



Nuovo Ponte San Michele tra Calusco d'Adda e Paderno d'Adda

Relazione di Progetto



Sommario

1. Introduzione	4
1.1. Inquadramento dell'intervento	5
1.2. La strategicità dell'intervento	6
1.3. Il contributo del Progetto alle strategie di sviluppo sostenibile	6
1.4. Il Progetto per uno sviluppo sostenibile del territorio	8
1.5. La storia del progetto	10
2. Il progetto	12
2.1. Focus aspetti geologici	14
2.2. Scenari di progetto	16
2.3. Gli aspetti espropriativi dell'opera	33
2.4. Fascia Ingombro di progetto	34
2.5. Confronto tra gli scenari di progetto	37
3. Analisi a supporto del Progetto	39
3.1. Studio di Trasporto	39
3.2. Analisi Costi e Benefici	41
4. Il Progetto nel contesto territoriale	44
4.1. Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico	44
4.2. Inquadramento idrologico-idraulico	45
4.3. Ponte San Michele	46
4.4. Valore e Tutela del Paesaggio	49
4.5. Approfondimento Studio Acustico	57
4.6. La gestione degli aspetti ambientali della fase di costruzione e misure di mitigazione	61
4.7. L'attenzione alle tematiche ambientali e di sostenibilità nello sviluppo del progetto	62
4.8. Il Monitoraggio ambientale	63
5. Economia dell'opera	65
5.1. Tempi di realizzazione	65
5.2. Costi di investimento	65



Capitolo 1

INTRODUZIONE



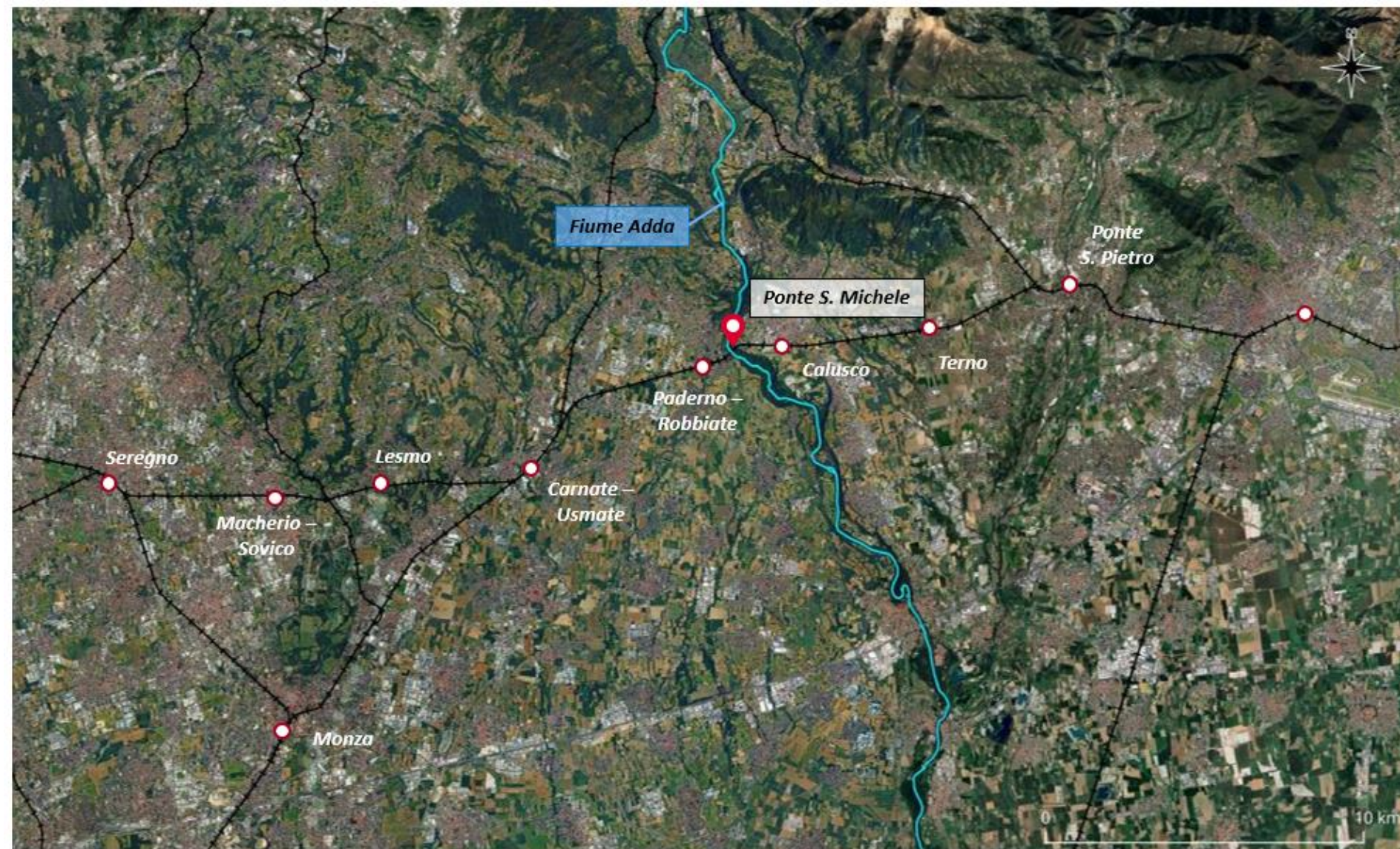
1. Introduzione

Oggetto del documento è l'illustrazione dello studio delle alternative per la **realizzazione del nuovo ponte ferroviario di attraversamento del fiume Adda sulla linea Carnate – Ponte San Pietro**, tra le stazioni di Paderno d'Adda, Robbiate e Calusco d'Adda, in sostituzione dell'esistente ponte ad arco in ferro a traffico misto ferroviario – stradale (denominato ponte San Michele 1887-1889) di cui è prevista nel 2030 la chiusura al traffico.

Il nuovo attraversamento è parte integrante di un più ampio intervento di potenziamento della direttrice che da Seregno/Monza va a Bergamo, in particolare del raddoppio della tratta Carnate – Ponte San Pietro

L'esigenza di realizzare un nuovo ponte è sostanzialmente motivata dallo stato dell'opera d'arte che richiede significativi condizionamenti sia al transito stradale che ferroviario (limitazioni alle velocità di transito e divieto di transito contemporaneo stradale e ferroviario) con fine vita utile entro il 2030 (si prevede la chiusura al traffico stradale e ferroviario entro il 2030).

La relazione illustra le soluzioni progettuali esplorate in ragione degli obiettivi attesi e i risultati degli studi condotti al fine di identificare la soluzione che meglio risponda alle esigenze, fornendo un quadro conoscitivo di riferimento nell'ambito del Dibattito Pubblico.



1.1. Inquadramento dell'intervento

L'intervento si inquadra in una prima fase di potenziamento della direttrice che da Seregno/Monza va a Bergamo ("Potenziamento Carnate – Ponte S. Pietro Prima fase") con riflessi sia sulla programmazione del traffico regionale che in un futuro sviluppo del traffico merci.

La linea Seregno – Carnate- Ponte San Pietro risulta inserita all'interno della rete TEN – T come tratta globale (Comprehensive).



La stazione di Seregno è in comune con la linea Milano – Chiasso nonché con la linea di Ferrovie Nord verso Saronno/Malpensa/Novara. La stazione di Carnate è in comune con la Monza – Lecco, mentre la stazione di Ponte San Pietro è in comune con la linea verso Lecco e verso Bergamo/Rovato.

La linea attualmente ha solo traffico di tipo regionale, in particolare quello disciplinato dal vigente Accordo Quadro con la Regione Lombardia.

La linea è attualmente interessata da traffici delle relazioni Milano Porta Garibaldi – Carnate – Bergamo, il cosiddetto R14 con una frequenza di un treno/h per direzione con rinforzi, per un totale di 40 treni al giorno.

Nello scenario di Sviluppo dei servizi Allegato D è previsto il raddoppio della frequenza di tale servizio con la trasformazione nel suburbano S18 con origine dalla futura stazione prevista nel collegamento di Orio al Serio e termine a Milano Porta Garibaldi/Milano Bovisa (Rete Ferrovie Nord Milano).

Negli ulteriori scenari di sviluppo post Accordo Quadro della Regione Lombardia è prevista l'istituzione di un servizio orario che dovrebbe collegare l'Aeroporto di Orio con l'aeroporto di Malpensa, tramite rete RFI e rete di Ferrovie Nord.

La linea non è attualmente percorsa da traffico merci, a causa delle limitazioni dell'attuale ponte S. Michele, in termini di categoria di massa assiale.

Nella programmazione di RFI sono già presenti una serie di interventi sulle linee afferenti alla Seregno – Carnate – Ponte San Pietro. Nello specifico:

- è prevista la realizzazione di interventi di realizzazione sottopassi con contestuale adeguamento dei marciapiedi (innalzamento e allungamento) nelle stazioni di Paderno d'Adda, Calusco d'Adda e Terno d'Isola;



- è previsto il rinnovo del sistema di distanziamento con blocco conta assi e degli apparati centrali computerizzati ambito progetto di internalizzazione tecnologica nelle stazioni di Paderno d'Adda, Calusco d'Adda e Terno con successivo inserimento in ACCM;
- sono in corso interventi di potenziamento sulla tratta Ponte San Pietro – Bergamo, che prevedono un raddoppio parziale della linea da Curno a Bergamo, con il potenziamento infrastrutturale delle stazioni di Ponte San Pietro e di Bergamo;
- è previsto il raddoppio Bergamo – Montello come prosecuzione del raddoppio lato Ponte San Pietro;
- sulla linea Monza – Carnate è previsto un intervento di potenziamento tecnologico con la realizzazione di un nuovo sistema di distanziamento con sezioni ricomprese tra 900 e 1060 m funzionale ad incrementare la capacità a 12 treni/h per direzione.

Inoltre, sono stati da poco avviati i lavori di realizzazione del nuovo collegamento ferroviario tra la stazione di Bergamo e l'aeroporto di Orio al Serio. Ulteriormente sono stati avviati nel 2023 due studi di fattibilità del potenziamento dell'itinerario Seregno – Carnate – Ponte San Pietro – Bergamo e del raddoppio della linea Montello - Rovato. Dall'analisi del quadro

degli investimenti in corso e degli studi pianificati attualmente l'intervento ha carattere esclusivamente per il traffico regionale afferente ai bacini di Bergamo e Milano ma che in prospettiva serve per servizi di connessione tra Ovest ed Est Lombardia come il futuro Servizio Orio – Malpensa. L'intervento ha benefici soprattutto in fase di gestione (puntualità) nonché in programmazione mentre il pieno beneficio della capacità si potrà avere a valle del completamento del raddoppio fino a Bergamo

1.2. La strategicità dell'intervento

Questo intervento nasce dall'esigenza di garantire il collegamento tra le province di Bergamo e Lecco a seguito della chiusura definitiva al transito ferroviario e stradale del ponte storico San Michele.

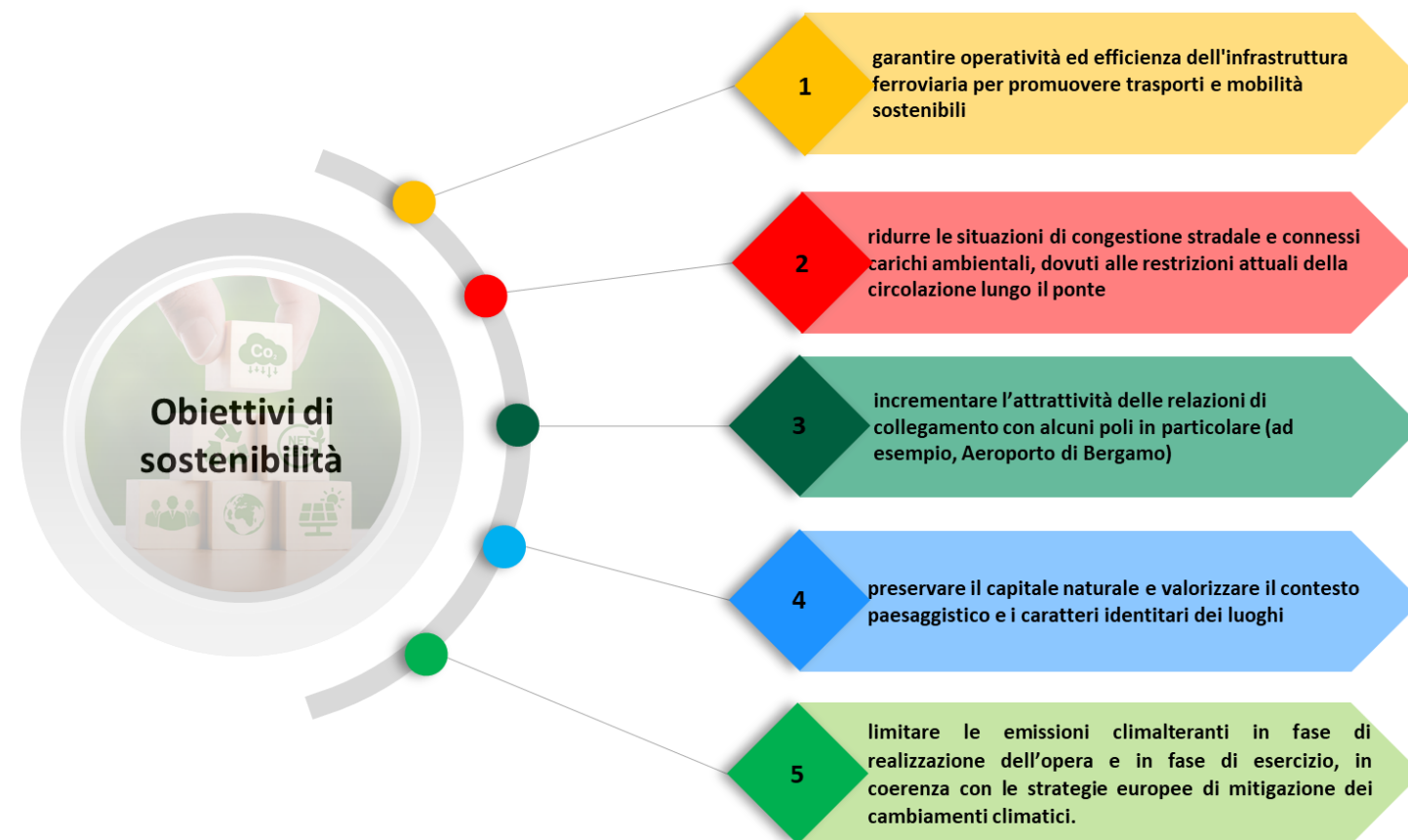
L'intervento consente inoltre di:

- ✚ **eliminare le limitazioni dell'attuale ponte**
 - Categoria di Massa Assiale inferiore ad A
 - Restrizione di velocità a 15 km/h per i treni
- ✚ **incrementare la performance della linea** grazie all'introduzione del doppio binario, la realizzazione di opere che consentono in

transito merci senza limitazioni e alla soppressione dei passaggi a livello (risoluzione in funzione degli scenari di progetto).

La presenza del doppio binario, a struttura orario invariata, garantisce inoltre margini ulteriori per puntualità e anche potenzialmente agevola la programmazione di servizi aggiuntivi. Il traffico totale sulla tratta, infatti, potrà raggiungere il valore giornaliero complessivo di 108 treni regionali e 36 treni merci, a completamento di tutti gli interventi correlati

In generale il progetto persegue i seguenti obiettivi di sostenibilità volti a:



1 Nel 2021-2027 la politica di coesione dell'UE ha stabilito di 5 obiettivi politici a sostegno della crescita della coesione territoriale.

- un'Europa più competitiva e più intelligente
- una transizione più verde e a basse emissioni di carbonio verso un'economia netta a zero emissioni di carbonio

- un'Europa più connessa potenziando la mobilità
- un'Europa più sociale e inclusiva
- L'Europa più vicina ai cittadini favorendo lo sviluppo sostenibile e integrato di tutte le tipologie di territorio

1.3. Il contributo del Progetto alle strategie di sviluppo sostenibile

Le **infrastrutture sostenibili** forniscono un contributo significativo alle **strategie globali** che mirano a garantire una **crescita economica equa ed inclusiva dei territori**, azioni specifiche per **la lotta ai cambiamenti climatici, l'integrità e il funzionamento degli ecosistemi** alla base della **qualità della vita della collettività**.

Nel quadro degli **obiettivi espressi dalla comunità internazionale e degli indirizzi dell'UE**, le potenzialità del trasporto ferroviario forniscono **risposte concrete** in direzione della **riduzione delle emissioni di gas a effetto serra**, della **crescita economica e sociale dei territori** e di un **approccio coordinato alla connettività ed accessibilità dello spazio unico europeo**.

In particolare, il progetto:

- **contribuisce agli obiettivi europei di neutralità climatica inclusi nel Green Deal Europeo** che comprendono, tra le altre cose, un'accelerazione della **transizione verso una mobilità sostenibile e intelligente**. In tal senso, la strategia mira a ridurre le emissioni prodotte dai trasporti del 90% entro il 2050 e trasferire una parte sostanziale del 75% dei trasporti interni di merci che oggi avviene su strada alle ferrovie e alle vie navigabili interne. Per raggiungere tali obiettivi, una delle strade percorribili è sicuramente il **miglioramento della gestione e l'aumento della capacità del sistema ferroviario**; esattamente gli obiettivi che caratterizzano gli interventi previsti dal Progetto;

- **è in linea con gli obiettivi della Politica di Coesione territoriale EU 2021-2027** ed in particolare contribuirà a **migliorare i livelli di coesione economica, sociale e territoriale** delle aree interessate dal miglioramento delle connessioni ferroviarie, supportando direttamente l'obiettivo della politica "Un'Europa più connessa attraverso il rafforzamento della mobilità (OS 3)" ¹. Infatti, i benefici dell'opera in termini di risparmio dei tempi di viaggio e aumento del numero annuale degli utenti delle infrastrutture ferroviarie potenziate rappresentano dei driver utili a quantificare il supporto dell'opera al sopracitato obiettivo².

- **fornisce un contributo agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) dell'Agenda 2030** e nel dettaglio, i benefici attesi dalla realizzazione degli interventi contribuiscono al perseguimento dell'**Obiettivo SDGs 9 "Costruire infrastrutture resilienti, promuovere l'innovazione e un'industrializzazione equa, responsabile e sostenibile"** ed in particolare si riferiscono allo **sviluppo della qualità delle infrastrutture ferroviarie** rendendole **affidabili, sostenibili e resilienti**; dell'**Obiettivo SDGs 11 "Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili"** e dell'**Obiettivo SDGs 15 "Proteggere, ripristinare e favorire un uso sostenibile dell'ecosistema terrestre, gestire sostenibilmente le foreste, contrastare la desertificazione, arrestare e far retrocedere il degrado del terreno, e fermare la perdita di diversità biologica"**.

2 Allegato 1 (Indicatori comuni di output e di risultato per il Fondo europeo di sviluppo regionale e al Fondo di coesione): REGOLAMENTO (UE) 2021/1058 DEL PARLAMENTO

EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 24 giugno 2021 relativo al Fondo europeo di sviluppo regionale e al Fondo di coesione. I fondi europei precedentemente citati sono stanziati al fine di raggiungere gli obiettivi definiti dalla Politica di Coesione UE 2021-2027.

I benefici connessi a tale obiettivo, risultano trasversali rispetto all'Agenda 2030 e funzionali al perseguimento di altri obiettivi di sostenibilità inclusi in essa. Infatti, il miglioramento dei collegamenti ferroviari rappresenta **un'opportunità anche per supportare gli obiettivi SDGs non direttamente connessi alle infrastrutture**, in quanto l'aumento della qualità delle connessioni ferroviarie influisce, seppur indirettamente, sui **livelli di inclusività dei**

territori e sullo **sviluppo di modelli economici sostenibili** oltre ad essere configurabile come una misura volta a contrastare il fenomeno dei cambiamenti climatici. Pertanto, più in generale, il contributo degli interventi previsti sulla linea può essere ricondotto ai seguenti **Obiettivi SDGs** e relativi target (*immagine seguente*):

- **contribuisce al perseguimento degli obiettivi definiti nella “Sustainable and Smart Mobility Strategy”,** con particolare riferimento all’Iniziativa **Faro 3 – Rendere più sostenibile e sana la mobilità interurbana e urbana**, che ha come obiettivo il miglioramento della qualità dei servizi ferroviari sulle brevi distanze e l'aumento delle quote modali

rappresentate dai trasporti pubblici, dagli spostamenti a piedi e in bicicletta, come anche dalla mobilità automatizzata interconnessa e multimodale, al fine di **ridurre l'inquinamento e la congestione provocati dai trasporti**, soprattutto nelle città, e **migliorare la salute e il benessere delle persone**.



1.4. Il Progetto per uno sviluppo sostenibile del territorio

Il potenziamento e l'efficientamento delle infrastrutture ferroviarie genera benefici diretti e indiretti per il contesto in cui sono inserite, migliorando l'accessibilità, favorendo lo sviluppo integrato dei territori e promuovendo la cooperazione tra di essi.

Per evidenziare i principali benefici socio-territoriali legati al Progetto, sono stati analizzati i seguenti indicatori:



Attrattività del servizio ferroviario

La realizzazione del Progetto non si limita a preservare e valorizzare un bene monumentale storico-culturale, ma rappresenta anche un’opportunità concreta per migliorare l’esperienza di viaggio dei passeggeri. L’obiettivo principale è rendere il servizio ferroviario più competitivo e attrattivo rispetto al trasporto

privato su gomma, per incentivare un cambio modale verso soluzioni più sostenibili.

Attualmente, le condizioni del ponte San Michele non favoriscono un efficiente traffico ferroviario-stradale alternando il passaggio dei treni con viabilità stradale, con effetti negativi sui tempi di percorrenza e sull’affidabilità del servizio ferroviario e stradale. Il potenziamento della direttrice Milano-Bergamo, su cui si trova il Ponte San Michele, porta con sé due principali vantaggi:

- **Servizio ferroviario più regolare, veloce e attrattivo:** L’ammodernamento e l’implementazione dell’infrastruttura consente di migliorare la regolarità della circolazione ferroviaria. Questo rende il trasporto ferroviario più attrattivo, incentivando il passaggio dal trasporto su gomma a quello su ferro, contribuendo così all’aumento della mobilità sostenibile.
- **Riduzione della congestione stradale e miglioramento della qualità della vita:** Un

miglior servizio ferroviario porta a un cambiamento nelle abitudini di viaggio, con una minore dipendenza dall’auto privata. Questo non solo decongestiona la rete viaria, riducendo i tempi di viaggio per chi rimane sulla strada, ma genera anche benefici ambientali tangibili, contribuendo alla riduzione delle emissioni inquinanti e migliorando la qualità della vita nelle comunità locali.

Il progetto, inquadrato in una visione di lungo periodo, **favorisce una mobilità più efficiente e sostenibile, migliorando l’accessibilità e contribuendo allo sviluppo equilibrato del territorio.** In linea con gli **Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) dell’Agenda 2030**, in particolare l’**SDG 9**, che mira a sviluppare **infrastrutture di qualità, affidabili, sostenibili e resilienti**, il progetto contribuisce a creare una rete ferroviaria moderna che supporta lo sviluppo economico e il benessere umano, con particolare attenzione all’accesso equo per tutti.

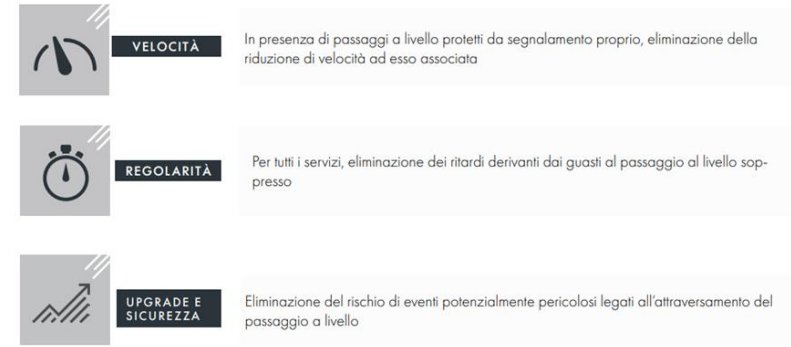


Mitigazione della frammentazione urbana

La presenza dei passaggi a livello sul territorio comporta diverse externalità negative che influenzano direttamente l’esperienza di viaggio e la qualità della vita. I passaggi a livello rappresentano, infatti, un ostacolo intermittente alla mobilità delle comunità, riducendo l’efficienza ferroviaria e rallentando i tempi di percorrenza. Ciò comporta anche un maggior aumento del volume di traffico nei territori e delle emissioni provocate dai mezzi bloccati in attesa. Inoltre, l’interazione tra la viabilità stradale e ferroviaria è una fonte di incidenti, con un rischio maggiore per gli utenti e per la sicurezza in generale.

Nell’ambito degli interventi di potenziamento infrastrutturale previsti, la soppressione dei Passaggi a Livello costituisce un passo fondamentale verso una

mobilità sempre più sostenibile, sicura ed affidabile, con i seguenti benefici attesi:



Obiettivi e benefici generali attesi da Soppressioni PL - Fonte: Piano Commerciale RFI 2024

Pertanto, è possibile affermare che il progetto, prevedendo la soppressione di molteplici passaggi a livello, **concorre a migliorare la sicurezza e l’affidabilità delle infrastrutture ferroviarie, e a ridurre potenziali incidenti nelle interferenze con le infrastrutture stradali, garantendo al contempo migliore efficienza e fluidità per tutta la rete infrastrutturale presente sul territorio.** Questo intervento si allinea con gli **Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) dell’Agenda 2030**, in particolare con l’**SDG 11**, volto a rendere **le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili, promuovendo un sistema di trasporti più sicuro, efficiente e meno inquinante.**



Variazione dell’accessibilità

Gli interventi sul sistema dei trasporti possono generare effetti positivi sia per le merci, favorendo lo sviluppo economico del territorio, sia per i passeggeri, aumentando le opportunità di spostamento e migliorando l’accessibilità. In particolare, la presenza di fermate e stazioni permette la connessione tra la rete infrastrutturale e il territorio, e di conseguenza di incrementare l’accessibilità delle comunità

interessate ai sistemi di mobilità e ai servizi di base diffusi nel territorio.

Attualmente, il territorio interessato dal progetto presenta una diffusione omogenea e capillare dei servizi di base che richiede interventi specifici per garantire alti livelli di accessibilità con modalità di trasporto sostenibili e in tempi ragionevoli. In questo contesto, il miglioramento del servizio ferroviario sulla direttrice Milano-Bergamo, su cui si trova il Ponte San Michele, comporta un incremento dell'accessibilità su più livelli:

- **Accessibilità locale:** L'ammodernamento dell'infrastruttura consente di ridurre significativamente i tempi di percorrenza e di ampliare le aree accessibili a piedi e in bicicletta intorno alle fermate, migliorando la connessione con i servizi di base e riducendo le barriere agli spostamenti, in particolare per i gruppi più vulnerabili.
- **Accessibilità regionale:** Il potenziamento dell'infrastruttura ferroviaria migliora la connettività con i principali centri urbani, migliorando l'integrazione tra le diverse aree del territorio e favorendo l'accessibilità ad un maggior numero di servizi.

In generale, dunque, concorre ad un **miglioramento significativo della capacità di collegare le comunità alle infrastrutture, ampliando il bacino di utenza e migliorando la fruibilità dei servizi**. Questo intervento si allinea con gli **Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) dell'Agenda 2030**, in particolare con l'**SDG 11** che mira a rendere **le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili, migliorando l'accessibilità e la connettività delle comunità locali**.



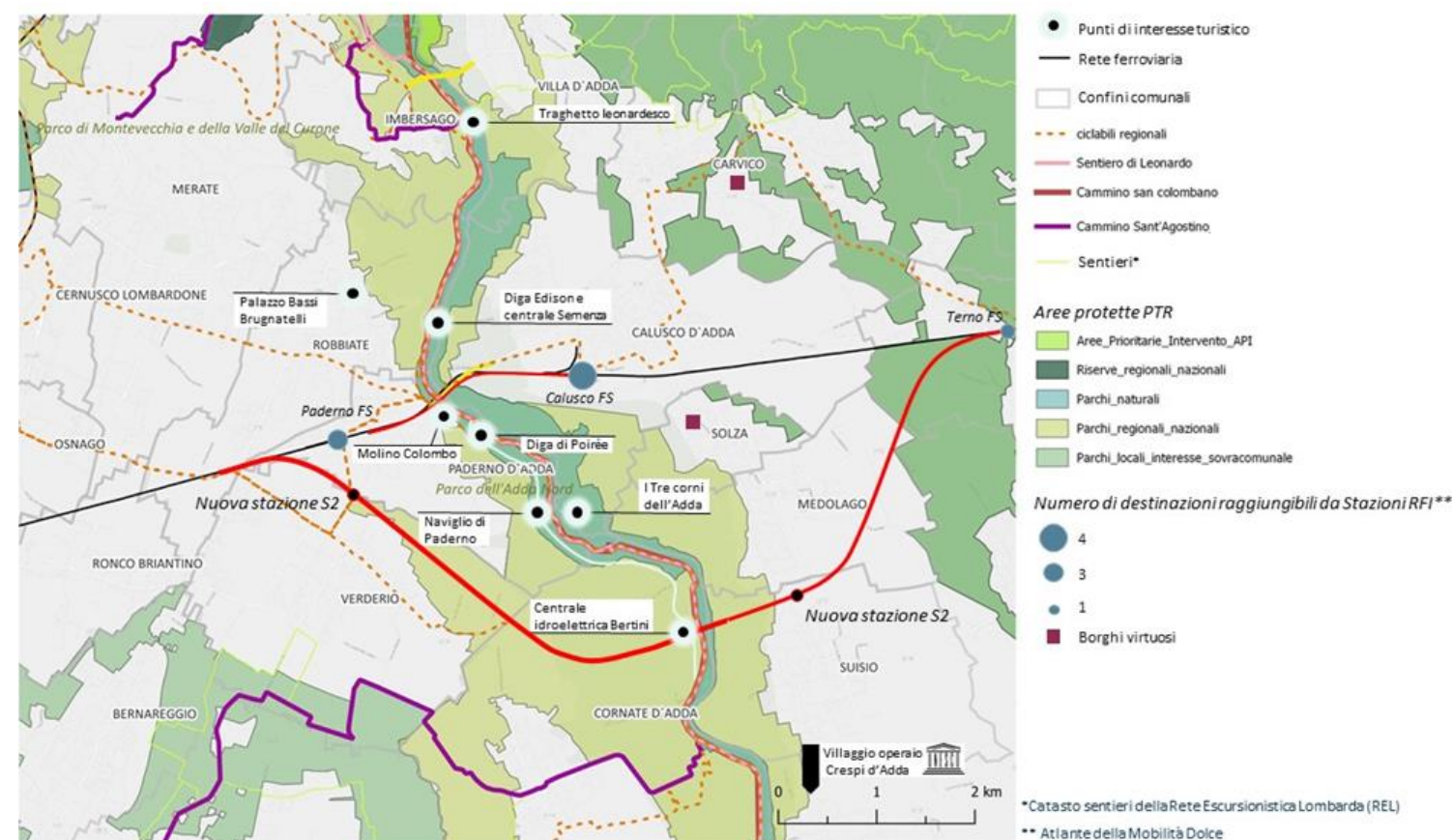
Attrattività turistica del territorio

L'accessibilità e la connettività dei siti turistici nei dintorni del Ponte San Michele rappresentano elementi fondamentali per la valorizzazione del territorio. Un miglioramento della rete ferroviaria e delle connessioni intermodali può incrementare il potenziale turistico dell'area, facilitando l'accesso ai punti di interesse storico, culturale e naturalistico. Questo si allinea con gli **Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs)** promossi dall'**Agenda 2030**, in particolare l'**SDG 8**, che mira a **promuovere il turismo sostenibile entro il 2030, creando posti di lavoro e promuovendo la cultura e i prodotti locali**.

Attualmente, i comuni lungo il tratto lecchese e bergamasco dell'Adda presentano un potenziale turistico limitato, nonostante la presenza di numerosi siti storici, culturali e paesaggistici di rilievo collegati da una rete di trasporti pubblici e percorsi ciclopeditoni. A questi si aggiunge la vasta rete di alzaie lungo il fiume del Parco Adda Nord, percorribile a piedi e in bicicletta, che consente di visitare monumenti e attrazioni, tra cui il ponte San Michele, elemento distintivo del paesaggio nonché punto di intersezione tra sentieri storici e vie di pellegrinaggio. Inoltre, la direttrice Milano-Bergamo interseca, nei pressi di Calusco d'Adda e Paderno d'Adda, interseca borghi, sentieri e ciclovie di rilevanza regionale e nazionale, oltre al Parco dell'Adda Nord.

In questo contesto, l'intervento può rafforzare ed espandere le connessioni esistenti, migliorando la qualità del servizio passeggeri sulla tratta di riferimento, e contribuire a:

- **Incrementare gli arrivi turistici** tramite la rete ferroviaria;
- **Migliorare l'accesso ai servizi turistici** grazie a una rinnovata intermodalità, come



Punti di interesse turistico, aree naturalistiche protette, cammini e ciclabili nell'area. Fonte: elaborazione GIS dati Geoportale Regione Lombardia

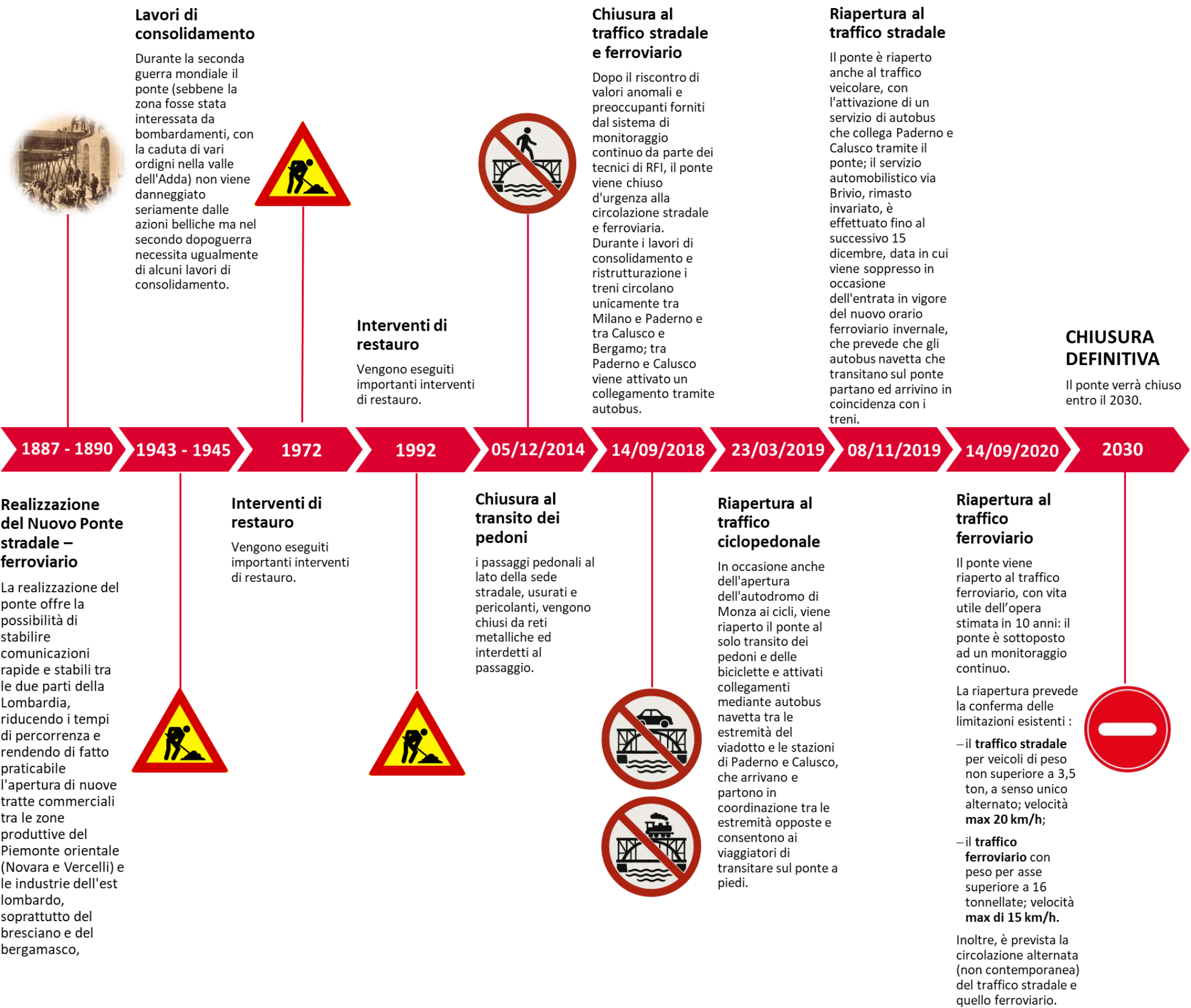
connessioni più veloci con gli aeroporti vicini;

- **Salvaguardare e riconvertire il ponte esistente** per incrementare la sicurezza dei cicloturisti.

lo sviluppo di un paradigma turistico responsabile, capace di preservare l'ambiente e supportare le economie locali.

In generale, il potenziamento del servizio ferroviario sarà fondamentale per **promuovere un turismo sostenibile, favorendo la connessione tra le diverse risorse naturali, culturali e storiche presenti nel territorio**. Una rete ferroviaria più efficiente, infatti, supporta lo sviluppo di un modello di turismo sostenibile e maggiormente integrato con le suddette reti di mobilità dolce, offrendo ai turisti la possibilità di esplorare la regione in modo accessibile e a basso impatto. Ciò contribuirà non solo a valorizzare il patrimonio naturale e culturale, ma anche a stimolare

1.5. La storia del progetto





Capitolo 2

IL PROGETTO



2. Il progetto

Il ponte San Michele rappresenta il collegamento viario e ferroviario per l'attraversamento del fiume Adda tra Calusco d'Adda e Paderno d'Adda; il ponte presenta la viabilità nella parte superiore e la ferrovia nella parte inferiore.

Allo stato attuale, la strada è a singola corsia su cui si transita a senso unico alternato, con due camminamenti pedonali laterali (di cui uno adibito anche a pista ciclabile), ed è caratterizzata da una strettoia alle estremità, realizzata con due paracarri metallici posti ai lati della carreggiata che limitano di fatto la velocità di immissione e la dimensione dei veicoli che attraversano il ponte; vige il divieto di transito a tutti i veicoli di massa complessiva superiore a 3,5 tonnellate e con larghezza superiore a 2,20 metri. Inoltre, i mezzi possono viaggiare alla velocità massima di 20 km/h e la circolazione stradale è effettuata tramite regolazione semaforica che produce code che spesso raggiungono i centri abitati.

La linea ferroviaria è a binario semplice, con scartamento ordinario di 1435 mm ed elettrificata a 3 kV in corrente continua, ed il ponte viene attraversato da treni con riduzione di velocità a 15 km/h a causa dello stato di conservazione dell'opera d'arte. L'attraversamento del ponte da parte dei treni impone la sospensione della circolazione viaria.

Nonostante i lavori di consolidamento e di ristrutturazione, si prevede la chiusura del ponte entro il 2030.

A partire dal 2020 RFI S.p.A., in collaborazione con la Regione Lombardia, le Province di Lecco e Bergamo e coinvolgendo i Comuni interessati, ha definito le prime ipotesi delle alternative di tracciato per la realizzazione di due nuovi attraversamenti del fiume Adda, uno per il traffico stradale ed uno per quello



Soluzione SUD "Scenario 0"

ferroviario, opere in sostituzione dell'esistente ponte San Michele tra Paderno d'Adda e Calusco d'Adda.

Nell'ambito dei confronti, è stata individuata la **soluzione denominata SUD** (definita di seguito "**Scenario 0**") la quale, in merito al traffico stradale, si sposa sinergicamente con la nuova strada di collegamento tra via Rivalotto e via Vittorio Emanuele mentre per il collegamento ferroviario, prevede la realizzazione di una nuova linea di tracciato generata da uno sfioro di quella esistente, per una lunghezza totale di circa 2 km a doppio binario.

Nel 2024, su incarico di RFI, ITF partendo dagli input funzionali per la realizzazione dell'opera, linea a doppio binario (incluso il raddoppio all'interno delle stazioni esistenti di Paderno d'Adda e Calusco d'Adda) e riclassificazione della tratta in D4, redige il Documento di Fattibilità delle Alternative Progettuali (DocFAP) relativo al "Nuovo ponte ferroviario Sn Michele".

In primo luogo, è stato effettuato uno studio dettagliato del contesto territoriale: è stata effettuata

un'analisi delle condizioni geomorfologiche, geologiche, idrauliche, idrogeologiche, sismiche e ambientali, individuati eventuali vincoli presenti (siti archeologici, vincoli urbanistici etc.), e parallelamente eseguita una mappatura delle infrastrutture esistenti e dei sottoservizi presenti sul territorio al fine di avere un quadro preciso dello stato dei luoghi.

Dall'analisi e dagli approfondimenti effettuati, in particolare quelli relativi alle criticità geomorfologiche riscontrate (descritti nel successivo paragrafo 2.1), è emerso che l'area lungo il canyon del fiume Adda tra Paderno d'Adda e Porto d'Adda è interessata da fenomeni di instabilità e in particolare, nel settore meridionale la valle si presenta più ampia e con morfologie irregolari rispetto all'area a nord in prossimità del Ponte San Michele. Le evidenze di deformazione «a gradinate» lungo l'orlo del terrazzo fluvio-glaciale di Calusco d'Adda, le fratture beanti, parallele alla valle, e che interessano la scarpata principale (nonché, presumibilmente le lesioni di alcuni edifici) indicherebbero che il fenomeno franoso sia attivo e in evoluzione retrogressiva.

La particolarità e l'estensione del fenomeno franoso rende:

- incerta ogni valutazione sulla reale interazione del meccanismo di instabilità con l'opera ferroviaria;
- non realizzabile ogni ipotetico intervento di stabilizzazione/mitigazione per la mancanza di ogni garanzia sulla relativa efficacia e per i relativi costi e tempi di esecuzione.

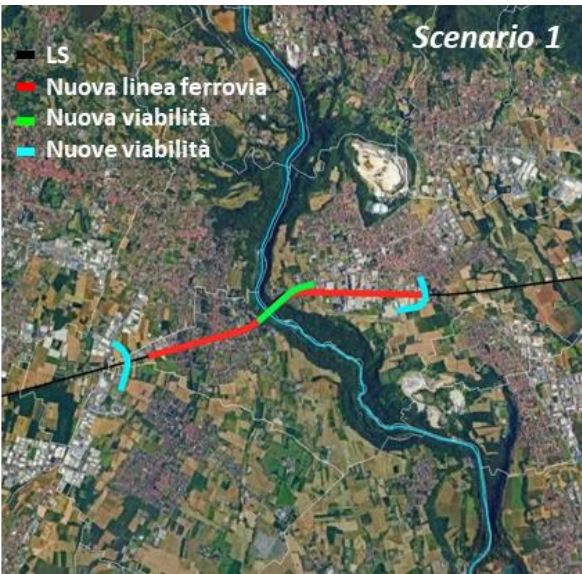
Inoltre, determinerebbe la necessità di assoggettare l'opera ferroviaria e i versanti a monitoraggio per l'intera vita di esercizio dell'infrastruttura.

Per tali motivi, non è perseguibile sviluppare un'alternativa di progetto che ricada all'interno della suddetta area.

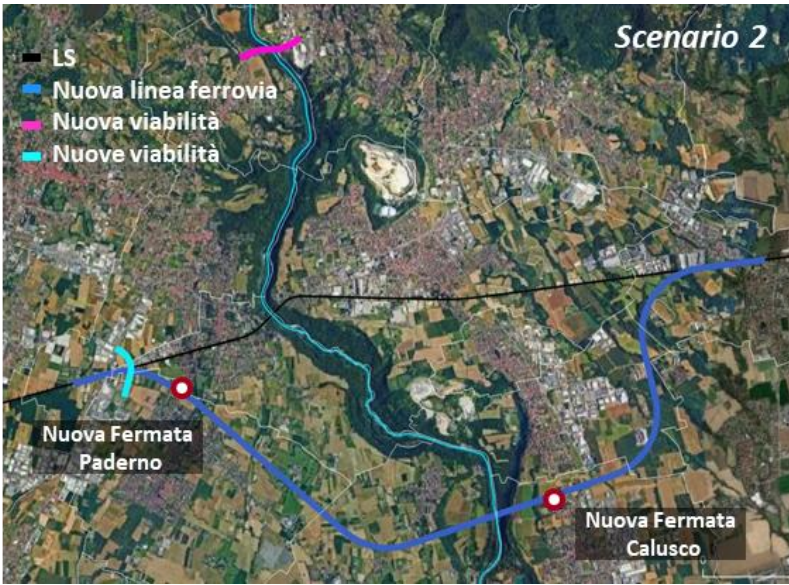
Poiché i tracciati stradale e ferroviario dello **Scenario 0** ricadono nell'area instabile descritta, questa alternativa è stata ritenuta **non percorribile**.

È stato quindi effettuato uno studio delle alternative di collegamento sia ferroviario che viario che ha mirato ad esplorare diverse soluzioni, alcune scartate per evidenti problematiche geologiche, ambientali o territoriali, mentre altre hanno permesso di individuare una serie di combinazioni possibili che hanno portato alla definizione di **n. 3 Scenari di Progetto** (descritti nel dettaglio nel par. 2.2):

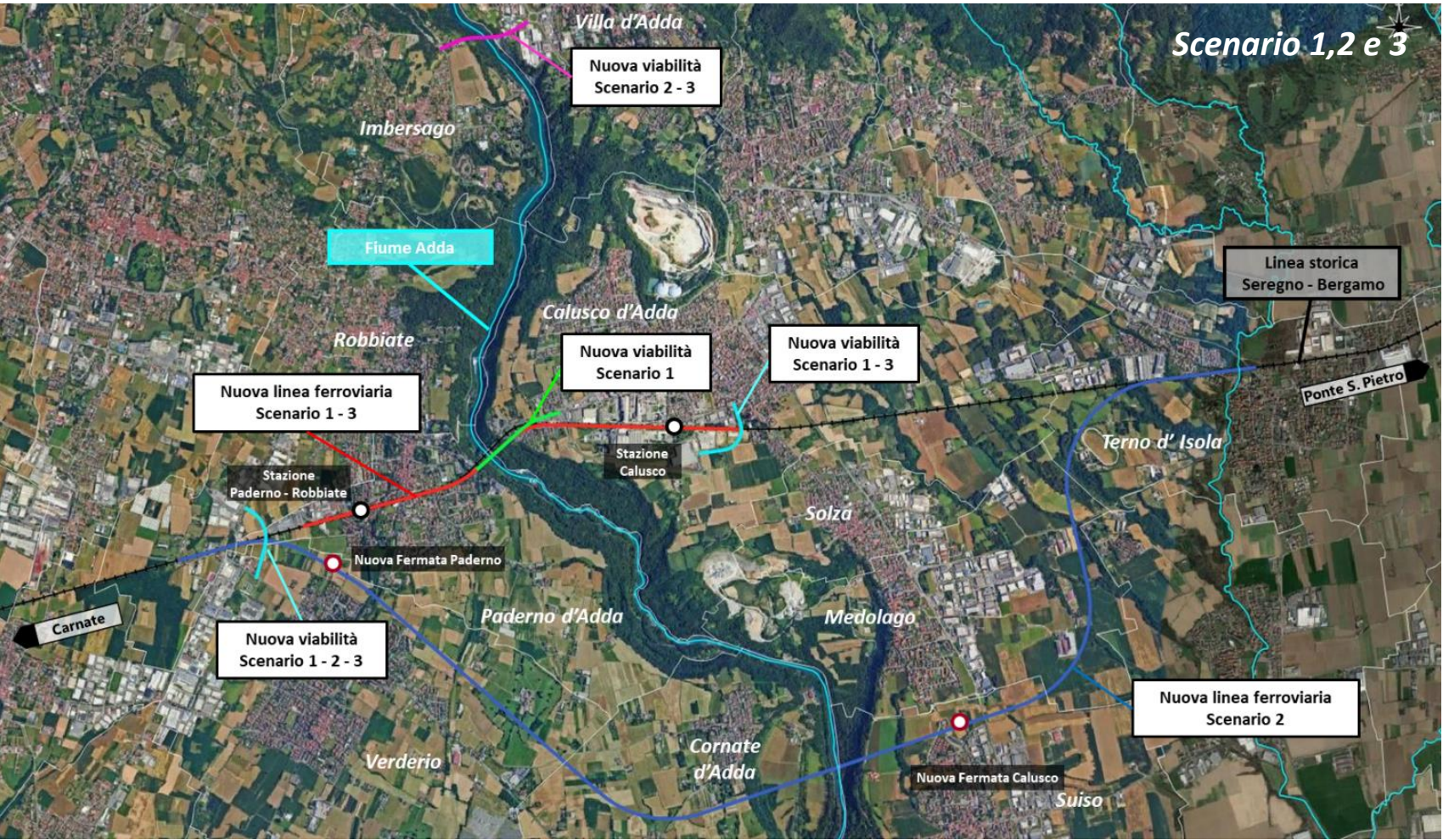
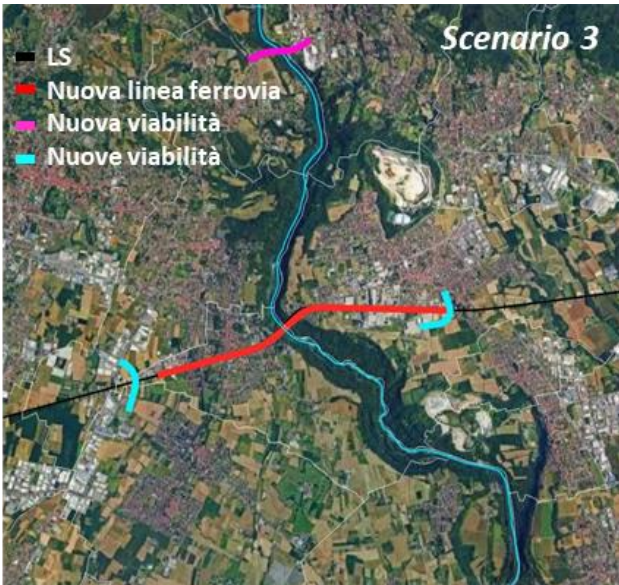
Scenario 1 - Nuovo ponte in stretto affiancamento all'esistente che ospita nella parte superiore la viabilità e nella parte inferiore la ferrovia (stessa configurazione dello stato attuale);



Scenario 2 - Ferrovia in variante con realizzazione di n.2 nuove fermate e variante stradale a Nord;



Scenario 3 - Nuovo ponte ferroviario in stretto affiancamento all'esistente (come lo scenario 1) e variante stradale a Nord (come lo scenario 2).



2.1. Focus aspetti geologici

La morfologia del paesaggio è caratterizzata da superfici tabulari incise dalle valli principali. Su queste spianate sorgono gli abitati di Paderno d'Adda e Calusco d'Adda, rispettivamente situati in riva destra e sinistra idrografica del F. Adda (Figura a destra in alto).

L'area, dal punto di vista geologico, come ampiamente illustrato nel foglio CARG n° 97 "Vimercate" e descritte nelle note illustrative del foglio stesso, è caratterizzata da un substrato profondo costituito da litotipi carbonatici riferibili a successioni pre-orogenesi meso-cenozoiche. Su queste si sono depositati depositi tardo - terziari e quaternari post - orogenetici, continentali, formati tra il Pliocene e l'Olocene. La genesi di tali depositi è legata alla presenza di vecchi ghiacciai, ormai estinti, e al conseguente trasporto di detriti che questi, ed i torrenti a loro associati, hanno avuto lungo le valli alpine.

Il modellamento del paesaggio è legato a processi di erosione principalmente connessi all'approfondimento delle incisioni fluviali ed al conseguente sviluppo di scarpate morfologiche e movimenti lenti di versante.

In particolare, diversi autori, tra gli anni '80 ed inizio anni '90, segnalavano instabilità di versante all'interno dell'area di progetto, concentrate lungo il canyon del F. Adda tra Paderno d'Adda e Porto d'Adda.

Gli approfondimenti bibliografici e di campo hanno permesso di confermare e di ricostruire un modello geologico-geomorfologico che vede l'area a sud del

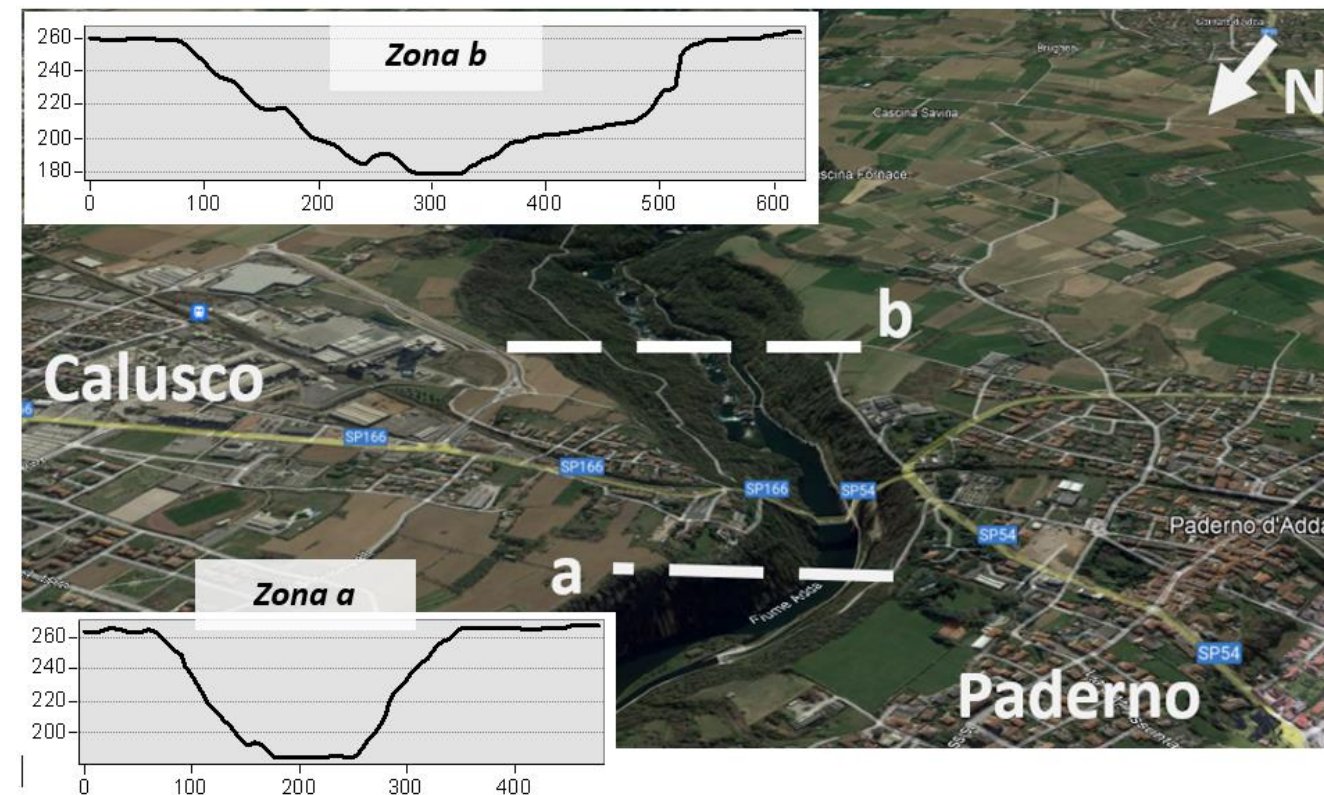
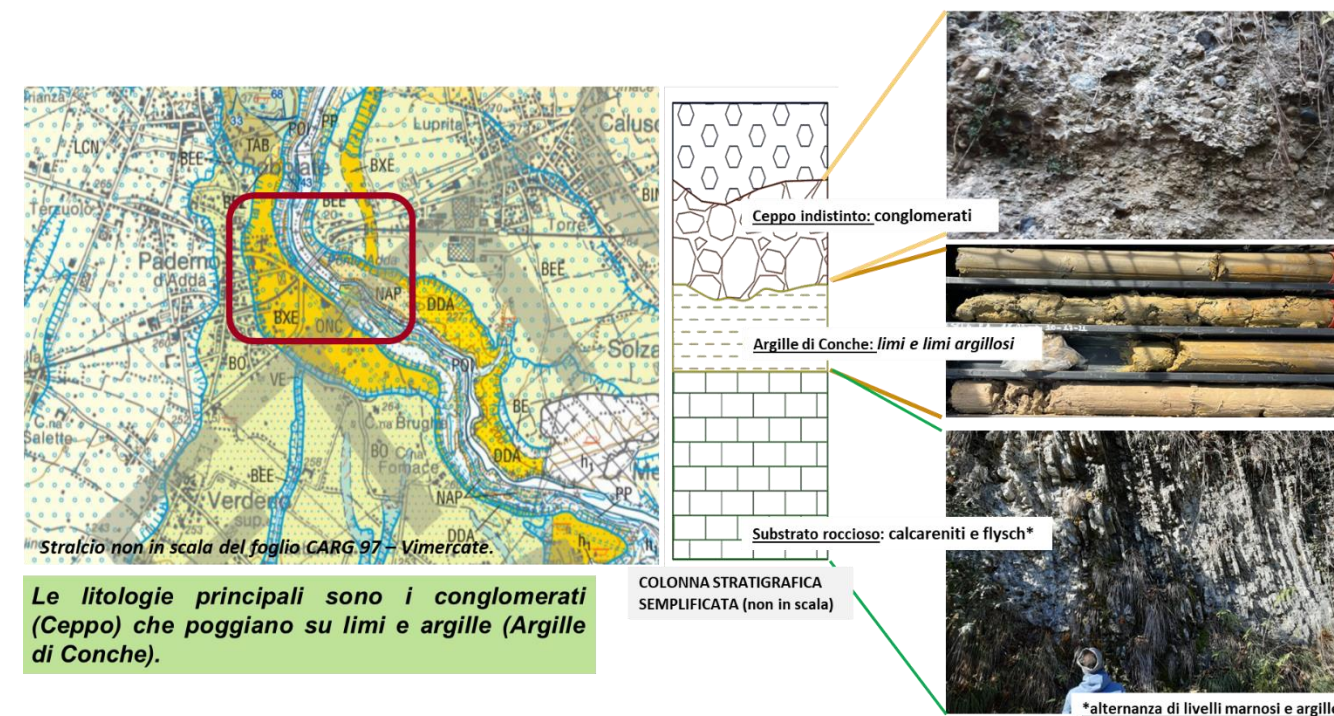


Foto aerea: morfologicamente, si può notare come la valle nell'area a nord (zona a) del ponte sia più stretta rispetto all'area a sud. Nel settore meridionale la valle si presenta più ampia e con morfologie irregolari (zona b).



Stralcio non in scala del foglio CARG 97 – Vimercate con colonna stratigrafica e riferimenti fotografici delle litologie principali riscontrate nell'area.

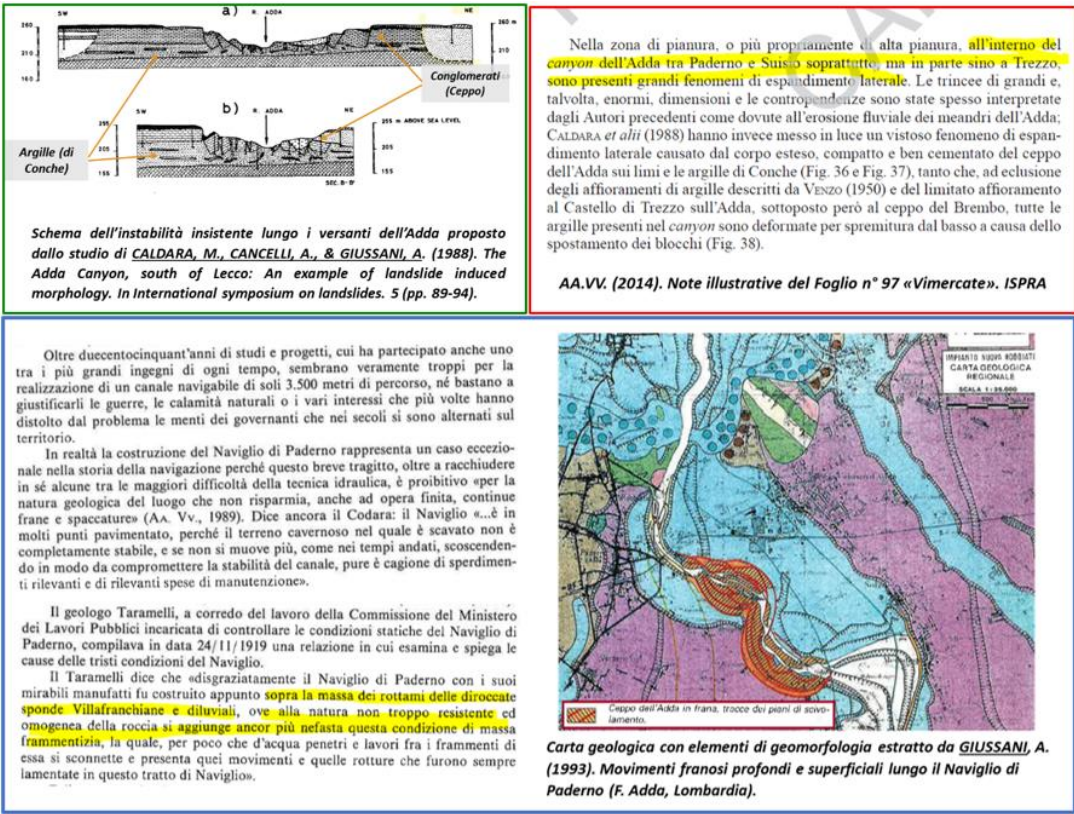
Ponte S. Michele contraddistinta da vistosi fenomeni di instabilità riconducibili ad un meccanismo di espansione laterale. I fenomeni presentano estensioni areale dell'ordine di circa 1 kmq e caratterizzati dalla presenza di trincee trattive di lunghezza fino a 500m, altezza >20m e larghezza fino a 10m che interessano entrambi i versanti della valle dell'Adda, nell'area compresa tra Calusco d'Adda-Paderno d'Adda e Porto d'Adda.

I movimenti sono probabilmente innescati dall'erosione al piede dei versanti operata dal corso d'acqua che ha esposto il contatto tra argille e conglomerato (localmente affiorante a circa 190m slm) lasciando i conglomerati liberi di scivolare sulle argille, verso valle e fino all'alveo fluviale. Nel movimento, i conglomerati, nella parte alta del versante, tendono a fratturarsi e i vari blocchi, traslando, generano trincee e pianori con direzione NNW-SSE. I blocchi conglomeratici disarticolati, nella porzione mediana e bassa del versante, tendono a ribaltarsi e ad accumularsi al piede del versante stesso nonché in alveo, obliterando gli affioramenti limoso-argillosi. Poiché il contatto argille-conglomerati è ormai esposto per centinaia di metri di lunghezza lungo la valle, il fenomeno di instabilità, che sarebbe stato inizialmente innescato dall'erosione del fiume, attualmente si muove indipendentemente dall'azione erosiva del corso d'acqua.

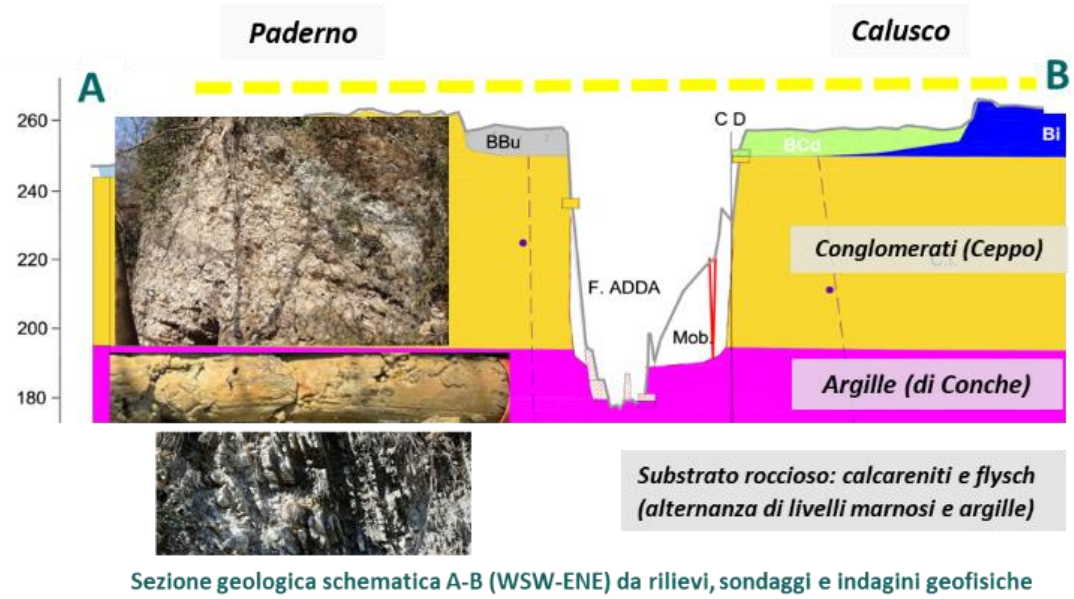
Inoltre, le evidenze di deformazione lungo orlo e scarpata del terrazzo fluvio-glaciale di Calusco d'Adda, nonché in alcuni manufatti, indicherebbero che il fenomeno stia coinvolgendo, attraverso evoluzione retrogressiva, porzioni di territorio ancora non manifestamente interessate dalle instabilità.

Alla luce della forte criticità di natura geomorfologica sopra descritta, non sono progettualmente

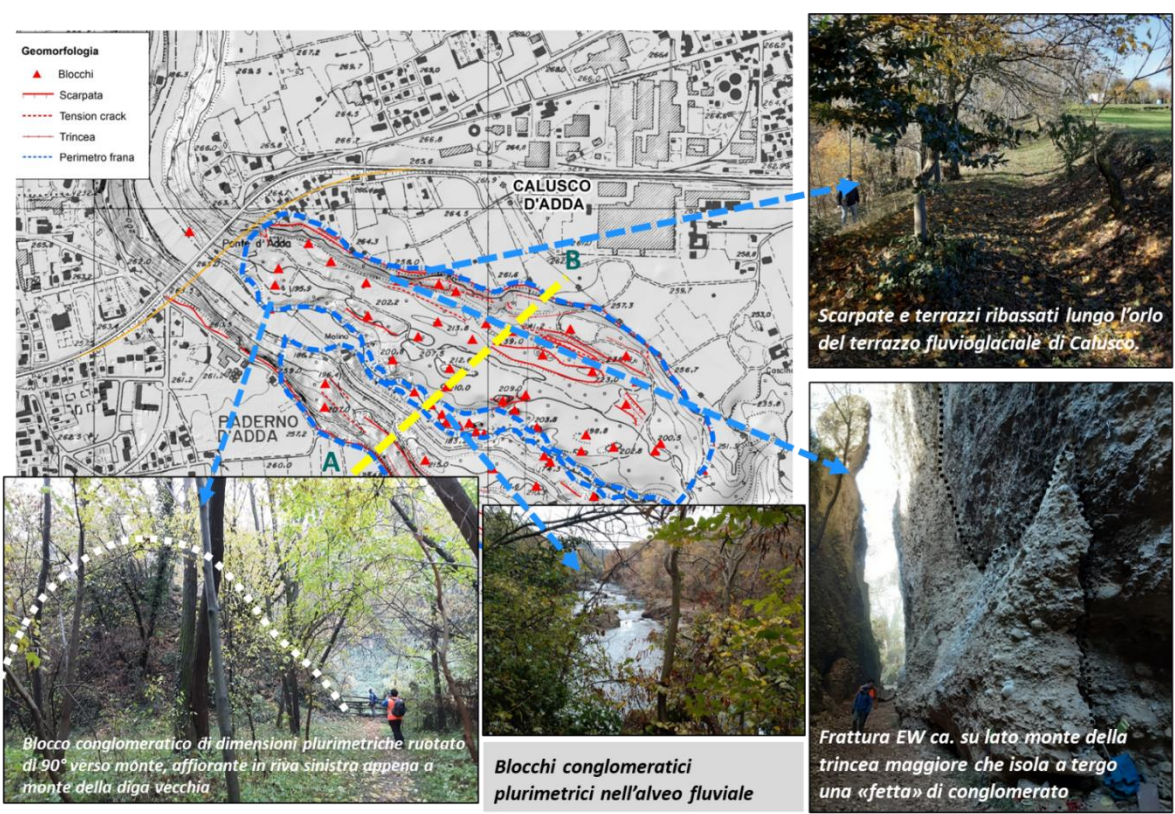
perseguibili soluzioni di tracciato ricadenti all'interno dell'area instabile, in quanto la particolarità e l'estensione dei dissesti rendono incerta ogni valutazione sulla reale interazione del meccanismo di instabilità con un'opera infrastrutturale, rendono impraticabile ogni ipotetico intervento di stabilizzazione/mitigazione per la mancanza di ogni garanzia sulla relativa efficacia e per i relativi costi e tempi di esecuzione, oltre a determinare la necessità di assoggettare l'opera ferroviaria e i versanti a continui oneri di monitoraggio per l'intera vita di esercizio dell'infrastruttura.



Documentazione bibliografica dell'area di progetto in cui vengono riportati gli schemi dell'instabilità insistente lungo i versanti dell'Adda (perimetro in verde), descrizione del fenomeno (poligono rosso) e testimonianza storiche con stralcio cartografico geologico con elementi di geomorfologia (all'interno del poligono blu).

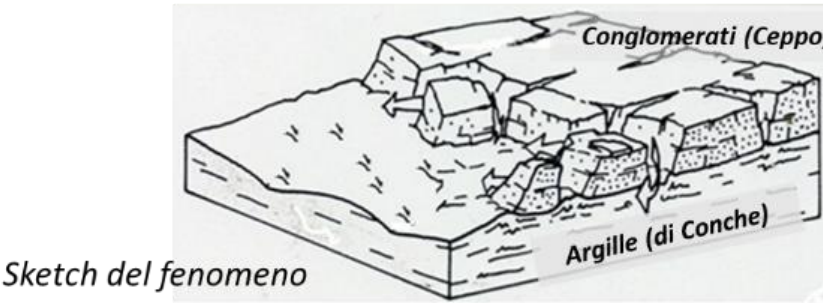


Sezione geologica riassuntiva dell'area in frana e schema del fenomeno investigato



Carta con elementi geomorfologici e relative foto

L'instabilità sulle sponde del canyon del F. Adda è spiegabile con la sovrapposizione di uno strato di rocce rigide, come i conglomerati del Ceppo, sulle argille altamente deformabili che ne rappresentano il substrato.



Sketch del fenomeno

2.2. Scenari di progetto

Attualmente il tracciato ferroviario è a singolo binario tra la stazione di Calusco d'Adda km 9+180 e la stazione di Paderno d'Adda km 11+840 con velocità orarie di percorrenza, desunte dal fascicolo orario di RFI, rispettivamente per il rango A = 80 km/h e per il rango B = 85 km/h. È presente, inoltre, un rallentamento fra Calusco d'Adda e Paderno d'Adda, con una velocità di percorrenza di 15 km/h, in corrispondenza proprio dell'attuale ponte sul fiume Adda.

Mentre il collegamento viario tra le località di Calusco d'Adda e Paderno d'Adda Robbiate in corrispondenza del ponte San Michele è a senso unico alternato con una velocità di percorrenza di 20 km/h (oltre a limitazioni di dimensioni e massa dei veicoli).

Considerato che l'attuale struttura del ponte stradale/ferroviario non è più idonea per il transito dei veicoli/treni dato lo stato vetusto dell'opera (è prevista la chiusura definitiva del ponte entro il 2030) e che per la presenza di vincoli il ponte dovrà essere mantenuto, sono state studiate delle alternative per il tracciato ferroviario e stradale.

Definito il contesto territoriale e analizzati i vincoli presenti, sono state sviluppate delle alternative di tracciato con l'obiettivo di individuare soluzioni che meglio conciliano le esigenze funzionali della linea con le caratteristiche del territorio attraversato e i vincoli ambientali limitandone al minimo gli impatti.

A seguito di uno studio approfondito, che ha coinvolto le diverse specialistiche, sono stati sviluppati tre scenari di progetto, di seguito descritti nel dettaglio.

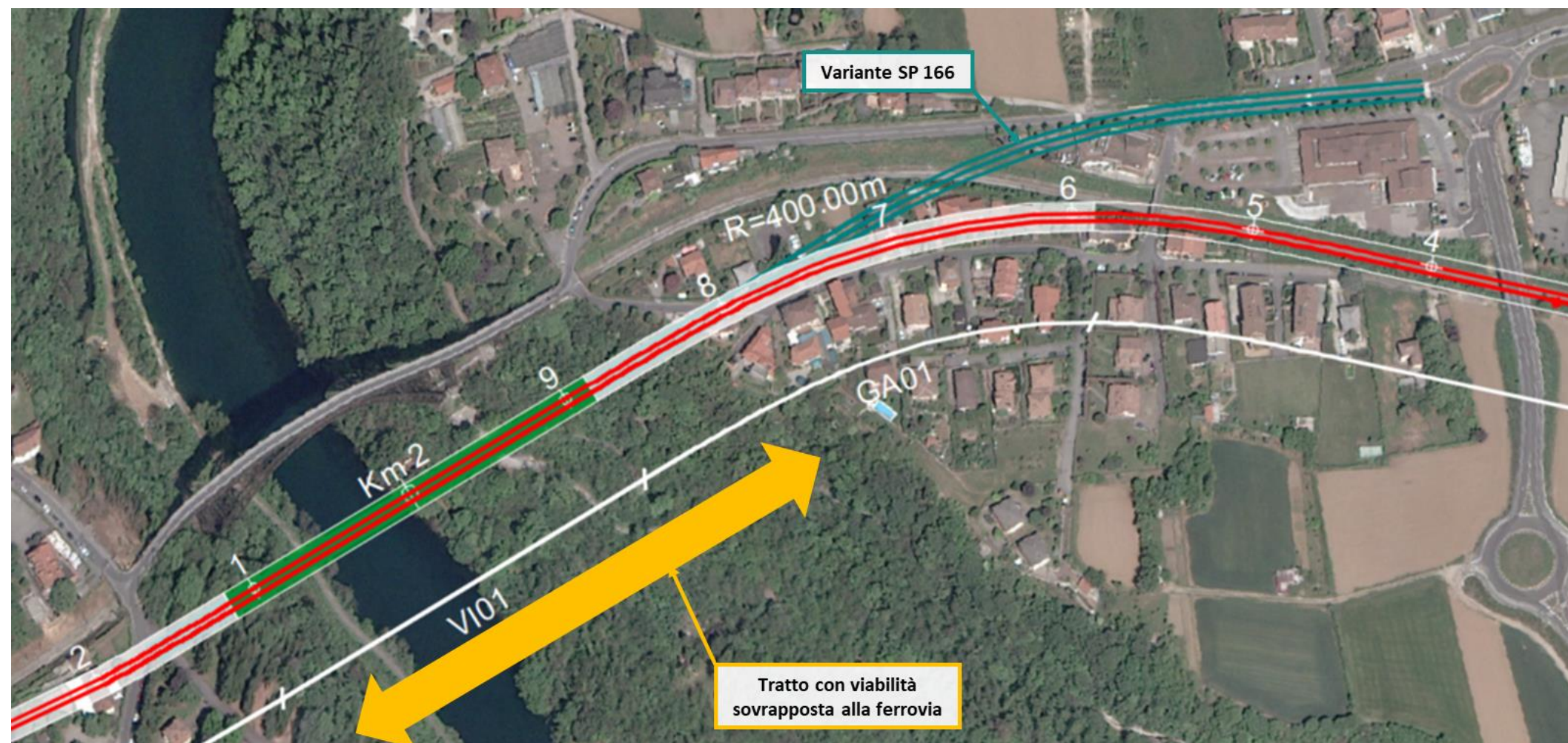
SCENARIO 1

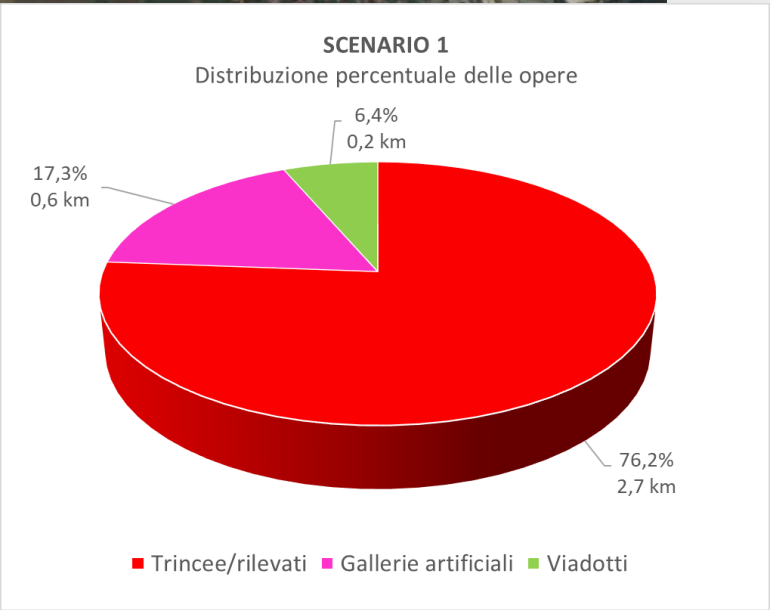
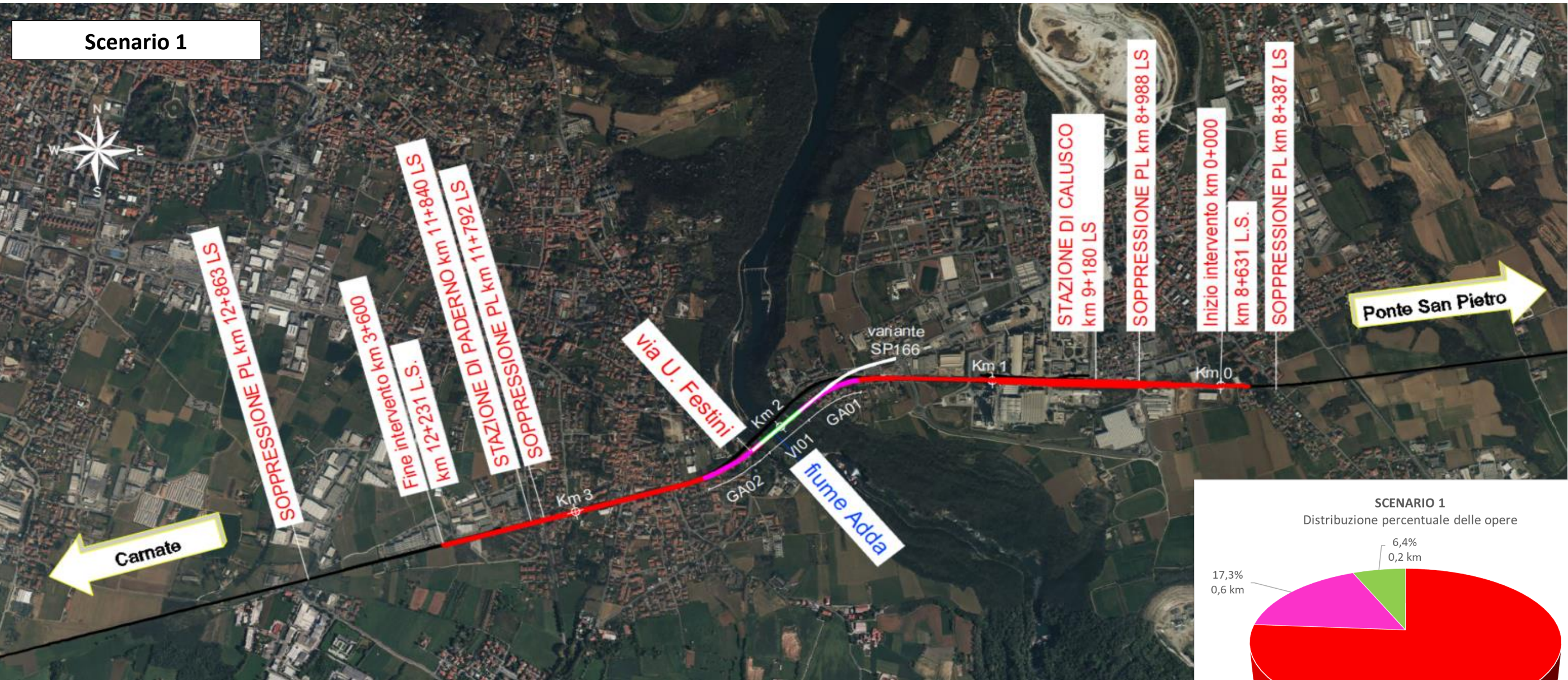
Lo scenario 1 prevede la realizzazione di un'unica opera di scavalco del Fiume Adda in affiancamento a quello esistente (lato sud) che ospita la viabilità alla quota superiore e la ferrovia a quella inferiore (stessa configurazione dello stato attuale).

Tracciato ferroviario

Il tracciato ferroviario ha uno sviluppo complessivo di circa 3,6 km e attraversa i comuni di Calusco d'Adda e Paderno d'Adda; è a doppio binario con interasse pari a 4m e con contestuale raddoppio del binario dalla stazione di Paderno d'Adda (incluso) alla stazione di Calusco d'Adda (incluso) e una velocità di tracciato VT = 80 km/h; è di tipo convenzionale a traffico misto con la possibilità di istituire la velocità di rango C.

Al fine di impattare il meno possibile sull'esistente, per la viabilità si è scelto di mantenere l'attuale quota lato Paderno d'Adda, dove viene ripristinato il collegamento con via U. Festini, e di andare a ricollegarsi alla SP166, lato Calusco d'Adda, appena possibile. La ferrovia, nei tratti in corrispondenza del nuovo tracciato stradale, è stata posizionata a - 10 m (delta quota piano strada - piano ferro) in coerenza con la tipologia di struttura prevista per l'opera di scavalco dell'Adda.





Il tracciato ferroviario inizia a circa 550m dalla stazione esistente di Calusco d'Adda e per i primi 1500 m si sviluppa sull'attuale sedime ferroviario.

In corrispondenza della stazione di Calusco d'Adda RFI ha in previsione un progetto di riqualificazione che consiste in un intervento sui marciapiedi di stazione e sulla connessione degli stessi, andando a migliorarne gli standard qualitativi sia in termini di fruizione agevolata da parte del viaggiatore che di sicurezza percepita. Il progetto prevede di:

1. allungare e adeguare l'altezza attuale del marciapiede posto a ridosso della stazione, fino ai 55 cm di altezza prescritti dalle specifiche tecniche per l'interoperabilità e l'accessibilità del sistema ferroviario dell'Unione Europea;
2. demolire la banchina d'intermezzo, ed eliminare l'attraversamento a raso dei binari;
3. allungare, ampliare e adeguare l'altezza attuale del marciapiede a servizio dell'attuale binario III fino ai 55 cm di altezza prescritti dalle specifiche tecniche per l'interoperabilità e l'accessibilità del sistema ferroviario dell'Unione Europea;
4. realizzare un nuovo sottopasso (completo di impianti di sollevamento per garantire l'accessibilità all'utenza ampliata) di collegamento tra i marciapiedi rinnovati;
5. realizzare due pensiline in corrispondenza degli sbarchi del sottopasso, a completa copertura della scala e del vano ascensore.

L'intervento oggetto del DocFAP oltre a tenere conto dal punto di vista planimetrico del progetto di RFI di riqualificazione della stazione di Calusco d'Adda, prevede il raddoppio dei binari e la realizzazione di binari di precedenza di modulo 750 m (quest'ultimo solo per il binario I) per il ricevimento di treni merci, dato che tale intervento rientra in una prima fase di potenziamento della direttrice che da Seregno/Monza

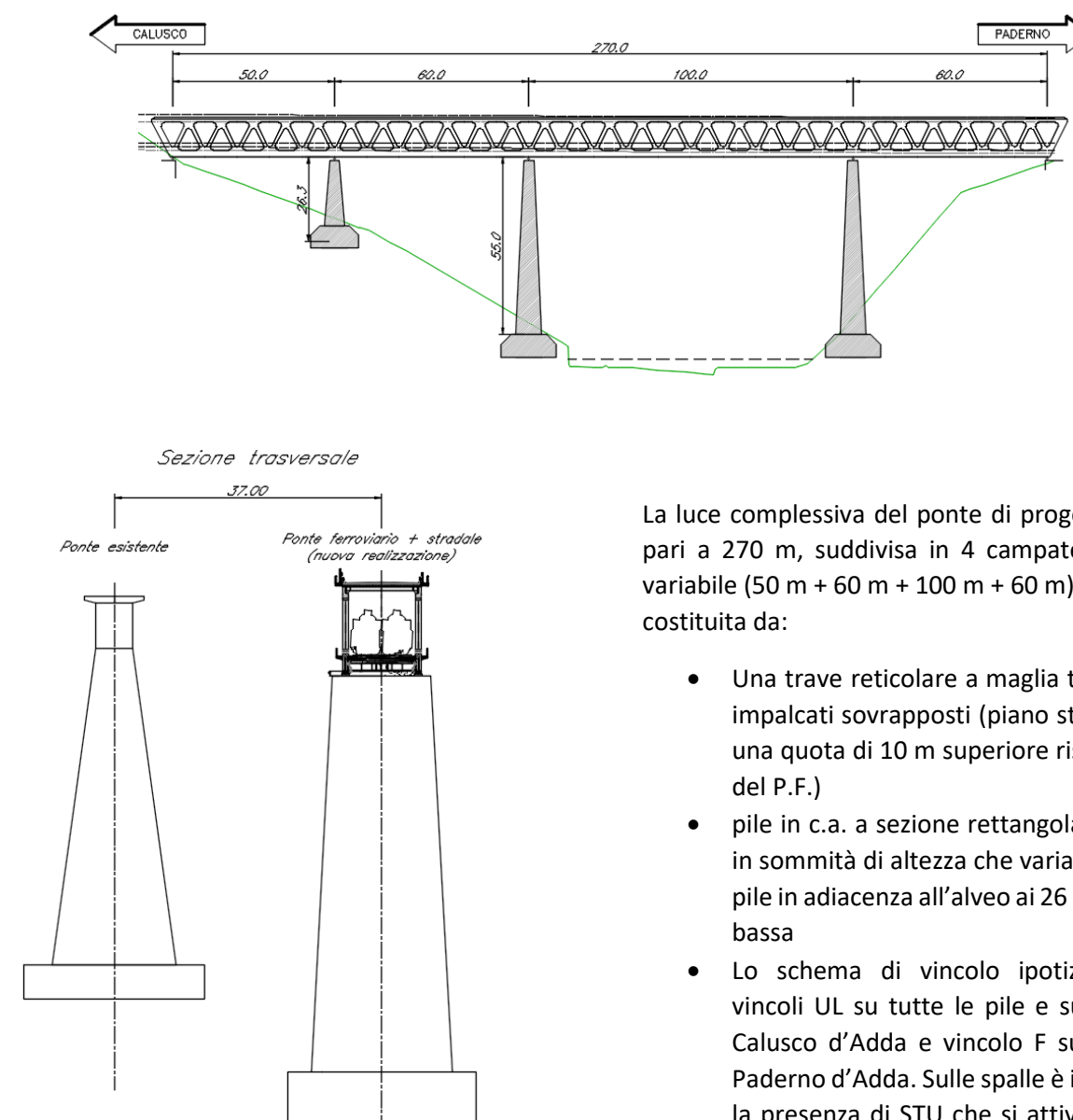
va a Bergamo, con riflessi sia sulla programmazione del traffico regionale che in un futuro sviluppo del traffico merci.

Superata la stazione, a partire dal km 0+900 circa il tracciato inizia a scendere con una pendenza del 11% per raggiungere la corretta quota di progetto in corrispondenza dell'attraversamento sull'Adda (quota pf = - 10 m da quota piano strada).

Dal km 1+500 circa il tracciato curva in sinistra affiancandosi al Ponte esistente ad un'opportuna distanza (37 m circa). Nel tratto di approccio al ponte la ferrovia è in galleria artificiale (circa 300 m) in modo da poter ospitare in superficie la variante della SP166, che deve essere collegata alla nuova opera di attraversamento del fiume Adda che sviluppa 230 m circa. In quest'ultimo tratto (tra pk 1+500 e pk 1+800 circa), il territorio compreso tra la l'attuale sede ferroviaria e via del Monastero dei Verghi risulta fortemente impattato non solo per il nuovo tracciato ferroviario ma anche perché è prevista in quest'area la variante della SP166.

Attraversato il fiume Adda, il tracciato sottopassa via U. Festini in galleria artificiale (circa 300 m) curva in destra e poi esce allo scoperto per poi richiudersi sull'attuale sedime e quindi sovrapporsi ai due binari esistenti nella Stazione di Paderno d'Adda. In corrispondenza di quest'ultima, l'intervento oltre a tenere conto del progetto di riqualificazione previsto da RFI, di adeguamento ed innalzamento dei marciapiedi e realizzazione di un sottopasso ferroviario per l'accesso protetto al secondo binario, prevede l'ampliamento per la realizzazione del doppio binario.

Si riportano nel seguito informazioni relative all'opera di attraversamento del fiume Adda mista ferroviaria - stradale prevista per tale alternativa di tracciato:



La luce complessiva del ponte di progetto è prevista pari a 270 m, suddivisa in 4 campate di lunghezza variabile (50 m + 60 m + 100 m + 60 m). La struttura è costituita da:

- Una trave reticolare a maglia triangolare con impalcati sovrapposti (piano stradale posto a una quota di 10 m superiore rispetto a quella del P.F.)
- pile in c.a. a sezione rettangolare rastremate in sommità di altezza che varia dai 55 m delle pile in adiacenza all'alveo ai 26 m della pila più bassa
- Lo schema di vincolo ipotizzato prevede vincoli UL su tutte le pile e sulla spalla lato Calusco d'Adda e vincolo F sulla spalla lato Paderno d'Adda. Sulle spalle è inoltre prevista la presenza di STU che si attivano in caso di eventi sismici e permettono una migliore ripartizione delle forze longitudinali.
- fondazioni dirette poggianti sulle formazioni litoidi di base con consolidamenti corticali.

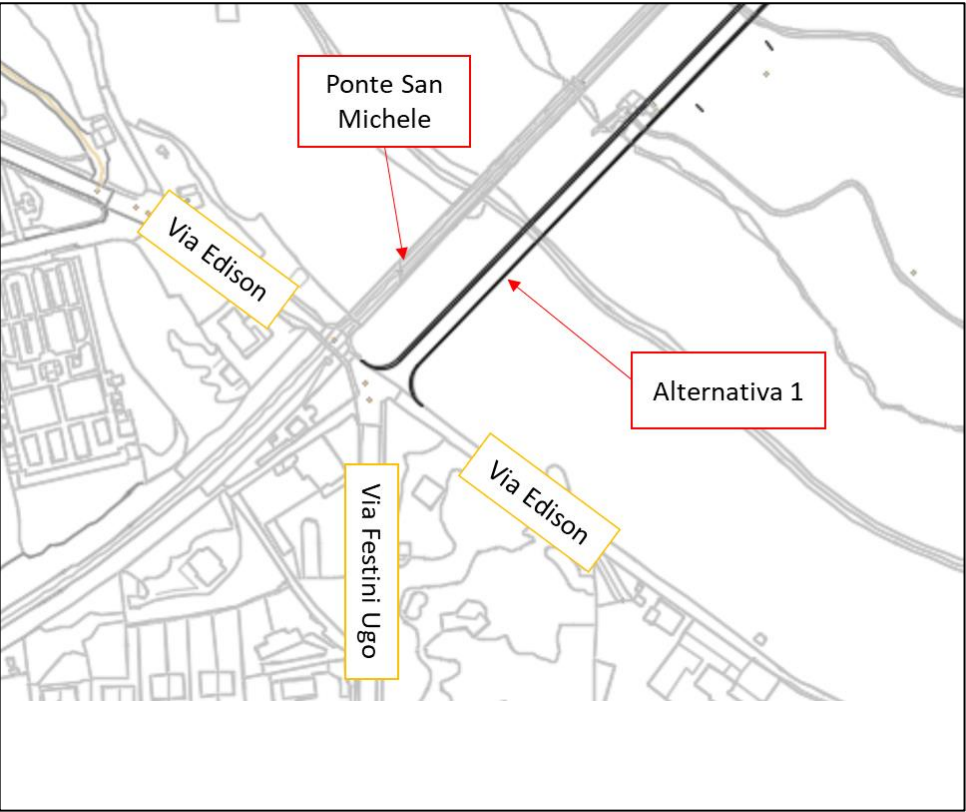
Viabilità interferite

Relativamente al collegamento viario tra Calusco d’Adda e Paderno d’Adda, si prevede una soluzione di scavalco del fiume Adda mista ferroviario e stradale. La soluzione è stata individuata poco più a sud dell’attuale ponte misto esistente e prevede la realizzazione di una viabilità di categoria F-extraurbana con marciapiedi con corsie da 3,50 m che permettono la circolazione di tutte le tipologie di mezzi definiti dal paragrafo 3.4.2 del D.M. 5/11/2001. La viabilità parte dall’attuale intersezione già presente a Calusco d’Adda per poi deviare verso Sud ed effettuare lo scavalco. Nella parte finale si attesta su via Edison su cui sarà ripristinata l’intersezione esistente.

La viabilità consente il passaggio dei mezzi pesanti con doppio senso di marcia, eliminando l’attuale limite al transito rispetto al peso (3.5 t) e alla larghezza (2.30 m).

Di seguito viene riportato l’elenco delle viabilità interferite, facendo riferimento alle progressive dell’intervento ferroviario.

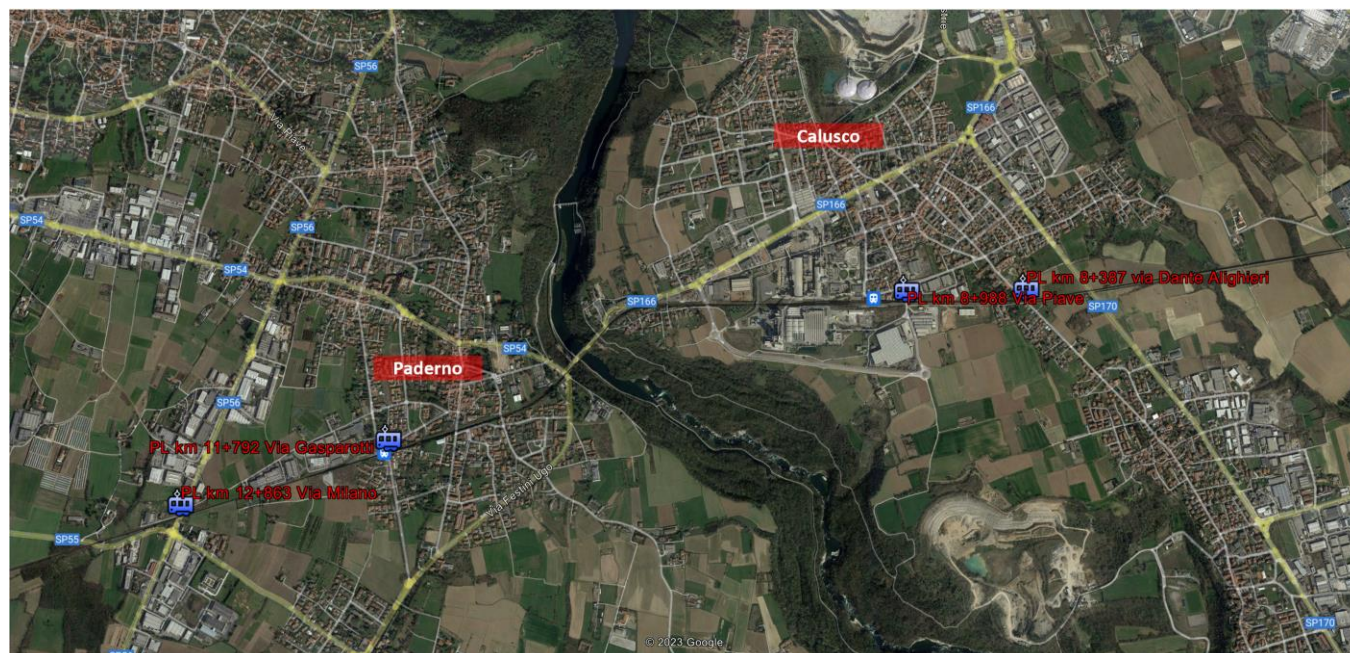
La totalità delle interferenze si colloca in corrispondenza delle attuali opere di scavalco, le quali dovranno essere adeguate al binario di raddoppio. Da prime indagini, le quali dovranno essere approfondite durante le successive fasi progettuali, emerge che le opere potranno essere adeguate senza alterare il profilo altimetrico del piano stradale a meno di Via Marconi e della rispettiva passerella pedonale, per le quali si prevede un innalzamento del piano stradale di circa 50cm.



N° Interferenza	PK	Linea ferroviaria	Viabilità	Tipo di Interferenza
1	1+102	Bergamo Seregno	CVF Viabilità privata Italcementi	Demolizione e rifacimento dell’opera da adeguare al raddoppio ferroviario, senza alterare il profilo altimetrico della viabilità
2	1+352	Bergamo Seregno	CVF Via Vittorio Emanuele	Demolizione e rifacimento dell’opera da adeguare al raddoppio ferroviario, senza alterare il profilo altimetrico della viabilità
3	1+554	Bergamo Seregno	CVF Via Monastero dei Verghi	Demolizione e rifacimento dell’opera da adeguare al raddoppio ferroviario, senza alterare il profilo altimetrico della viabilità
4	1+814	Bergamo Seregno	Via Monastero dei Verghi	Nessuna interferenza, la ferrovia è in galleria
5	2+156	Bergamo Seregno	Via T. Edison	Nessuna interferenza, la ferrovia è in galleria
6	2+177	Bergamo Seregno	SP54 Via Festini Ugo	Nessuna interferenza, la ferrovia passa è in galleria
7	2+556	Bergamo Seregno	CVF Via Marconi	Adeguamento altimetrico della viabilità e demolizione e rifacimento dell’opera civile di scavalco della ferrovia e dell’attraversamento pedonale
8	2+790	Bergamo Seregno	CVF via L. Da Vinci	Demolizione e rifacimento dell’opera da adeguare al raddoppio ferroviario, senza alterare il profilo altimetrico della viabilità

Nel tratto interessato dall'intervento sono presenti 4 Passaggi a Livello (PL) per i quali si prevede la soppressione:

1. PL pk 8+327 Via Dante Alighieri;
2. PL pk 8+988 Via Piave;
3. PL pk 11+792 Via Gasparotti;
4. PL pk 12+863 SP56 Via Milano.



Per i **primi due passaggi a livello**, situati nel comune di Calusco d'Adda, si propone un'unica opera sostitutiva. Per nessuna delle due viabilità sarà possibile adeguare in sede il tracciato plano-altimetrico, tramite la realizzazione di un sottovia o un cavalferrovia in asse alle attuali viabilità, a causa delle numerose proprietà private con accesso sulle viabilità in esame a ridosso del passaggio a livello. L'opera sostitutiva proposta è un cavalferrovia che collega Via Trieste con Via Rivalotto, compatibile altimetricamente con la sede attuale della ferrovia.

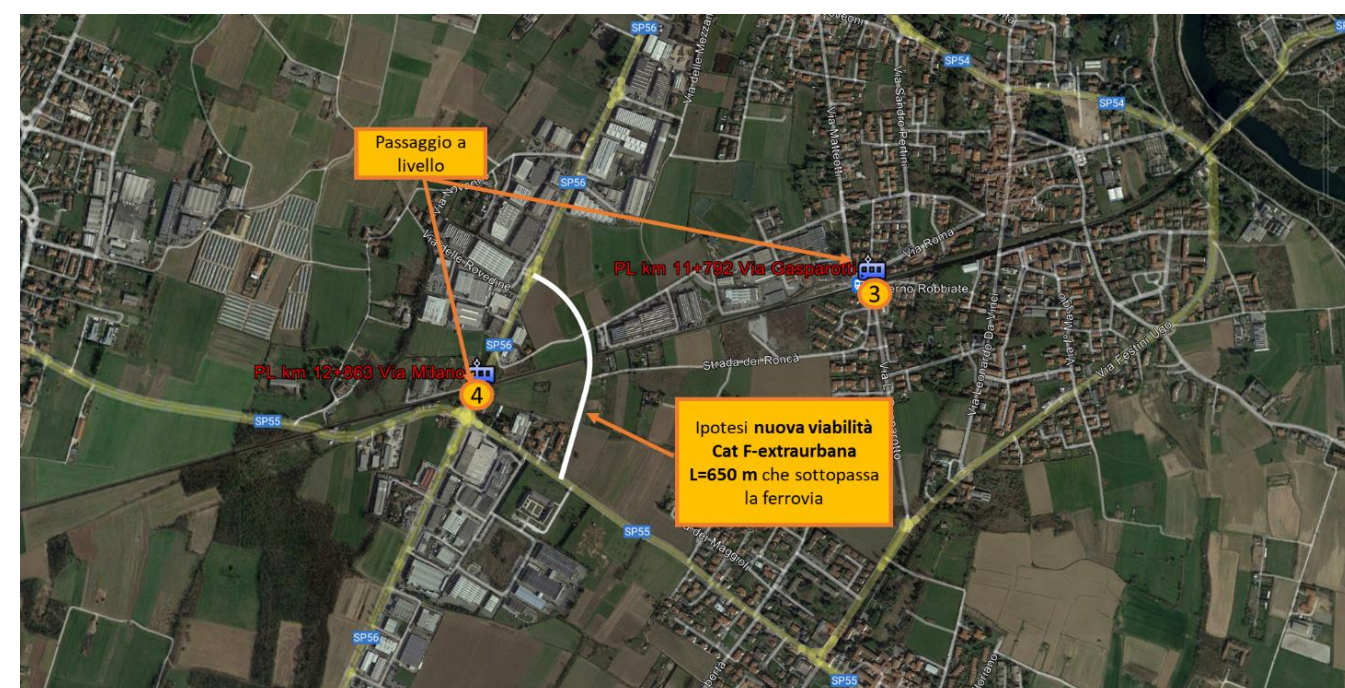
L'intervento, di lunghezza di circa 650 metri, parte da Via Trieste e scavalca l'infrastruttura ferroviaria per poi immettersi Via Rivalotto. Si fa presente che il corridoio proposto è compatibile anche con un sottopasso, nelle successive fasi progettuali verrà valutata la compatibilità idraulica e adottata la soluzione con minor impatto sul territorio.

La soppressione di tali passaggi a livello, senza prevedere un altro intervento stradale nelle immediate vicinanze, comporterebbe l'allungamento del percorso nel passaggio nord sud della ferrovia rispettivamente di circa 4 chilometri e 3,5 chilometri. Tali percorsi permettono la circolazione di tutte le tipologie di mezzi.

Per i passaggi a livello situati nel comune di Paderno d'Adda, si propone un'unica opera sostitutiva. Anche per le due Soppressioni dei passaggi a livello a Paderno d'Adda, per nessuna delle due viabilità sarà possibile adeguare in sede il tracciato plano-altimetrico a causa delle numerose proprietà private con accesso sulle viabilità in esame a ridosso del passaggio a livello. L'opera sostitutiva proposta è un sottovia che collega SP56 Via Milano con SP55, compatibile altimetricamente con la sede attuale della ferrovia e la sede della ferrovia di progetto nello scenario 2.



La soppressione di tali passaggi a livello, senza prevedere un altro intervento stradale nelle immediate vicinanze, comporterebbe l'allungamento del percorso nel passaggio nord sud della ferrovia rispettivamente di circa 4 chilometri e 5,7 chilometri. Tali percorsi permettono la circolazione di tutte le tipologie di mezzi.



Cantierizzazione

La realizzazione delle opere previste in tale scenario necessita dell'installazione di una serie di aree di cantiere lungo il tracciato della nuova linea ferroviaria/stradale, che di norma vengono selezionate sulla base delle seguenti esigenze principali:

- ✚ disponibilità di aree libere in prossimità delle opere da realizzare;
- ✚ lontananza da ricettori critici e da aree densamente abitate;
- ✚ facile collegamento con la viabilità esistente, in particolare con quella principale (strada statale ed autostrada);
- ✚ minimizzazione del consumo di territorio;
- ✚ minimizzazione dell'impatto sull'ambiente naturale ed antropico.
- ✚ Interferire il meno possibile con il patrimonio culturale esistente

Per quanto indicato in premessa, la realizzazione delle opere previste (Nuovo tracciato ferroviario e stradale "in stretto affiancamento" all'attuale) richiede un numero di aree di cantiere composte indicativamente da:

- ✚ un campo base;
- ✚ due cantieri operativi;
- ✚ una serie di Aree tecniche in prossimità delle opere maggiori (ponti e gallerie);
- ✚ una serie di Aree di stoccaggio, la cui dimensione e numero sarà funzione dei movimenti terra previsti e della disponibilità sul territorio;

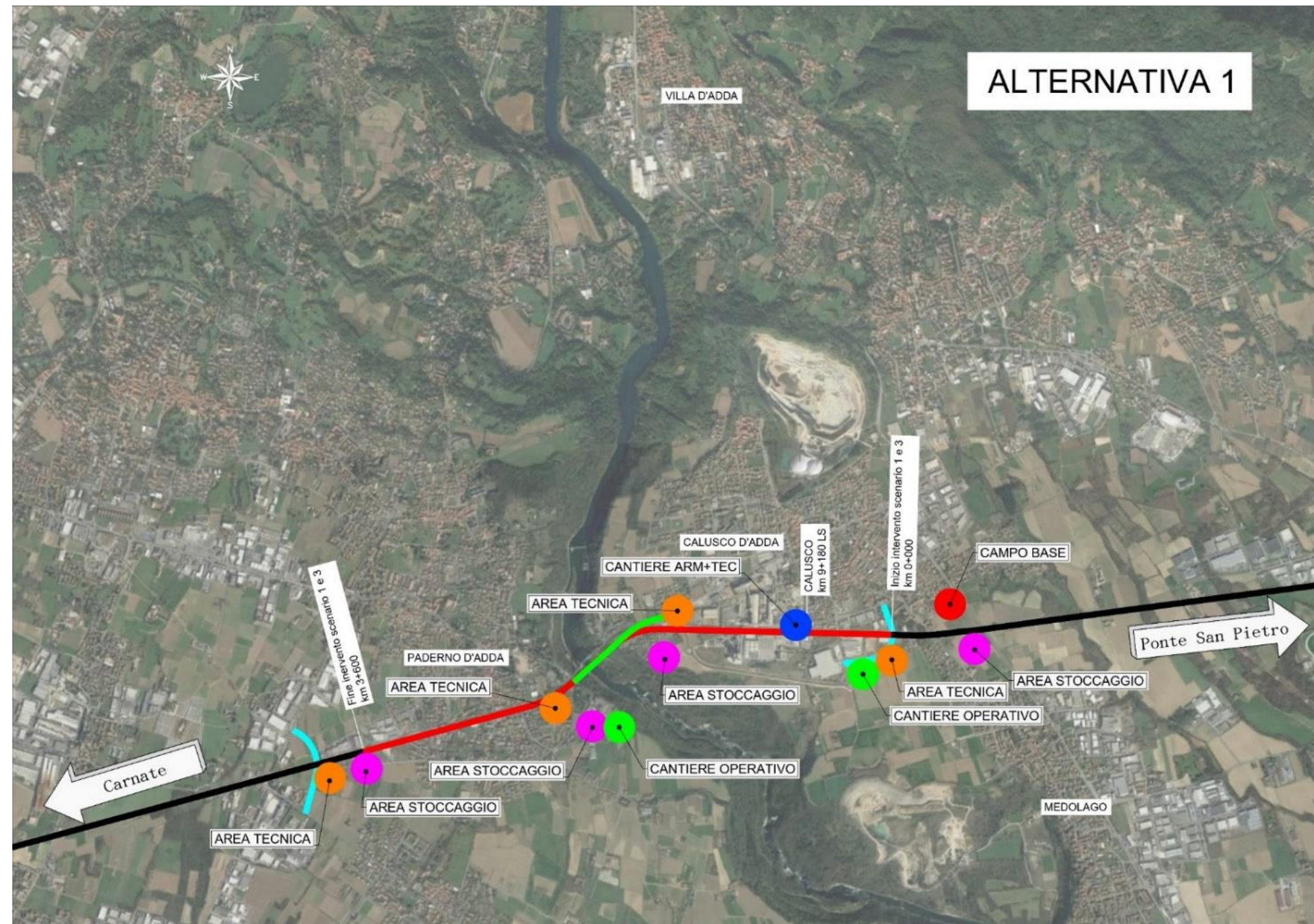
Corografia di inquadramento delle aree di cantiere

- **Cantiere Base:** è a supporto della logistica e contiene gli uffici, i laboratori, l'infermeria, la mensa e i dormitori per le maestranze.
- **Cantiere Arm/Tecnologie:** contengono i mezzi d'opera di tipo ferroviario e fungono da deposito per i materiali per l'attrezzaggio ferroviario.

● **Cantieri Operativi:** contengono gli impianti fissi e mobili, le attrezzature/mezzi a supporto delle lavorazioni.

● **Aree di stoccaggio:** sono impiegate per lo stoccaggio provvisorio delle terre di scavo e dei materiali e generalmente non contengono impianti fissi.

● **Aree Tecniche:** sono a supporto per la realizzazione delle opere d'arte maggiori, contengono impianti ed i materiali necessari per la realizzazione dell'opera.



SCENARIO 2

Nello scenario 2, entrambi i tracciati, sia quello ferroviario che stradale, attraversano il fiume Adda in variante rispetto allo stato attuale e rispettivamente a 3.5 km a sud e a nord del ponte esistente.

Tracciato ferroviario

Nello scenario 2 il tracciato ferroviario scavalca in viadotto il fiume Adda a circa 3.5 km a sud rispetto all'attuale posizione del ponte S. Michele

Il tracciato ferroviario ha uno sviluppo complessivo di circa 11,4 km, velocità di percorrenza per rango A 115 km/h, per rango B 120 km/h e per rango C 130 km/h e attraversa i comuni di Terno d'Isola, Medolago, Suiso, Carnate d'Adda, Verderio, Paderno d'Adda e Robbiate; è a doppio binario con interasse pari a 4m, di tipo convenzionale a traffico misto con la possibilità di istituire la velocità di rango C.

Il nuovo tracciato ha inizio a circa 500 m dalla stazione di Terno nel comune di Terno d'Isola e per i primi 600 m ricalca il sedime della linea storica per poi procedere in variante spostandosi verso sud, avvicinandosi all'Adda ed evitando completamente la zona in frana. Al fine di minimizzare gli impatti sul territorio il tracciato, per circa 1.6 Km, attraversa un'area sostanzialmente libera localizzata tra gli abitati di Medolago e Suisio. Questa posizione e la vicinanza alla SP170, che si configura come una viabilità principale della zona, ha suggerito l'opportunità di poter localizzare qui una nuova fermata che viene a trovarsi a circa 3 Km dal centro di Calusco d'Adda.

La nuova linea ferroviaria dopo aver attraversato in viadotto (L = 780m) la SP163 e un bacino idrografico, procede allo scoperto con una curva in destra prendendo quota per poter scavalcare in viadotto (L = 433 m) nel comune di Suiso la SP170: in

corrispondenza di quest'ultimo tratto viene realizzata la nuova fermata di Calusco d'Adda (km 3+971).

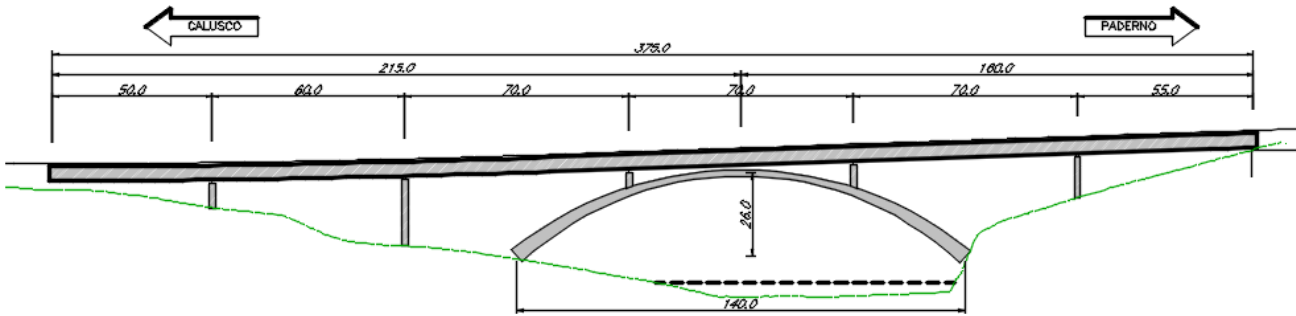
Il tracciato procede in rettilineo allo scoperto, e dopo un breve tratto in trincea/rilevato attraversa il fiume Adda in viadotto (L = 990 m) entrando nel comune di Cornate d'Adda: continua allo scoperto in rilevato per circa 3.6 km nel comune di Verderio parallelamente alla SP55, e scavalcata in viadotto (L = 380 m) la viabilità di via U. Festini prosegue in rilevato. In quest'ultimo tratto viene realizzata la nuova fermata di Paderno d'Adda (km 10+121).

SCENARIO 2





Si riportano nel seguito informazioni relative all’opera stradale prevista per tale alternativa di tracciato



La luce complessiva dell’opera è di 375 m, suddivisa in 6 campate di lunghezza variabile (55 m + 60 m + 70 m + 70 m + 70 m + 55 m). La struttura è costituita da:

- Un impalcato a cassone a sezione mista a tre anime e l’altezza del pacchetto P.F. – intradosso trave è costante e pari a 5.3 m.
- Un arco a via superiore in c.a. di luce tra le imposte pari a 140 m e freccia pari a 26 m. La sezione dell’arco è rettangolare e rastremata sia in altezza che in larghezza
- pile in c.a. di sezione rettangolare costante, dotate di pulvini per ospitare gli apparecchi d’appoggio dell’impalcato a cassone. I punti di appoggio dell’impalcato sono in

corrispondenza delle imposte e della chiave dell’arco.

- lo schema di vincolo ipotizzato prevede la presenza di isolatori elastomerici
- fondazioni profonde con pali di grande diametro (per la presenza di depositi fluvioglaciali sciolti)

Di seguito viene riportato l’elenco delle viabilità interferite, facendo riferimento alle progressive dell’intervento ferroviario.

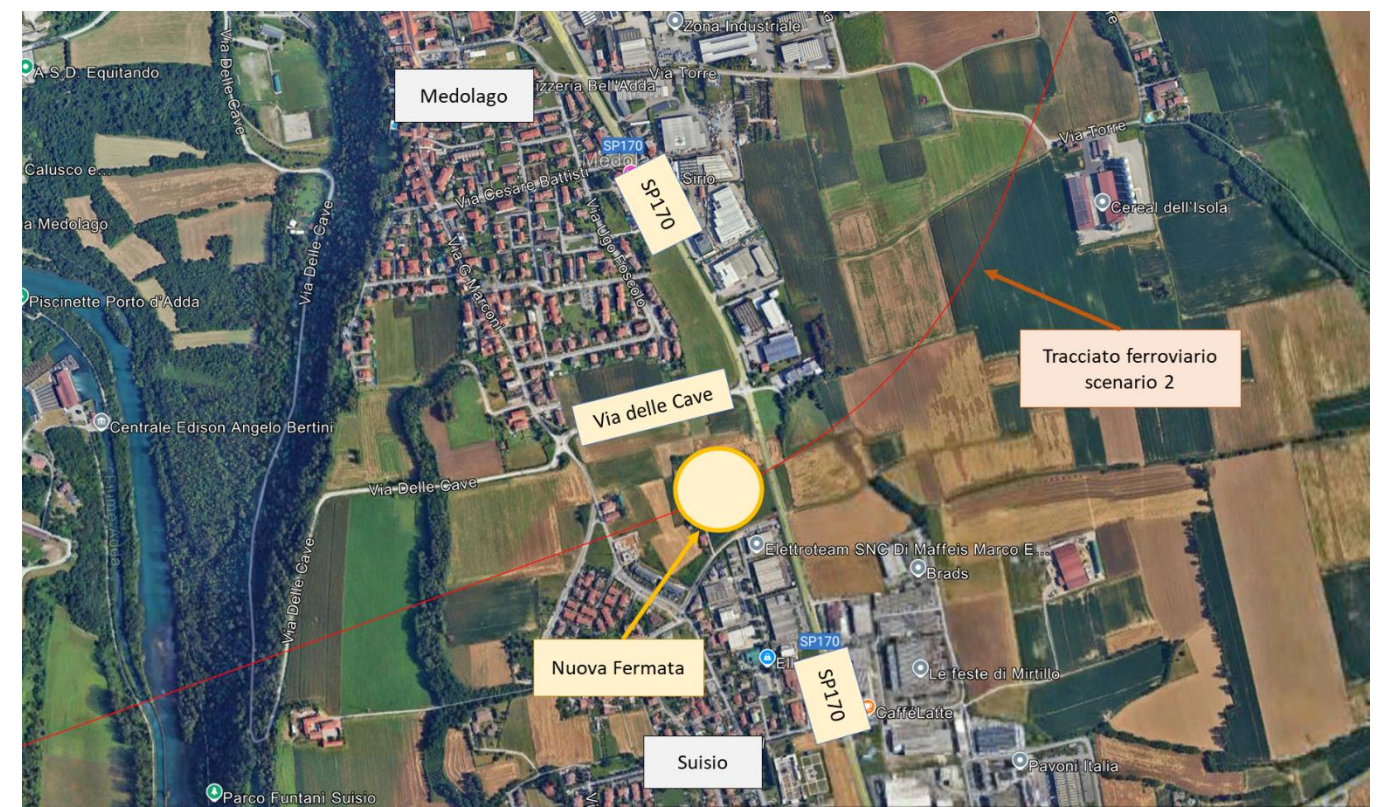
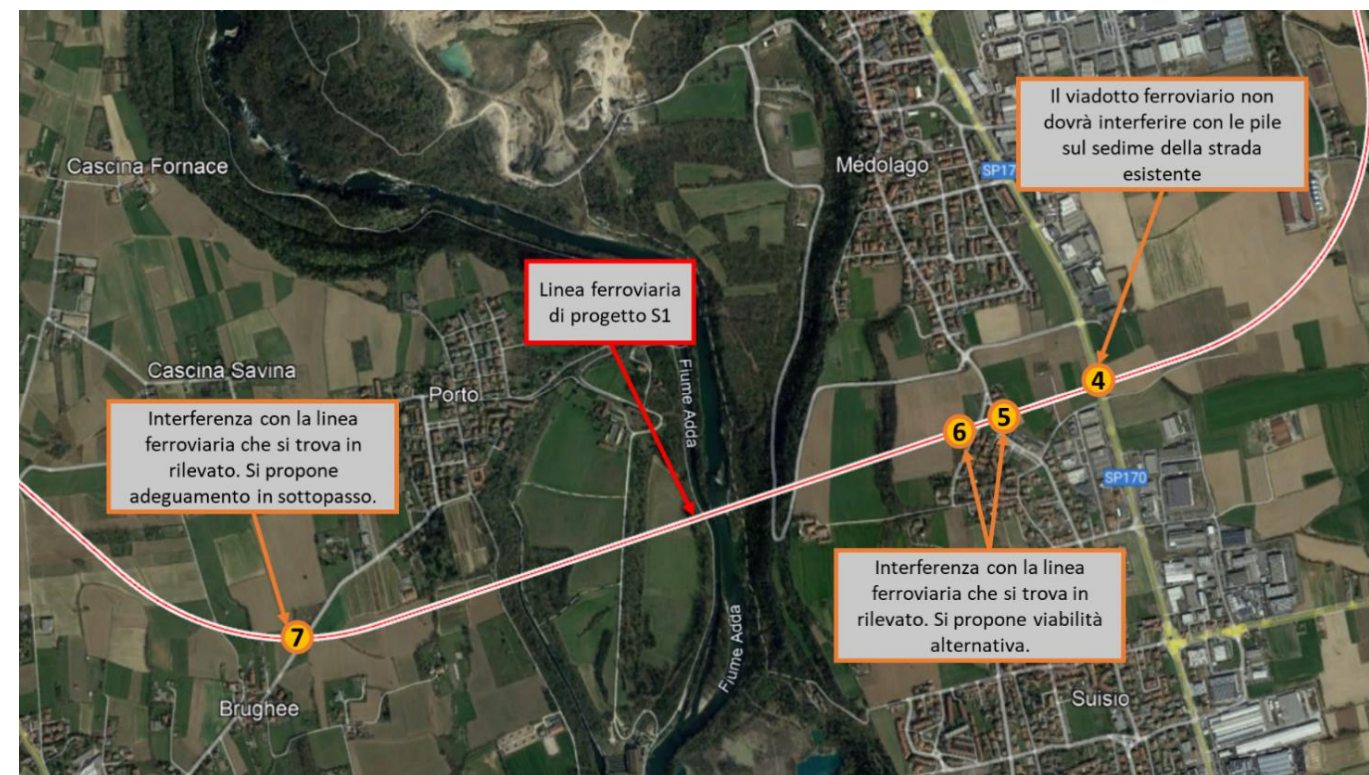
N° Interferenza	PK	Linea ferroviaria	Viabilità	Tipo di Interferenza
1	0+040	Bergamo Seregno	SP166	Nessuna interferenza. L’intervento fisico inizia alla pk 0+600 quindi non vi è realmente l’interferenza
2	0+320	Bergamo Seregno	PL Via Milano	Nessuna interferenza. L’intervento fisico inizia alla pk 0+600 quindi non vi è realmente l’interferenza
3	2+276	Bergamo Seregno	SP 163 – Via Bergamo	Interferenza risolta alzando la quota ferroviaria e prevedendo un viadotto per lo scavalco
4	4+215	Bergamo Seregno	SP170 – Viale Europa	Interferenza risolta alzando la quota ferroviaria e prevedendo un viadotto per lo scavalco
5	4+540	Bergamo Seregno	Via de Gaspari	Interferenza con la linea ferroviaria che si trova in rilevato. Si propone viabilità alternativa.
6	4+604	Bergamo Seregno	Via Giussano	Interferenza con la linea ferroviaria che si trova in rilevato. Si propone viabilità alternativa.
7	6+766	Bergamo Seregno	Via Giuseppe Mazzini	Interferenza con la linea ferroviaria che si trova in rilevato. Si propone adeguamento in sottopasso.
8	7+798	Bergamo Seregno	Via Fiume Adda	Interferenza con la linea ferroviaria che si trova in rilevato. Si propone adeguamento in sottopasso.
9	7+823	Bergamo Seregno	Via Fuggitiva	Interferenza con la linea ferroviaria che si trova in rilevato. Si propone adeguamento in sottopasso.
10	8+257	Bergamo Seregno	Via Dei Boschi	Interferenza con la linea ferroviaria che si trova in rilevato. Si propone viabilità alternativa.
11	9+747	Bergamo Seregno	Via Festini Ugo	Interferenza risolta alzando la quota ferroviaria e prevedendo un viadotto per lo scavalco
12	10+933	Bergamo Seregno	PL SP56	Interferenza con la linea ferroviaria che si trova in rilevato. Si propone viabilità alternativa per la risoluzione del passaggio a livello.

Alla progressiva 6+766 (interferenza n° 7) della linea il tracciato si trova il rilevato e interferisce con Via Giuseppe Mazzini, tale viabilità collega le contrade di Brughe e Porto e per tale motivo si prevede di ripristinare le condizioni attuali attraverso un adeguamento altimetrico coerentemente a quanto richiesto dal D.M. 5/11/2001. Viene previsto un sottopasso in corrispondenza del corpo ferroviario.

Alla progressiva 10+933 (interferenza n°12) si prevede il medesimo intervento ipotizzato per la risoluzione del passaggio a livello alla pk 12+863 SP 56 Via Milano: si prevede una nuova viabilità che sottopassa la ferrovia di collegamento tra via Milano e la SP55



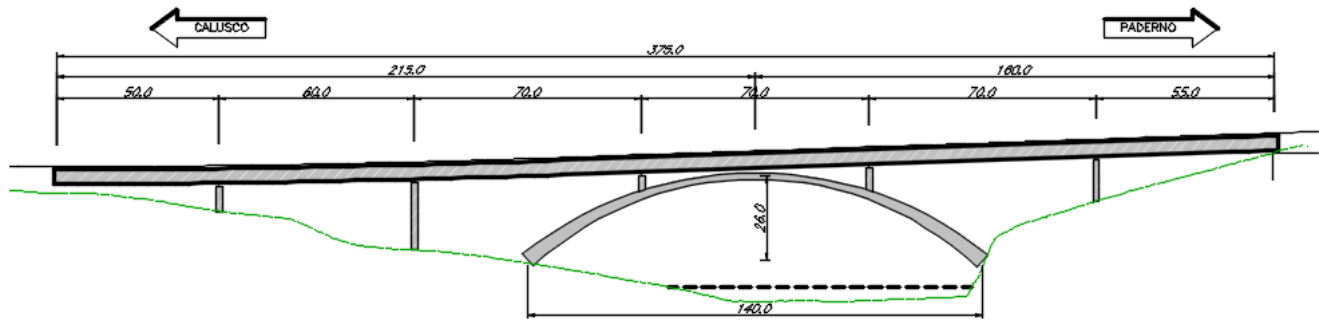
tra i comuni di Medolago e Suisio verrà garantita l'accessibilità dalla SP170 e da Via delle Cave.



Per la fermata prevista a sud di Paderno d’Adda si prevede l’accesso da Via Gasparotto e Via Festini Ugo



Durante le successive fasi progettuali verrà fornito il dettaglio della localizzazione sul territorio delle fermate con maggior precisione e verranno, quindi, sviluppati i tracciati planolatimetrici delle viabilità di collegamento ad esse.



La luce complessiva dell’opera è di 375 m, suddivisa in 6 campate di lunghezza variabile (55 m + 60 m + 70 m + 70 m + 70 m +55 m). La struttura è costituita da:

- Un impalcato a cassone a sezione mista a tre anime e l’altezza del pacchetto P.F. – intradosso trave è costante e pari a 5.3 m.
- Un arco a via superiore in c.a. di luce tra le imposte pari a 140 m e freccia pari a 26 m. La sezione dell’arco è rettangolare e rastremata sia in altezza che in larghezza
- pile in c.a. di sezione rettangolare costante, dotate di pulvini per ospitare gli apparecchi d’appoggio dell’impalcato a cassone. I punti di appoggio dell’impalcato sono in corrispondenza delle imposte e della chiave dell’arco.
- lo schema di vincolo ipotizzato prevede la presenza di isolatori elastomerici
- fondazioni profonde con pali di grande diametro (per la presenza di depositi fluvioglaciali sciolti)

Di seguito viene riportato l’elenco delle viabilità interferite, facendo riferimento alle progressive dell’intervento ferroviario.

Cantierizzazione

La realizzazione delle opere previste in tale scenario necessita dell'installazione di una serie di aree di cantiere lungo il tracciato della nuova linea ferroviaria/stradale, che di norma vengono selezionate sulla base delle seguenti esigenze principali:

- disponibilità di aree libere in prossimità delle opere da realizzare;
- lontananza da ricettori critici e da aree densamente abitate;
- facile collegamento con la viabilità esistente, in particolare con quella principale (strada statale ed autostrada);
- minimizzazione del consumo di territorio;
- minimizzazione dell'impatto sull'ambiente naturale ed antropico.
- Interferire il meno possibile con il patrimonio culturale esistente

Per quanto indicato in premessa, la realizzazione delle opere previste (Nuovo tracciato ferroviario in variante a SUD e tracciato stradale a Nord dell'attuale linea ferroviaria) richiede un numero di aree di cantiere composte indicativamente da:

- un campo base;
- quattro cantieri operativi;
- una serie di Aree tecniche in prossimità delle opere maggiori (ponti, viadotti....);
- una serie di Aree di stoccaggio, la cui dimensione e numero sarà funzione dei movimenti terra previsti e della disponibilità sul territorio;

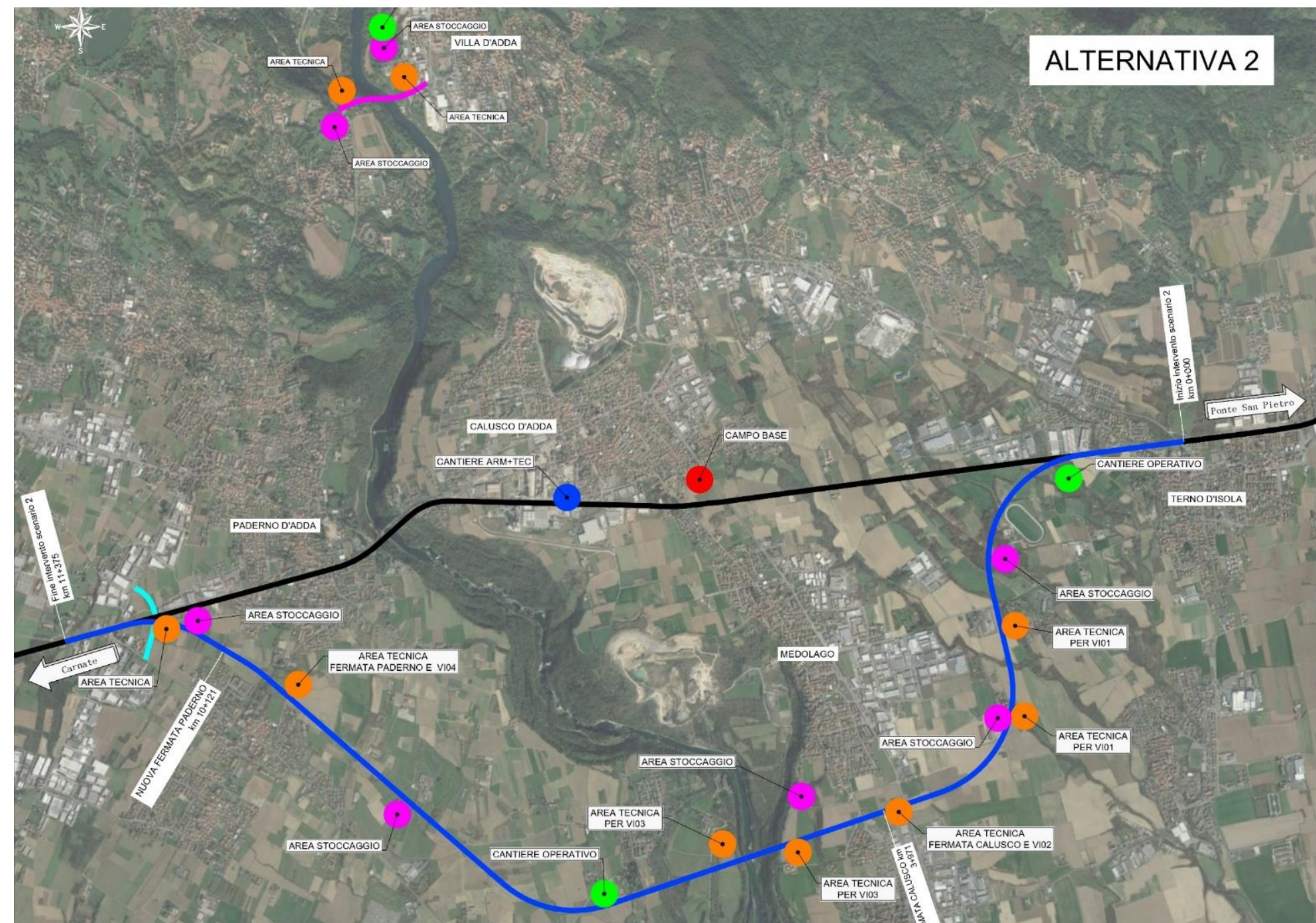
Per il presente scenario sarà necessario impegnare una superficie complessiva per le aree di cantiere (aree di stoccaggio e cantieri operativi) 3÷5 volte maggiore di quella necessaria per lo scenario 1.

Corografia di inquadramento delle aree di cantiere

- **Cantiere Base:** è a supporto della logistica e contiene gli uffici, i laboratori, l'infermeria, la mensa e i dormitori per le maestranze.
- **Cantiere Arm/Tecnologie:** contengono i mezzi d'opera di tipo ferroviario e fungono da deposito per i materiali per l'attrezzaggio ferroviario.

- **Cantieri Operativi:** contengono gli impianti fissi e mobili, le attrezzature/mezzi a supporto delle lavorazioni.
- **Aree di stoccaggio:** sono impiegate per lo stoccaggio provvisorio delle terre di scavo e dei materiali e generalmente non contengono impianti fissi.

- **Aree Tecniche:** sono a supporto per la realizzazione delle opere d'arte maggiori, contengono impianti ed i materiali necessari per la realizzazione dell'opera.

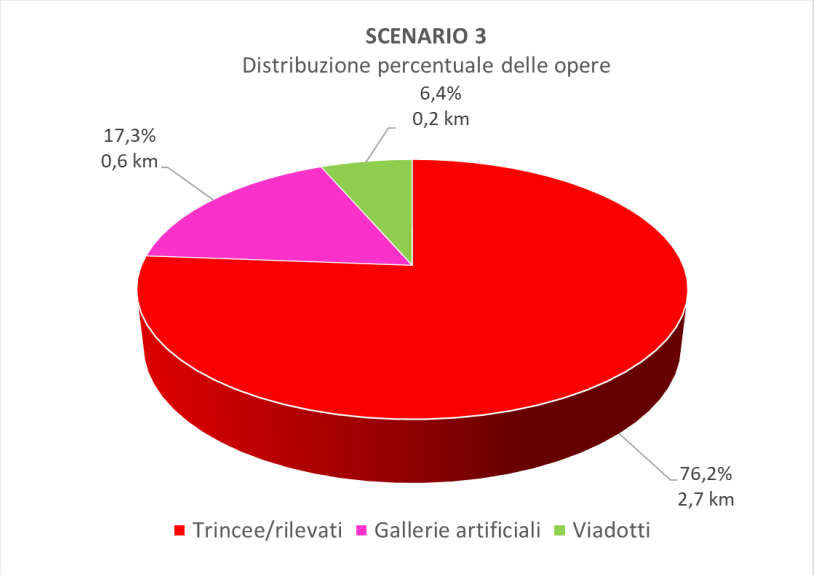
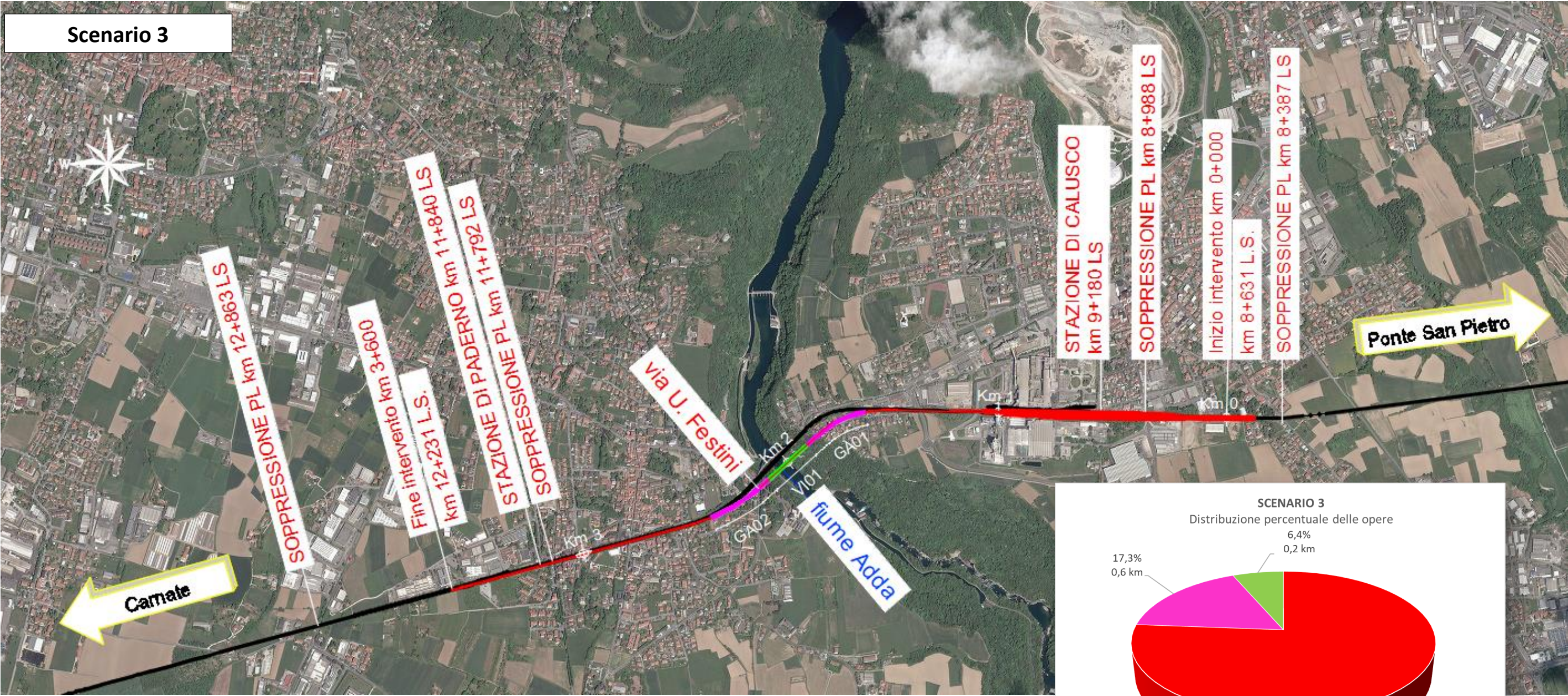


SCENARIO 3

Lo scenario 3 prevede la realizzazione di un'opera di scavalco del Fiume Adda in affiancamento a quello esistente (lato sud) che ospita la sola ferrovia mentre l'attraversamento viario è in variante a 3.5 km a nord rispetto all'attuale.

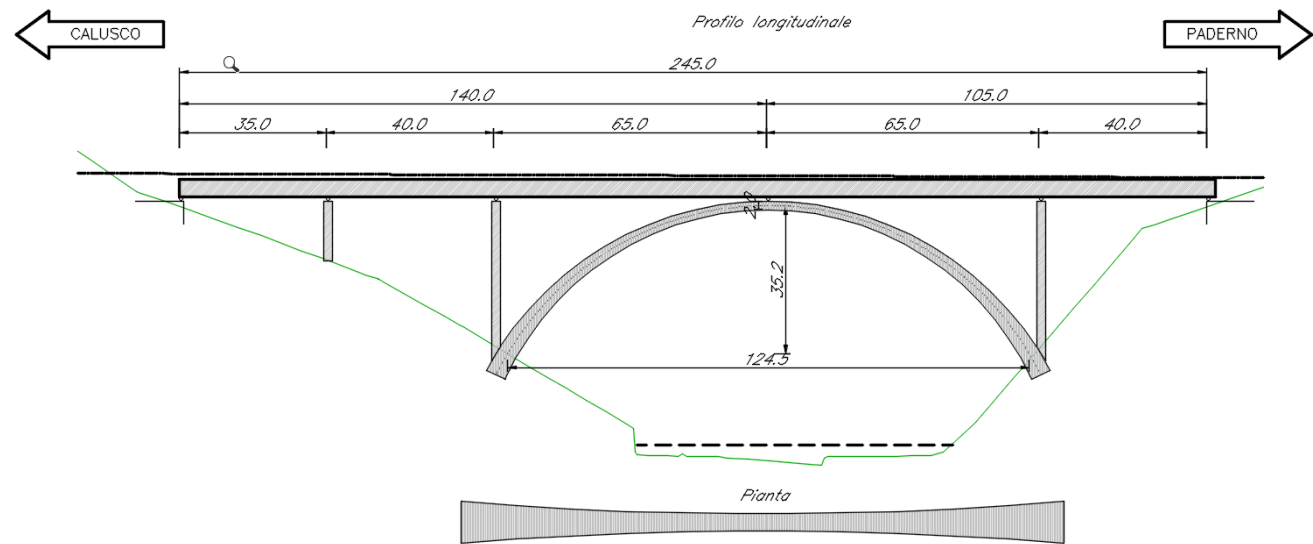
Tracciato ferroviario

Il tracciato ferroviario coincide con quello dello scenario 1 (per la descrizione si rimanda al paragrafo "Scenario 1")



Si riportano nel seguito informazioni relative all'opera ferroviario prevista per tale alternativa di tracciato

Arco in c.a. a via superiore (S3 sol1)



La luce complessiva dell'opera è di 245 m, suddivisa in 5 campate di lunghezza variabile (35 m + 40 m + 65 m + 65 m + 40 m). La struttura è costituita da:

- Un impalcato a cassone a sezione mista posto in adiacenza all'opera esistente. L'impalcato è un cassone a tre anime e l'altezza del pacchetto P.F. – intradosso trave è costante e pari a 5.3 m.
 - Un arco a via superiore in c.a. di luce tra le imposte pari a 125 m e freccia pari a 35 m. La sezione dell'arco è rettangolare e rastremata sia in altezza che in larghezza.
 - pile in c.a. di sezione rettangolare costante, dotate di pulvini per ospitare gli apparecchi d'appoggio dell'impalcato a cassone. I punti di appoggio dell'impalcato sono in corrispondenza delle imposte e della chiave dell'arco.
- lo schema di vincolo ipotizzato prevede vincoli UL su tutte le pile e sulla spalla lato Calusco d'Adda e vincolo F sulla spalla lato Paderno d'Adda. Sulle spalle è inoltre prevista la presenza di STU che si attivano in caso di eventi sismici e permettono una migliore ripartizione delle forze longitudinali.

Tale soluzione nelle sue geometrie è paragonabile all'opera esistente. La presenza di pile alle imposte dell'arco, in ogni caso, appesantisce la struttura da un punto di vista estetico.

Viabilità interferite

Relativamente al collegamento viario tra Calusco d'Adda e Paderno d'Adda, si prevede una soluzione di scavalco del fiume Adda posta a Nord rispetto al tracciato ferroviario. La soluzione prevede la realizzazione di una viabilità di categoria F-extraurbana con marciapiedi con corsie da 3,50 m che permettono la circolazione di tutte le tipologie di mezzi definiti dal paragrafo 3.4.2 del D.M. 5/11/2001. La viabilità parte dall'attuale intersezione a rotatoria già presente a Imbersago per poi deviare verso Nord ed effettuare lo scavalco. Nella parte finale si attesta su un'altra rotatoria già esistente nel comune di Imbersago. Dovrà essere valutata la necessità di adeguare tale intersezione per permettere il transito a tutte le tipologie di mezzi.

Tale soluzione, dislocata di circa 3.5 km a nord del ponte attuale tale da superare il tratto in galleria della SP166, comporta un allungamento del percorso tra Calusco d'Adda e Paderno d'Adda di circa 15 km, passante per la SP166 lato Calusco d'Adda e per la SP 56 lato Paderno d'Adda.

La viabilità consente il passaggio dei mezzi pesanti con doppio senso di marcia, eliminando l'attuale limite al transito rispetto al peso (3.5 t) e alla larghezza (2.30 m). Nelle successive fasi progettuali verrà valutata la necessità di adeguare i tratti urbani del percorso per l'eventuale passaggio dei mezzi pesanti.

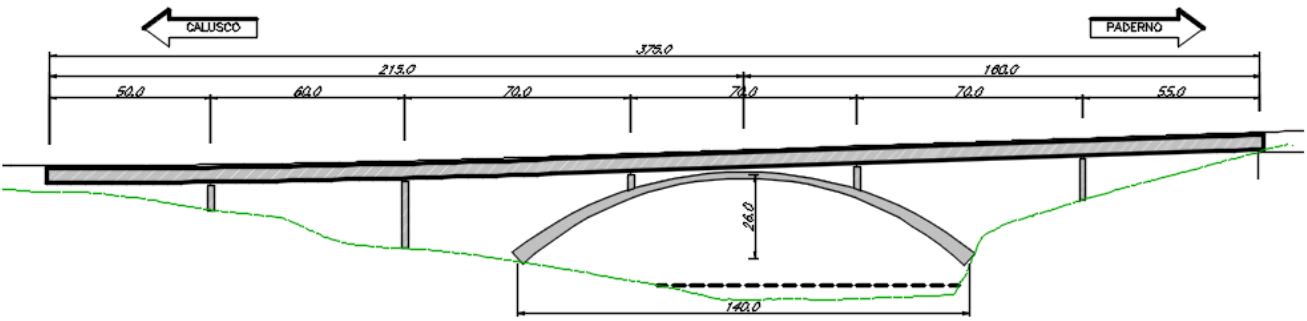




- pile in c.a. di sezione rettangolare costante, dotate di pulvini per ospitare gli apparecchi d'appoggio dell'impalcato a cassone. I punti di appoggio dell'impalcato sono in corrispondenza delle imposte e della chiave dell'arco.
- lo schema di vincolo ipotizzato prevede la presenza di isolatori elastomerici
- fondazioni profonde con pali di grande diametro (per la presenza di depositi fluvioglaciali sciolti)

Di seguito viene riportato l'elenco delle viabilità interferite, facendo riferimento alle progressive dell'intervento ferroviario.

N° Interferenza	PK	Linea ferroviaria	Viabilità	Tipo di Interferenza
1	1+102	Bergamo Seregno	CVF Viabilità privata Italcementi	Demolizione e rifacimento dell'opera da adeguare al raddoppio ferroviario, senza alterare il profilo altimetrico della viabilità
2	1+352	Bergamo Seregno	CVF Via Vittorio Emanuele	Demolizione e rifacimento dell'opera da adeguare al raddoppio ferroviario, senza alterare il profilo altimetrico della viabilità
3	1+554	Bergamo Seregno	CVF Via Monastero dei Verghi	Demolizione e rifacimento dell'opera da adeguare al raddoppio ferroviario, senza alterare il profilo altimetrico della viabilità
4	1+814	Bergamo Seregno	Via Monastero dei Verghi	Nessuna interferenza, la ferrovia è in galleria
5	2+156	Bergamo Seregno	Via T. Edison	Nessuna interferenza, la ferrovia è in galleria
6	2+177	Bergamo Seregno	SP54 Via Festini Ugo	Nessuna interferenza, la ferrovia passa in galleria
7	2+556	Bergamo Seregno	CVF Via Marconi	Adeguamento altimetrico della viabilità e demolizione e rifacimento dell'opera civile di scavalco della ferrovia e dell'attraversamento pedonale
8	2+790	Bergamo Seregno	CVF via L. Da Vinci	Demolizione e rifacimento dell'opera da adeguare al raddoppio ferroviario, senza alterare il profilo altimetrico della viabilità



Per l'alternativa 3 l'opera stradale di attraversamento del fiume è la medesima descritta per l'alternativa 2.

La luce complessiva dell'opera è di 375 m, suddivisa in 6 campate di lunghezza variabile (55 m + 60 m + 70 m + 70 m + 70 m + 55 m). La struttura è costituita da:

- Un impalcato a cassone a sezione mista a tre anime e l'altezza del pacchetto P.F. – intradosso trave è costante e pari a 5.3 m.
- Un arco a via superiore in c.a. di luce tra le imposte pari a 140 m e freccia pari a 26 m. La sezione dell'arco è rettangolare e rastremata sia in altezza che in larghezza

La totalità delle interferenze si colloca in corrispondenza delle attuali opere di scavalco, le quali dovranno essere adeguate al binario di raddoppio. Da prime indagini, le quali dovranno essere approfondite durante le successive fasi progettuali, emerge che le opere potranno essere adeguate senza alterare il profilo altimetrico del piano stradale a meno di Via Marconi e della rispettiva passerella pedonale, per le quali si prevede un innalzamento del piano stradale di circa 50cm.

Nel tratto interessato dall'intervento sono presenti 4 Passaggi a Livello (PL) per i quali si prevede la soppressione:

- 1. PL pk 8+327 Via Dante Alighieri;
- 2. PL pk 8+988 Via Piave;
- 3. PL pk 11+792 Via Gasparotti;
- 4. PL pk 12+863 SP56 Via Milano.

Per i **primi due passaggi a livello**, situati nel comune di Calusco d'Adda, si propone un'unica opera sostitutiva. Per nessuna delle due viabilità sarà

possibile adeguare in sede il tracciato plano-altimetrico, tramite la realizzazione di un sottovia o un cavalcaferrovia in asse alle attuali viabilità, a causa delle numerose proprietà private con accesso sulle viabilità in esame a ridosso del passaggio a livello. L'opera sostitutiva proposta è un cavalcaferrovia che collega Via Trieste con Via Rivalotto, compatibile altimetricamente con la sede attuale della ferrovia.

L'intervento, di lunghezza di circa 650 metri, parte da Via Trieste e scavalca l'infrastruttura ferroviaria per poi immettersi Via Rivalotto. Si fa presente che il corridoio proposto è compatibile anche con un sottopasso, nelle successive fasi progettuali verrà valutata la compatibilità idraulica e adottata la soluzione con minor impatto sul territorio.

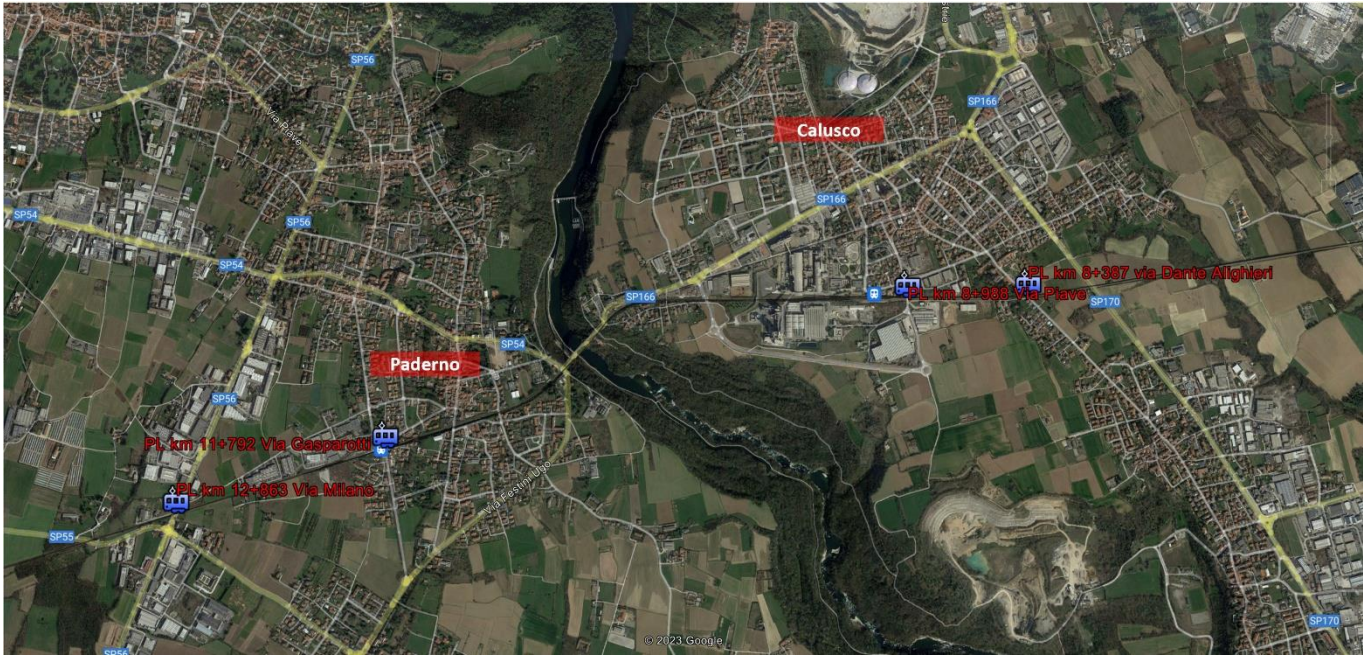
La soppressione di tali passaggi a livello, senza prevedere un altro intervento stradale nelle immediate vicinanze, comporterebbe l'allungamento del percorso nel passaggio nord sud della ferrovia rispettivamente di circa 4 chilometri e 3,5 chilometri. Tali percorsi permettono la circolazione di tutte le tipologie di mezzi.



Per i passaggi a livello situati nel comune di Paderno d'Adda, si propone un'unica opera sostitutiva. Anche per le due Soppressioni dei passaggi a livello a Paderno d'Adda, per nessuna delle due viabilità sarà possibile adeguare in sede il tracciato plano-altimetrico a causa delle numerose proprietà private con accesso sulle viabilità in esame a ridosso del passaggio a livello. L'opera sostitutiva proposta è un sottovia che collega SP56 Via Milano con SP55, compatibile altimetricamente con la sede attuale

della ferrovia e la sede della ferrovia di progetto nello scenario 2.

La soppressione di tali passaggi a livello, senza prevedere un altro intervento stradale nelle immediate vicinanze, comporterebbe l'allungamento del percorso nel passaggio nord sud della ferrovia rispettivamente di circa 4 chilometri e 5,7 chilometri. Tali percorsi permettono la circolazione di tutte le tipologie di mezzi.



Cantierizzazione

La realizzazione delle opere previste in tale scenario necessita dell'installazione di una serie di aree di cantiere lungo il tracciato della nuova linea ferroviaria/stradale, che di norma vengono selezionate sulla base delle seguenti esigenze principali:

- ✚ disponibilità di aree libere in prossimità delle opere da realizzare;
- ✚ lontananza da ricettori critici e da aree densamente abitate;
- ✚ facile collegamento con la viabilità esistente, in particolare con quella principale (strada statale ed autostrada);
- ✚ minimizzazione del consumo di territorio;
- ✚ minimizzazione dell'impatto sull'ambiente naturale ed antropico.
- ✚ Interferire il meno possibile con il patrimonio culturale esistente

Per quanto indicato in premessa, la realizzazione delle opere previste (Nuovo tracciato ferroviario "in stretto affiancamento" all'attuale e quello stradale posto più a Nord) richiede un numero di aree di cantiere composte indicativamente da:

- ✚ un campo base;
- ✚ tre cantieri operativi;
- ✚ una serie di Aree tecniche in prossimità delle opere maggiori (ponti e gallerie);
- ✚ una serie di Aree di stoccaggio, la cui dimensione e numero sarà funzione dei movimenti terra previsti e della disponibilità sul territorio;

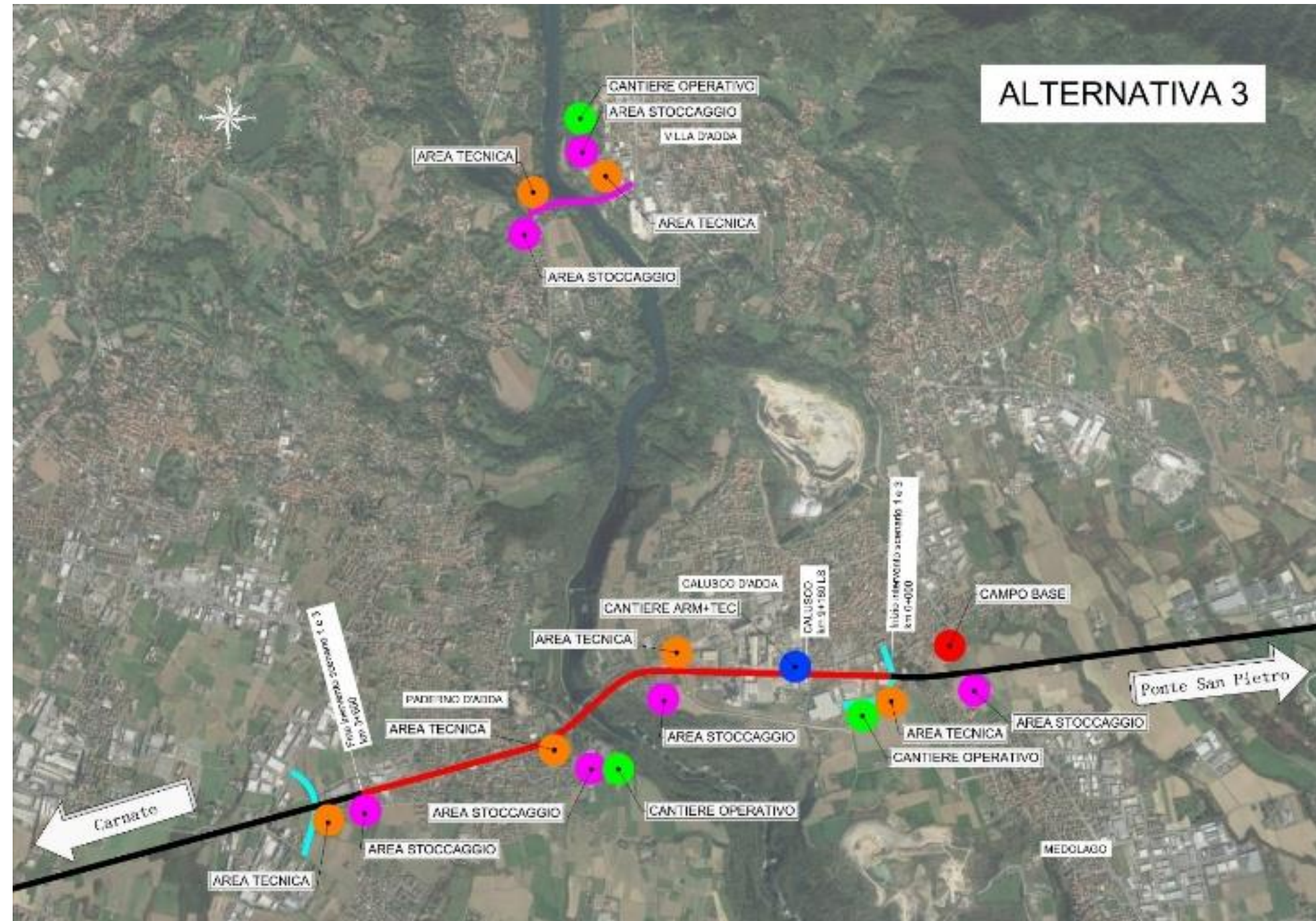
Corografia di inquadramento delle aree di cantiere

- **Cantiere Base:** è a supporto della logistica e contiene gli uffici, i laboratori, l'infermeria, la mensa e i dormitori per le maestranze
- **Cantiere Arm/Tecnologie:** contengono i mezzi d'opera di tipo ferroviario e fungono da deposito per i materiali per l'attrezzaggio ferroviario.

● **Cantieri Operativi:** contengono gli impianti fissi e mobili, le attrezzature/mezzi a supporto delle lavorazioni.

● **Aree di stoccaggio:** sono impiegate per lo stoccaggio provvisorio delle terre di scavo e dei materiali e generalmente non contengono impianti fissi.

● **Aree Tecniche:** sono a supporto per la realizzazione delle opere d'arte maggiori, contengono impianti ed i materiali necessari per la realizzazione dell'opera.



2.3. Gli aspetti espropriativi
dell'opera

La fase di studio delle alternative progettuali (DocFAP) non prevede la mappatura delle aree oggetto di esproprio, che saranno individuate nella fase di Progettazione di Fattibilità Tecnico Economica (PFTE). Di seguito si riportano i principali riferimenti normativi relativi alle procedure di esproprio.

LE PROCEDURE DI
ESPROPRIO
Procedura ordinaria (art. 20)

La procedura ordinaria viene di regola adottata per acquisire **fabbricati residenziali o produttivi**. Può essere avviata subito dopo la Dichiarazione di Pubblica Utilità tenuto conto che il preliminare di cessione che sarà sottoscritto e dovrà prevedere

tutto il tempo necessario affinché l'utilizzatore possa traslocare o rilocare le attività presso altro sito. La tempistica prevista è mediamente di 18 mesi decorrenti dalla data della Dichiarazione di Pubblica Utilità (DPU).

Le principali fasi della procedura in caso di espropriazione di fabbricati



Procedura di particolare
urgenza (art. 22 Bis)

La procedura di particolare urgenza viene di regola adottata per acquisire aree edificabili e non edificabili. Può essere avviata secondo una tempistica compatibile con l'effettivo avvio delle

attività di cantiere in presenza di un soggetto che possa detenere il possesso. Le aree vengono acquisite con esecuzione di un Decreto di occupazione d'urgenza (DOU) e con la verbalizzazione della consistenza. Le indennità saranno concordate a mezzo di accordi. La tempistica prevista è di circa 3 mesi (in funzione del numero delle ditte dalla data in cui sussistono le condizioni di cui sopra).

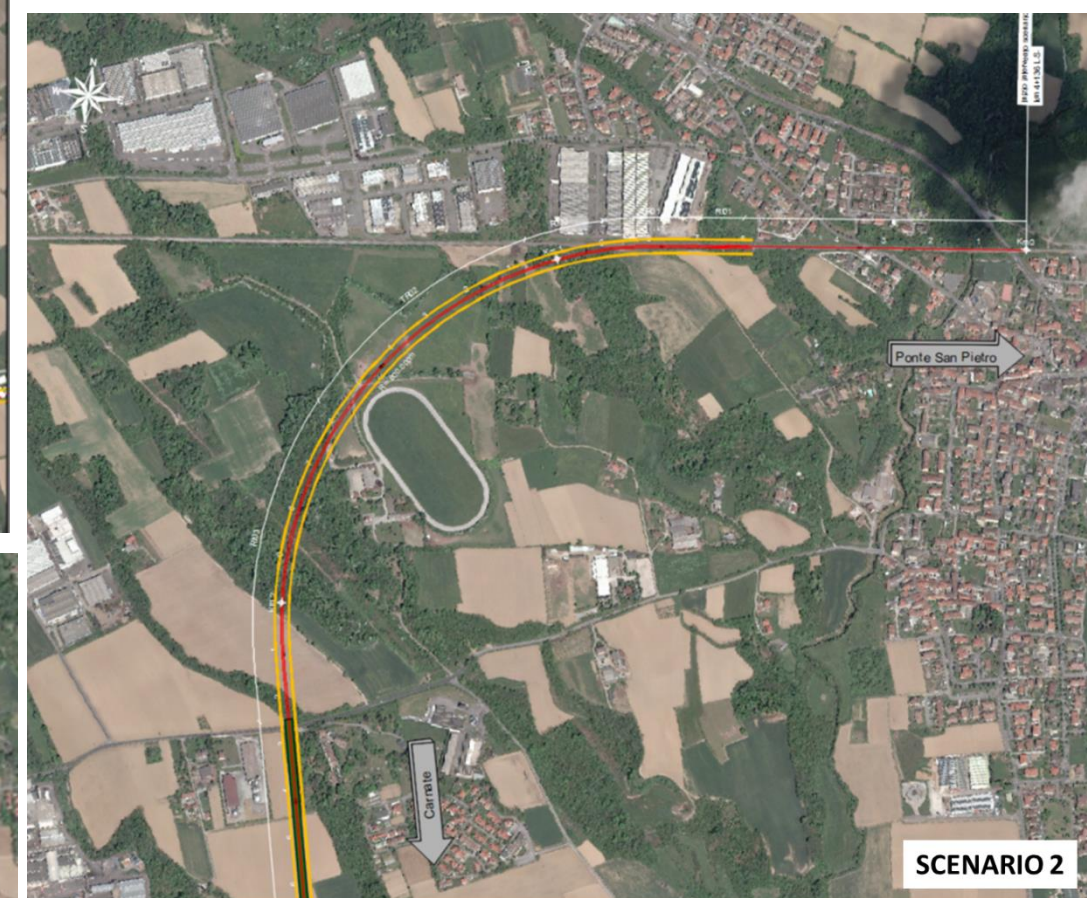
Le principali fasi della procedura in caso di espropriazione di aree



2.4. Fascia Ingombro di progetto

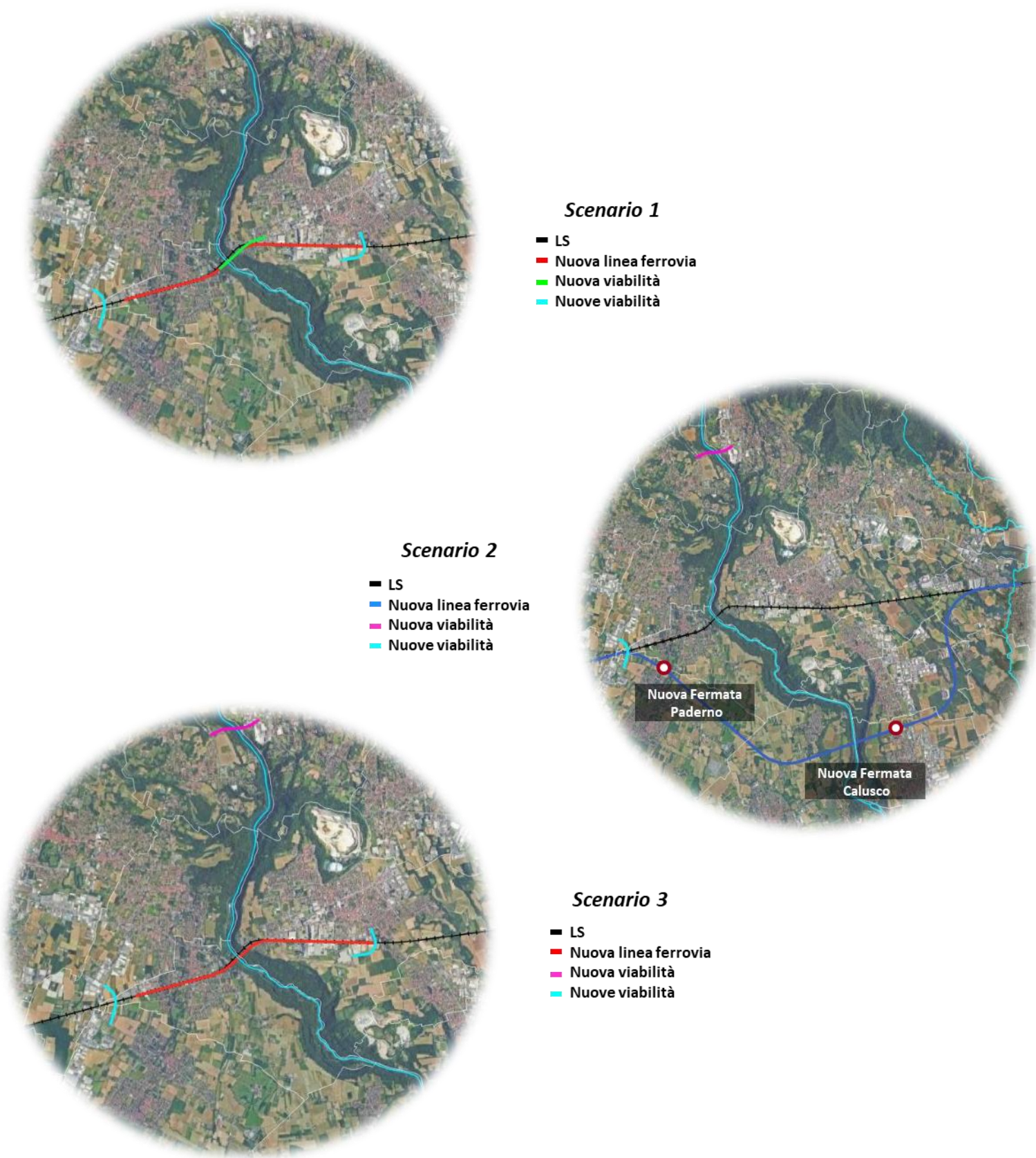
È stata individuata una fascia (compresa tra le linee in arancio nelle immagini seguenti) per avere un'indicazione di massima delle aree che potrebbero essere interessate dall'intervento in oggetto per ciascun scenario di progetto.





2.5. Confronto tra gli scenari di progetto

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Descrizione dell'intervento	Ponte unico stradale e ferroviario in stretto affiancamento all'esistente (ferrovia sotto e strada sopra).	– Ponte ferroviario dislocato a sud dell'esistente; – Ponte stradale dislocato a nord dell'esistente.	– Ponte ferroviario in stretto affiancamento all'esistente; – Ponte stradale dislocato a nord dell'esistente.
Sviluppo linea ferroviaria	3,6 km	11,4 km	3,6 km
Lunghezza opera di scavalco Fiume Adda	Scavalco ferroviario-stradale 270 m	Scavalco ferroviario 985 m Scavalco stradale 375 m	Scavalco ferroviario 270 m Scavalco stradale 375 m
Sviluppo complessivo viadotti ferroviari	0,27 km	2,58 km	0,27 km
Sviluppo gallerie artificiali	0,59 km	–	0,59 km
Sviluppo tratti allo scoperto (rilevati / trincee)	2,74 km	8,79 km	2,74 km
Fermate/stazioni ferroviarie	– Stazione esistente di Paderno Robbiate: interventi PRG di stazione – Stazione esistente di Calusco: interventi PRG di stazione	– Nuova Fermata Paderno – Nuova Fermata Calusco	– Stazione esistente di Paderno Robbiate: interventi PRG di stazione – Stazione esistente di Calusco: interventi PRG di stazione
Interferenza con l'edificato	– Intervento ferroviario: impatto significativo sull'edificato – Intervento stradale: limitato impatto sull'edificato	– Intervento ferroviario: nessun impatto sull'edificato – Intervento stradale: impatto significativo sull'edificato	– Intervento ferroviario: impatto significativo sull'edificato – Intervento stradale: impatto significativo sull'edificato
Consumo suolo	1.164 mq	72.238 mq	3.756 mq
Effetti sull'ambiente e sul paesaggio	Pro: – Minore consumo del suolo	Pro: – Nessuna interferenza visiva con il Ponte esistente	Pro: – Minore consumo del suolo rispetto allo scenario 2
	Contro: – Impatto visivo rispetto al ponte esistente	Contro: – Maggiore consumo di suolo – Nuovo scavalco stradale del fiume Adda – Nuovo scavalco ferroviario del fiume Adda	Contro: – Maggiore consumo del suolo rispetto allo scenario 1 – Impatto visivo rispetto al ponte esistente – Nuovo scavalco stradale del fiume Adda
Tempi realizzativi	5 anni	6 anni	5 anni
CVI (costo a vita intera)	356,60 Mil. €	673,50 Mil. €	381,30 Mil. €





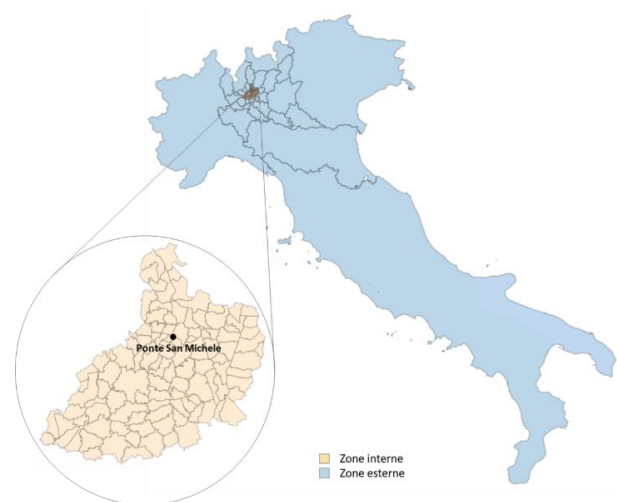
Capitolo 3

LE ANALISI A SUPPORTO DEL PROGETTO

3. Analisi a supporto del Progetto

3.1. Studio di Trasporto

Lo studio di trasporto è finalizzato ad analizzare e valutare le alternative progettuali per il potenziamento della linea ferroviaria Carnate-Ponte San Pietro, che interessa le relazioni Milano-Monza-Bergamo e Como-Bergamo. L'obiettivo principale è identificare la soluzione infrastrutturale più efficiente dal punto di vista della mobilità, garantendo il miglioramento dell'accessibilità e della capacità ferroviaria, nonché l'ottimizzazione della mobilità complessiva nell'area di studio.



Lo studio prevede la ricostruzione dello scenario attuale della mobilità e la simulazione degli scenari di riferimento e di progetto, al fine di comprendere l'impatto delle diverse configurazioni infrastrutturali proposte. Tale analisi consente di valutare i benefici in termini di riduzione dei tempi di percorrenza, diversione modale e miglioramento dell'efficienza del sistema di trasporto, sia per quanto concerne la domanda di trasporto ferroviaria, sia quella stradale.

Descrizione degli scenari

Gli scenari simulati e analizzati per stimare gli impatti del progetto di potenziamento della linea ferroviaria Carnate-Ponte San Pietro sono i seguenti:

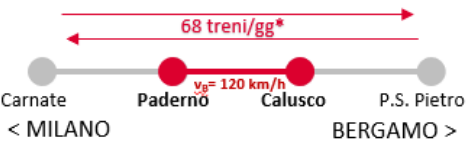
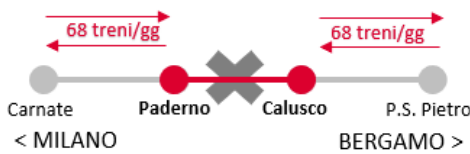
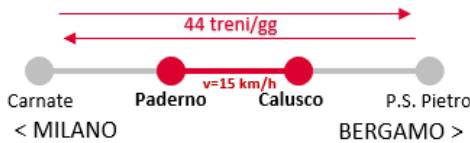
Gli scenari simulati e analizzati per stimare gli impatti del progetto di potenziamento della linea ferroviaria Carnate-Ponte San Pietro sono i seguenti:

- Scenario 1:** Prevede la realizzazione di una variante ferroviaria a doppio binario in stretto affiancamento al ponte esistente, con la nuova struttura che ospita la viabilità stradale sovrapposta a quella ferroviaria in corrispondenza dell'opera. Questo scenario conserva una configurazione mista, con il ponte che ospita sia la viabilità stradale che quella ferroviaria.
- Scenario 2:** Prevede la realizzazione di una variante ferroviaria a doppio binario dislocata a sud rispetto alla ferrovia esistente, mentre la variante stradale è dislocata a nord, a circa 3,5 km dal ponte esistente. In questo scenario sono anche previste la rilocalizzazione delle attuali stazioni di Paderno d'Adda Robbiate e Calusco d'Adda, al fine di migliorare l'accessibilità e la fluidità del traffico ferroviario.
- Scenario 3:** Combinando elementi dei due scenari precedenti, questo scenario prevede una variante ferroviaria a doppio binario in stretto affiancamento al ponte esistente, mentre la variante stradale è dislocata a nord, a circa 3,5 km dal ponte esistente. Questo scenario si concentra sull'ottimizzazione del servizio ferroviario, mantenendo però la dislocazione della viabilità stradale a una distanza significativa dall'attuale attraversamento.

Ai fini dello sviluppo della successiva Analisi Costi-Benefici, i suddetti scenari sono confrontati con lo scenario di riferimento, che prevede l'interruzione dell'esercizio ferroviario sul ponte San Michele e la riduzione della velocità di percorrenza sul ponte stradale per i veicoli privati a 20 km/h

Approccio metodologico dello Studio di Trasporto

L'analisi è stata condotta mediante l'utilizzo di un modello di trasporto multimodale di tipo macro, che ha permesso la simulazione della mobilità nell'area di studio. Sono stati ricostruiti gli scenari di mobilità attuale, di "riferimento" e di "progetto" relativi alle tre soluzioni progettuali, contraddistinti dall'offerta ferroviaria di seguito riportata.



*Modello di esercizio depotenziato poiché a monte e valle è presente un collo di bottiglia dato dalla linea a singolo binario

SCENARIO ATTUALE	
Linea	Frequenza treni [min]
R14: Milano - Carnate - Bergamo	60
S8: Milano - Carnate - Lecco	30
R7: Lecco - Bergamo	60
RE2: Milano - Pioltello - Bergamo	60
S9: Albairate - Milano - Seregno - Saronno	30
S11: Rho - Milano - Como - Chiasso	30
S7: Milano - Monza - Molteno - Lecco	60

SCENARIO DI RIFERIMENTO	
Linea	Frequenza treni [min]
R14 LIMITATA: Milano - Carnate - Paderno Robbiate	30
R14 LIMITATA: Calusco - Ponte San Pietro - Bergamo	30
S8: Milano - Carnate - Lecco	30
R7: Lecco - Bergamo	60
RE2: Milano - Pioltello - Bergamo	60
S9: Albairate - Milano - Seregno - Saronno	30
S11: Rho - Milano - Como - Chiasso	30
S7: Milano - Monza - Molteno - Lecco	60

SCENARIO DI PROGETTO	
Linea	Frequenza treni [min]
R14=S18: Milano - Carnate - Bergamo	30
S8: Milano - Carnate - Lecco	30
R7: Lecco - Bergamo	60
RE2: Milano - Pioltello - Bergamo	60
S9: Albairate - Milano - Seregno - Saronno	30
S11: Rho - Milano - Como - Chiasso	30
S7: Milano - Monza - Molteno - Lecco	60

Principali risultati

Come già riportato, lo studio di trasporto è stato sviluppato con l'obiettivo di valutare globalmente gli effetti indotti dalle alternative di progetto da confrontare sulla domanda di mobilità e sulla distribuzione dei flussi veicolari nell'area di studio, attraverso l'implementazione di un modello di rete con un livello di dettaglio e di aggregazione coerenti con l'estensione dell'area di studio, ossia l'area all'interno della quale si esauriscono i suddetti effetti. Questo tipo di impostazione è in grado di restituire una previsione, a livello di sistema, dei macro-cambiamenti della mobilità per le due modalità principali fra loro concorrenti, ovvero la strada e la ferrovia.

L'approccio adottato, di tipo multimodale su scala extraurbana, è coerente con gli obiettivi progettuali e finalizzato a evidenziare, in via generale, l'impatto delle diverse alternative di intervento sulle principali direttrici di traffico, senza entrare nel dettaglio delle singole micro-configurazioni viabilistiche locali. L'analisi si è concentrata sulle variazioni dei livelli di traffico indotte dal progetto sulle infrastrutture principali, valutando la ridistribuzione dei volumi di traffico, i livelli di saturazione, i risparmi nei tempi di percorrenza e le variazioni delle percorrenze complessive rispetto allo scenario di riferimento.

Dal punto di vista degli impatti globali di rete per il trasporto stradale, per i tre scenari considerati si è ricavato quanto segue:

- Nel caso dello Scenario 1, che prevede la realizzazione di un ponte misto ferroviario e stradale in affiancamento all'attuale Ponte San Michele, gli effetti viabilistici risultano significativi. La nuova infrastruttura è in grado di servire una domanda stradale di circa 17.621 passeggeri/giorno al 2030, garantendo livelli di saturazione moderati (rapporto flusso/capacità intorno a 0,5), quindi condizioni di buona fluidità. L'analisi degli indicatori di prestazione evidenzia che gli utenti stradali che utilizzano il nuovo ponte

possono beneficiare di un risparmio medio di 1,37 minuti a passeggero. Anche gli utenti che non utilizzano il nuovo attraversamento traggono un beneficio, sebbene più contenuto, quantificabile in circa 0,15 minuti a passeggero. Inoltre, la realizzazione del nuovo ponte comporta una riduzione delle percorrenze complessive pari a circa 144.779 auto*km/giorno, contribuendo in modo significativo alla decongestione del sistema viario esistente.

- Nello Scenario 2, che prevede la realizzazione di una variante ferroviaria a sud e di un nuovo ponte stradale a nord rispetto al ponte esistente, gli effetti sulla viabilità si mantengono positivi, sebbene leggermente inferiori rispetto allo Scenario 1. Il nuovo ponte stradale attrae una domanda di circa 17.800 passeggeri/giorno al 2030, mantenendo comunque livelli di saturazione moderati (~0,5). I risparmi sui tempi di percorrenza sono più contenuti: gli utenti che utilizzano il nuovo ponte registrano un risparmio medio di 1,16 minuti a passeggero, mentre quelli che non lo utilizzano registrano risparmi medi di circa 0,13 minuti a passeggero. La riduzione complessiva delle percorrenze stradali si attesta intorno a 140.132 auto*km/giorno, inferiore rispetto a quella osservata nello Scenario 1, riflettendo una minore efficienza complessiva in termini di ottimizzazione dei flussi veicolari.
- Lo Scenario 3, che prevede la realizzazione di un nuovo ponte ferroviario in affiancamento all'esistente e di un ponte stradale a nord (come nello Scenario 2), presenta un comportamento molto simile a quello dello Scenario 1 sotto il profilo viabilistico. La domanda servita dal nuovo attraversamento stradale è pari a 17.621 passeggeri/giorno nel 2030, con livelli di saturazione dell'infrastruttura che rimangono intorno a 0,5, assicurando così buone condizioni di servizio anche nel lungo periodo. Gli utenti stradali che utilizzano il nuovo ponte beneficiano di un risparmio medio di 1,37

minuti a passeggero, mentre gli utenti indiretti (non utilizzatori) vedono un risparmio medio di circa 0,14 minuti a passeggero. La riduzione complessiva delle percorrenze è pari a circa 144.779 auto*km/giorno, esattamente paragonabile a quella dello Scenario 1, confermando quindi il buon contributo in termini di alleggerimento dei flussi veicolari.

Nel confronto complessivo tra i tre scenari, emerge che Scenario 1 e Scenario 3 offrono i maggiori benefici viabilistici, con analoghi miglioramenti in termini di domanda servita, riduzione dei tempi di percorrenza e decongestionamento della rete. Scenario 2, pur risultando efficace, presenta invece performance leggermente inferiori, in particolare per quanto riguarda la riduzione delle percorrenze complessive e i risparmi sui tempi di viaggio per gli utenti. In ogni caso, tutti gli scenari di progetto contribuiscono significativamente al miglioramento della connettività tra le due sponde del fiume Adda, alla riduzione della pressione sulla viabilità locale e alla migliore distribuzione della domanda di mobilità, in coerenza con gli obiettivi strategici del progetto.

I benefici riscontrati per il trasporto stradale rappresentano effetti indotti dall'intervento di potenziamento ferroviario, declinato nei tre scenari alternativi, e si traducono in una riorganizzazione complessiva della mobilità e in una redistribuzione dei flussi tra le modalità di trasporto. I risultati della simulazione, riferiti all'anno di attivazione, mostrano i seguenti impatti sul sistema:

- Scenario 1: I risultati dello Scenario 1 mostrano un incremento della quota modale del servizio ferroviario, con un aumento di circa 0,4% (da ~9,8% a ~10,2%). Per quanto riguarda i risparmi di tempo, questo scenario produce un risparmio complessivo di circa 41.666 minuti/giorno per gli utenti ferroviari. Inoltre, gli utenti stradali beneficiano di un risparmio complessivo di circa 231.280 minuti/giorno.
- Scenario 2: Per lo Scenario 2, l'incremento della quota modale ferroviaria risulta essere

simile a quello dello Scenario 1, con un aumento di circa 0,4% (da ~9,8% a ~10,2%). Il risparmio complessivo dei tempi di viaggio per gli utenti ferroviari risulta pari a circa 39.420 minuti/giorno. Per gli utenti del trasporto privato, la variante stradale dislocata a nord produce un risparmio complessivo di circa 203.599 minuti/giorno. Nonostante una minore attrattività del ponte stradale dislocato, il risparmio sui tempi di viaggio stradali rimane significativo.

- Scenario 3: Lo Scenario 3, pur con una configurazione infrastrutturale simile allo Scenario 1 per quanto riguarda la variante ferroviaria, vede un incremento della quota modale ferroviaria leggermente superiore, con un aumento di circa 0,5% (da ~9,8% a ~10,3%). Questo scenario produce il maggior risparmio complessivo di tempo per gli utenti ferroviari, pari a circa 46.457 minuti/giorno. In termini di traffico stradale, la variante stradale dislocata a nord produce un risparmio di circa 221.961 minuti/giorno.

Tra i tre scenari, lo Scenario 3 garantisce la maggiore diversione modale da auto a treno, pari a circa 7.955 passeggeri/giorno. Questo risultato è dovuto alla minore attrattività del nuovo ponte stradale, collocato a circa 3,5 km a nord del ponte San Michele, che incentiva l'utilizzo del servizio ferroviario R14 come unica modalità di attraversamento tra i Comuni di Paderno d'Adda e Calusco d'Adda.

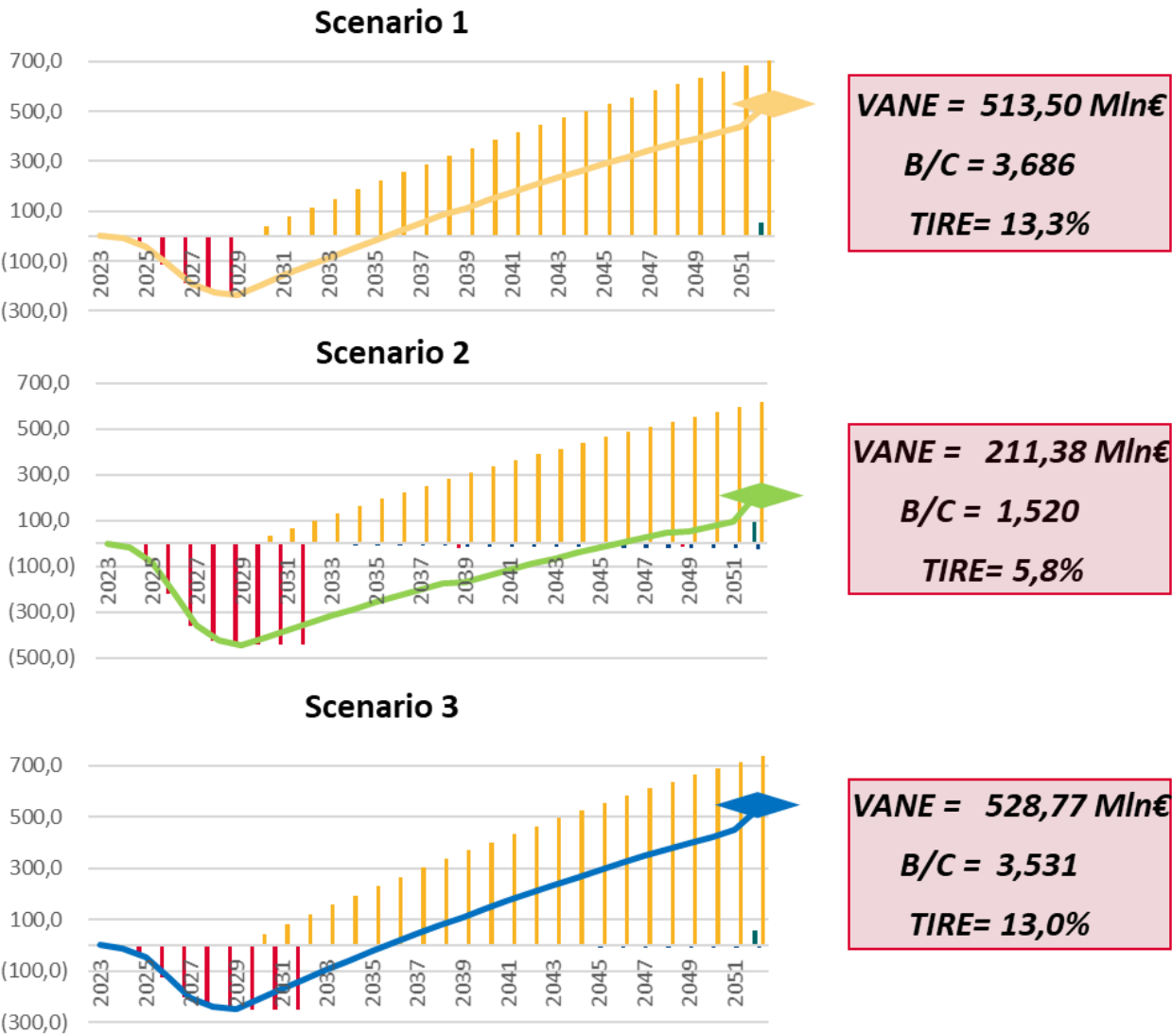
In conclusione, ciascun scenario presenta vantaggi rilevanti in termini di risparmio di tempo, sia per il trasporto ferroviario sia per quello stradale. Lo Scenario 3 si distingue per i maggiori benefici ferroviari e per la più elevata diversione modale, mentre lo Scenario 1 risulta il più vantaggioso in termini di risparmio per il traffico stradale. Lo Scenario 2, seppur meno performante in valore assoluto, può comunque soddisfare esigenze specifiche di accessibilità e gestione del traffico grazie alla sua configurazione e alla diversa localizzazione delle infrastrutture.

3.2. *Analisi Costi e Benefici*

L'Analisi Costi-Benefici (ACB) rappresenta uno strumento fondamentale per valutare la sostenibilità economica e finanziaria degli scenari infrastrutturali considerati. In questo contesto, sono stati analizzati tre scenari alternativi, ciascuno caratterizzato da soluzioni progettuali differenti e da diversi livelli di investimento. L'obiettivo dell'ACB è stato quello di identificare e quantificare i principali effetti economici derivanti dalla realizzazione degli interventi, considerando sia i benefici diretti e indiretti sia i costi complessivi, inclusi quelli di investimento e quelli sostenuti durante la vita utile dell'opera nell'orizzonte temporale preso in esame.

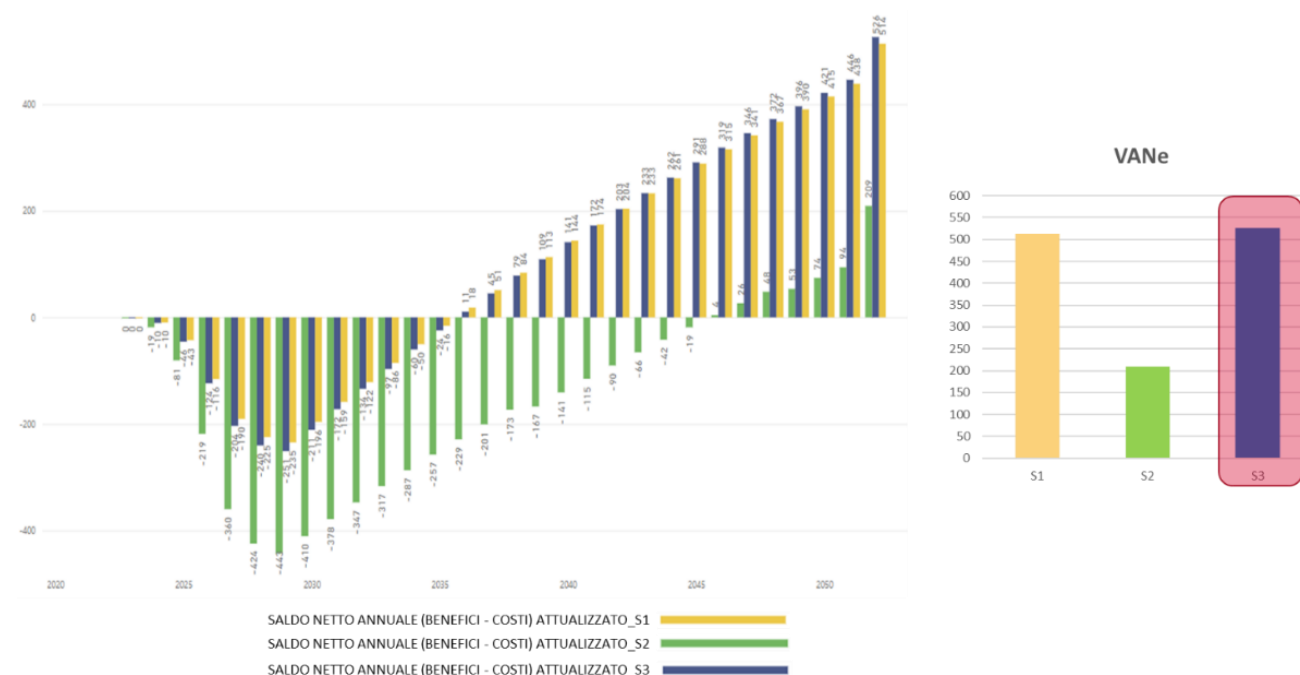
L'analisi ha considerato i principali benefici generati dalle opere infrastrutturali, tra cui il risparmio di tempo per gli utenti del sistema ferroviario e stradale, la riduzione dell'incidentalità e il miglioramento della qualità ambientale, principalmente legato alla diversione modale dalla gomma alla ferrovia. Inoltre, si è valutata la riduzione dei costi esterni derivanti dall'inquinamento atmosferico e acustico, fattore particolarmente rilevante nel contesto di politiche di mobilità sostenibile. Per ciascun scenario sono stati stimati i flussi di cassa attesi, valutati attraverso indicatori economici quali il Valore Attuale Netto economico (VANE), il Rapporto Benefici-Costi (B/C) e il Tasso Interno di Rendimento (TIR), al fine di stimare la convenienza economica dell'intervento proposto.

L'analisi socio-economica ha dimostrato che tutti e tre gli scenari considerati sono in grado di generare benefici e produrre externalità positive per la collettività rispetto allo Scenario di Riferimento. Tali benefici emergono principalmente attraverso il miglioramento dell'efficienza operativa della rete infrastrutturale, la riduzione dei tempi di viaggio, il miglioramento della sicurezza stradale e ferroviaria, la diversione modale verso sistemi di trasporto più sostenibili e, di conseguenza, la riduzione degli impatti ambientali.



Per quanto concerne il rapporto Benefici-Costi (B/C), lo Scenario 2 presenta un valore pari a 1,520, inferiore rispetto a quelli registrati negli Scenari 1 e 3. Sebbene tale valore risulti più basso, rimane comunque superiore a 1, indicando una sostenibilità economica dell'intervento. È importante sottolineare che il valore relativamente più basso del rapporto B/C non è imputabile a una minore efficienza dell'intervento, ma piuttosto a un aumento significativo dei costi associati. Nello specifico, lo Scenario 2 si distingue per i costi di investimento iniziali più elevati e per una maggiore incidenza dei costi di manutenzione, sia ordinaria che straordinaria, rispetto agli altri scenari. Questi costi aggiuntivi, pur non compromettendo i benefici generati, incidono direttamente sul valore del rapporto B/C, rendendolo meno competitivo rispetto agli altri scenari. È quindi necessario contestualizzare questo indicatore economico considerando la struttura dei costi specifica di ciascun intervento.

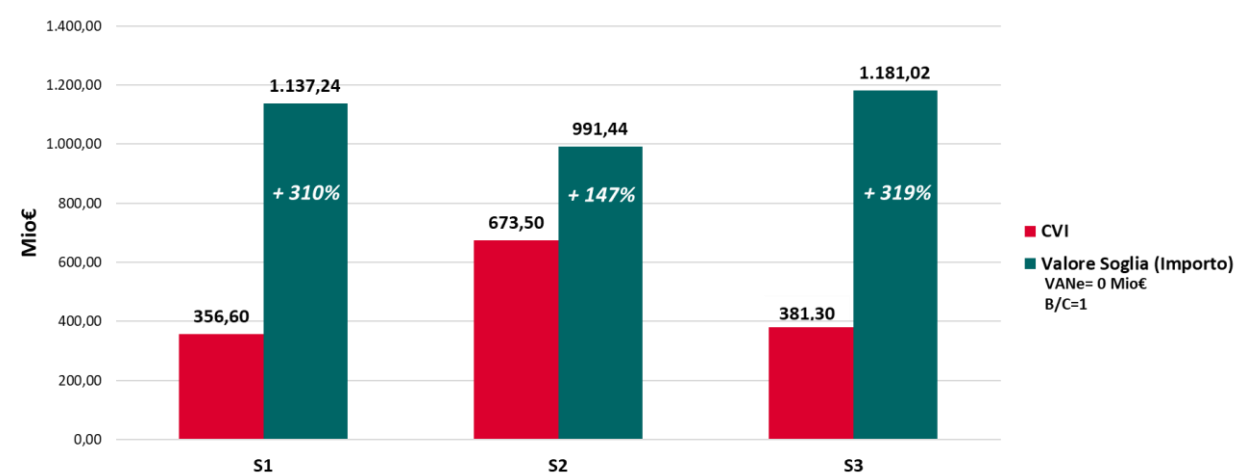
Analizzando globalmente gli indicatori economici, lo Scenario 1 e lo Scenario 3 presentano un profilo economico-finanziario maggiormente sostenibile e tra loro paragonabile. Seppur lo Scenario 1 presenta un TIRE (indicatore che valuta il tasso di rendimento del progetto) leggermente superiore rispetto allo Scenario 3, i due scenari dimostrano una capacità di generare benefici economici in rapporto agli investimenti effettuati simile, confermando la validità di entrambe le proposte.



La differenza tra gli scenari non risiede unicamente nella capacità di migliorare l'efficienza della rete, ma dipende soprattutto dalla combinazione tra costi di investimento e gestione e dai benefici derivanti dalla diversione modale.

Un aspetto fondamentale dell'analisi economica è la determinazione del valore soglia, che corrisponde all'incremento massimo dei costi di investimento che può essere sostenuto prima che il Valore Attuale Netto economico (VANE) diventi negativo, rendendo l'intervento non più conveniente. In altre parole, il

valore soglia indica la soglia critica oltre la quale l'incremento dei costi, seppur non immediatamente evidente, vanifica i benefici economici generati dal progetto, annullando il ritorno sugli investimenti. Questo parametro è essenziale per comprendere la resilienza economica del progetto in scenari di cambiamenti imprevisti dei costi, come quelli derivanti da aumenti nei costi di costruzione, difficoltà nell'approvvigionamento dei materiali, o incrementi imprevisti nei costi di manutenzione.





Capitolo 4

IL PROGETTO NEL CONTESTO TERRITORIALE

4. Il Progetto nel contesto territoriale

4.1. Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico

Le tre soluzioni progettuali si collocano in contesti geologico-geomorfologici del tutto simili. Le soluzioni viaggiano sulle superfici pianeggianti di Calusco d'Adda e Paderno d'Adda ed attraversano la valle dell'Adda in tratti diversi. Dal punto di vista geologico, la stratigrafia vede generalmente una successione caratterizzata da depositi fluvioglaciali quaternari che si appoggiano sui conglomerati del Ceppo. Questi ultimi si collocano al di sopra di esigui spessori delle Argille di Conche o in diretto contatto con il substrato calcareo-marnoso pre-orogenico. Le tre soluzioni progettuali si sviluppano come elencato a seguire:

- Scenario 1: Stretto affiancamento al ponte esistente, sia stradale e ferroviario;
- Scenario 2: Ponte ferroviario a sud dell'esistente con stradale a nord;
- Scenario 3: Ponte ferroviario in affiancamento e ponte stradale a nord.

Di seguito viene riportata una descrizione sintetica dei contesti geologici attraversati dalle tre soluzioni.

SCENARIO 1 (STRETTO AFFIANCAMENTO STRADALE E FERROVIARIO)

Nella soluzione in stretto affiancamento, i contesti geologici e geomorfologici sono assimilabili a quelli su cui insiste l'opera esistente. In questo tratto la valle ha una larghezza di circa 300m e fianchi piuttosto

scoscesi su cui localmente affiorano conglomerati cementati ascrivibili alle unità litologiche del "Ceppo".

In questo settore, le argille di Coche sono state intercettate in sondaggio in spessori modesti (1 metro ca.), tali da non favorire lo sviluppo di instabilità. Al di sotto di questo livello è stato intercettato il substrato roccioso, calcareo-marnoso.

Da un punto di vista geomorfologico, la soluzione 1 si localizza ad una distanza <50m a nord del limite di un'area in frana. Il fenomeno, come emerso dagli approfondimenti realizzati, si manifesta attraverso lo slittamento dei conglomerati del Ceppo sulle argille plastiche di Conche, a causa dell'incisione di quest'ultime da parte dell'Adda e della conseguente esposizione del contatto con i sovrastanti conglomerati. Come conseguenza i conglomerati si fratturano e si disarticolano, restituendo in superficie una morfologia a blocchi e trincee.

SCENARIO 2 (PONTE FERROVIARIO A SUD E STRADALE A NORD)

Nello scenario 2 il sedime ferroviario ricadrebbe in gran parte su superfici sub-pianeggianti delle sommità collinari, fatta eccezione per l'attraversamento del F. Adda. In questo settore la valle dell'Adda ha una larghezza di 1.4km ca. e i suoi fianchi presentano una morfologia più articolata, caratterizzata dalla presenza di scarpate intermedie e terrazzi morfologici a quote diverse, di origine fluviale. La morfologia della valle risulta inoltre particolarmente modificata dall'attività antropica. Dal punto di vista geologico, lungo i fianchi della valle affiorano localmente i conglomerati cementati del Ceppo.

Dal punto di vista geomorfologico non vengono riportate instabilità di versante paragonabili a quelle descritte per la soluzione 1; nell'area sono presenti prevalentemente forme fluviali (scarpate fluviali) e forme legate alle attività antropiche (cave).

Per quanto riguarda la soluzione stradale, essa si andrebbe a localizzare a circa 4 km a nord del ponte attuale, in un tratto in cui la valle ha una larghezza inferiore a 200m e i suoi fianchi hanno altezza di circa

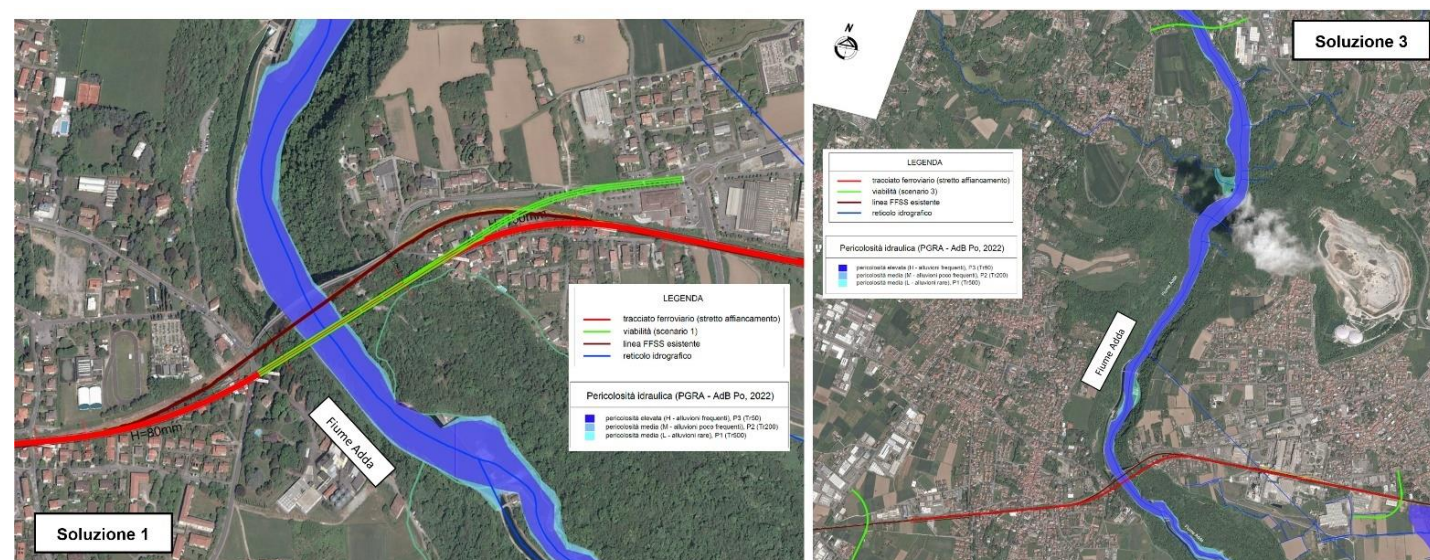
30m dalla quota dell'Adda. Lungo questi ultimi sono presenti depositi sciolti costituenti colluvio di versante. Le sommità dei fianchi della valle sono rappresentate da superfici sub-pianeggianti sulle quali viene riportata la presenza di depositi ghiaioso-sabbiosi di origine glaciale e fluvioglaciale del Pleistocene superiore.

SCENARIO 3 (PONTE FERROVIARIO IN AFFIANCOAMENTO E PONTE STRADALE A NORD)

Nello scenario tre, per quanto riguarda gli aspetti geologici e geomorfologici, si rimanda allo scenario 1, in cui i terreni attraversati sono depositi fluvioglaciali recenti, in appoggio erosivo sui sottostanti conglomerati cementati del Ceppo. Dal punto di vista geomorfologico non si riscontrano criticità. Per quanto riguarda la soluzione stradale si rimanda al paragrafo dello scenario 2, in cui il ponte si imposta in un tratto di valle dalla larghezza inferiore a 200m. Lungo questi ultimi viene riportata la presenza di depositi sciolti costituenti colluvio di versante. Le sommità dei fianchi della valle sono rappresentate da superfici sub-pianeggianti sulle quali viene riportata la presenza di depositi di origine glaciale e fluvioglaciale.

4.2. Inquadramento idrologico-idraulico

Dal punto di vista idrologico e idraulico, per tutte e tre le soluzioni proposte/analizzate, la principale interferenza idraulica è costituita sempre dal Fiume Adda.



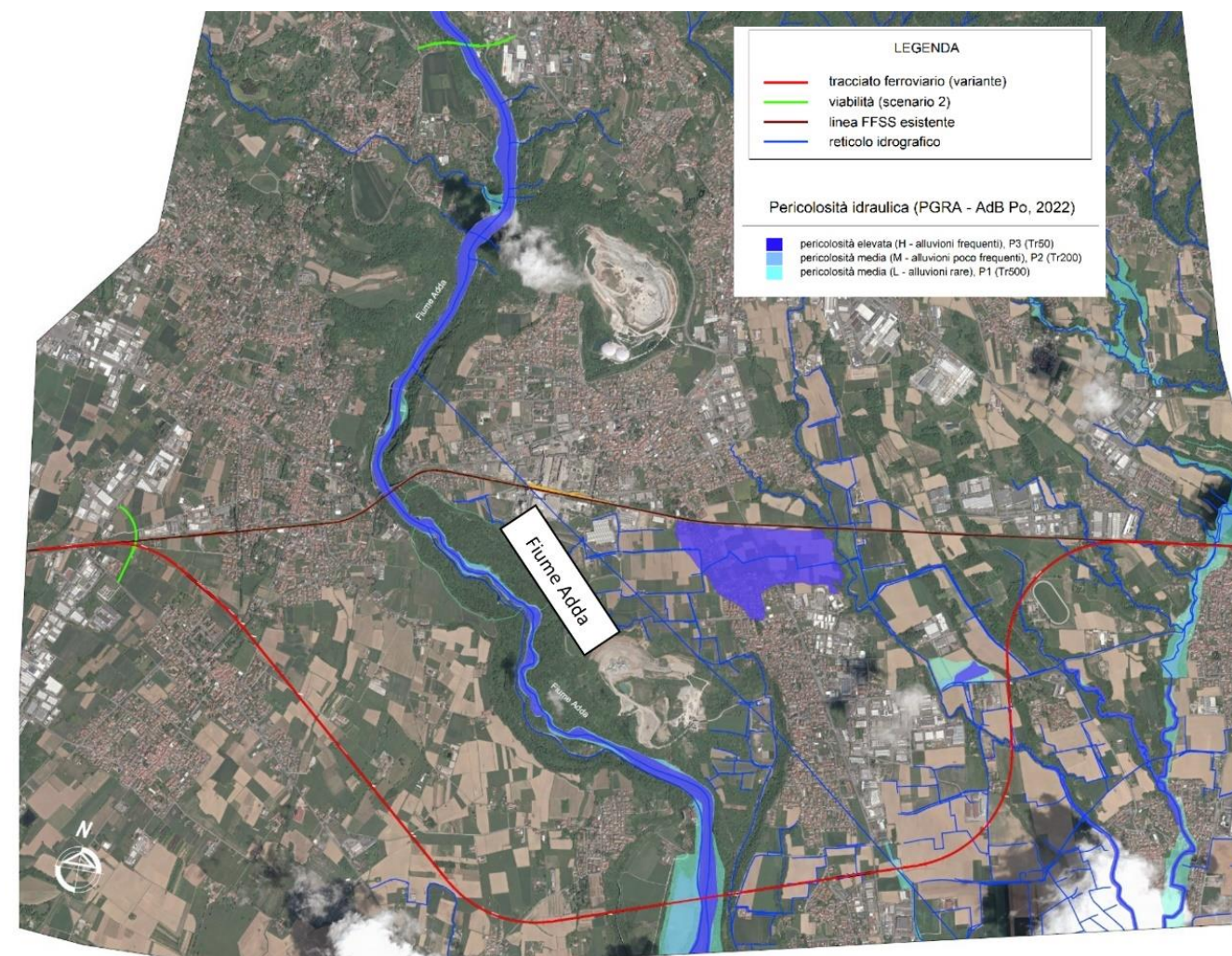
Il quadro conoscitivo di riferimento per la caratterizzazione idrologico-idraulica del bacino del Fiume Adda e la definizione delle relative aree di pericolosità idraulica è attualmente riportato nel Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni (PGRA, ultimo aggiornamento 2024) dell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po.

A tal proposito, nel tratto fluviale di interesse, le aree di pericolosità idraulica associate alle piene del Fiume Adda, sono / rimangono circoscritte all'alveo, in ragione della tipica conformazione a "forra".

Con riferimento quindi alle opere di attraversamento fluviale, ferroviarie e stradali, previste nelle tre soluzioni sul Fiume Adda, in ragione della relativa (notevole) elevazione, le prescrizioni in materia di franco idraulico, i.e. franco minimo di 1,50 m rispetto al livello idrico corrispondente alla piena

duecentennale ($Tr = 200$ anni) e distanza minima di 6 - 7 m tra il fondo alveo e la quota di sotto-trave, in ragione di eventuali fenomeni di trasporto solido di fondo e/o di materiale galleggiante, riportate nelle NTC2018, sono già ampiamente rispettate e non risultano "dimensionanti" per la definizione delle quote di intradosso dei nuovi impalcati.

Da segnalare/evidenziare che, con riferimento soltanto alla soluzione 2, il tracciato ferroviario proposto interferisce (oltre al Fiume Adda) anche con una serie di corsi d'acqua minori, fossi, canali (in particolare, n. 15) della piana bergamasca, che richiederanno quindi la realizzazione di ulteriori manufatti ferroviari di attraversamento fluviale (i.e. tombini, ponti), ai fini della risoluzione della relativa interferenza idraulica. Da tali ulteriori manufatti dipende / dipenderà la definizione dello sviluppo altimetrico del nuovo tracciato ferroviario in variante.



Pericolosità idraulica nell'area di intervento: soluzione 2.

4.3. Ponte San Michele

Il ponte San Michele, noto anche come ponte di Paderno d'Adda, ponte di Calusco d'Adda o ponte Röthlisberger, progettato dall'ingegnere svizzero Julius Röthlisberger (1851-1911), utilizzando la teoria dell'ellisse di elasticità, e **costruito tra il 1887 e il 1889** dalla Società Nazionale delle Officine Savigliano, dalla quale Röthlisberger ne era il Direttore Tecnico, collega i paesi di Paderno d'Adda d'Adda e Calusco d'Adda d'Adda attraversando una gola del fiume Adda, permettendo non solo il passaggio di auto e pedoni, ma anche il transito del treno.

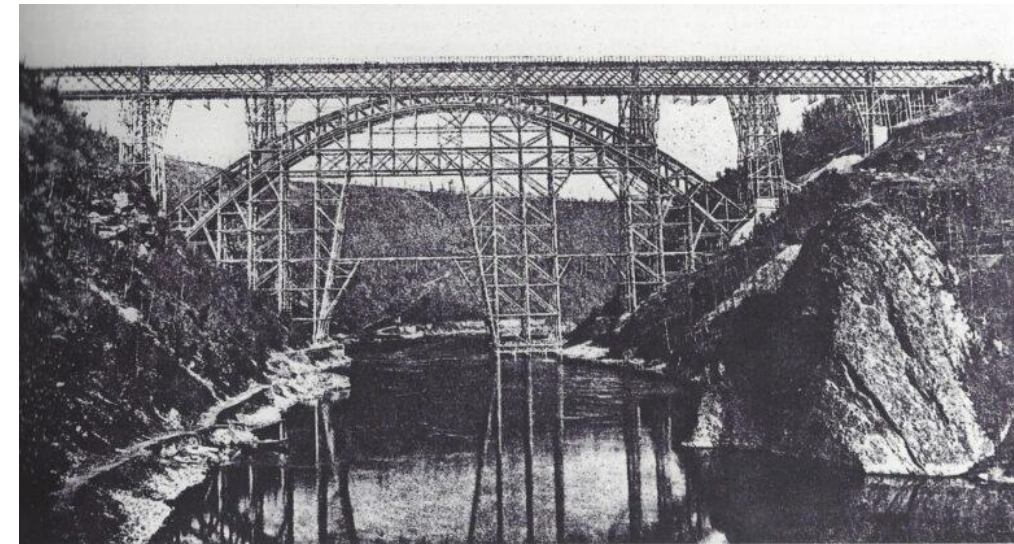
La prima ipotesi progettuale, che prevedeva un ponte a più piloni, con travatura in ferro ma a struttura rettilinea, era stato affidato alla Società per le Strade Ferrate Meridionali, già incaricata della costruzione del tracciato ferroviario.

In conseguenza della manifestazione di interesse per la realizzazione da parte di alcune società attive all'epoca furono presentati quattro progetti, tra i quali il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici scelse la soluzione delle

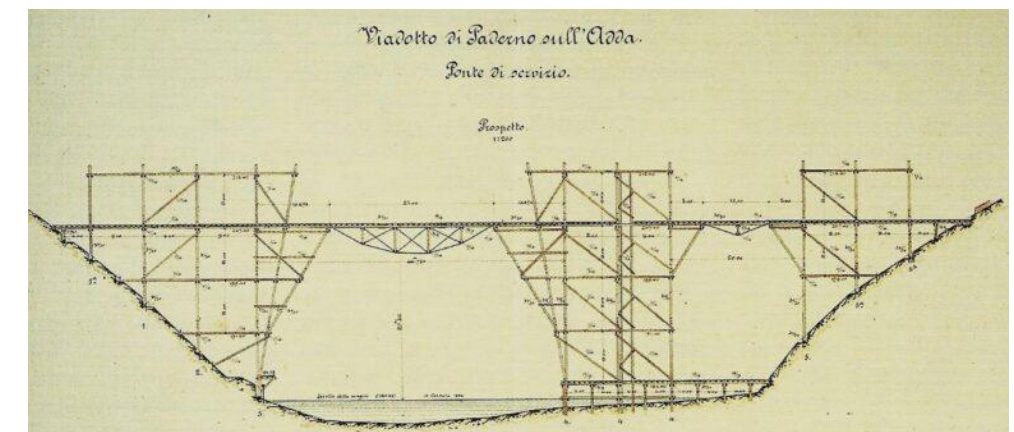
Officine di Savigliano, chiedendo la modifica della prima ipotesi progettuale, ovvero l'allungamento della corda dell'arco da 145 a 150 metri, e della lunghezza della travata da 224 a 266 metri.

Il 22 gennaio 1887, a Roma, fu firmato il contratto, secondo il quale le Officine di Savigliano si impegnavano a eseguire l'opera in 18 mesi, ad un costo di 1.850.000 lire per il ponte, somma alla quale si aggiungevano 128.700 lire per le trincee di accesso.

Per la costruzione del ponte venne realizzato un primo ponte di servizio, per il quale furono necessari 1.800 metri cubi di legno di pino importato dalla Baviera. Durante la realizzazione di questa struttura temporanea, che richiese ben undici mesi per via della complessità del terreno, si iniziarono a costruire i plinti e le fondamenta del ponte San Michele, grazie al continuo afflusso di granito e pietra trasportato lungo l'Adda con le chiatte.



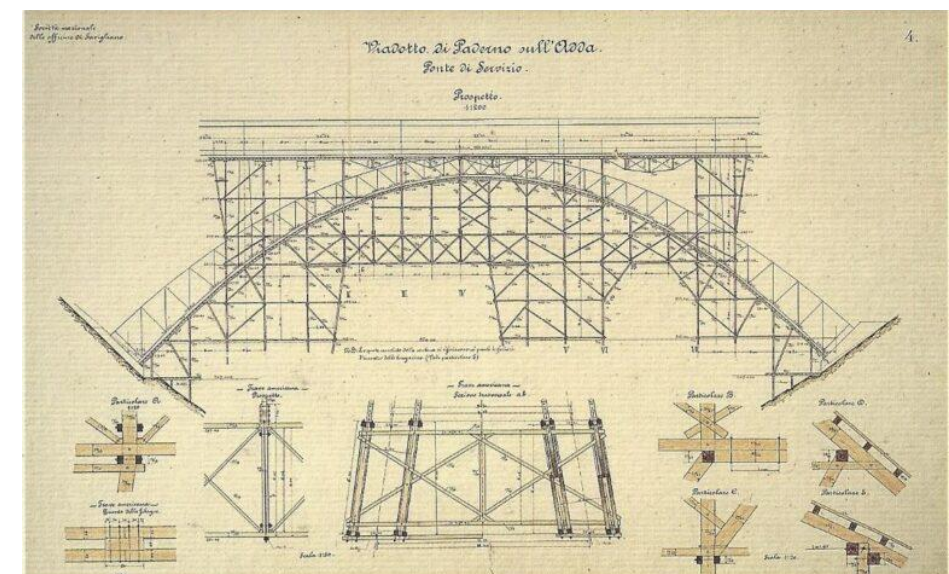
Ponte di Servizio. Fonte: <https://www.ecomuseoaddadileonardo.it/ponte-paderno/>



Ponte di Servizio. Fonte: <https://www.ecomuseoaddadileonardo.it/ponte-paderno/>



Ponte San Michele. Fonte: propria



Ponte di Servizio. Fonte: <https://www.ecomuseoaddadileonardo.it/ponte-paderno/>

Il Ponte rappresenta una delle più interessanti testimonianze di un'epoca in cui l'acciaio, il ferro e la ghisa erano veri e propri simboli del progresso umano.

È **lungo 266 metri**, il suo arco ha una **freccia di 37,5 metri**, e si eleva a **85 metri** al di sopra del livello del fiume Adda. È formato da un'unica campata **in travi di ferro da 150 metri** di corda, che sostiene, tramite **7 piloni in ferro**, un'impalcatura a due livelli di percorribilità, uno ferroviario e l'altro carrabile, con un dislivello di 6,3 metri tra le due sedi. La sede stradale è larga 5 metri ed è a singola corsia, con due passaggi pedonali sui lati. Nel più basso dei due livelli del ponte transita la linea ferroviaria elettrificata Seregno-Bergamo, mentre sul livello superiore si trova la strada carrabile che collega la provincia di Lecco a quella di Bergamo.

La campata è costituita da **due archi parabolici simmetrici e affiancati**, leggermente inclinati tra loro e a sezione variabile più snella verso la cima. La scelta di un ponte a singola campata, senza appoggi intermedi a terra, fu dettata sia dalla particolare forma della gola da scavalcare, molto stretta e profonda, sia dalla volontà di non intralciare la navigazione sul corso d'acqua. Gli archi si appoggiano a opere cementizie e murarie costruite a metà delle pareti della scarpata contrapposte che discendono verso il fiume. I plinti e i contrafforti di sostegno sono costituiti da oltre 5.000 metri cubi di pietra di Moltrasio e 1.200 metri cubi di granito di Baveno.

La struttura è interamente chiodata e non fa uso di saldature dovuto al fatto che, alla fine del XIX secolo, quando il ponte fu eretto, la tecnica della saldatura richiedeva impianti ancora troppo poco pratici per essere adoperati nei manufatti in opera, specie se di dimensioni così rilevanti e in posizioni poco agevoli. Le macchine portatili per la saldatura, soprattutto quelle a elettrodi, si sarebbero cominciate a diffondere solo pochi anni dopo e si sarebbero affermate solo con la Prima guerra mondiale.



Sede stradale a singola corsia, con due passaggi pedonali sui lati. Fonte: propria



Linea ferroviaria elettrificata Seregno-Bergamo. Fonte: www.bergamonews.it

Nonostante tali limiti tecnici, il ponte risultò **un'opera di ingegneria imponente** per l'epoca, con 100.000 chiodi ribattuti che reggono le oltre 2.500 tonnellate della complessa struttura a maglie triangolari degli archi, dei piloni e dei due livelli percorribili. Il doppio arco da solo pesa oltre 1.320 tonnellate, mentre la travata principale raggiunge le 950 tonnellate e i piloni ammontano a 245 tonnellate. Per le sue peculiarità tecniche, il ponte è considerato un capolavoro di archeologia industriale italiana, nonché una delle più notevoli strutture realizzate dall'ingegneria ottocentesca.



Struttura ponte San Michele. Fonte: propria.

La costruzione venne terminata nel marzo 1889; nel maggio dello stesso anno venne effettuato il collaudo, in una giornata di pioggia torrenziale, tramite il transito di un treno molto pesante prima alla velocità di 25 km/h, poi a quella di 35 km/h ed infine, alla velocità vertiginosa di 45 km/h. Il convoglio era composto da 3 locomotive da 83 tonnellate l'una e trenta vagoni, risultando ben più lungo di tutto il ponte, ed aveva peso complessivo di 850 tonnellate.

Il 26 maggio 1889, alla presenza dell'arcivescovo di Milano Luigi Nazari di Calabiana ed altri membri del clero milanese, viene svolta la cerimonia di benedizione del ponte.

Il 1º luglio 1889 il ponte entra ufficialmente in servizio.

Nel 1890 il ponte fu infine interamente concluso con una nuova verniciatura.

Solo tre anni dopo il primo, il ponte subì un secondo collaudo, per verificare la percorribilità con le locomotive di nuova generazione, più potenti e pesanti.

Durante la Seconda guerra mondiale il ponte non venne danneggiato seriamente dalle azioni belliche; nel secondo dopoguerra necessitò ugualmente di alcuni lavori di consolidamento, che furono realizzati dal genio militare. Un completo restauro della travatura venne messo in atto nei primi anni cinquanta. Altri due cospicui interventi di restauro vennero condotti nel 1972 e nel 1992.

Negli anni ottanta il ponte venne inserito nell'elenco dei beni tutelati dalla Soprintendenza per i Beni Ambientali e Architettonici della Regione Lombardia. Nonostante i lavori fatti, sul ponte si applicarono comunque notevoli limitazioni al traffico sia stradale che ferroviario.

Dal 5 dicembre 2014 i passaggi pedonali a lato della sede stradale, usurati e pericolanti, vennero chiusi da reti metalliche e interdetti al passaggio.

Un nuovo intervento di riqualificazione, per una spesa complessiva di 25 milioni di euro, è stato annunciato alla fine del 2015. Esso avrebbe dovuto permettere il transito ferroviario a velocità più elevata, la messa in sicurezza e riapertura dei passaggi pedonali e un'azione di manutenzione globale della struttura. Il 20 giugno 2016, la Regione Lombardia ha stanziato 1,6 milioni di euro, per lavori di ristrutturazione ai fini di miglioramento della viabilità stradale e ferroviaria, che si andranno ad aggiungere ad un fondo di 20 milioni di euro stanziati da RFI per la viabilità ferroviaria. Uno degli obiettivi del progetto di ristrutturazione era innalzare il limite massimo di velocità dei treni a 75 km/h, a fronte degli attuali 15 km/h.

La sera del 14 settembre 2018, a seguito di parametri anomali riscontrati dai sensori di stabilità, il ponte fu improvvisamente chiuso a tempo indeterminato a partire dalla mezzanotte, sia per il traffico veicolare che per quello ferroviario. Sono stati quindi avviati importanti lavori di consolidamento e ristrutturazione, che hanno permesso di rendere nuovamente accessibile il ponte dal 29 marzo 2019 al traffico ciclopedonale, dall'8 novembre 2019 al transito dei veicoli a motore ed il 14 settembre 2020 al traffico ferroviario.

Il 15 settembre 2018, dopo il riscontro di valori anomali e preoccupanti forniti dal sistema di monitoraggio continuo da parte dei tecnici di RFI, il ponte è stato chiuso d'urgenza alla circolazione stradale e ferroviaria. I lavori di manutenzione sono stati stimati essere della durata di due anni. A partire da tale data i treni hanno circolato unicamente tra Milano e Paderno d'Adda e tra Calusco d'Adda e Bergamo; tra Paderno d'Adda e Calusco d'Adda è stato attivato un collegamento tramite autobus, inizialmente limitato alle due stazioni ai lati del ponte ed in seguito esteso fino a Terno d'Isola, che attraversava l'Adda presso il ponte di Brivio.

Il 29 marzo 2019 il ponte è stato riaperto a pedoni e biciclette, in occasione anche dell'apertura

dell'autodromo di Monza ai cicli, e sono stati attivati collegamenti mediante autobus navetta tra le estremità del viadotto e le stazioni di Paderno d'Adda e Calusco d'Adda, che arrivavano e partivano in coordinazione tra le estremità opposte e consentivano ai viaggiatori di transitare sul ponte a piedi.



Pedoni sul ponte San Michele nel periodo di chiusura ai mezzi. Fonte: www.ilcittadinomb.it

L'8 novembre 2019 il ponte è stato riaperto anche al traffico veicolare, con l'attivazione di un servizio di autobus che collegava Paderno d'Adda e Calusco d'Adda tramite il ponte; il servizio automobilistico via Brivio, rimasto invariato, è stato effettuato fino al successivo 15 dicembre, data in cui è stato soppresso in occasione dell'entrata in vigore del nuovo orario ferroviario invernale, che prevedeva che gli autobus navetta che transitavano sul ponte partissero ed arrivassero in coincidenza con i treni.

I lavori di ristrutturazione del ponte sono proseguiti anche dopo l'inizio della pandemia di COVID-19, a seguito della quale è stato deciso di imporre un lockdown sull'intero territorio nazionale italiano dal 9 marzo al 18 maggio 2020, ed il 14 settembre dello stesso anno il ponte è stato infine riaperto anche al transito dei treni, esattamente 2 anni dopo la data in

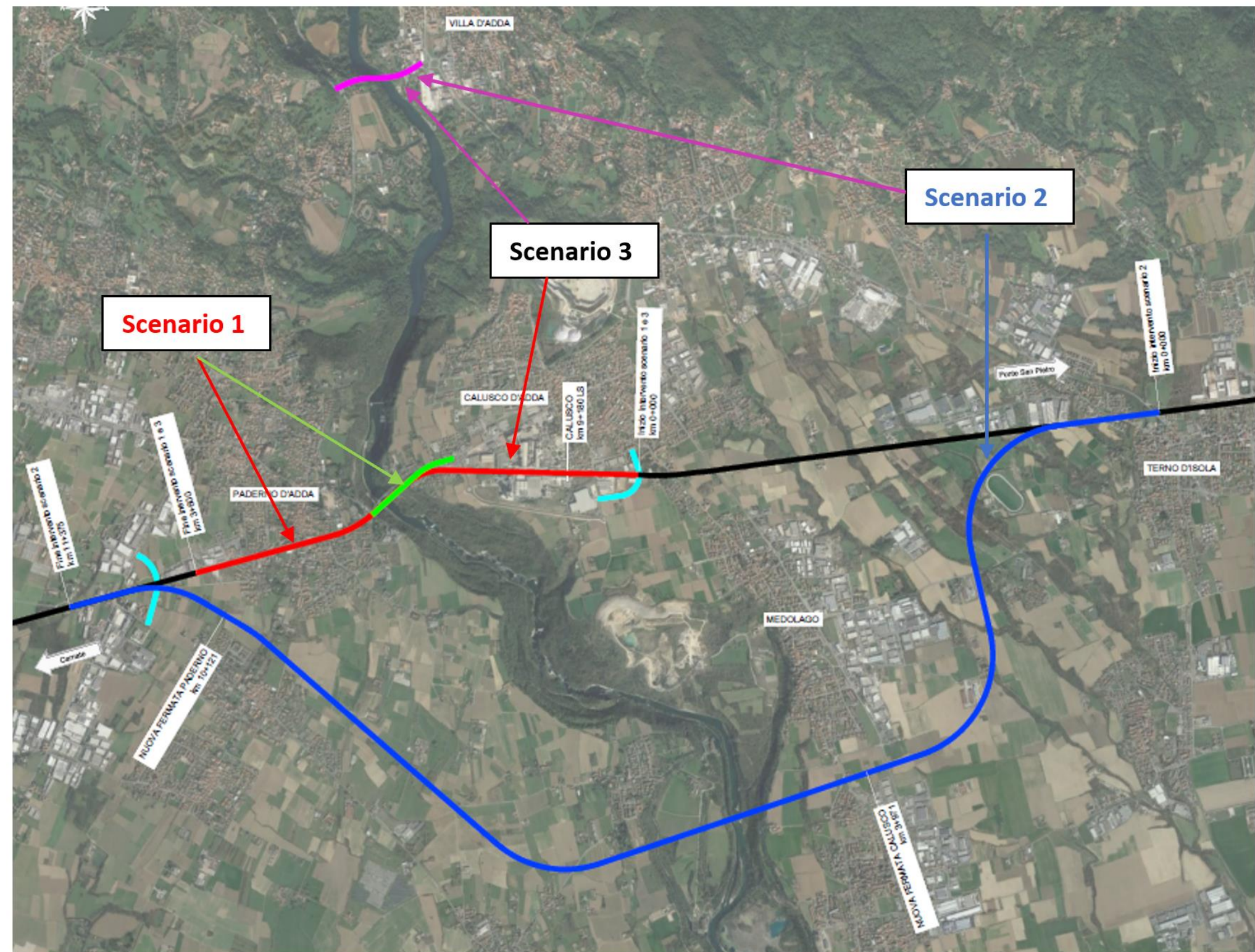
cui era stato chiuso; di conseguenza tutti i servizi di autobus sostitutivi sono stati eliminati.

4.4. Valore e Tutela del Paesaggio

L'assetto ambientale e paesaggistico costituisce una parte determinate del sistema dei vincoli da considerare nella valutazione dell'alternativa di intervento, in quanto su di esso impatteranno direttamente le azioni materiali e/o immateriali previste dal progetto. Nell'analisi del contesto vengono prese in considerazione le componenti ambientali, con particolare riferimento ai seguenti tematismi:

Analisi del contesto territoriale:

- a. Sensibilità paesaggistica
- b. Analisi ecologica ed ecosistemica



Inquadramento area di intervento

CONTESTO TERRITORIALE

L'intervento si inserisce nel progetto di potenziamento della tratta Carnate – Ponte San Pietro, interessata dalle relazioni Milano-Monza-Bergamo e Como-Bergamo, e consiste nella realizzazione del nuovo ponte ferroviario, in sostituzione dell'esistente ponte ferro-stradale in ferro realizzato nel 1917.

Elemento di preminente rilevanza paesaggistica è costituito dal Parco dell'Adda Nord. Il parco dell'Adda Nord è un'area naturale protetta che comprende i territori di pianura attraversati dal fiume Adda, a valle del ramo lecchese del Lario. In questa parte il fiume si snoda all'interno di un paesaggio dalle caratteristiche ambientali uniche. Il parco venne istituito nel 1983 e ha una superficie di 5580 ettari. A seguire una disamina degli elementi di maggior pregio presenti nel Parco, e nello specifico nelle aree limitrofe all'intervento.

Naviglio di Paderno d'Adda

Il Naviglio di Paderno d'Adda è un canale artificiale parallelo al Fiume Adda nel Comune di Paderno d'Adda, nato nel 1777 e lungo 2,7 km. Di seguito il Naviglio di Paderno d'Adda, lungo il Fiume Adda, in corrispondenza del Ponte San Michele:



Naviglio di Paderno

PUNTI DI INTERESSE DELL'ARCHEOLOGIA INDUSTRIALE

Diga di Robbiate e Centrale idroelettrica “Guido Semenza”

La centrale idroelettrica Semenza è una storica centrale idroelettrica di proprietà di Edison situata a Calusco d'Adda, sulla sponda sinistra del fiume Adda, nei pressi della diga di Robbiate (anche chiamata “Diga Nuova” per distinguerla da quella più antica di Paderno d'Adda). I lavori per la costruzione incominciarono nel 1917 e si conclusero nel 1920, commissionati dalla Edison per incrementare ulteriormente il fabbisogno di produzione elettrica, già fornita dalle acque del fiume Adda alle precedenti centrali (Bertini ed Esterle) situate un po' più a valle sulla sponda destra, a Porto d'Adda. La Centrale Semenza è ancora in funzione.



Diga di Robbiate e Centrale idroelettrica “Guido Semenza”

Diga Vecchia Paderno d'Adda

La diga di Paderno d'Adda, meglio nota come “Diga Vecchia” per distinguerla da quella più recente detta “Diga Nuova” di Robbiate, venne costruita tra il 1895 e il 1898 dalla Società Edison, nel punto in cui esisteva già una diga di tipo sommerso, costruita nel 1777 per convogliare l'acqua dell'Adda nel Naviglio di Paderno d'Adda, operazione necessaria al funzionamento della centrale idroelettrica Angelo Bertini di Cornate d'Adda. L'opera, posta accanto alla Chiesetta di Santa Maria Addolorata, è lunga 130 metri ed è detta “a palizzata” poiché è formata da 1300 travi in legno removibili dette “panconcelli” – alte 3,5 metri e posizionate su una struttura metallica – che regolano il passaggio dell'acqua. In base alla portata d'acqua del fiume, i panconcelli possono essere rimossi o ricollocati per avere un flusso d'acqua costante verso la centrale. La diga è detta anche di tipo Poirée, dal nome dell'ingegnere francese che la ideò. La diga nasce tuttavia come incile del canale navigabile, che qui deviava dal corso naturale del fiume. Anche Leonardo da Vinci studiò la fattibilità del Naviglio di Paderno d'Adda. Nel 1574 Giuseppe Meda ne riprese lo studio, ma senza successo: venne anzi incarcerato per i debiti assunti sull'opera. Così, nel 1602 si recuperò il solo tratto tra l'incile e la prima conca del canale. Il naviglio trovò compimento solo nel 1777 poiché il cantiere venne rallentato dalle piene fluviali, dai rigidi inverni, dagli scioperi, dall'opposizione della Repubblica Veneta e dalla pigrizia del governo spagnolo.



PUNTI DI INTERESSE NATURALISTICO

La forra dell’Adda e i Tre Corni

Poco dopo il “Ponte San Michele”– che collega Paderno d’Adda e Calusco d’Adda – il fiume Adda, che prima scorre lento in un fondovalle alluvionale, entra in una profonda gola, scavata nella roccia sedimentaria di origine glaciale caratteristica del medio corso del fiume, detta “ceppo dell’Adda”. Qui il suo corso diventa impetuoso e spumeggiante, con rapide e massi affioranti, caratteristiche che rendono la navigazione impossibile. Questa conformazione ha segnato, già nel XVI secolo d.C., la necessità di una via alternativa attraverso la quale trasportare le merci dal Lago di Como a Milano, soddisfatta solo nel 1777 grazie alla realizzazione del Naviglio di Paderno d’Adda. La progettazione e la realizzazione di questo canale artificiale, dotato di un sistema di chiuse idrauliche dette “conche”, fu lungo e travagliato e passò anche da studi e progetti di Leonardo da Vinci.

Ma il Naviglio di Paderno d’Adda non è l’unico elemento di questo tratto di fiume Adda che riconduce a Leonardo: tra gli speroni di roccia spicca il rilievo dei Tre Corni, una caratteristica formazione costituita da tre grandi massi di “ceppo dell’Adda” che si ergono maestosi dal fiume e si innalzano con la punta smussata verso il cielo. Oltre a essere presenti in numerosi schizzi e disegni che Leonardo da Vinci realizzò durante il suo soggiorno a Vaprio d’Adda, sono molto probabilmente stati di ispirazione per lo sfondo del celebre dipinto della Vergine delle Rocce del genio toscano, conservato in due versioni al Louvre di Parigi e alla National Gallery di Londra.

I Tre Corni segnano l’inizio della grandiosa e selvaggia forra dell’Adda, uno dei tratti più spettacolari del fiume. Si tratta di una sorta di canyon profondo più di 100 metri dal livello della pianura e ricoperto da fitti

boschi di querce e carpini, che costituisce un residuo dell’antica foresta padana, ancora ben visibile tra i comuni di Paderno d’Adda, Robbiate e Calusco d’Adda.



Forra dell’Adda e i Tre Corni

PUNTI DI INTERESSE RELIGIOSI

Chiesetta Santa Maria Addolorata

La Chiesetta di Santa Maria Addolorata si trova nel territorio di Paderno d’Adda, in corrispondenza dell’incile del Naviglio di Paderno d’Adda e accanto alla Diga Vecchia. All’inizio degli anni Novanta del Novecento, fu rinvenuta in questa chiesetta una pala d’altare: si trattava di un’opera lignea risalente alla fine del Cinquecento e raffigurante la Vergine con il Cristo Morto. Per preservarla e sottrarla alla particolare umidità del luogo, l’opera venne trasferita nella chiesa parrocchiale di Paderno d’Adda. La chiesetta, oggi sconsacrata, è stata recentemente ristrutturata dal Parco Adda Nord.



Chiesetta Santa Maria Addolorata

Santuario della Madonna della Rocchetta

L’edificazione del santuario fu voluta dal possidente e medico milanese Beltrando da Cornate nel 1386. Il piccolo tempio fu costruito sulle rovine di un’antica rocca, un castrum di origine romana databile fra il V e il IX secolo d.C. Alla chiesa furono annessi dei locali per ospitare una piccola comunità monastica e nel 1389 Beltrando dona l’intero complesso ai frati eremiti agostiniani del convento di San Marco in Milano. Nei secoli seguenti i frati poterono però restare al santuario solo saltuariamente, dato che fu spesso occupato dai soldati milanesi che dall’alto potevano controllare le mosse dei nemici. Il monastero venne lasciato in seguito nell’incuria e subì danni da parte di briganti e mendicanti. Nel 1796 vennero soppressi molti ordini religiosi e monasteri, fra i quali anche il convento di San Marco di Milano e la chiesa di Santa Maria della Rocchetta venne venduta ai privati. Verso la metà del 1800 i proprietari la donarono alla Chiesa di Porto d’Adda, allora annessa alla parrocchia di Cornate d’Adda.

Oggi la chiesa è meta di numerosi turisti e fedeli, anche perché tappa del Cammino di Sant’Agostino.



SENSIBILITA' PAESAGGISTICA

Le aree di tutela ambientale mostrano in evidenza gli elementi territoriali che ne segnano la particolarità e sensibilità ambientale quali laghi, fiumi, ghiacciai, aree a quota superiore a 1600 metri s.l.m., aree a parco naturale, nonché la rilevanza paesaggistica

come i beni ambientali, quelli di interesse archeologico e i beni culturali.

SCENARIO 1

Lo scenario 1 interferisce con le seguenti aree tutelate:

Immobili ed aree di notevole interesse pubblico – art.136 D.Lgs 42/04



- VINCOLI
- Art.136 D.Lgs. 42/04
- Architetture_vincolate_e_di_particolare_interesse
 - Perimetro_e_Aree_di_notevole_interesse_pubblico

Aree tutelate per legge – art.142 D.Lgs 42/04

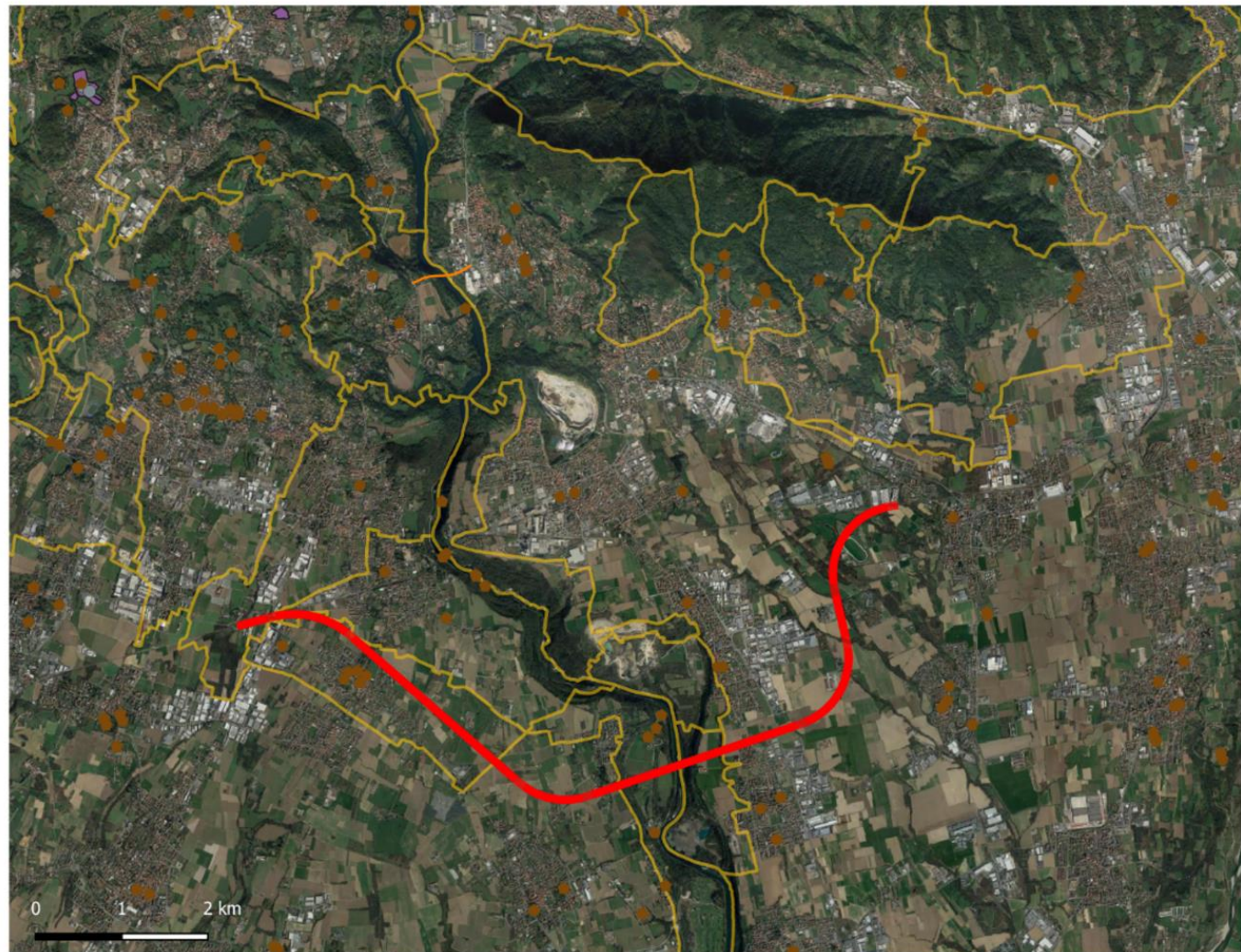


- VINCOLI
- Art. 142 D.Lgs. 42/04
- Parchi_locali_interesse_sovracomunale
 - Fiumi_torrenti_e_corsi_acqua_pubblici_e_relative_sponde
 - Aree_rispetto_corsi_d_acqua_tutelati
 - Territori_coperti_da_foreste_e_da_boschi
 - Alvei_fluviali_tutelati
 - Parchi_regionali_nazionali - Parco regionale dell' Adda Nord L.R. n° 35 del 16/09/1983
 - EUAP - Area EUAP0736 – Parco naturale dell' Adda Nord

SCENARIO 2

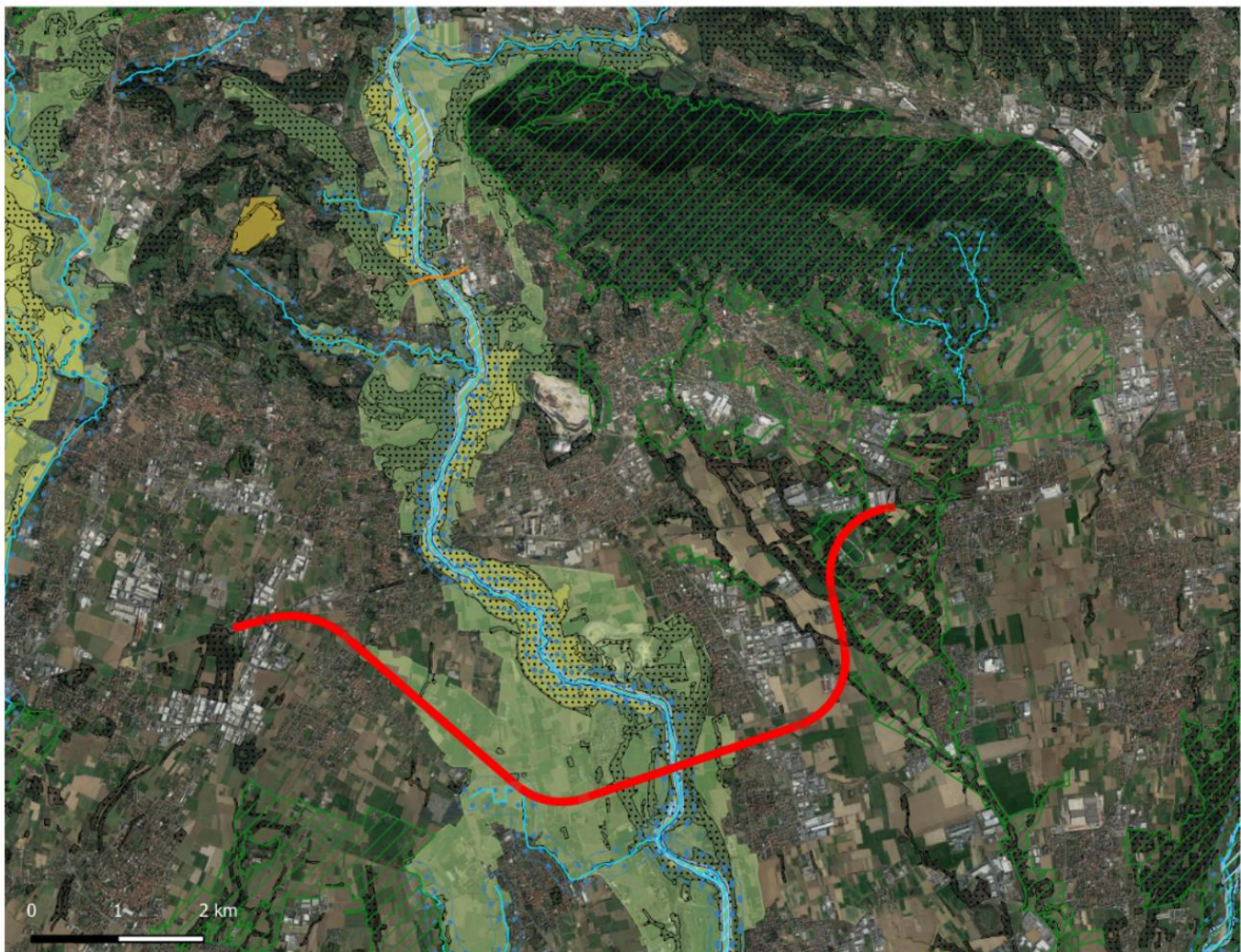
Lo scenario 2 interferisce con le seguenti aree tutelate:

Immobili ed aree di notevole interesse pubblico – art.136 D.Lgs 42/04



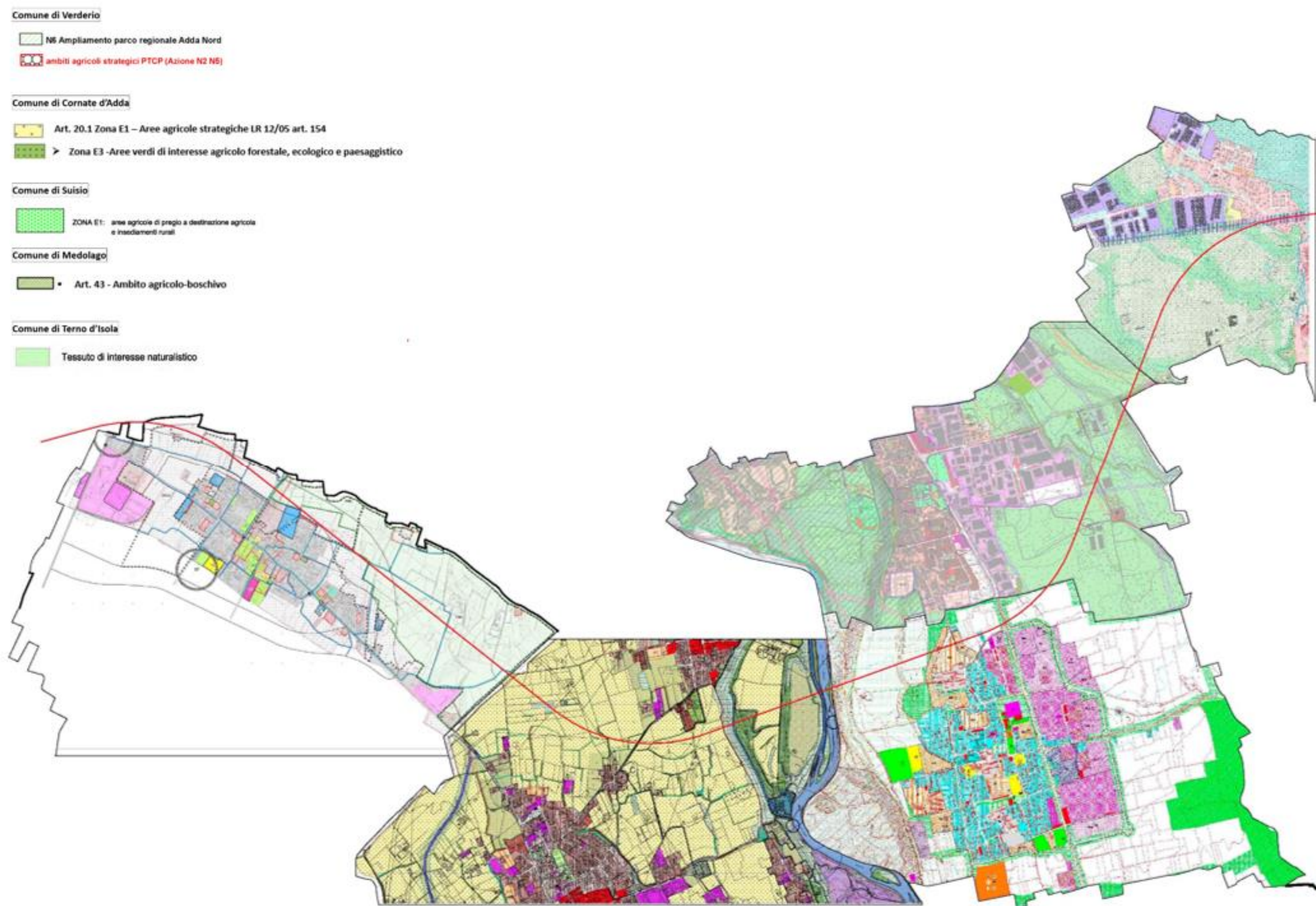
- VINCOLI
- Art.136 D.Lgs. 42/04
- Architetture_vincolate_e_di_particolare_interesse
 - Alberi_monumentali
 - Perimetro_e_Aree_di_notevole_interesse_pubblico
 - Beni_e_immobili_di_notevole_interesse_pubblico

Aree tutelate per legge – art.142 D.Lgs 42/04



- VINCOLI
- Art. 142 D.Lgs. 42/04
- Parchi_locali_interesse_sovracomunale
 - Fiumi_torrenti_e_corsi_acqua_pubblici_e_relative_sponde
 - Aree_rispetto_corsi_d_acqua_tutelati
 - Territori_coperti_da_foreste_e_da_boschi
 - Alvei_fluviali_tutelati
 - Parchi_regionali_nazionali
 - EUAP

Rispetto allo Scenario 1, la porzione di intervento ricadente in aree tutelate è nettamente maggiore, nonché il consumo di suolo ad alto valore paesaggistico come emerso dall'analisi degli strumenti urbanistici comunali, rappresentato nell'immagine a seguire.

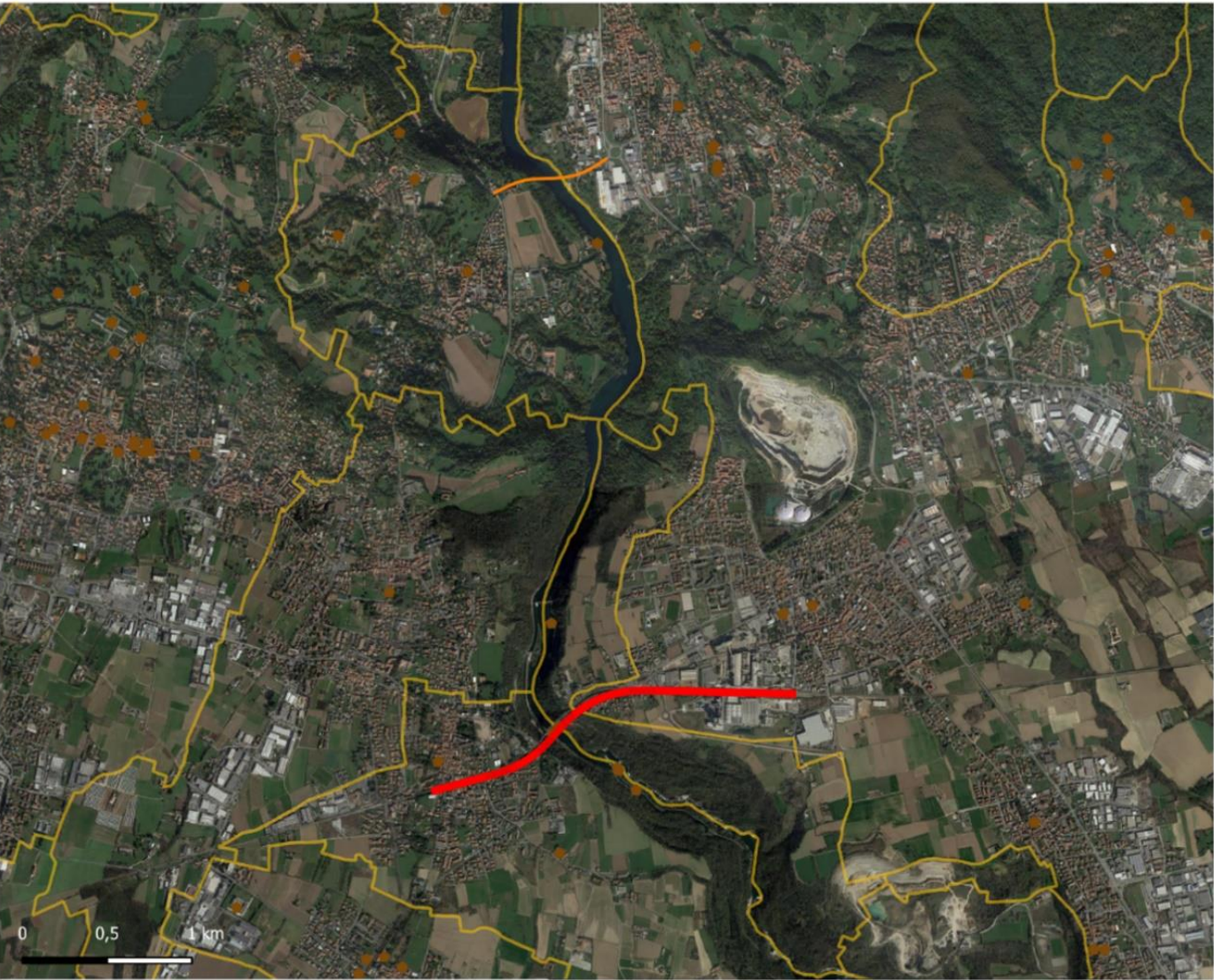


SCENARIO 3

Lo scenario 3 interferisce con le seguenti aree tutelate.

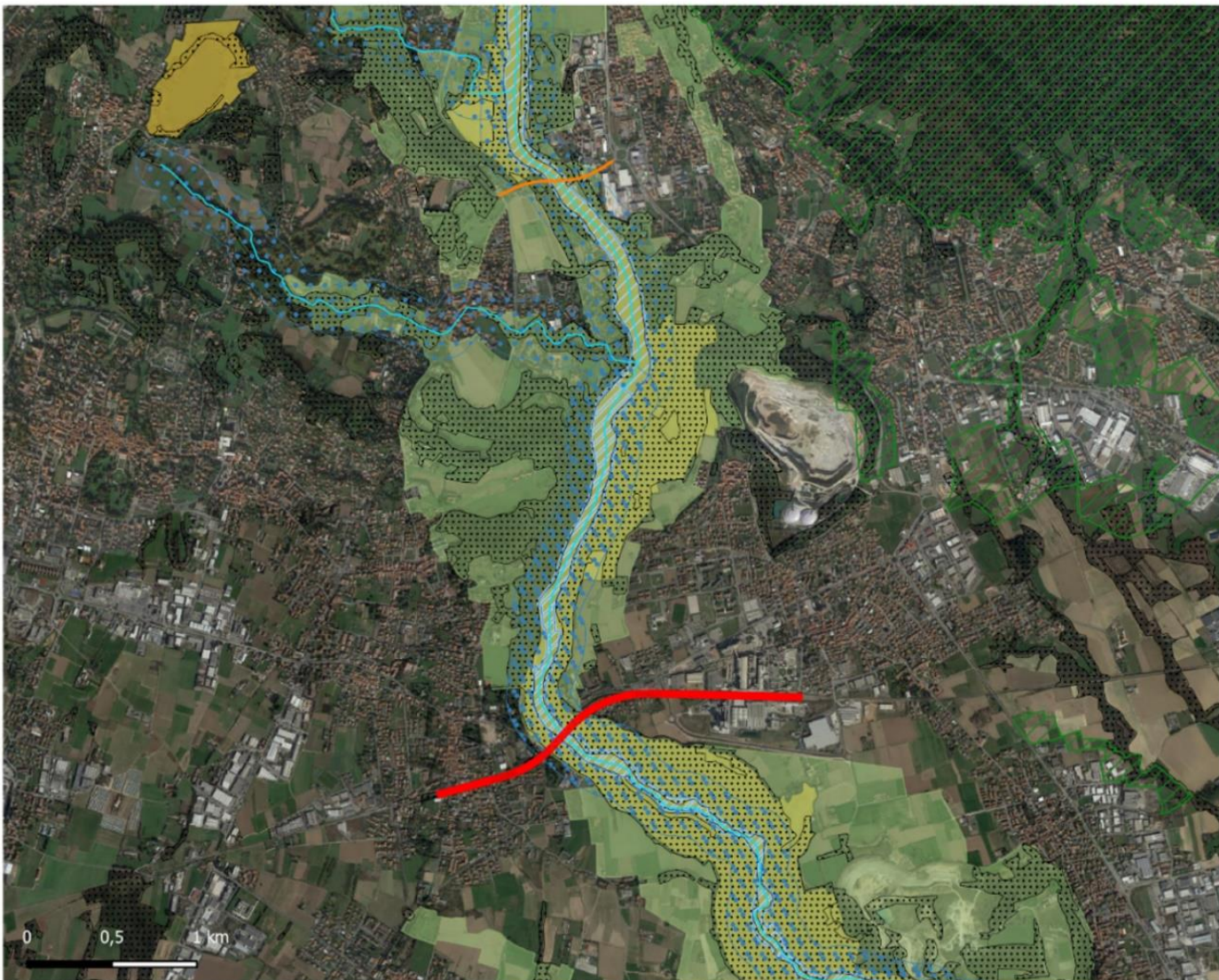
Similare allo Scenario 1, la porzione di intervento ricadente in aree tutelate risulta maggiore a causa della viabilità carrabile sita a nord del ponte, comportando di fatto un maggiore impatto sul contesto paesistico

Immobili ed aree di notevole interesse pubblico – art.136 D.Lgs 42/04



- VINCOLI
- Art.136 D.Lgs. 42/04
- Architetture vincolate e di particolare interesse
 - Perimetro e Aree di notevole interesse pubblico
 - Beni e immobili di notevole interesse pubblico

Aree tutelate per legge – art.142 D.Lgs 42/04



- VINCOLI
- Art. 142 D.Lgs. 42/04
- Parchi locali interesse sovracomunale
 - Fiumi torrenti e corsi acqua pubblici e relative sponde
 - Aree rispetto corsi d'acqua tutelati
 - Territori coperti da foreste e da boschi
 - Alvei fluviali tutelati

ANALISI ECOLOGICA ED ECOSISTEMICA

L’analisi ecologica ed ecosistemica per il progetto in oggetto, si è tradotta nella ricerca e nel rilievo delle specie floristiche e faunistiche presenti nell’area.

Vegetazione

Passate le grandi ere glaciali, il mutato clima ha consentito la formazione di vaste e grandi foreste che ricoprivano in gran parte anche la zona padana, oltre a quella collinare. I grandi boschi, che fino al secolo scorso ricoprivano ancora in larga parte il territorio circostante il fiume, sono stati in seguito fortemente ridimensionati dalla presenza stabile e sempre più robusta delle comunità umane, cresciute unitamente allo sviluppo delle attività produttive agricole e industriali. Malgrado ciò, oggi rimangono ancora non poche aree interessanti per la vegetazione, quali le zone umide a canneto dell’Isola della Torre e dell’Isolone del Serraglio, circondate da prati e alberi di alto fusto: ontani neri, platani, pioppi, betulle, salici,

querce. Lungo le rive a nord di Trezzo sono pure presenti pioppi neri, robinie, salici bianchi, ontani neri, farnie. Oltre al bosco di alto fusto, vaste aree sono ricoperte di essenze tipiche del bosco ceduo e del sottobosco: carpino, castagno, sanguinella, nocciolo, robinia. Tra la vegetazione palustre si possono ammirare i più bei fiori d’acqua: la delicata ninfea, il giglio selvatico giallo, il mughetto e numerose famiglie di veronica a spiga.

La vegetazione rilevata in prossimità del Ponte San Michele è di seguito riportata:



Alchechengi Comune
Aikekengi officinarum



Lamio Giallo
Lamium galeobdolon



Lamio Bianco
Lamium album



Ortica
Urtica dioica



Verbascio Nero
Verbascum nigrum



Biancospino Comune
Crataegus monogyna



Fusaggine
Euonymus europaeus



Erigeron karvinskianus
Erigeron karvinskianus



Tamaro
Dioscorea communis



Corniolo Sanguinello
Cornus sanguinea



Felce Maschio
Dryopteris filix-mas



Nocciolo
Corylus avellana



Acer Campestre
Acer campestre



Polmonaria
Pulmonaria officinalis



Mentuccia Comune
Clinopodium nepeta



Silene Bianca
Silene latifolia



Alnus glutinosa
Alnus glutinosa



Albero Delle Farfalle
Buddleja davidii



Pyrus calleryana
Pyrus calleryana



RILIEVO VEGETAZIONALE

Fauna

In questo ambiente trova rifugio una ricca fauna. L’anfibio più bello e significativo della zona è senz’altro la raganella dalla livrea verde brillante con una striscia nera che corre lungo i fianchi ma troviamo anche le rane verdi, numerose e particolarmente rumorose, e la rana temporaria dal colore brunoastro. Anche gli uccelli sono numerosi: cigni, anatre, germani reali, folaghe, cornacchie grigie, gabbiani comuni ma anche il magnifico airone cinerino presente con un numero di esemplari in continuo aumento.

La fauna rilevata in prossimità del Ponte San Michele è di seguito riportata:



Airone



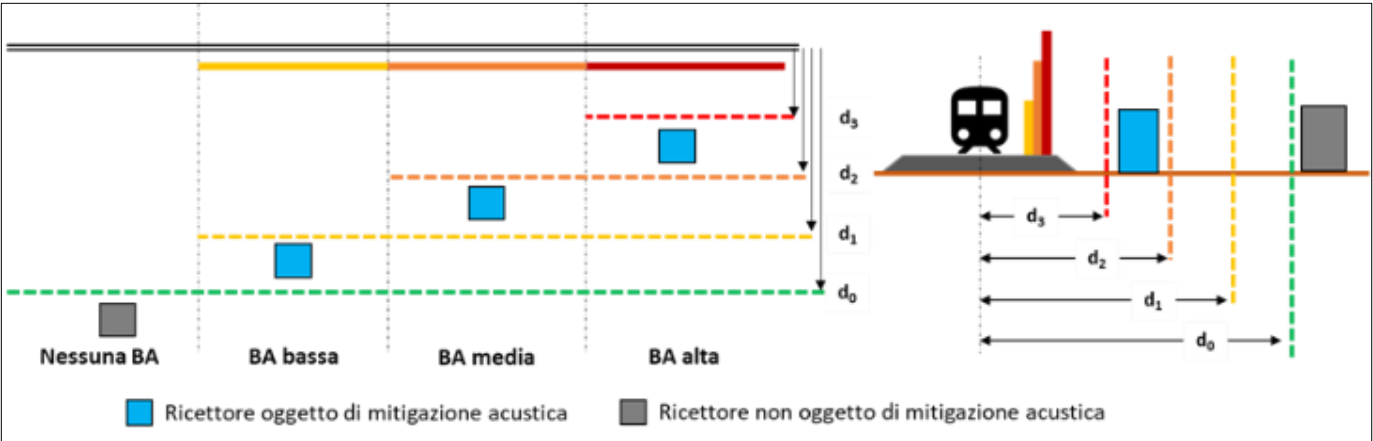
Cigno Reale



Folaghe

4.5. Approfondimento Studio Acustico

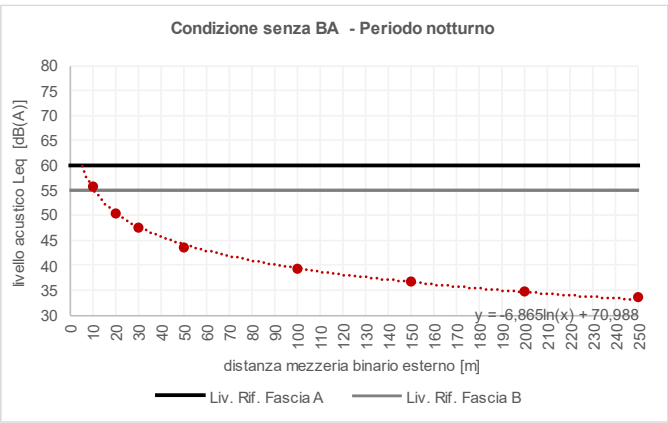
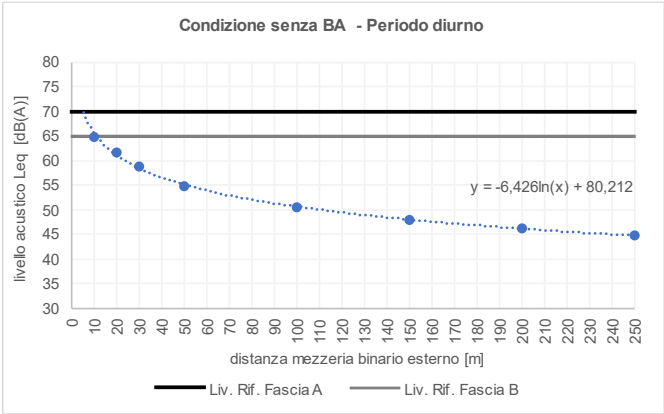
La realizzazione di nuove infrastrutture di trasporto, in particolare quelle ferroviarie, rappresenta un'opportunità significativa per lo sviluppo e la mobilità del territorio. Tuttavia, è fondamentale che tali opere si integrino armoniosamente nel contesto ambientale e sociale preesistente. Uno degli aspetti più rilevanti in questo processo di integrazione è la gestione dell'impatto acustico generato dal traffico ferroviario. Nell'ambito della progettazione del nuovo ponte ferroviario San Michele, è stato condotto una valutazione acustica preliminare con l'obiettivo primario di valutare l'impatto sonoro generato dal futuro traffico ferroviario e di determinare, in conformità con le prescrizioni del DPR 459/98, l'eventuale necessità di inserire barriere antirumore o altre misure di mitigazione acustica. L'analisi si è avvalsa di un modello previsionale semplificato, ma fondato su basi solide: i dati di emissione sonora dei convogli sono stati tratti dalla banca dati ufficiale di RFI, mentre il modello di esercizio è stato specificamente definito per il nuovo ponte, considerando nel dettaglio il numero, la tipologia (passeggeri, merci, etc.) e le velocità di transito dei treni previsti sia nel periodo diurno (6-22) che in quello notturno (22-6). La simulazione della propagazione del rumore, eseguita con il metodo di calcolo Shall03, ha coperto le fasce di pertinenza acustica estese fino a 250 metri da entrambi i lati del binario più esterno, analizzando diverse configurazioni del tracciato (raso, trincea, viadotto) e assumendo un'altezza di riferimento per i ricettori di 4 metri dal suolo, rappresentativa di un edificio standard di due piani.



Un risultato cruciale dell'analisi è stata l'identificazione della "distanza critica", ovvero la distanza minima dall'asse ferroviario entro la quale i livelli sonori potrebbero teoricamente raggiungere i limiti normativi: tale distanza è risultata estremamente contenuta, attestandosi tra i 4 e i 5 metri, come si evince nei grafici successivamente riportati. Considerando il modello di esercizio a regime sintetizzato in:

Categoria	N. treni Diurno	N. treni Notturno	N. treni Totali	Tipo Treno
REG	64	4	68	E464+6 carrozze

Rilevato, Propagazione del rumore ferroviario secondo il modello di esercizio atteso



Successivamente, una verifica puntuale e accurata del territorio circostante ha inequivocabilmente confermato l'assenza totale di ricettori sensibili – siano essi edifici residenziali, strutture sensibili come scuole o ospedali, oppure attività produttive/commerciali – all'interno di questa ristretta fascia critica.

Di conseguenza, lo studio conclude con certezza che, in virtù della piena conformità dei livelli di rumore attesi ai limiti normativi vigenti e della comprovata assenza di ricettori esposti a livelli potenzialmente critici, non sussiste la necessità di prevedere l'installazione di barriere antirumore o altre misure specifiche di mitigazione acustica per il progetto in esame. Questa conclusione è stata ulteriormente validata dall'analisi estesa ai diversi scenari progettuali considerati (scenario 2 e 3), i cui risultati sono stati anche visualizzati tramite rappresentazioni grafiche della distanza critica calcolata.

SCENARIO 2

Figura 1 - Viadotto (Verde) e rilevato (Giallo), individuazione fascia critica residenziali



Figura 2 - Viadotto (Verde) e rilevato (Giallo), individuazione fascia critica residenzial



Figura 3 – Trincea (Blu), viadotto(Verde) e rilevato (Giallo), individuazione fascia critica residenziali

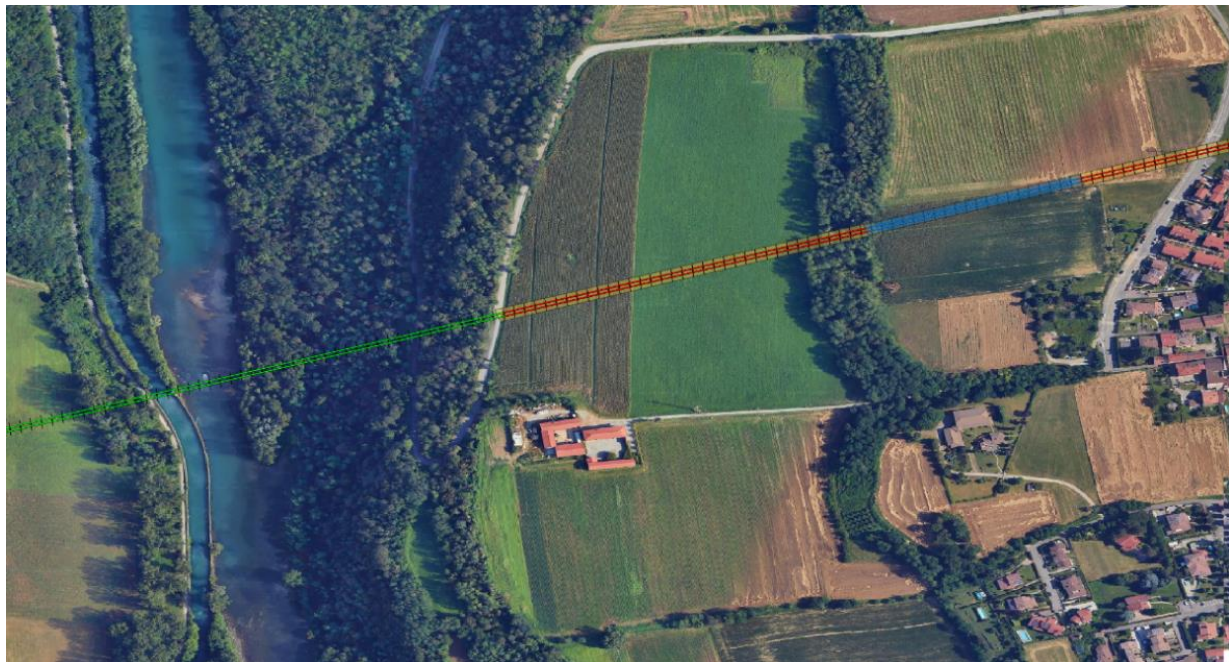


Figura 4 — Viadotto (Verde) e rilevato (Giallo), individuazione fascia critica residenziali



Figura 5 - Trincea (Blu) e rilevato (Giallo), individuazione fascia critica residenziali

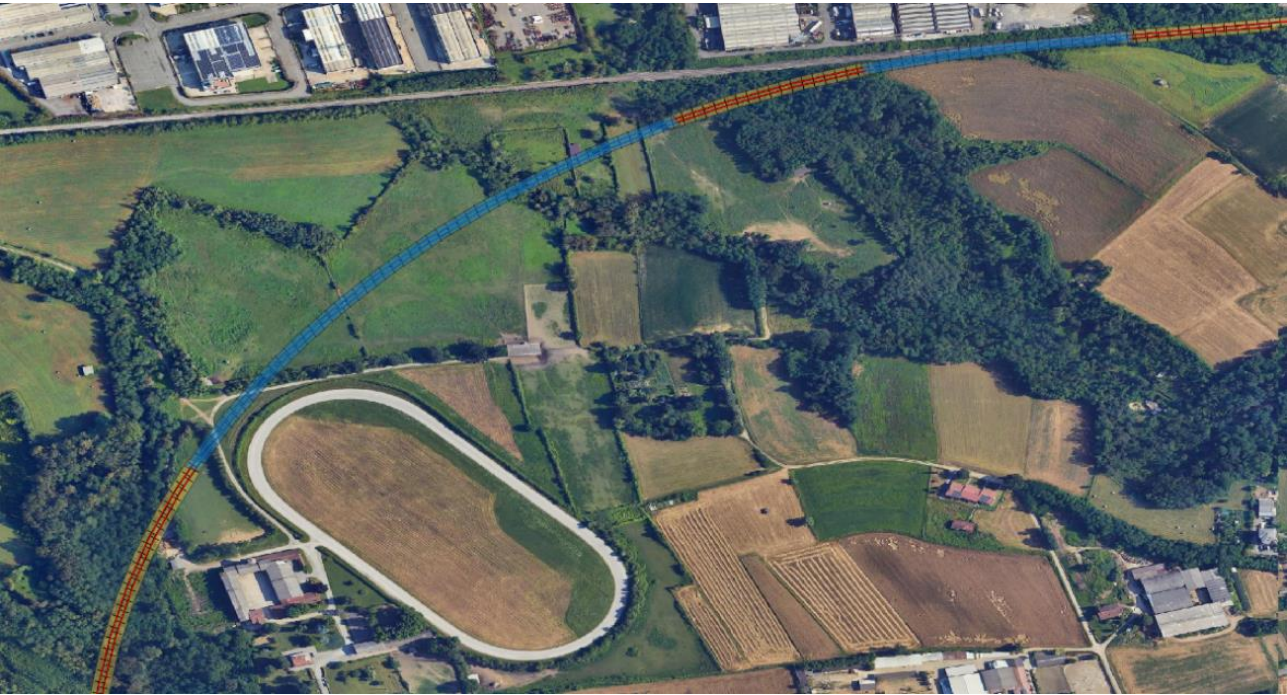


Figura 6 – Viadotto (Verde) e rilevato (Giallo), individuazione fascia critica residenziali



SCENARIO 3

Figura 7– Trincea (Blu) e rilevato (Giallo), individuazione fascia critica residenziali

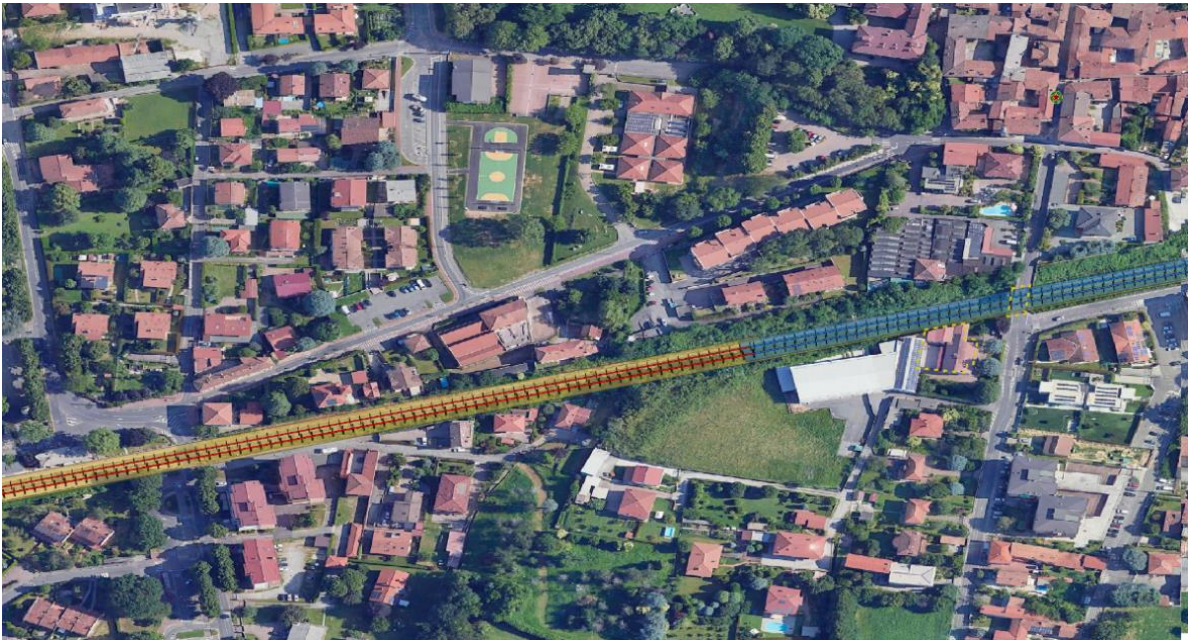


Figura 8 – Trincea (Blu) e galleria, individuazione fascia critica residenziali.



Figura 9 –Trincea (Blu), galleria e viadotto (Verde), individuazione fascia critica residenziali.

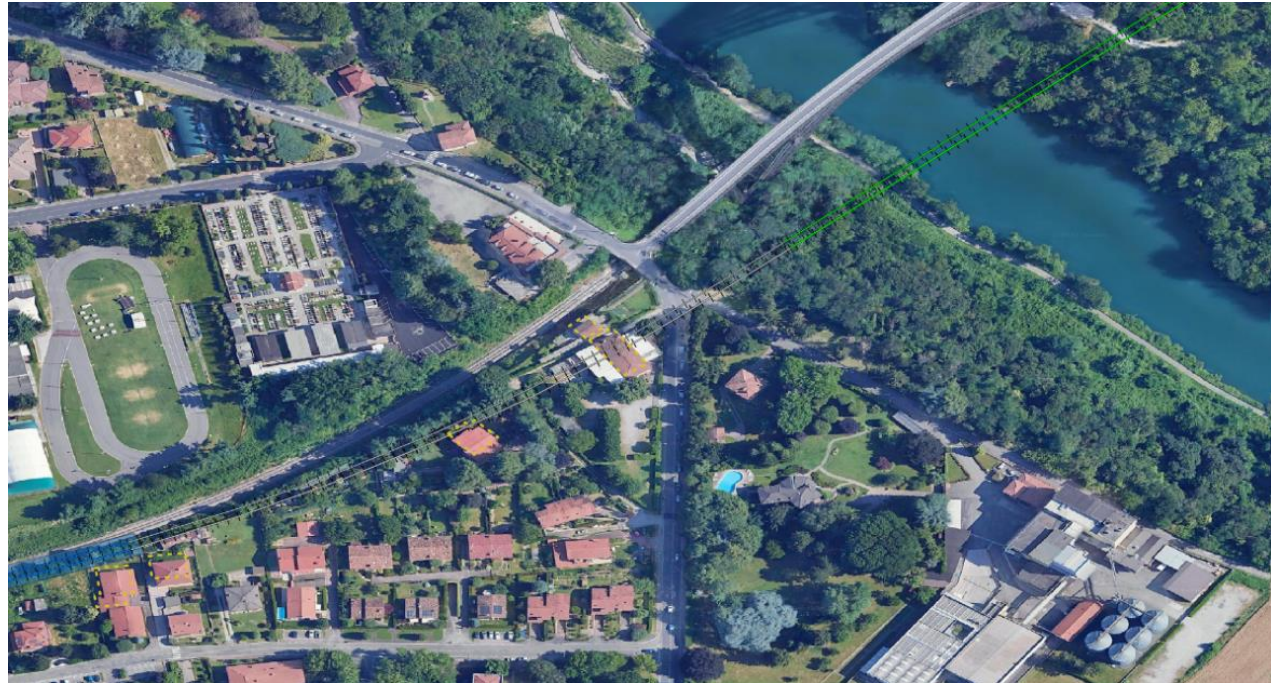


Figura 10 – Scenario 3 – Viadotto (Verde) e galleria, individuazione fascia critica residenziali.



Figura 11 – Scenario 3 – Trincea (Blu) e galleria, individuazione fascia critica residenziali.



Figura 12 – Scenario 3 – Rilevato (Giallo), individuazione fascia critica residenziali.



4.6. *La gestione degli aspetti ambientali della fase di costruzione e misure di mitigazione*

L'attenzione alle tematiche ambientali e di sostenibilità posta nello sviluppo dei progetti si traduce, in fase di realizzazione, in un presidio strutturato per sorvegliare sulla corretta gestione ambientale del cantiere da parte delle ditte appaltatrici dei lavori, attraverso ispezioni e sopralluoghi periodici volti a verificare:

- la coerenza delle modalità operative adottate dalle imprese di costruzione che realizzano le opere con quanto previsto negli elaborati progettuali e nei documenti contrattuali
- il rispetto della normativa e degli adempimenti ambientali applicabili
- l'attuazione degli interventi di mitigazione previsti dal progetto
- la corretta applicazione dei Sistemi di Gestione Ambientale previsti contrattualmente in conformità agli standard UNI EN ISO 14001.

Le imprese cui è affidata la costruzione dell'opera avranno infatti l'obbligo di progettare ed attuare per tutta la durata dei lavori un Sistema di Gestione Ambientale delle attività di cantiere che fornisca le evidenze oggettive del controllo ambientale eseguito nel corso delle lavorazioni da parte di personale qualificato dell'appaltatore. Tali Sistemi prevedranno, in particolare, che la ditta appaltatrice predisponga un'Analisi Ambientale Iniziale delle attività di cantiere, volta a identificare gli aspetti ambientali significativi da gestire nel corso della realizzazione dell'opera e che definisca le modalità operative per una corretta sorveglianza ambientale del cantiere in coerenza con gli adempimenti normativi applicabili.

Sulla base delle peculiarità del contesto territoriale di riferimento, qualora necessario saranno definite idonee attività di monitoraggio ambientale, ulteriore valido strumento di controllo delle eventuali modifiche indotte dalla costruzione dell'opera. Il

monitoraggio dello stato ambientale, eseguito in relazione alle diverse componenti ambientali interessate prima, durante e dopo la realizzazione delle opere, consentirà infatti di verificare l'effettivo manifestarsi delle previsioni d'impatto, di valutare l'efficacia dei sistemi di mitigazione posti in essere, di rilevare e gestire tempestivamente eventuali emergenze ambientali.

Attraverso un gruppo di esperti ambientali, verrà attuato un presidio strutturato per sorvegliare la corretta gestione ambientale del cantiere da parte delle ditte appaltatrici dei lavori.

Fasi di cantiere: Aria, Rumore e vibrazioni

L'analisi degli aspetti ambientali connessi alla fase costruttiva delle opere si basa sulla valutazione della significatività degli stessi e il conseguente dimensionamento degli interventi di mitigazione da adottare in fase di realizzazione. A tal fine è stata studiata l'ubicazione del cantiere, l'interferenza delle lavorazioni con i flussi di traffico locali, l'eventuale presenza di ricettori sensibili e l'inserimento ambientale e paesaggistico della cantierizzazione e delle opere di mitigazione temporanee.

L'analisi degli impatti sulle componenti ambientali verrà condotta nella successiva fase progettuale in funzione dell'ubicazione dell'area di cantiere, delle lavorazioni condotte all'interno, delle tipologie di macchinari coinvolti e dei quantitativi di materiali movimentati per la realizzazione delle opere.

In particolare, dovranno essere analizzati tutti gli aspetti ambientali di progetto, dei quali si riportano i maggiormente significativi:

- Clima acustico
- Vibrazioni
- Aria e clima

Per alcune componenti sarà necessario produrre delle simulazioni numeriche che consentano di definire i livelli attesi ai ricettori, in corrispondenza del cantiere, del fronte avanzamento lavori e della viabilità afferente. A conclusione dell'analisi potranno essere definiti, per le componenti ambientali ritenute impattanti, gli interventi di mitigazione e/o prescrizioni operative finalizzate a garantire il rispetto dei limiti/soglie di riferimento durante l'avanzamento dei lavori.

A titolo esemplificativo, si riporta di seguito un estratto di quanto emerso per le componenti ritenute più sensibili:

- *Aria e Clima*

Per tale componente è utilizzata un'analisi numerica, attraverso l'utilizzo di modellistica diffusionale. La definizione delle misure da adottare per la mitigazione degli impatti generati dalle polveri sui ricettori circostanti le aree di cantiere è basata sul criterio di impedire il più possibile la fuoriuscita delle polveri dalle stesse aree ovvero, ove ciò non riesca, di trattenerle al suolo impedendone il sollevamento tramite impiego di processi di lavorazione ad umido e pulizia delle strade esterne impiegate dai mezzi di cantiere. Tra i principali interventi di mitigazione specifici è previsto solitamente l'impianto di lavaggio delle ruote degli automezzi, la bagnatura delle piste e delle aree di cantiere e la spazzolatura della viabilità esterna.

- *Clima acustico*

Nell'analisi ambientale in fase di cantierizzazione per la componente rumore, è applicata apposita modellistica previsionale ed è definita l'ubicazione degli interventi di mitigazione attraverso l'utilizzo di barriere antirumore con duplice funzione antipolvere. Inoltre, sono previste misure di contenimento dell'impatto acustico da adottare nelle situazioni operative più comuni, misure che riguardano in particolar modo l'organizzazione del lavoro nel cantiere. In particolare, è necessario garantire, in fase di programmazione delle attività di cantiere, che operino macchinari ed impianti di minima rumorosità intrinseca. Successivamente, ad attività avviate, sarà importante effettuare una verifica puntuale sui ricettori più vicini mediante monitoraggio fonometrico, al fine di identificare le eventuali criticità residue e di conseguenza individuare le tecniche di mitigazione più idonee.

- *Vibrazioni*

I potenziali impatti che potrebbero generarsi durante le attività in progetto possono essere essenzialmente ricondotti ai livelli vibrazionali prodotti dai macchinari più impattanti in funzione delle tipologia di opera da realizzare.

Gestione materiali di risulta in un'ottica di economia circolare

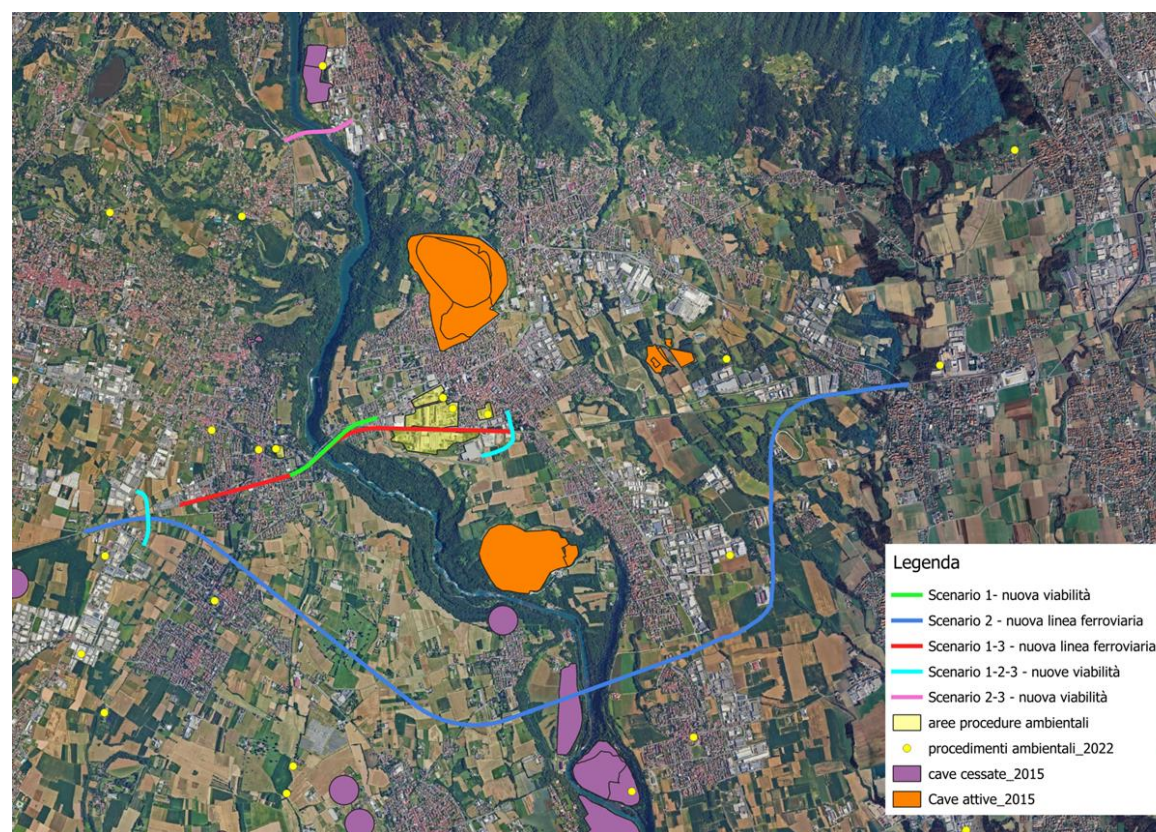
L'intervento in oggetto porterà alla produzione di un certo quantitativo di materiali di risulta che saranno gestiti in parte come sottoprodotti, ai sensi del DPR 120/2017, per il completamento/realizzazione di parti d'opera ed in siti esterni per interventi di ripristino ambientale e morfologico ed in parte come rifiuti ai sensi della Parte IV del Decreto Legislativo 152/2006 e ss.mm.ii.

Nell'ambito dell'analisi conoscitiva posta alla base delle valutazioni del progetto è stato necessario verificare per le aree di intervento l'eventuale presenza di vulnerabilità territoriali al fine di orientare la progettazione dell'opera nonché verificare la disponibilità del territorio di cave per l'approvvigionamento dei materiali necessari alla realizzazione dell'opera e di siti per il conferimento dei materiali prodotti durante le lavorazioni, nonché la presenza di aree depresse da riqualificare.

L'analisi dei vincoli ambientali ha riguardato pertanto l'individuazione di cave e impianti di recupero/smaltimento nell'area di intervento. Si è proceduto al censimento dei siti attraverso la consultazione delle banche dati regionali e successivamente la ricognizione territoriale attraverso i geo portali nazionali.

4.7. L'attenzione alle tematiche ambientali e di sostenibilità nello sviluppo del progetto

Il quadro fin qui delineato rappresenta una base conoscitiva di orientamento per lo sviluppo delle analisi ambientali e degli studi specialistici che



Scenario 1,2,3 – cave attive, cave dismesse e impianti di smaltimento

accompagnano il progetto sin dalle prime fasi con l'obiettivo di garantire un migliore inserimento territoriale dell'opera nel contesto di riferimento individuando soluzioni progettuali volte a salvaguardare le risorse naturali e del paesaggio, minimizzare il consumo di suolo, garantire la conservazione della biodiversità, limitare le interferenze con l'ambiente costruito, massimizzare l'utilità e il valore nel tempo dell'infrastruttura progettata in un'ottica di resilienza, facilitare processi di economia circolare e soluzioni efficaci per una gestione sostenibile della fase di realizzazione. A tal riguardo saranno sviluppati studi specialistici per la verifica degli impatti ambientali e paesaggistici dei progetti e, più in generale, per la valutazione degli effetti diretti e indiretti che la realizzazione di infrastrutture può determinare individuando le più opportune misure di mitigazione. Sia per gli interventi in ambito urbano che per quelli in ambito extraurbano, il corretto inserimento dell'opera nel contesto paesaggistico ambientale verrà assicurato attraverso lo studio dei luoghi e la valutazione delle interferenze con il capitale naturale. Saranno,

dunque, individuati gli interventi che consentono un migliore inserimento ambientale e paesaggistico delle opere, anche con l'obiettivo di restituire la superficie naturale sottratta, in coerenza con la Strategia Europea per la Biodiversità. Ad esempio, mediante la ricostituzione dei corridoi biologici interessati dalla realizzazione del progetto tramite la riconnessione della vegetazione frammentata e l'inserimento di nuovi impianti vegetazionali, con uno specifico progetto di opere a verde. Con particolare riferimento ai siti della Rete Natura 2000 istituiti dalla Direttiva Habitat 92/43/CEE, saranno analizzati gli effetti della realizzazione dell'infrastruttura sugli equilibri ecologici, sulla continuità degli ecosistemi e sulle possibili alterazioni di elementi tutelati della rete. In caso di assenza di interferenza diretta del progetto con siti Natura 2000 verrà effettuata una valutazione finalizzata ad escludere eventuali incidenze indirette dell'intervento con i suddetti siti (screening VINCA in coerenza con quanto riportato nelle Linee guida nazionali per la Valutazione di Incidenza VINCA – Direttiva Habitat 92/43/CEE art. 6). In caso di interferenze dirette del progetto con siti Natura 2000

verrà invece effettuata una Valutazione di Incidenza Appropriata. Particolare attenzione sarà posta alle tematiche ambientali rumore e vibrazioni oggetto di specifici studi ed indagini volti ad indagare il contesto di riferimento al fine di definire le più opportune misure di mitigazione. La progettazione ambientale riveste un ruolo determinante per migliorare l'interazione con il territorio di riferimento e le popolazioni coinvolte anche per quanto riguarda la fase costruttiva. Tale fase rappresenta un momento particolarmente critico e complesso, in particolare in relazione alle possibili ripercussioni ambientali nel territorio oggetto di intervento. A tal proposito, saranno sviluppati elaborati progettuali specifici atti ad individuare gli aspetti ambientali significativi correlati alle lavorazioni di cantiere, nonché le misure di mitigazione e le attività di monitoraggio ambientale necessarie a garantire un corretto presidio ambientale del cantiere. In fase di sviluppo del progetto sarà posta particolare attenzione alla gestione dei materiali di risulta, aspetto particolarmente significativo per la realizzazione di opere complesse come quelle ferroviarie, attraverso uno studio specifico sulla gestione dei materiali da scavo prodotti dall'attività di cantiere con l'obiettivo di favorire il riutilizzo degli stessi in qualità di sottoprodotto nell'ambito degli interventi in progetto o in siti esterni da riqualificare

4.8. Il Monitoraggio ambientale

Il monitoraggio ambientale che sarà previsto nell'ambito del presente intervento avrà lo scopo di esaminare le eventuali variazioni che intervengono nell'ambiente a seguito della costruzione dell'opera e/o del suo esercizio, al fine di determinare se tali variazioni siano imputabili alle azioni di progetto e di ricercare i correttivi che meglio possano ricondurre gli effetti rilevati a dimensioni compatibili con la situazione ambientale preesistente. Attraverso il monitoraggio ambientale si ha inoltre la possibilità di individuare anche in corso di realizzazione dell'opera eventuali azioni correttive da adottare per la tutela dell'ambiente e di poter verificare durante le fasi costruttive e di esercizio della nuova opera gli effetti sui fattori ambientali.

Gli obiettivi del monitoraggio ambientale possono essere quindi così sintetizzati:

- ❖ Verificare la conformità alle previsioni di impatto individuate nel SIA per quanto attiene le fasi di costruzione e di esercizio dell'Opera;
- ❖ Correlare gli stati *ante operam*, in corso d'opera e *post operam*, al fine di valutare l'evolversi della situazione ambientale;
- ❖ Garantire, durante la costruzione, il pieno controllo della situazione ambientale, al fine di rilevare prontamente eventuali situazioni non previste e/o criticità ambientali e di predisporre ed attuare tempestivamente le necessarie azioni correttive;
- ❖ Verificare l'efficacia delle misure di mitigazione;
- ❖ Fornire alla Commissione Speciale VIA gli elementi di verifica necessari per la corretta esecuzione delle procedure di monitoraggio;
- ❖ Effettuare, nelle fasi di costruzione e di esercizio, gli opportuni controlli sull'esatto adempimento dei contenuti, e delle eventuali prescrizioni e raccomandazioni formulate nel provvedimento di compatibilità ambientale.

In particolare, le attività di monitoraggio potranno essere articolate in tre fasi, in funzione delle fasi evolutive dell'iter di realizzazione dell'opera:

- **Monitoraggio Ante Operam (AO)**, che si conclude prima dell'inizio di attività, ha il compito di rilevare un adeguato scenario di indicatori ambientali che rappresentino il riferimento per la stima delle eventuali variazioni che potranno intervenire durante la costruzione e l'esercizio;
- **Monitoraggio in Corso d'Opera (CO)**, comprendente l'intero periodo di realizzazione, ossia dall'apertura dei cantieri fino al loro completo smantellamento e al ripristino dei siti. Ha il compito di segnalare il manifestarsi di eventuali scostamenti rispetto allo scenario di base, nonché evidenziare effetti non previsti affinché sia possibile intervenire nei modi e nelle forme più opportune per evitare che si producano eventi irreversibili e gravemente compromissivi della qualità dell'ambiente;
- **Monitoraggio Post Operam (PO)**, comprendente le fasi di pre-esercizio ed esercizio, la cui durata è funzione sia del fattore ambientale indagato sia della tipologia di opera. Ha il compito di individuare eventuali impatti non previsti o di entità superiore a quella delle previsioni contenute nel Piano di monitoraggio, derivanti dall'esercizio dell'opera e di accertare la reale efficacia dei provvedimenti posti in essere per garantire la mitigazione degli impatti sull'ambiente naturale ed antropico.

La scelta relativa ai fattori ambientali da monitorare, in quanto significativi per caratterizzare la qualità dell'ambiente in cui l'opera si colloca, dovrà essere effettuata tenendo conto sia del contesto ambientale, sia delle caratteristiche dell'opera stessa



Principali fattori ambientali oggetto di monitoraggio ai sensi del D.Lgs n. 152/2006



Capitolo 5

ECONOMIA DELL'OPERA



5. Economia dell’opera

5.1. Tempi di realizzazione

SCENARIO 1

Per lo scenario 1, in considerazione dell’intervento da sviluppare, in relazione alla tipologia delle opere da realizzare (Nuovo Ponte su fiume Adda, gallerie, rilevati, trincee, ecc.) e alle criticità legate allo sviluppo dell’infrastruttura, la realizzazione dei lavori è stata stimata una **durata complessiva dei lavori di circa 5 anni**, escludendo le eventuali verifiche e certificazioni (CVT/CVT+AMIS) necessarie per l’attivazione delle varie fasi.

La realizzazione degli allacci richiederà una chiusura prolungata della linea la cui entità potrà essere approfondita nelle successive fasi progettuali con uno studio di maggior dettaglio delle OO.CC. e della loro fasizzazione nelle zone in approccio alla linea esistente e in corrispondenza degli allacci.

In generale è necessario evidenziare che, dato il livello molto preliminare della progettazione, le presenti stime delle tempistiche di esecuzione delle opere è ovviamente soggetta ad un’alea legata alla limitata definizione delle opere stesse e delle fasi. Gli approfondimenti successivi di progetto permetteranno di ridurre tale alea.

SCENARIO 2

Per lo scenario 2, in considerazione dell’intervento da sviluppare, in relazione alla tipologia delle opere da realizzare (Nuovo Ponte su fiume Adda, viadotti, rilevati, trincee, ecc.) e alle criticità legate allo sviluppo dell’infrastruttura, la realizzazione dei lavori è stata stimata una **durata complessiva dei lavori di circa 6 anni**, escludendo le eventuali

verifiche e certificazioni (CVT+AMIS) necessarie per l’attivazione delle varie fasi.

La realizzazione degli allacci richiederà una chiusura prolungata della linea la cui entità potrà essere approfondita nelle successive fasi progettuali con uno studio di maggior dettaglio delle OO.CC. e della loro fasizzazione nelle zone in approccio alla linea esistente e in corrispondenza degli allacci.

In generale è necessario evidenziare che, dato il livello molto preliminare della progettazione, le presenti stime delle tempistiche di esecuzione delle opere è ovviamente soggetta ad un’alea legata alla limitata definizione delle opere stesse e delle fasi. Gli approfondimenti successivi di progetto permetteranno di ridurre tale alea.

SCENARIO 3

Per lo scenario 3, in considerazione dell’intervento da sviluppare, in relazione alla tipologia delle opere da realizzare (Nuovo Ponte su fiume Adda, gallerie, viadotti, rilevati, trincee, ecc.) e alle criticità legate allo sviluppo dell’infrastruttura, la realizzazione dei lavori è stata stimata una **durata complessiva dei lavori di circa 5 anni**, escludendo le eventuali verifiche e certificazioni (CVT/CVT+AMIS) necessarie per l’attivazione delle varie fasi.

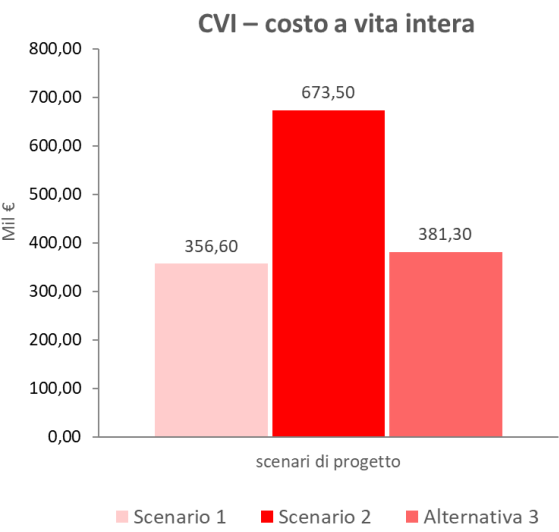
La realizzazione degli allacci richiederà una chiusura prolungata della linea la cui entità potrà essere approfondita nelle successive fasi progettuali con uno studio di maggior dettaglio delle OO.CC. e della loro fasizzazione nelle zone in approccio alla linea esistente e in corrispondenza degli allacci.

In generale è necessario evidenziare che, dato il livello molto preliminare della progettazione, le presenti stime delle tempistiche di esecuzione delle opere è ovviamente soggetta ad un’alea

legata alla limitata definizione delle opere stesse e delle fasi. Gli approfondimenti successivi di progetto permetteranno di ridurre tale alea

5.2. Costi di investimento

Nel grafico seguente, per ogni scenario di progetto, è riportato il costo di investimento (tariffe 2023):



La stima degli scenari di progetto è stata effettuata assumendo valide le qualifiche di seguito riportate:

- resta inteso che vista la metodologia di stima adottata (valutazione parametrica) ed in considerazione delle limitate informazioni progettuali (assimilabile ad uno studio di fattibilità), a **tutti gli importi indicati va associato un margine di accuratezza pari a -40% ÷ +70%** che l’ipotesi di stima effettuata prevede un affidamento per l’esecuzione dei lavori ad appalto integrato.