e interruzione dell'esercizio.

L'indicatore *velocità di progetto* valuta la differenza di velocità (in positivo o negativo) che si avrebbe sulla tratta di interesse con l'alternativa scelta, tale indicatore si compone del prodotto tra la differenza di velocità (espressa in Km/h) e la lunghezza di estensione di tale differenza

(espressa in metri). L'indicatore interruzione dell'esercizio valuta le ore di interruzione, anche non continuative, di esercizio della linea.

- L'alternativa di tracciato denominata "Curone fermata monte idraulico" presenta all'indicatore velocità di progetto il valore 0 poiché l'alternativa non provoca variazioni di velocità rispetto a quanto previsto già sulla linea. Nell'alternativa in questione sono previste anche 60 ore di interruzione dell'esercizio.
- L'alternativa di tracciato denominata "Curone fermata valle idraulico" presenta all'indicatore velocità di progetto il valore 0 poiché l'alternativa non provoca variazioni di velocità rispetto a quanto previsto già sulla linea. Nell'alternativa in questione sono previste anche 0 ore di interruzione dell'esercizio, poiché non ci sono attività che richiedono l'interruzione del traffico sulla linea storica.

CRITERIO		INDICATORE						ALTERNATIVE	
Definizione	Peso	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Peso	Peso sul totale	F.ni di normalizzaz.	Curone fermata valle idraulico	Curone fermata monte idraulico
1.1 PARAMETRI TECNICO- FUNZIONALI DEL TRACCIATO	100%	INTERRUZIONE DELL'ESERCIZIO	Durata x numero interruzioni	Ore		0,00%	min.	0	60

Tabella 3.6: quantificazione indicatori per il criterio parametri tecnico- funzionali del tracciato

3.3.1.2. Sostenibilità ambientale

Con la categoria "Sostenibilità Ambientale" si vuole raggruppare la valutazione in toto dei criteri relativi al suolo, al sottosuolo e al paesaggio naturale e antropico.

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

Suolo

Per il criterio “*Suolo*” sono stati scelti come indicatori: “Interferenze con edifici preesistenti”, “Demolizioni” e “Occupazione spazi esterni funzionali degli edifici (piazzali, viabilità)”.

Per la tratta in esame le alternative localizzative di tracciato sono entrambe in stretto affiancamento, ma in un caso “a monte idraulico”, nell’altro “a valle idraulico”. Il consumo di suolo è quindi sostanzialmente equivalente. Differenti sono invece le interferenze con i fabbricati esistenti.

Per la soluzione “Valle idraulico” si evidenzia l’interferenza con due fabbricati esistenti (si veda indicatore “Interferenza con edifici esistenti”) di cui uno da demolire (si veda indicatore “Demolizioni”) ed un altro con forte compromissione degli spazi esterni e di servizio (si veda indicatore “Occupazione spazi esterni funzionali degli edifici”).

CRITERIO		INDICATORE						ALTERNATIVE	
Definizione	Peso	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Peso	Peso sul totale	F.ni di normalizzaz.	Curone fermata valle idraulico	Curone fermata monte idraulico
2.1 SUOLO		INTERFERENZE CON EDIFICI PREESISTENTI	numero di edifici interferiti	N			min.	2	0
		DEMOLIZIONI	numero di edifici demoliti	N			min.	1	0
		OCCUPAZIONE SPAZI ESTERNI FUNZIONALI DEGLI EDIFICI (PIAZZALI, VIABILITÀ)	impatto sugli edifici interferiti	%			max.	50%	0

Tabella 3.7: quantificazione indicatori per il criterio suolo

Sottosuolo: geomorfologia, idrogeologia 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 valutati indicatori appartenenti alle macroaree “Geologia” ed “Idraulica”.



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 16 RG	EF 00 05 001	A	33 di 61

Geologia

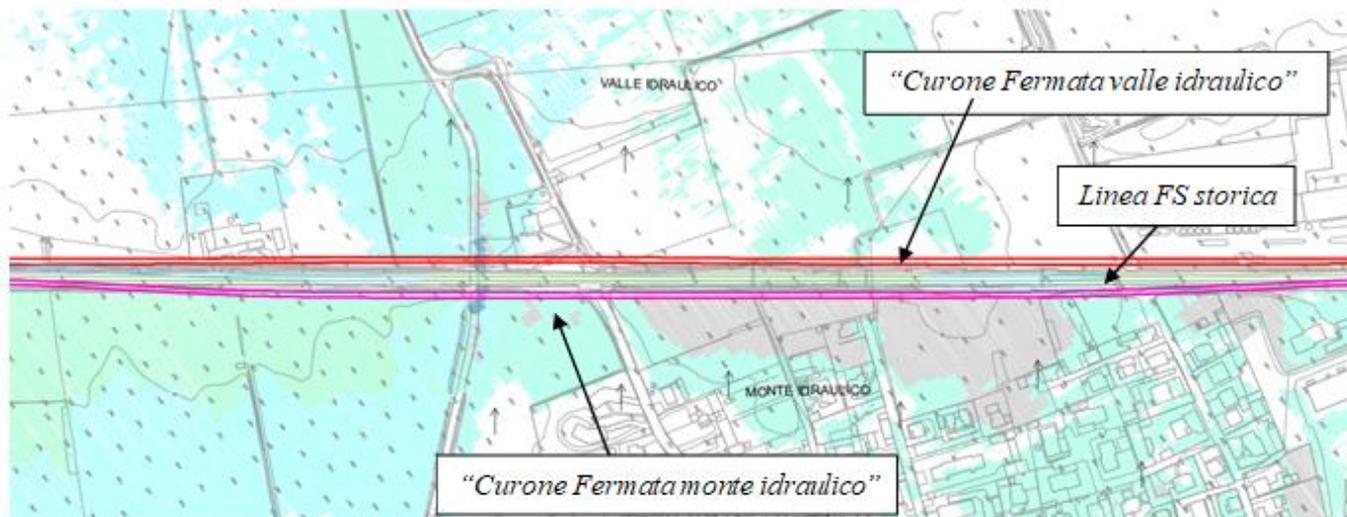
Analizzando le tematiche prettamente geologiche, ovvero il rischio geomorfologico e la presenza di gas nelle unità geologiche incontrate, si riportano di seguito i relativi commenti e risultati:

- Rischio geomorfologico: Dall'analisi delle carte afferenti il Piano di Governo del Territorio (PGT) del comune di Pontecurone (AL) risulta che le aree di studio sono prive del rischio geomorfologico.
- Rischio presenza gas in galleria: Il progetto, nelle aree di interesse, non presenta gallerie; si esclude pertanto il rischio di presenza di gas.

Idraulica

Per quanto concerne gli aspetti idraulici, anche in questo caso come per la Tratta "Grue", l'analisi delle soluzioni individuate per la "Tratta Curone Fermata" non può prescindere dalla situazione di pericolosità idraulica presente sul territorio, da cui discendono le due possibili alternative, con denominazione derivante proprio da tale aspetto: "Curone Fermata monte idraulico", "Curone Fermata valle idraulico".

Come in corrispondenza dell'attraversamento del Torrente Grue, anche lungo la tratta in esame lo scenario di inondazione, risultante dalla propagazione delle piene (per i tempi di ritorno di riferimento) dei quattro corsi d'acqua principali (T. Grue, T. Calvenza, T. Curone, T. Limbione) attraversati dal tracciato ferroviario oggetto di intervento (come da studio idraulico 2D di dettaglio condotto nell'ambito del presente progetto), evidenzia/mostra l'accumulo delle acque esondate nella zona interclusa "ferrovia - SR10" (a monte della linea FS storica) e, sebbene in maniera molto limitata, l'allagamento delle aree a valle della ferrovia esistente, per via del deflusso delle acque esondate a monte attraverso i manufatti/tombini presenti lungo la linea FS.



Con riferimento alla tratta “Curone Fermata” (su una lunghezza di circa 1,3 km), l’influenza delle due soluzioni sulle caratteristiche “idrauliche” del territorio può essere valutata mediante i seguenti indicatori:

- interferenza con area a rischio idraulico o di esondazione da modello numerico 2D, come “sommatoria dei tratti (lunghezza, m) interferenti con le aree a rischio o di allagamento”
- sistemazioni idrauliche in termini di “quantità (superficie, m2) di sistemazioni idrauliche necessarie (nello specifico, opere di protezione idraulica delle scarpate dei rilevati)”

Il confronto evidenzia che alla soluzione “Curone Fermata monte idraulico” sono evidentemente associate una maggiore interferenza con le aree a rischio idraulico o di allagamento e una maggiore entità degli interventi di sistemazione/protezione idraulica da attuare.

CRITERIO		INDICATORE						ALTERNATIVE	
Definizione	Peso	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Peso	Peso sul totale	F.ni di normalizzaz.	Curone fermata valle idraulico	Curone fermata monte idraulico
2.2 SOTTOSUOLO: GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA E IDRAULICA		INTERFERENZA CON AREA A RISCHIO IDRAULICO O DI ESONDAZIONE DA MODELLO NUMERICO 2D	Sommatoria dei tratti (lunghezza) interferenti con le aree a rischio o di allagamento	m			min.	195	1310
		Sistemazioni idrauliche	Quantità, in termini di superficie, di sistemazioni idrauliche necessarie	m ²			min.	585	3930

Tabella 3.8:quantificazione indicatori per il criterio sottosuolo: geomorfologia, idrogeologia e idraulica

Paesaggio naturale e antropico

Per il criterio “*Paesaggio naturale e antropico*” lo scopo dell’analisi comparativa è quello di evidenziare le interferenze con le aree vincolate presenti lungo il tracciato e differenze a carico delle alternative poste a confronto.

Le fonti ricognitive consultate sono: i piani paesistici delle regioni interessate (Piemonte e Lombardia) nonché i siti istituzionali del MITE (Geoportale Nazionale) e del MIC (Vincoli in rete).

Per le due soluzioni non si evidenziano differenze di rilievo per ciò che concerne l’interferenza con le aree vincolate.

Per quanto riguarda l’aspetto antropico, in materia di archeologia, il parametro utilizzato è stata la verifica della presenza/assenza (valore 1/0) di vincoli archeologici direttamente interferenti con i tracciati, prendendo in considerazione sia i vincoli archeologici ex art. 10 del Dlg. 42/2004 che le zone di interesse archeologico ex art. 142, lettera m del Dlg. 42/2004.

La verifica è stata effettuata tramite la consultazione delle risorse disponibili on-line. In particolare, i Piani Paesaggistici Regionali vigenti (per la regione Piemonte risalente al 2017 e per la Lombardia al 2013 con aggiornamento annuale) e i siti istituzionali del MiC: vincoliiinrete



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 16 RG	EF 00 05 001	A	36 di 61

<http://vincoliinrete.beniculturali.it/vir/vir/vir.html>) e il webGis Raptor (<https://www.raptor.beniculturali.it/mappa.php>).

Dalla verifica effettuata non risultano vincoli archeologici né aree di interesse direttamente interferenti con le opere in progetto, né in relazione al tracciato scelto, né in relazione all'alternativa proposta. Si è pertanto ritenuto opportuno non inserire il parametro nella tabella di valutazione essendo il valore 0 influente.

Tuttavia, si evidenzia che solo gli esiti dello Studio Archeologico – in corso di esecuzione in relazione alle scelte progettuali, secondo quanto previsto dalla normativa vigente in materia di “Verifica preventiva dell'interesse archeologico” - consentiranno di individuare la presenza di eventuali altri vincoli di carattere archeologico e di definirne con esattezza posizione ed estensione, e la presenza di aree interessate dal progetto che la Soprintendenza territorialmente competente, in base a quanto previsto dall'art.25 del DLgs 50/2016, potrebbe valutare di “interesse archeologico”, richiedendo l'esecuzione di indagini archeologiche preventive.

3.3.1.3. Costruzione

Nella categoria “Costruzione” al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative sono stati scelti i seguenti indicatori: Complessità tecnica, Costruibilità, Costi di realizzazione.

L'indicatore *complessità tecnica* valuta la complessità realizzativa dal punto di vista tecnologico, architettonico-strutturale ed anche in termini di onerosità temporale di realizzazione delle alternative. Sono stati individuati quattro livelli contraddistinti dalle lettere “N” – per strutture normali e quindi molto simili alle soluzioni standard solitamente adottate, “M” – per strutture più complesse rispetto a quella di riferimento, “C” per strutture con un grado di complessità effettivamente condizionante dal punto di vista economico e infine con “E” per opere ad alto valore architettonico.

L'indicatore di *costruibilità* tiene conto di come l'opera deve essere costruita, vale a dire dalle modalità realizzative che sono imposte dalle condizioni al contorno quali fasizzazione e/o lavori in presenza di esercizio. Sono stati individuati quattro livelli di condizionamento dei lavori di costruzione dell'opera su una scala numerica da 1 a 4 (1:Nessuno; 2:In presenza di esercizio; 3:In presenza di fasizzazione; 4:In presenza di esercizio e fasizzazione).

Il *costo di realizzazione* tiene conto dei costi delle sole opere che si diversificano nelle varie alternative, tale scelta deriva dall'idea di far emergere le sole differenze sostanziali in termini economici tra le varianti, in modo che l'indicatore non venga "contaminato" dal costo di opere esterne comuni alle stesse.

- L'alternativa di tracciato denominata "Curone fermata monte idraulico" prevede che il quadruplicamento venga spostato dal lato sud-ovest al lato nord-est avendolo sempre in affiancamento alla linea storica, tale variazione planimetrica evita l'interferenza del quadruplicamento con una cascina destinata ad uso civile abitazione e a centro di allevamento e addestramento di alcune tipologie di razze canine, tale posizione permette di evitare gran parte dell'interferenza con la viabilità interna dell'azienda industriale Stampplast. Al fine di effettuare la variazione planimetrica di tracciato si sceglie, tramite l'ausilio di un flessio, di posizionare i binari di quadruplicamento sulla linea storica creando il nuovo rilevato sul lato nord-est per poi chiudersi nuovamente verso nord ovest sempre mediante l'ausilio di un flessio, facendo tornare la linea storica sul suo tracciato originario. Tale scelta comporta la realizzazione del rilevato di quadruplicamento dapprima lato Nord-est e successivamente lato Nord-ovest effettuando la deviazione della linea storica, per tale lavorazione è stato applicato un coefficiente di complessità tecnica M (media), in virtù della vicinanza del nuovo rilevato alla linea esistente e del cambio di lato da effettuare. All'indicatore di costruibilità dell'opera è stato assegnato un coefficiente 4 (In presenza di esercizio e fasizzazione), poiché per un tratto deve essere deviato il percorso della linea storica garantendo sempre l'esercizio della stessa e lavorando sempre in affiancamento a quest'ultima e valutando la fasistica migliore al fine di mitigare le interferenze. L'ultimo

indicatore utilizzato per confrontare le due alternative è il costo delle sole opere oggetto di variazione, tale indicatore è stato ottenuto valutando le opere impattate dalle alternative e computando quindi i diversi costi relativi alle diverse soluzioni adottate, il costo di realizzazione delle opere dell'alternativa in oggetto è 1,23 Mio EUR.

- L'alternativa di tracciato denominata "Curone fermata valle idraulico" prevede il quadruplicamento della linea prosegua in rettilineo lato nord-ovest in affiancamento alla linea storica esistente, tale percorso crea delle interferenze con una cascina destinata ad uso civile abitazione e a centro di allevamento e addestramento di alcune tipologie di razze canine e con la viabilità interna dell'azienda industriale Stamplast, al fine di mitigare gli effetti dell'interferenza della nuova linea di quadruplicamento con la viabilità interna della ditta Stamplast si dovrà provvedere in concerto con quest'ultima al rifacimento di una nuova viabilità interna funzionale. . Per la tratta in oggetto è stato assegnato un indicatore di complessità tecnica M (media), poiché le interferenze interessano anche uno stabilimento industriale. All'indicatore di costruibilità dell'opera è stato assegnato un coefficiente 3 (In presenza di esercizio), poiché il nuovo tratto di linea potrà essere realizzato solo a valle della completa risoluzione delle interferenze riscontrate. L'ultimo indicatore utilizzato per confrontare le due alternative è il costo delle sole opere oggetto di variazione, tale indicatore è stato ottenuto valutando le opere impattate dalle alternative e computando quindi i diversi costi relativi alle diverse soluzioni adottate, il costo di realizzazione delle opere dell'alternativa in oggetto è 1,06 Mio EUR.

CATEGORIA		CRITERIO		INDICATORE						ALTERNATIVE	
Definizione	Peso	Definizione	Peso	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Peso	Peso sul totale	F.ni di normalizzaz.	Curone fermata valle idraulico	Curone fermata monte idraulico
3. COSTRUZIONE		3. COSTRUZIONE	100%	COMPLESSITA' TECNICA	scala composta: N:Normale; M:Medio; C:Complessa; E:Elevato valore architettonico	-		0,0%	min	M	M
				COSTRUIBILITA'	scala composta: 1:Nessuno; 2:In presenza di esercizio; 3:In presenza di fasizzazione; 4:In presenza di esercizio e fasizzazione	-			max	3	4
				COSTI DI REALIZZAZIONE	Costi di realizzazione	MIO EURO		0,0%	min	1,06	1,23

Tabella 3.9: quantificazione indicatori per il criterio costruzione

3.3.2. Assegnazione dei pesi

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

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 i temi (categorie) individuati:

1. Sostenibilità tecnico funzionale= 10%;
2. Sostenibilità ambientale= 55%;
3. Costruzione= 35%;



**VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA**

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 16 RG	EF 00 05 001	A	40 di 61

All'interno dei temi, i pesi sono distribuiti sia per i criteri che per gli indicatori come i seguenti dettagli mostrati nella Tabella 3.2

Alla luce di quanto raccolto mediante le analisi specialistiche presentate in tabella 3.2, si riportano i risultati ottenuti per le alternative progettuali.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA IQ01	LOTTO 00	CODIFICA R 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. A

AMC Tortona - Voghera Alternative deviazione Curone Fermata											
CATEGORIA		CRITERIO		INDICATORE						ALTERNATIVE	
Definizione	Peso	Definizione	Peso	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Peso	Peso sul totale	F.ni di normalizzaz.	Valle idraulico	Monte idraulico
1. SOSTENIBILITÀ TECNICO FUNZIONALE	10%	1.1 PARAMETRI TECNICI-FUNZIONALI DEL TRACCIATO	100%	INTERRUZIONE DELL'ESERCIZIO	Durata x numero interruzioni	Ore	100%	10,0%	min.	0	60
2. SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE	55%	2.1 SUOLO	45%	INTERFERENZE CON EDIFICI PREESISTENTI	numero di edifici interferiti	N	40,0%	9,9%	min.	2	0
				DEMOLIZIONI	numero di edifici demoliti	N	30,0%	7,4%	min.	1	0
				OCCUPAZIONE SPAZI ESTERNI FUNZIONALI DEGLI EDIFICI (PIAZZALI, VIABILITÀ)	impatto sugli edifici interferiti	%	30,0%	7,4%	max.	50%	0
		2.2 SOTTOSUOLO: GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA E IDRAULICA	55%	INTERFERENZA CON AREA A RISCHIO IDRAULICO O DI ESONDAZIONE DA MODELLO NUMERICO 2D	Sommatoria dei tratti (lunghezza) interferenti con le aree a rischio o di allagamento	m	60,0%	18,2%	min.	195	1310
		Sistemazioni idrauliche		Quantità, in termini di superficie, di sistemazioni idrauliche necessarie	m ²	40,0%	12,1%	min.	585	3930	
3. COSTRUZIONE	35%	3. COSTRUZIONE	100%	COSTRUIBILITÀ	scala composta: 1:Nessuno; 2:In presenza di esercizio; 3:In presenza di fasizzazione; 4:In presenza di esercizio e fasizzazione	-	40,0%	14,0%	max.	3	4
					COSTI DI REALIZZAZIONE	Costi di realizzazione	MIO EURO	60,0%	21,0%	min.	1,06

Tabella 3.10 Scenario pesi attribuiti e matrice di valutazione- Curone Fermata

3.3.3. Risultati Analisi Multicriteria

Curone Fermata

Nella seguente immagine sono riportati i risultati dell'analisi multicriteria sviluppata per la tratta Curone Fermata confrontando la soluzione "Monte Idraulico" con la soluzione "Valle Idraulico".

I risultati mostrano come la soluzione di tracciato "Valle Idraulico" risultata la vincente.

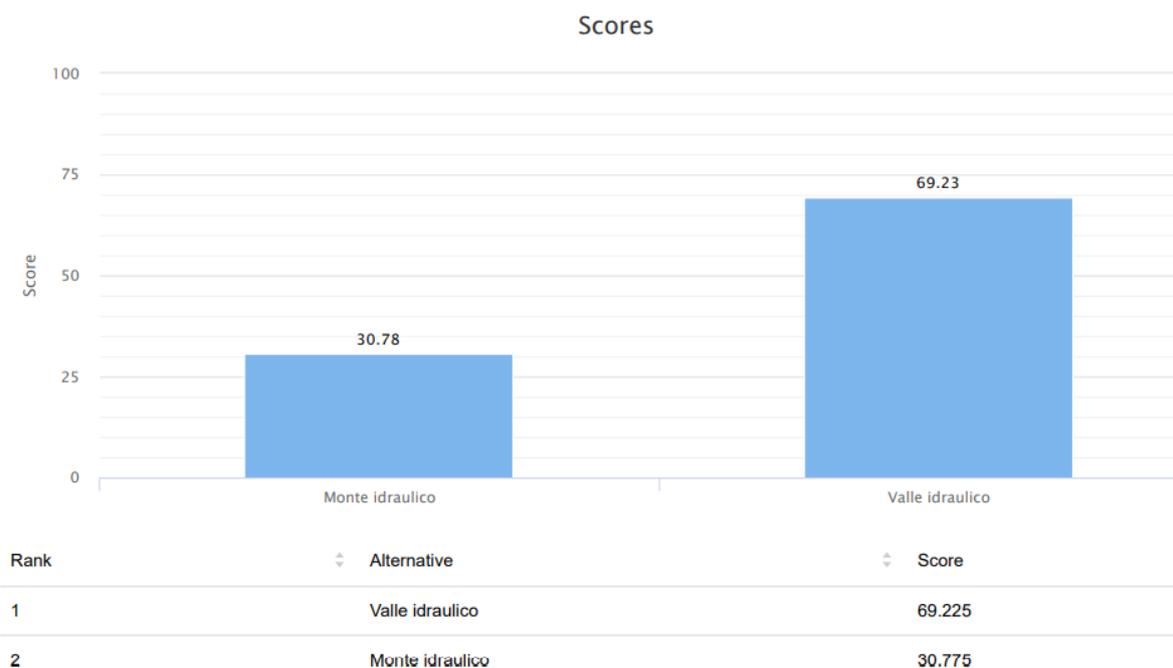


Figura 4: Ranking finale con le varie alternative progettuali

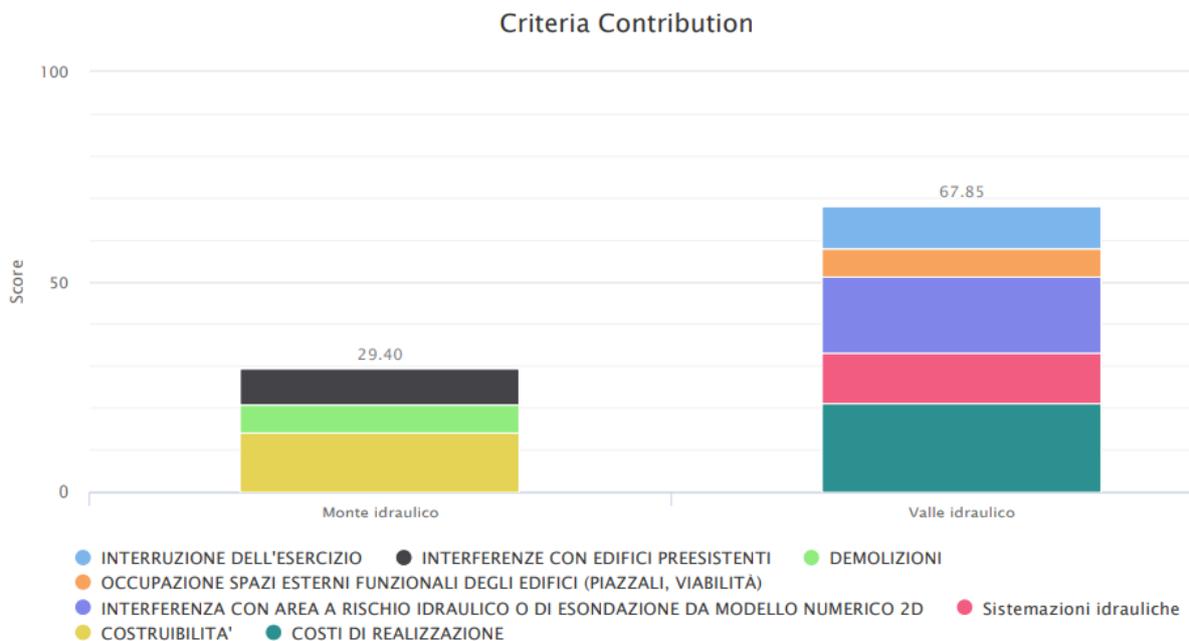


Figura 5: Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascun indicatore

3.3.4. 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.

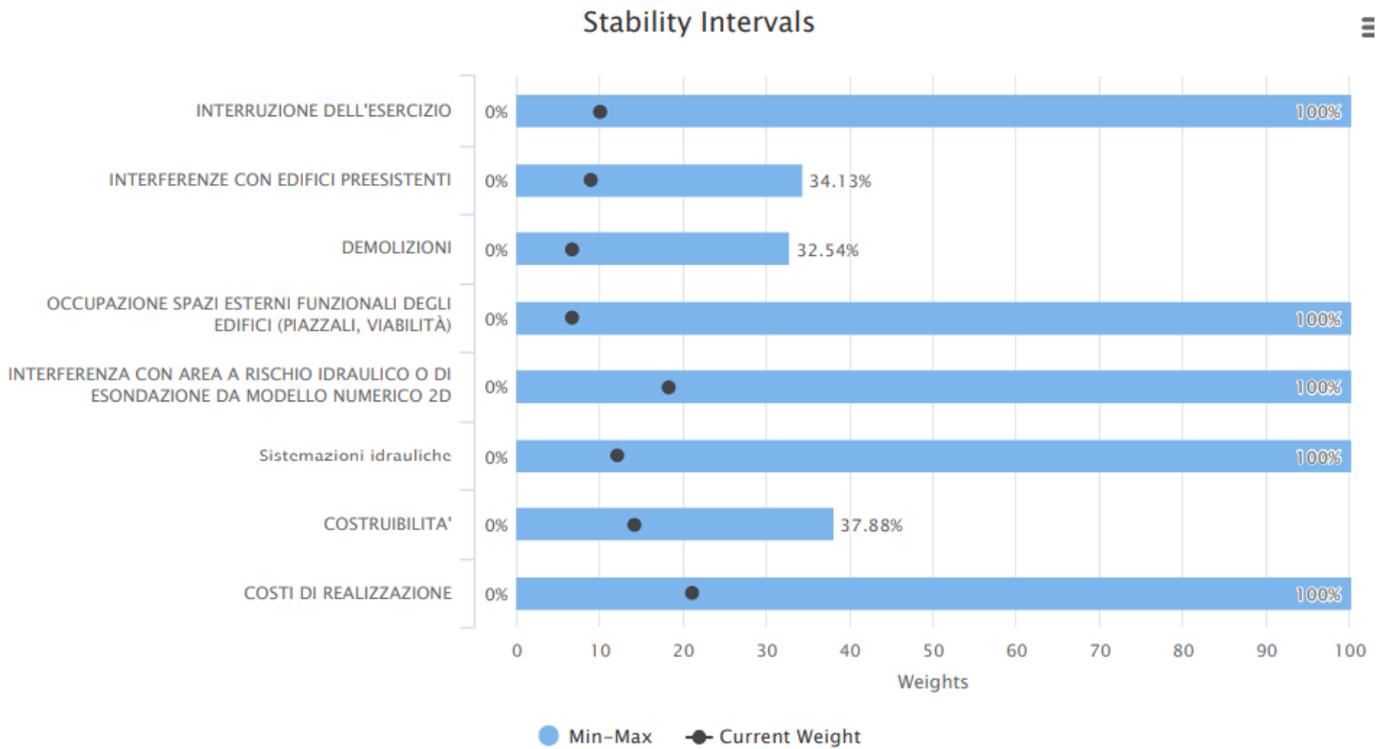


Figura 6: Intervalli di stabilità del ranking per le categorie dell'Analisi Multicriteria

3.4. Tratta Via Baxilio

Il progetto di quadruplicamento Tortona - Voghera è stato sviluppato al fine di ridurre al minimo l'impatto sull'area urbana e ambientale cercando di non modificare l'efficacia trasportistica e di costruzione.

In uscita dalla stazione di Tortona in direzione Voghera, dalla pk 54+863 (FV Tortona) alla pk 56+000.00 circa, il tracciato di quadruplicamento ferroviario viene interessato da un tratto densamente abitato (Tortona). Inoltre, alla pk 55+542.00 circa il tracciato transita sull'opera esistente di Via Baxilio, opera che ad oggi ospita 5 binari di cui solamente due attivi.

Su entrambe le soluzioni di seguito illustrate l'impatto sul territorio densamente urbano e da ritenersi simile.

Al fine di ridurre al minimo l'impatto del solido ferroviario con l'ambiente urbano ed ipotizzando il mantenimento dell'opera esistente su Via Baxilio compatibile ad ospitare i sei binari (due binari linea esistente, due binari progetto quadruplicamento e due binari sviluppo futuro), si è proceduto ad analizzare due possibili alternative denominate:

- **Alternativa "A" Nuovo Ponte su via Baxilio;**

Il progetto prevede il mantenimento dell'asta lato Sud/Est ad oggi dismessa. Tale mantenimento determina una ri-geometrizzazione su assetto planimetrico con $V_t=100\text{km/h}$ dei quattro binari di progetto (linea storica e quadruplicamento) andando ad inserire una nuova coppia di binari sviluppo futuro; il tutto compatibile con i dati di input ricevuti dalla committenza. Il nuovo assetto planimetrico determina la demolizione dell'opera esistente, predisponendo una nuova opera conforme al nuovo assetto planimetrico.

- **Alternativa “B” Ponte su Via Baxilio esistente;**

Il progetto prevede la demolizione dell’asta lato Sud/Est ad oggi dismessa. Tale dismissione utile allo studio planimetrico ne ottimizza il suo assetto rendendo l’opera esistente compatibile ad ospitare i sei binari come da schematico. Per rendere compatibile l’opera esistente in termini di strutturali, si rende necessaria un’attività di manutenzione straordinaria così come descritto sull’elaborato di riferimento.

3.4.1. Analisi di confronto

3.4.2. Temi, criteri ed indicatori di valutazione

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

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

1. Sostenibilità tecnico- funzionale
2. Sostenibilità ambientale
3. Costruzione

Ciascun tema è stato a sua volta rappresentato da più indicatori di valutazione per cui sono stati definiti uno o più criteri su cui poter realizzare il confronto a coppie previsto dal metodo Promethee.

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

3.4.2.1. Sostenibilità tecnico funzionale

Nella categoria “*Sostenibilità tecnico funzionale*” al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative sono stati scelti i seguenti indicatori: velocità di progetto e interruzione dell’esercizio.

L’indicatore *velocità di progetto* valuta la differenza di velocità (in positivo o negativo) che si avrebbe sulla tratta di interesse con l’alternativa scelta, tale indicatore si compone del prodotto tra la differenza di velocità (espressa in Km/h) e la lunghezza di estensione di tale differenza (espressa in metri). L’indicatore *interruzione dell’esercizio* valuta le ore di interruzione, anche non continuative, di esercizio della linea.

- L’alternativa A” presenta all’indicatore velocità di progetto il valore 0 poiché l’alternativa non provoca variazioni di velocità rispetto a quanto previsto già sulla linea. Nell’alternativa in questione sono previste anche 240 ore di interruzione dell’esercizio, poiché si prevede l’installazione di opere reggi binari (ad esempio ponte Essen) e la demolizione di parte del sottopasso esistente con la conseguente esecuzione di un impalcato a travi incorporate nella parte da allargare, a questo si aggiunge anche la necessità di chiudere totalmente la viabilità veicolare al di sotto del sottopasso per circa un anno.
- L’alternativa B” presenta all’indicatore velocità di progetto il valore 0 poiché l’alternativa non provoca variazioni di velocità rispetto a quanto previsto già sulla linea. Nell’alternativa in questione sono previste anche 80 ore di interruzione dell’esercizio, tali interruzioni sono dovute ai lavori di manutenzione straordinaria previsti sull’opera che richiedono assenza di traffico di linea durante alcune delicate operazioni.

CRITERIO		INDICATORE						ALTERNATIVE	
Definizione	Peso	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Peso	Peso sul totale	F.ni di normalizzaz.	Alternativa B (Ponte su Via Baxilio esistente)	Alternativa A (Nuovo Ponte su via Baxilio)
1.1 PARAMETRI TECNICO- FUNZIONALI DEL TRACCIATO		INTERRUZIONE DELL'ESERCIZIO	Durata x numero interruzioni	Ore			min.	80	240

Tabella 3.11 quantificazione indicatori per il criterio parametri tecnico- funzionali del tracciato

3.4.2.2. Sostenibilità ambientale

Con la categoria “Sostenibilità Ambientale” si vuole raggruppare la valutazione in toto dei criteri relativi al suolo, al sottosuolo e al paesaggio naturale e antropico.

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

Suolo, territorio ed edificato

Con il criterio “Suolo, territorio ed edificato”, al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative, è stato scelto il seguente indicatore: “*Impatto acustico sugli edifici esistenti*”.

Nel caso in esame le alternative localizzative di tracciato interessano un tratto urbanizzato e le differenze di rilievo sugli indicatori ambientali riguardano l’edificato esistente. In particolare, differenze di rilievo in campo ambientale si hanno rispetto alla componente rumore: poiché la soluzione senza demolizione del sottopasso non consente il posizionamento di barriere continue e due edifici, restando esposti a livelli acustici elevati, avranno necessità di interventi diretti.

L’indicatore scelto è quindi teso a definire *l’impatto acustico sugli edifici esistenti* e quantifica il “*numero di edifici che necessitano di interventi diretti*”; le differenze sono illustrate nella tabella seguente e favoriscono la soluzione con demolizione.

CRITERIO		INDICATORE						ALTERNATIVE	
Definizione	Peso	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Peso	Peso sul totale	F.ni di normalizzaz.	Alternativa B (Ponte su Via Baxilio esistente)	Alternativa A (Nuovo Ponte su via Baxilio)
2.1 SUOLO, TERRITORIO, EDIFICATO		IMPATTO ACUSTICO SU EDIFICI ESISTENTI	Numero di edifici che necessitano di interventi diretti	N			min.	2	0

Tabella 3.12 quantificazione indicatori per il criterio suolo, territorio, edificato

Sottosuolo: geomorfologia, idrogeologia 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 valutati indicatori appartenenti alle macroaree “Geologia” ed “Idraulica”.

Geologia

Analizzando le tematiche prettamente geologiche, ovvero il rischio geomorfologico e la presenza di gas nelle unità geologiche incontrate, si riportano di seguito i relativi commenti e risultati:

- Rischio geomorfologico: Dall'analisi delle carte afferenti il Piano di Governo del Territorio (PGT) del comune di Tortona (AL) risulta che le aree di studio sono prive del rischio geomorfologico.
- Rischio presenza gas in galleria: Il progetto, nelle aree di interesse, non presenta gallerie; si esclude pertanto il rischio di presenza di gas.

Dal punto di vista dei materiali di risulta da gestire in corso d'opera, l'alternativa “B”, non comportando la demolizione del cavalcavia ferroviario di via Baxilio, determina una riduzione del quantitativo di materiali da gestire in regime di rifiuto e, quindi, conferire in impianti di recupero o smaltire in discarica, rispetto alla soluzione di progetto “A”. In considerazione del livello di approfondimento progettuale, la valutazione è stata condotta in termini meramente qualitativi.



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 16 RG	EF 00 05 001	A	50 di 61

L'alternativa "A" prevede la ricostruzione del cavalcavia ferroviario di via Baxilio e, dunque, la necessità di approvvigionare da siti esterni inerti/CLS/materiali da costruzione per soddisfare i fabbisogni di progetto. In considerazione dell'attuale livello di approfondimento progettuale, la valutazione è stata condotta in termini meramente qualitativi.

Idraulica

Per quanto concerne gli aspetti idraulici, rispetto alle tratte precedentemente analizzate, le due soluzioni individuate per la tratta "Via Baxilio" non hanno particolari effetti sulle caratteristiche "idrauliche" del territorio, ovvero sono del tutto equivalenti.

Paesaggio naturale e antropico

Per il criterio "*Paesaggio naturale e antropico*" lo scopo dell'analisi comparativa è quello di evidenziare le interferenze con le aree vincolate presenti lungo il tracciato e differenze a carico delle alternative poste a confronto.

Le fonti ricognitive consultate sono: i piani paesistici delle regioni interessate (Piemonte e Lombardia) nonché i siti istituzionali del MITE (Geoportale Nazionale) e del MIC (Vincoli in rete).

Per le due soluzioni non si evidenziano differenze di rilievo per ciò che concerne l'interferenza con le aree vincolate.

Per quanto riguarda l'aspetto antropico, in materia di archeologia, il parametro utilizzato è stata la verifica della presenza/assenza (valore 1/0) di vincoli archeologici direttamente interferenti con i tracciati, prendendo in considerazione sia i vincoli archeologici ex art. 10 del Dlg. 42/2004 che le zone di interesse archeologico ex art. 142, lettera m del Dlg. 42/2004.

La verifica è stata effettuata tramite la consultazione delle risorse disponibili on-line. In particolare, i Piani Paesaggistici Regionali vigenti (per la regione Piemonte risalente al 2017 e per la Lombardia al 2013 con aggiornamento annuale) e i siti istituzionali del MiC: <http://vincoliinrete.beniculturali.it/vir/vir/vir.html>) e il webGis Raptor (<https://www.raptor.beniculturali.it/mappa.php>).



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 16 RG	EF 00 05 001	A	51 di 61

Dalla verifica effettuata non risultano vincoli archeologici né aree di interesse direttamente interferenti con le opere in progetto, né in relazione al tracciato scelto, né in relazione all'alternativa proposta. Si è pertanto ritenuto opportuno non inserire il parametro nella tabella di valutazione essendo il valore 0 ininfluenza.

Tuttavia, si evidenzia che solo gli esiti dello Studio Archeologico – in corso di esecuzione in relazione alle scelte progettuali, secondo quanto previsto dalla normativa vigente in materia di “Verifica preventiva dell'interesse archeologico” - consentiranno di individuare la presenza di eventuali altri vincoli di carattere archeologico e di definirne con esattezza posizione ed estensione, e la presenza di aree interessate dal progetto che la Soprintendenza territorialmente competente, in base a quanto previsto dall'art.25 del DLgs 50/2016, potrebbe valutare di “interesse archeologico”, richiedendo l'esecuzione di indagini archeologiche preventive.

3.4.2.3. Costruzione

Nella categoria “Costruzione” al fine di effettuare una comparazione quanto più oggettiva ed efficace delle alternative sono stati scelti i seguenti indicatori: Complessità tecnica, Costruibilità, Costi di realizzazione.

L'indicatore *complessità tecnica* valuta la complessità realizzativa dal punto di vista tecnologico, architettonico-strutturale ed anche in termini di onerosità temporale di realizzazione delle alternative. Sono stati individuati quattro livelli contraddistinti dalle lettere “N” – per strutture normali e quindi molto simili alle soluzioni standard solitamente adottate, “M” – per strutture più complesse rispetto a quella di riferimento, “C” per strutture con un grado di complessità effettivamente condizionante dal punto di vista economico e infine con “E” per opere ad alto valore architettonico.

L'indicatore di *costruibilità* tiene conto di come l'opera deve essere costruita, vale a dire dalle modalità realizzative che sono imposte dalle condizioni al contorno quali fasizzazione e/o lavori in presenza di esercizio. sono stati individuati quattro livelli di condizionamento dei lavori di

costruzione dell'opera su una scala numerica da 1 a 4 (1:Nessuno; 2:In presenza di esercizio; 3:In presenza di fasizzazione; 4:In presenza di esercizio e fasizzazione).

Il *costo di realizzazione* tiene conto dei costi delle sole opere che si diversificano nelle varie alternative, tale scelta deriva dall'idea di far emergere le sole differenze sostanziali in termini economici tra le varianti, in modo che l'indicatore non venga "contaminato" dal costo di opere esterne comuni alle stesse.

- L'alternativa di tracciato denominata "Alternativa A" prevede la demolizione di parte del sottovia esistente e la realizzazione di un impalcato a travi incorporate atte a sorreggere la zona di ampliamento dei binari sull'opera, la zona di sottopasso non demolita sarà soggetta ad interventi di manutenzione straordinaria al fine di ripristinare la completa funzionalità dell'opera, per tali lavorazioni è stato applicato un coefficiente di complessità tecnica C (complesso), in virtù della delicatezza delle operazioni da svolgere sul sottopasso esistente garantendo sempre l'esercizio della linea in completa sicurezza ed anche dell'onerosità soprattutto temporale delle stesse, poiché l'area di intervento è densa di sottoservizi interferenti e la mole di operazioni da svolgere, al fine di demolire parte del sottopasso, agire con le operazioni di manutenzione straordinaria sulla parte di sottopasso restante e realizzare la nuova opera in affiancamento, diventa rilevante. All'indicatore di costruibilità dell'opera è stato assegnato un coefficiente 4 (In presenza di esercizio e fasizzazione), poiché tutte le operazioni devono essere effettuate garantendo l'esercizio della linea storica che corre sul sottopasso oggetto di intervento. L'ultimo indicatore utilizzato per confrontare le due alternative è il costo delle sole opere oggetto di variazione, tale indicatore è stato ottenuto valutando le opere impattate dalle alternative e computando quindi i diversi costi relativi alle diverse soluzioni adottate, il costo di realizzazione delle opere dell'alternativa in oggetto è 1,474 Mio EUR.
- L'alternativa di tracciato denominata "Alternativa B" prevede la realizzazione di lavori di manutenzione straordinaria su tutta l'opera, per tali lavorazioni è stato applicato un coefficiente di complessità tecnica M (Media), tale indicatore sintetizza le varie lavorazioni

invasive da effettuare sull'opera esistente, garantendo sempre l'esercizio della linea in completa sicurezza. All'indicatore di costruibilità dell'opera è stato assegnato un coefficiente 4 (In presenza di esercizio e fasizzazione), poiché tutte le operazioni devono essere effettuate garantendo l'esercizio della linea storica che corre sul sottopasso oggetto di intervento. L'ultimo indicatore utilizzato per confrontare le due alternative è il costo delle sole opere oggetto di variazione, tale indicatore è stato ottenuto valutando le opere impattate dalle alternative e computando quindi i diversi costi relativi alle diverse soluzioni adottate, il costo di realizzazione delle opere dell'alternativa in oggetto è 0,802 Mio EUR.

CATEGORIA		CRITERIO		INDICATORE						ALTERNATIVE	
Definizione	Peso	Definizione	Peso	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Peso	Peso sul totale	F.ni di normalizzaz.	Alternativa B	Alternativa A
3. COSTRUZIONE		3.1 COSTRUZIONE	100%	COMPLESSITA' TECNICA	scala composta: N:Normale; M:Medio; C:Complessa; E:Elevato valore architettonico	-		0,0%	min.	M	C
				COSTRUIBILITA'	scala composta: 1:Nessuno; 2:In presenza di esercizio; 3:In presenza di fasizzazione; 4:In presenza di esercizio e fasizzazione	-				4	4
				COSTI DI REALIZZAZIONE	Costi di realizzazione	MIO EURO		0,0%	min.	0,802 €	1,474 €

Tabella 3.13 quantificazione indicatori per il criterio costruzione

3.4.3. Assegnazione dei pesi

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



**VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA**

ANALISI MULTICRITERIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 16 RG	EF 00 05 001	A	54 di 61

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 i temi (categorie) individuati:

1. Sostenibilità tecnico funzionale= 25%;
2. Sostenibilità ambientale= 35%;
3. Costruzione= 40%;

All'interno dei temi, i pesi sono distribuiti sia per i criteri che per gli indicatori come i seguenti dettagli mostrati nella Tabella 3.3

Alla luce di quanto raccolto mediante le analisi specialistiche presentate in tabella 3.3, si riportano i risultati ottenuti per le alternative progettuali.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
	ANALISI MULTICRITERIA	COMMESSA IQ01	LOTTO 00	CODIFICA R 16 RG	DOCUMENTO EF 00 05 001	REV. A

AMC Tortona - Voghera Alternative Tratta Via Baxilio											
CATEGORIA		CRITERIO		INDICATORE						ALTERNATIVE	
Definizione	Peso	Definizione	Peso	Definizione	Metodo di valutazione	Unità di misura	Peso	Peso sul totale	F.ni di normalizzaz.	Alternativa B(Ponte su Via Baxilio esistente)	Alternativa A(Nuovo Ponte su via Baxilio)
1. SOSTENIBILITÀ TECNICO FUNZIONALE	25%	1.1 PARAMETRI TECNICO-FUNZIONALI DEL TRACCIATO	100%	INTERRUZIONE DELL'ESERCIZIO	Durata x numero interruzioni	Ore	100%	25,0%	min.	80	240
				2. SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE	35%	2.1 SUOLO, TERRITORIO, EDIFICATO	100%	IMPATTO ACUSTICO SU EDIFICI ESISTENTI	Numero di edifici che necessitano di interventi diretti	N	100,0%
3. COSTRUZIONE	40%	3. COSTRUZIONE	100%	COSTRUIBILITA'	scala composta: 1:Nessuno; 2:In presenza di esercizio; 3:In presenza di fasizzazione; 4:In presenza di esercizio e fasizzazione	-	30,0%	12,0%	max.	4	4
				COSTI DI REALIZZAZIONE	Costi di realizzazione	MIO EURO	70,0%	28,0%	min.	0,802 €	1,474 €

Tabella 3.14 Scenario pesi attribuiti e matrice di valutazione-Tratta via Baxilio

3.4.4. Risultati Analisi Multicriteria

Tratta Baxilio

Nella seguente immagine sono riportati i risultati dell'analisi multicriteria sviluppata per la tratta Baxilio confrontando la soluzione "Ponte su Via Baxilio Esistente" con la soluzione "Ponte Nuovo su Via Baxilio".

I risultati mostrano come la soluzione di tracciato "Ponte su Via Baxilio esistente" risultati la vincente.

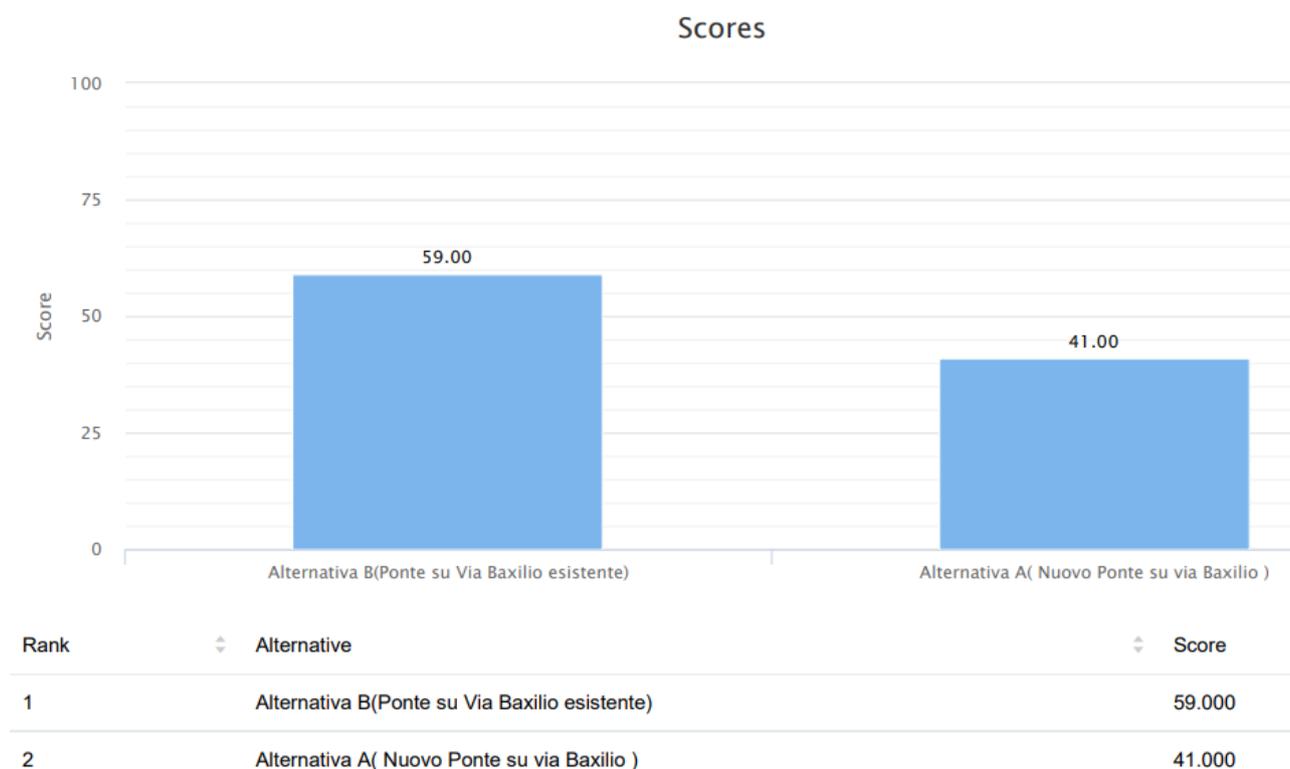


Figura 7: Ranking finale con le varie alternative progettuali

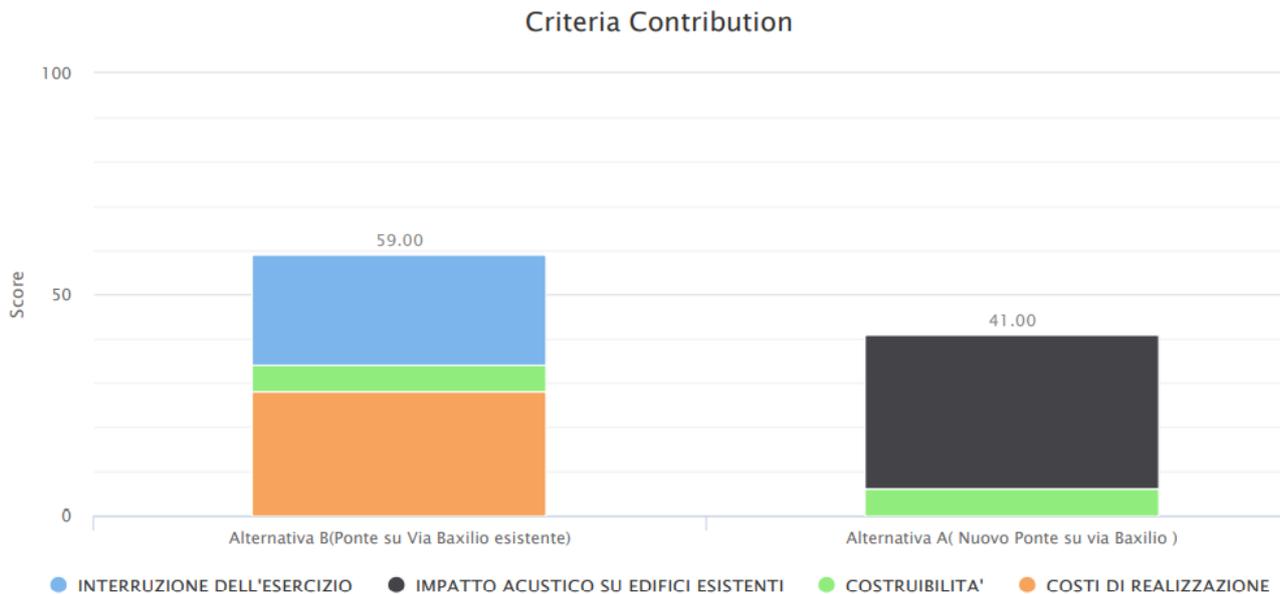


Figura 8: Ranking finale con ripartizione delle quote di contributo al risultato di ciascun indicatore

3.4.5. 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.

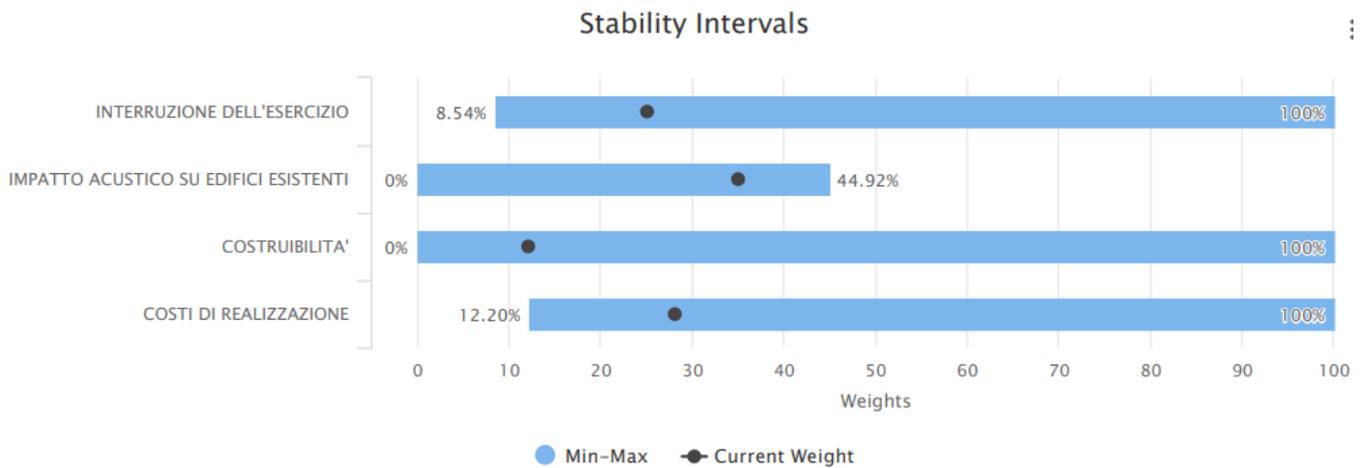


Figura 9: Intervalli di stabilità del ranking per le categorie dell'Analisi Multicriteria

4. CONCLUSIONI

L'Analisi Multicriteria, oggetto del presente documento, rappresenta lo strumento di supporto per scegliere, fra diverse alternative, la soluzione che meglio si adatta agli obiettivi e alle priorità dei decisori.

Nell'ambito del progetto Tortona – Voghera sono state analizzate tre tratte del tracciato di progetto per le quali sono state valutate alternative.

Le suddette tratte sono state identificate con i nomi di:

- Tratta Grue.
- Tratta Curone Fermata
- Tratta Baxilio.

Per ognuna delle tratte sono state individuate due possibili soluzioni progettuali di tracciato.

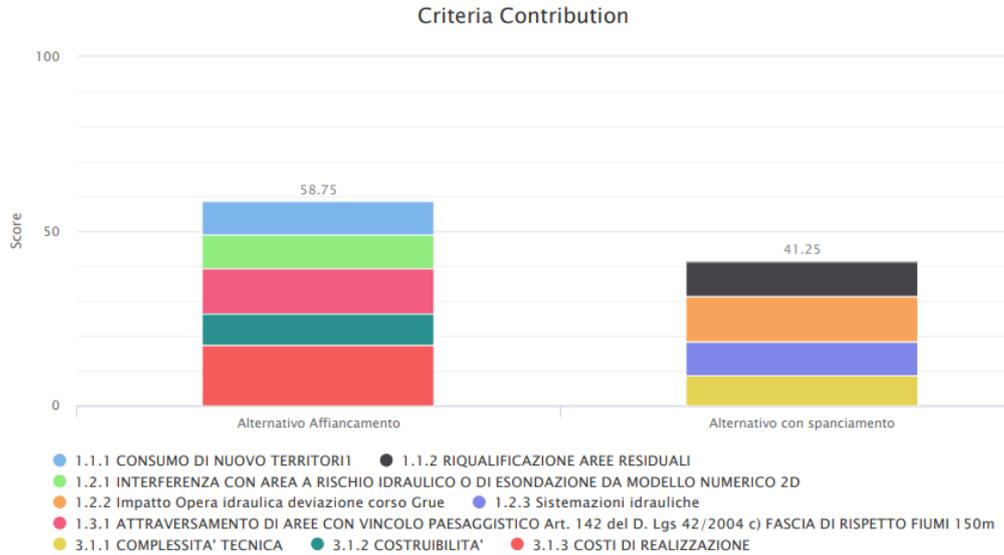
Le analisi multicriteria sviluppate per ciascuna tratta hanno dato come risultato finale la scelta di una tra le alternative studiate.

Si riportano di seguito, in sintesi, i risultati delle soluzioni vincenti per ciascuna delle tratte analizzate con indicazione del peso di ciascun indicatore stimato per il confronto tra le alternative stesse.

Tratta Grue

Nella seguente immagine sono riportati i risultati dell'analisi multicriteria sviluppata per la tratta Grue confrontando la soluzione "Affiancamento" con la soluzione "Spanciamiento".

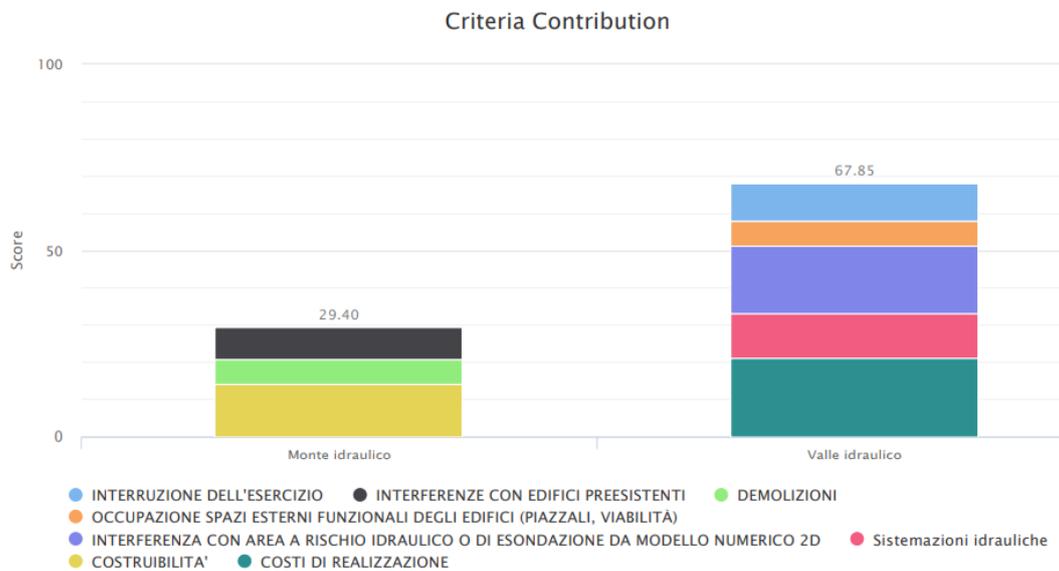
I risultati mostrano come la soluzione di tracciato "Affiancamento" risultata la vincente.



Curone Fermata

Nella seguente immagine sono riportati i risultati dell'analisi multicriteria sviluppata per la tratta Curone Fermata confrontando la soluzione "Monte Idraulico" con la soluzione "Valle Idraulico".

I risultati mostrano come la soluzione di tracciato "Valle Idraulico" risultata la vincente.



Tratta Baxilio

Nella seguente immagine sono riportati i risultati dell'analisi multicriteria sviluppata per la tratta Baxilio confrontando la soluzione "Ponte su Via Baxilio Esistente" con la soluzione "Ponte Nuovo su Via Baxilio".

I risultati mostrano come la soluzione di tracciato "Ponte su Via Baxilio esistente" risultati la vincente.

