

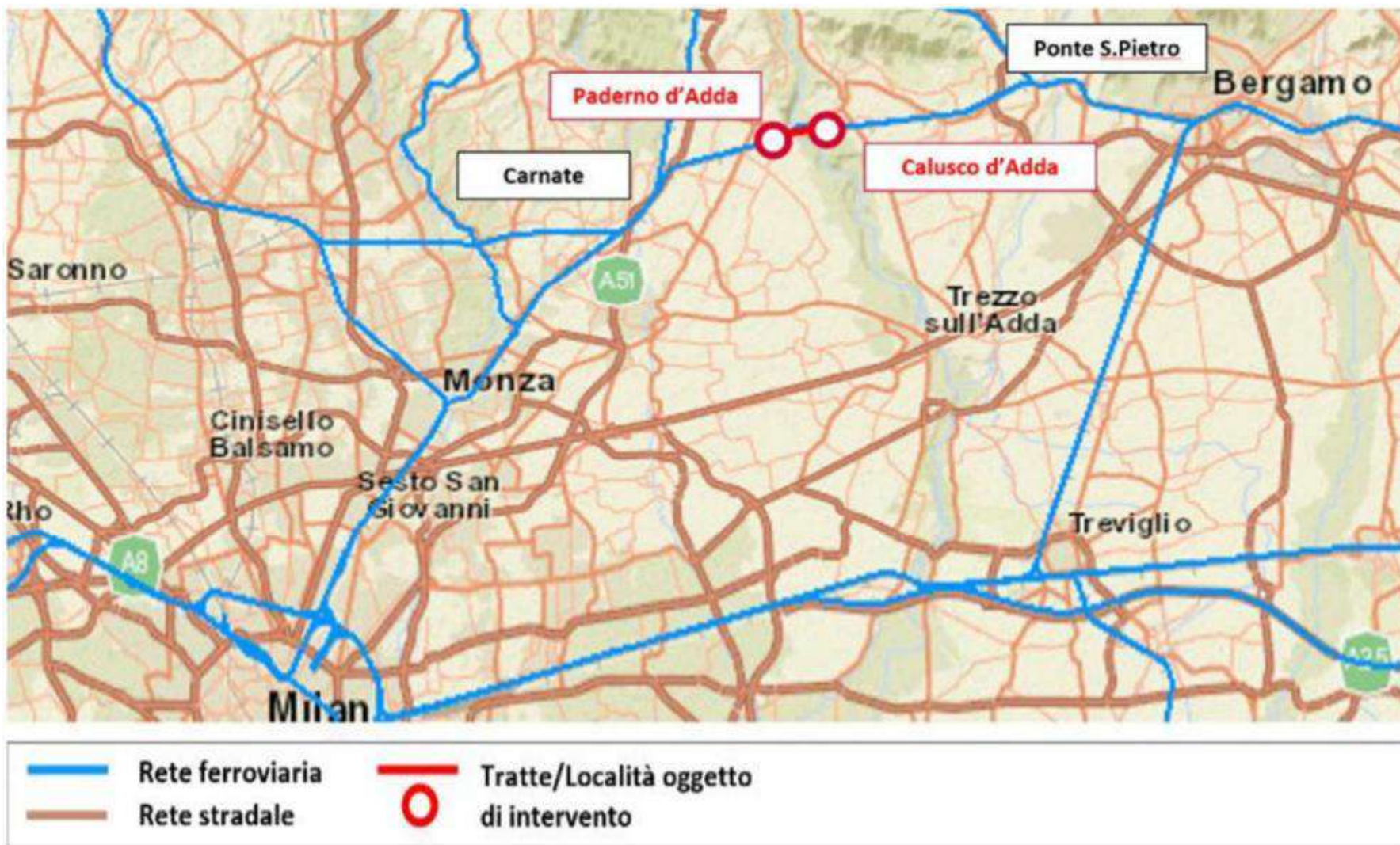
# NUOVO PONTE FERROVIARIO PADERNO D'ADDA



Giugno 2024

# Dove siamo?

L'intervento si inserisce nel progetto di potenziamento della tratta Carnate – Ponte San Pietro, interessata dalle relazioni Milano-Monza-Bergamo e Como-Bergamo.

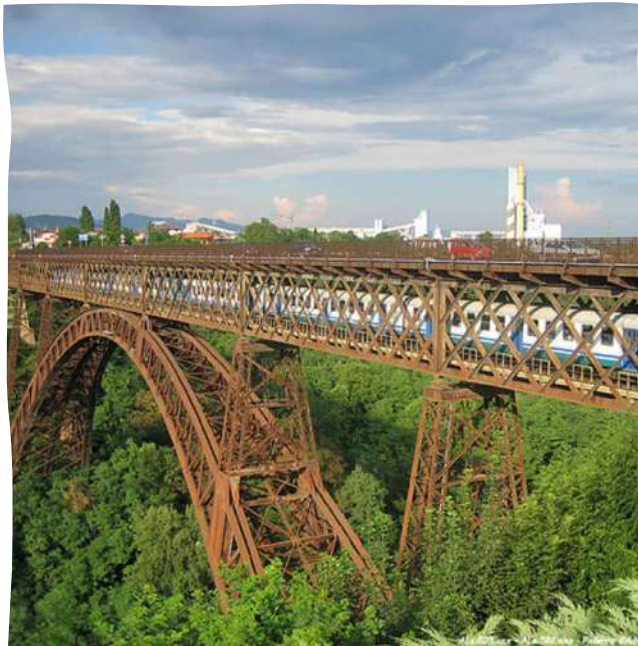






# Il Ponte Esistente

- Ponte ad arco in ferro, a traffico misto stradale ferroviario costruito nel 1890.
- Sviluppo complessivo 266 m, altezza 85 m dal Fiume Adda.
- Nel 2017 è stato candidato per essere inserito nella lista UNESCO dei patrimoni dell'umanità
- Nel 2018 è stato interessato da un intervento di manutenzione straordinaria durato 2 anni, a causa di fenomeni di degrado diffusi in tutta l'opera.
- Situazione attuale : **strada** ad unica carreggiata su cui si transita a senso unico alternato, divieto di transito di veicoli con massa superiore 3,5 t, limite di velocità **20 Km\h**; **ferrovia** a singolo binario con limitazione di velocità a **15 Km\h** ( il passaggio del treno impone la sospensione del traffico stradale).
- **Entro 2030 prevista la chiusura al traffico ferroviario e stradale**





# IL PONTE ESISTENTE: STATO ATTUALE

- ❖ Ponte stradale (impalcato superiore) e ferroviario (impalcato inferiore);
- ❖ Struttura ad arco ad una campata con arco di luce di 150.0 m, freccia di 37.5 m e travata superiore: 266.0 m;
- ❖ 7 piloni in ferro sostenuti da unica campata in ferro;
- ❖ 2515 t di ferro pudellato (wrought iron);
- ❖ Più di 100.000 chiodi



# Scenari di intervento PFTE novembre 2021



## PFTE a cura DOIT Milano – Cronistoria

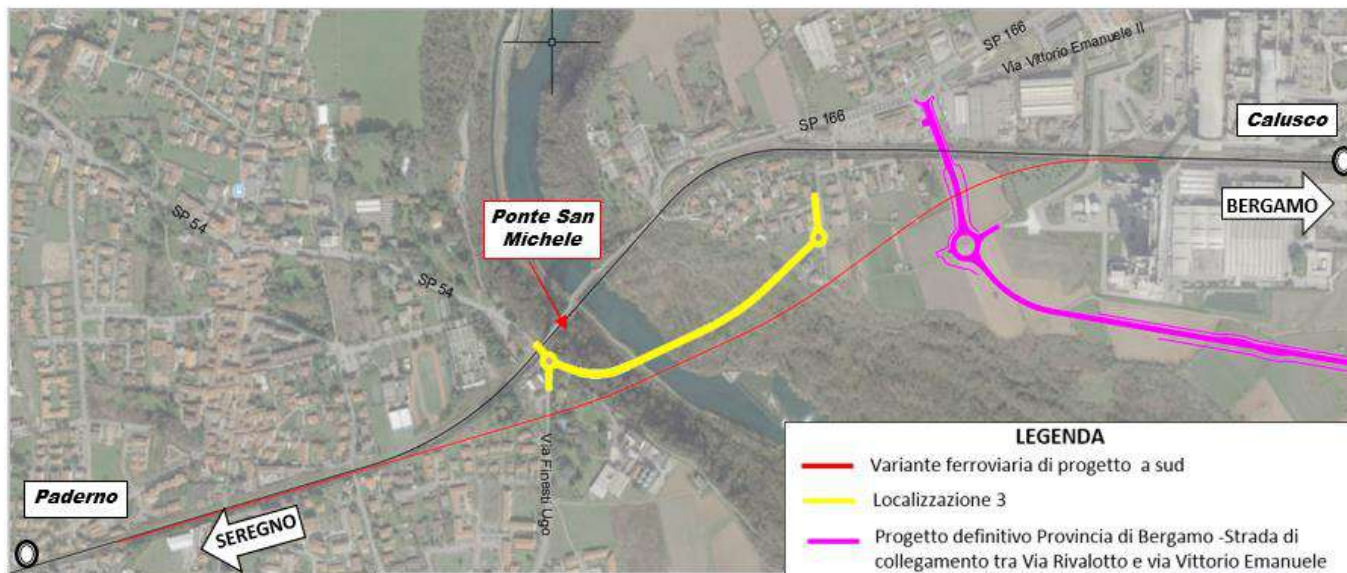
- 14/09/2018 chiusura al traffico del Ponte esistente
- 23/03/2019 riapertura al traffico ciclopedonale del Ponte esistente
- 08/11/2019 riapertura al traffico stradale del Ponte esistente
- 30/06/2020 tavolo tecnico con Regione, Soprintendenze, Province, Parco Adda, Comuni per condivisione ipotesi tracciati in sostituzione del Ponte San Michele
- 20/07/2020 sopralluogo in sito con Regione, Soprintendenze, Province, Parco Adda, Comuni per condivisione ipotesi tracciati in sostituzione del Ponte San Michele. Visione delle ipotesi del PFTE in realtà aumentata. → **Condivisione della soluzione “SUD”**
- 14/9/2020 riapertura al traffico ferroviario del Ponte esistente, con vita utile dell’opera stimata in 10 anni, con monitoraggio continuo e implementazione del piano di manutenzione
- 2021 prosecuzione tavoli tecnici con Regione, Enti Locali e sovracomunali (6/5/21, 14/7/21, 3/8/21, 10/9/21, 15/9/21, 5/11/21). Proposta da parte di RFI di un *protocollo d’intesa* sui nuovi attraversamenti del fiume Adda e richiesta dei Comuni del Lecchese di approfondimenti a cura RFI circa il modello di traffico della zona al 2030
- 30/11/2021 tavolo tecnico in Regione per la presentazione finale dello studio di traffico a cura RFI
- 2022 tavoli istituzionali tra RFI-Regione-MIT per reperimento fondi (12/5/22, 12/7/22)
- 22/11/2022 incarico DINV – Italferr per DOCFAP e PFTE ‘nuovo ponte ferroviario Paderno d’Adda’



# Scenari di intervento PFTE 2021

## Soluzione “SUD” sviluppata a cura DOIT Milano

A partire dal 2020 RFI, in collaborazione con Regione Lombardia, Province di Lecco e Bergamo e coinvolgendo i Comuni interessati, ha definito le prime ipotesi delle alternative di tracciato per la creazione di **due nuovi attraversamenti del fiume Adda**, uno per il traffico **stradale** ed uno per quello **ferroviario**, in sostituzione dell'esistente ponte San Michele tra Paderno e Calusco d'Adda.



### → VINCOLI:

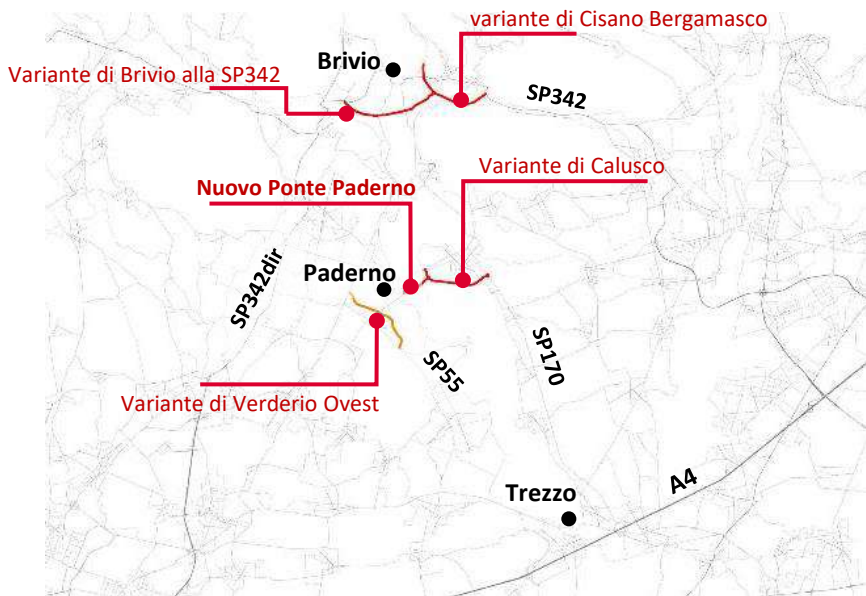
- Mantenimento funzionalità stazioni di Paderno e Calusco
- Continuità strada provinciale SP54/166
- Separazione ponte stradale/ferroviario
- Non affiancamento tra ponte storico e nuove opere (input di Soprintendenza)

A seguito dell'incontro preliminare del 30/06/2020, finalizzato alla raccolta delle prime considerazioni da parte dei principali Enti coinvolti, si era ritenuto opportuno valutare l'**ubicazione dei nuovi tracciati a sud rispetto al ponte esistente**. Tale posizione consentirebbe di garantire la massima distanza (circa 150 metri) delle nuove opere dal ponte storico, preservando comunque la funzionalità delle stazioni di Calusco e Paderno-Robbiate.

# Scenari di intervento

## Studio trasportistico veicolare al 2030

Nell'ambito dello studio, si sono stimati gli impatti del **nuovo ponte stradale** in termini di incremento del traffico veicolare nella zona.



Interventi previsti nell'area di studio

Di seguito le principali evidenze dello studio:

- La nuova infrastruttura attrarrà complessivamente, nelle condizioni meno favorevoli, 550/600 v. eq./h nelle due direzioni (**+60% sul traffico attuale**)
- Il traffico atteso di **mezzi pesanti** si attesta al **15% max** del totale
- Con l'inserimento del nuovo ponte stradale il **livello di servizio delle intersezioni** della zona rimane **sostanzialmente invariato**, con un miglioramento di taluni incroci conseguibile con un'ottimizzazione dei cicli semaforici

Traffico veicolare attuale (veicoli/giorno)	Traffico veicolare futuro (veicoli/giorno)
5.700	13.950

# Scenari di intervento

## Scenario di esercizio ferroviario

- 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 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).

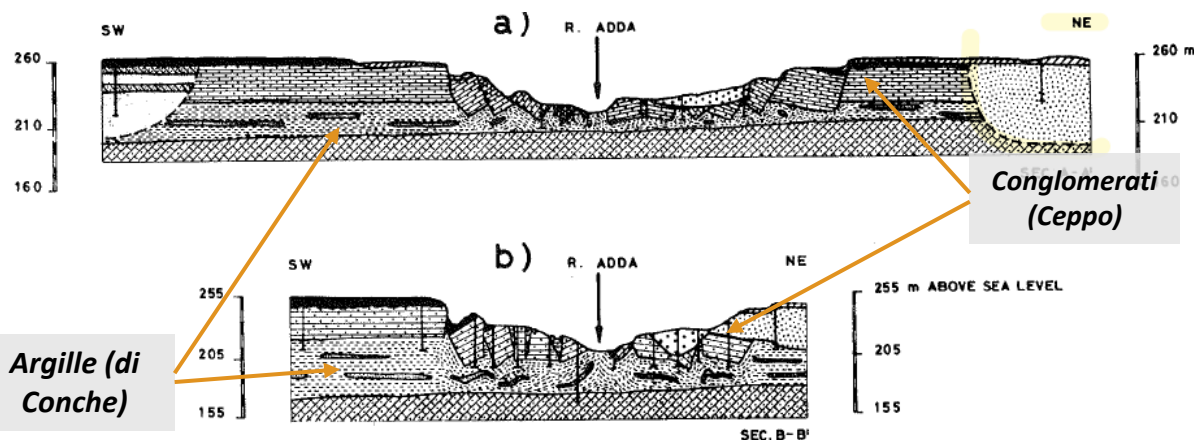
	Traffico ferroviario attuale	Traffico ferroviario futuro
Relazioni	R14 (Milano Porta Garibaldi – Carnate – Bergamo)	S18 (Orio al Serio – Milano Pta Garibaldi/Milano Bovisa)
Treni/giorno	40	80



# FOCUS TERRITORIO: GEOLOGIA E GEOTECNICA

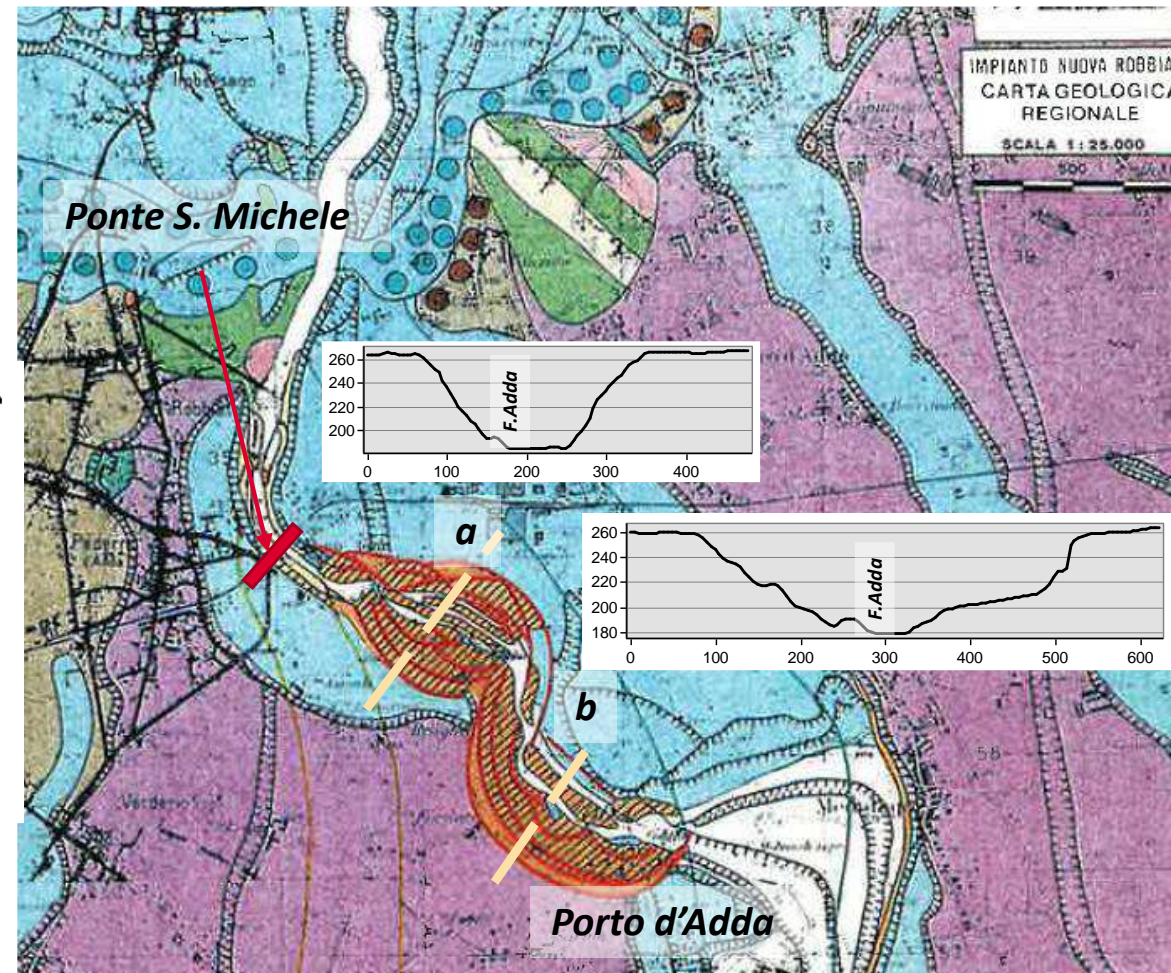
## Criticità geomorfologiche (da analisi bibliografica)

Diversi autori, tra gli anni '80 ed inizio anni '90, segnalavano instabilità di versante concentrate lungo il canyon del F. Adda tra Paderno e Porto d'Adda.



Schema dell'instabilità insistente lungo i versanti dell'Adda proposto dallo studio di CALDARA, M., CANCELLI, A., & GIUSSANI, A. (1988). *The Adda Canyon, south of Lecco: An example of landslide induced morphology*. In *International symposium on landslides*. 5 (pp. 89-94).

Nel settore meridionale interessato dai fenomeni di instabilità la valle si presenta più ampia e con morfologie irregolari rispetto all'area a nord dove è presente il ponte S. Michele.



Carta geologica con elementi di geomorfologia estratto da GIUSSANI, A. (1993). *Movimenti franosi profondi e superficiali lungo il Naviglio di Paderno (F. Adda, Lombardia)*.

# FOCUS TERRITORIO : GEOLOGIA E GEOTECNICA

## Campagna indagine

- n. **4 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo**, spinti fino alla profondità massima di 145m con esecuzione di prove in foro (SPT, prove di permeabilità e pressiometriche/dilatometriche) e prelievo di campioni (allegato stratigrafie ITF23);
- - n. **2 prove sismiche di tipo M.A.S.W.** denominate M1 e M2, finalizzate alla determinazione del parametro  $V_{seq}$  ed alla definizione della categoria sismica del suolo di fondazione, ai sensi delle N.T.C. 2018.;
- - n. **12 prove sismiche di tipo H.V.S.R.** denominate da HV1 a HV12, finalizzate all'individuazione di eventuali contrasti d'impedenza sismica di natura stratigrafica;
- - n. **3 profili sismici a rifrazione** con registrazione in onde P e S (stese SR1 e SR2) e in sole onde P (stesa SR3 eseguita in parete); tutti gli stendimenti sono stati finalizzati all'elaborazione di sezioni interpretative in termini di velocità sismiche;
- - n. **2 profili tomografici elettrici 2D**, denominati EL1 ed EL2, finalizzati all'elaborazione di sezioni interpretative in termini di resistività elettrica e di supporto nella ricostruzione del modello geologicostratigrafico dell'area.

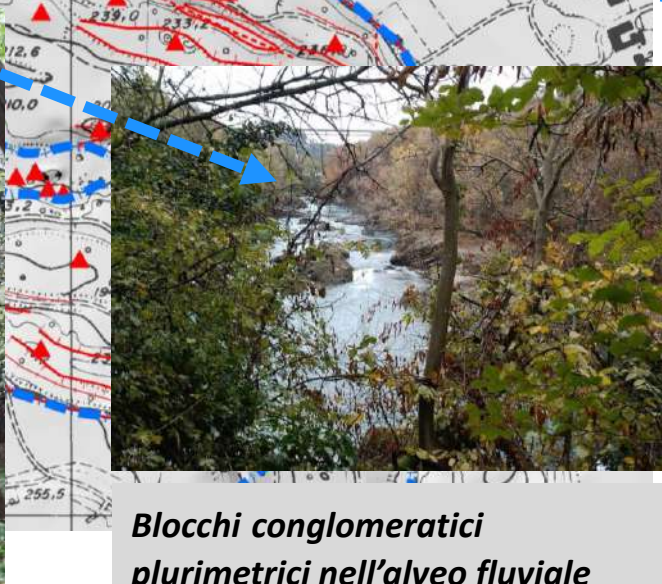


# FOCUS TERRITORIO : GEOLOGIA E GEOTECNICA

## Criticità geomorfologiche (da foto aeree e ricognizione sul campo)



*Blocco conglomeratico di dimensioni plurimetriche ruotato di 90° verso monte, affiorante in riva sinistra appena a monte della diga vecchia*



*Blocchi conglomeratici plurimetrici nell'alveo fluviale*

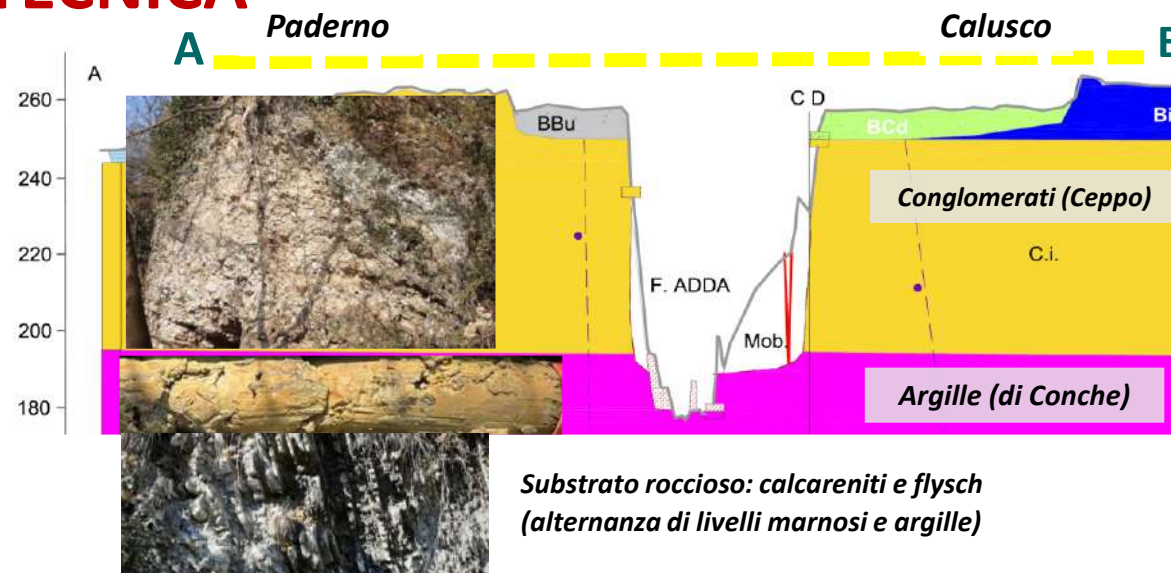
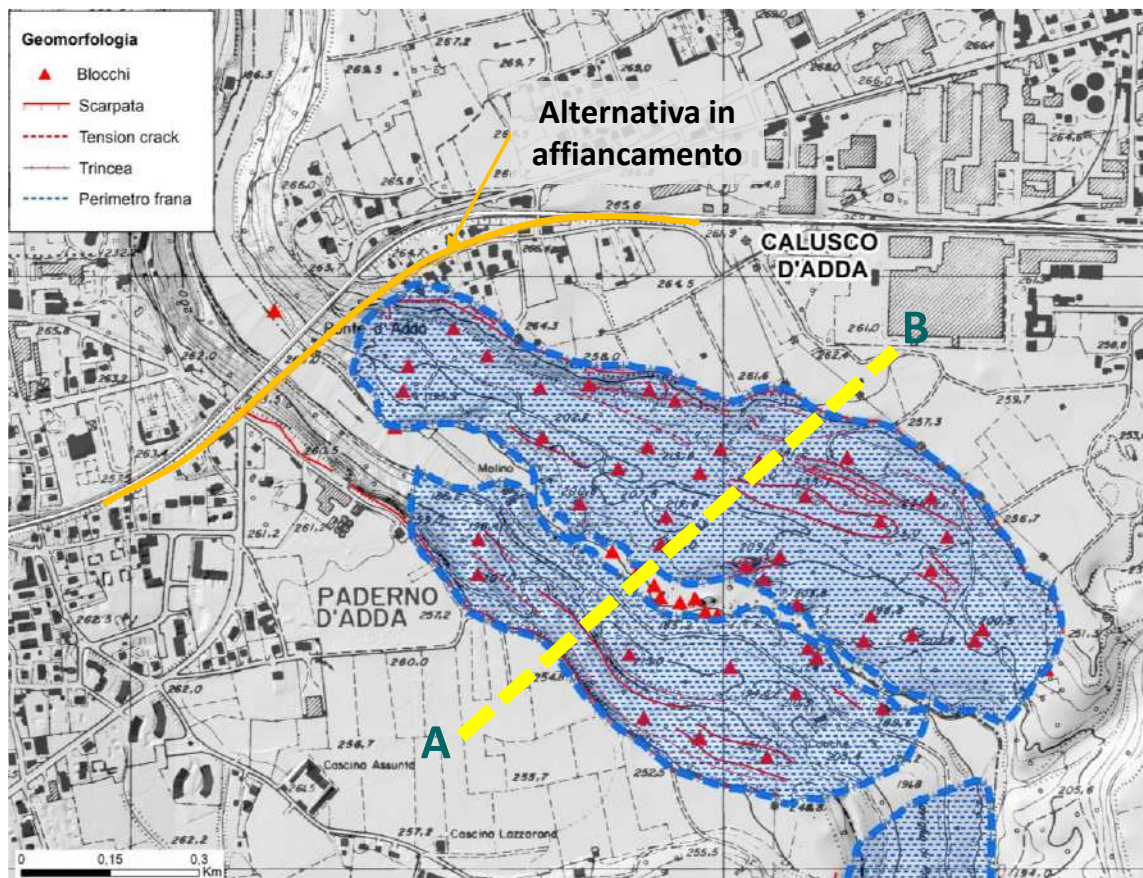


*Frattura EW ca. su lato monte della tranchea maggiore che isola a tergo una «fetta» di conglomerato.*



# FOCUS TERRITORIO : GEOLOGIA E GEOTECNICA

## Criticità geomorfologiche - modello schematico



Substrato roccioso: calcareniti e flysch (alternanza di livelli marnosi e argille)

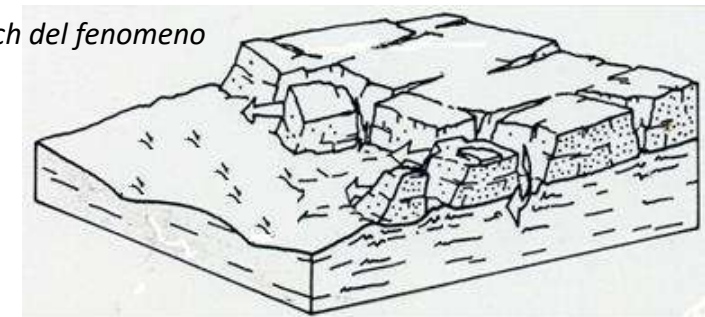
Sezione geologica schematica A-B (WSW-ENE) da rilievi, sondaggi e indagini geofisiche

Il fenomeno franoso si può classificare come un movimento estremamente lento riconducibile a fenomeni di espansione laterale, che si sarebbe attivato a causa dell'incisione dell'Adda e della conseguente esposizione del contatto tra le argille di Conche (formazione deformabile) e i sovrastanti conglomerati cementati del Ceppo (formazione rigida).

In prima approssimazione si stima un'area in frana di **estensione di 1 km<sup>2</sup> circa** interessata da trincee di lunghezza fino a 500 m, altezza >20 m e larghezza fino a 10 m.

Le evidenze di **deformazione «a gradinate»** lungo l'orlo del terrazzo fluvio-glaciale di Calusco, le **fratture beanti**, parallele alla valle, e che interessano la scarpata principale (nonché, presumibilmente le lesioni di alcuni edifici) indicherebbero che il fenomeno sia attivo e in evoluzione retrogressiva.

Sketch del fenomeno



# FOCUS TERRITORIO : GEOLOGIA E GEOTECNICA

## Criticità geomorfologiche - conclusioni

La particolarità e l'estensione del fenomeno franoso:

- rendono incerta ogni valutazione sulla reale interazione del meccanismo di instabilità con l'opera ferroviaria;
- rendono non praticabile ogni ipotetico intervento di stabilizzazione/mitigazione per la mancanza di ogni garanzia sulla relativa efficacia e per i relativi costi e tempi di esecuzione;
- determinerebbe la necessità di assoggettare l'opera ferroviaria e i versanti a monitoraggio per l'intera vita di esercizio dell'infrastruttura



**La realizzazione dell'opera ferroviaria all'interno di questa area instabile NON è PERSEGUIBILE**



# TROVARE LA MIGLIORE ALTERNATIVA → DOCFAP



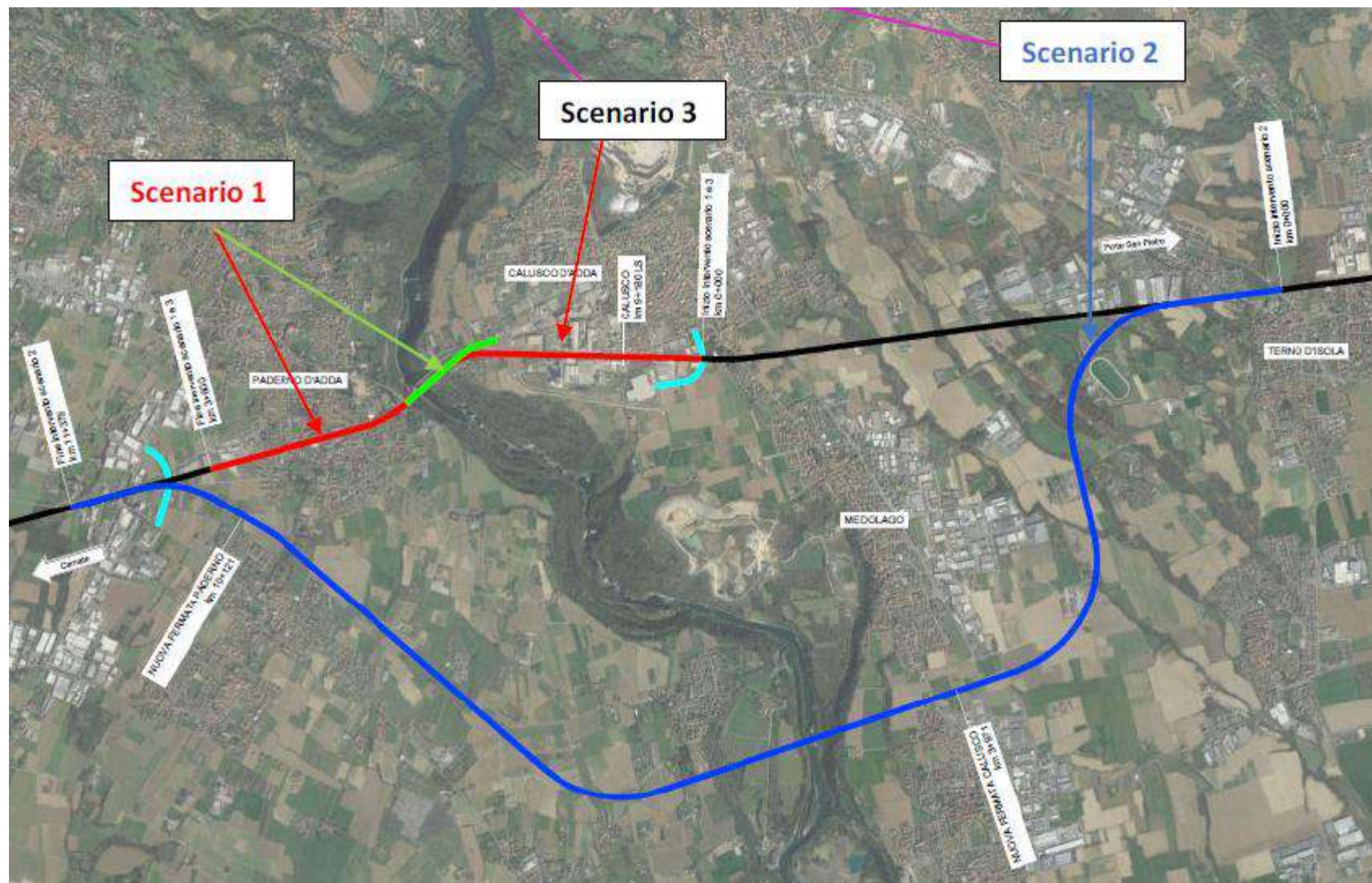
- **Richieste Funzionali:**
  - ✓ mantenere le attuali Stazioni di Paderno e Calusco
  - ✓ Variante a doppio binario;
  - ✓ Assicurare percorribilità traffico merci
- **Vincoli :**
  - Geometria del tracciato ferroviario
  - Elevata urbanizzazione
  - Territorio: presenza Cimitero
  - Ambiente: Vincoli paesaggistici
  - Geologia: **presenza di aree di instabilità che pregiudicano la realizzabilità di una nuova opera di attraversamento**



# ALTERNATIVE ESPLORATE

## Alternative localizzate a Nord del Ponte esistente

- Ponte in stretto affiancamento : Alternativa ritenuta non perseguibile per inevitabile interferenza del nuovo tracciato con il Cimitero
- Alternativa a Nord in Variante : Alternativa ritenuta non preferibile per notevole impatto sul territorio in termini di demolizioni (comporterebbe significativo tratto di galleria artificiale)





# Scenario 1: ponte ferroviario e stradale in stretto affiancamento



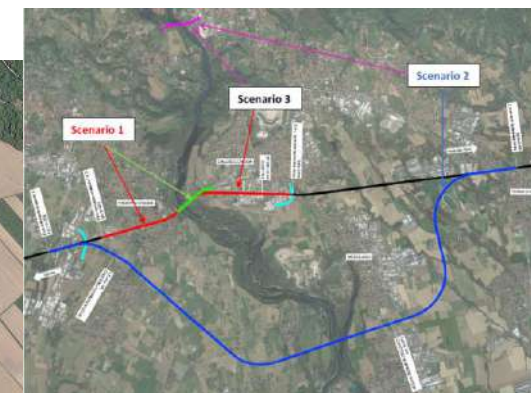
Tale scenario prevede:

- il mantenimento stazione di Paderno e Calusco
- Variante di modesto sviluppo ( 3,6 Km)
- Mantenimento quota piano strada attuale
- V= 90 km/h

- la necessità di realizzare un tratto in galleria lato Calusco e Paderno per il mantenimento della quota stradale esistente.
- la soppressione di 4 Passaggi a Livello mediante la realizzazione di nuove viabilità e l'adeguamento di 5 cavalcaferrovia
- Nuova opera in stretto affiancamento all'esistente ( d= 30 m)
- Galleria artificiale in zone con presenza di abitazioni



## Scenario 2: ferrovia e strada dislocate con nuovo tracciato

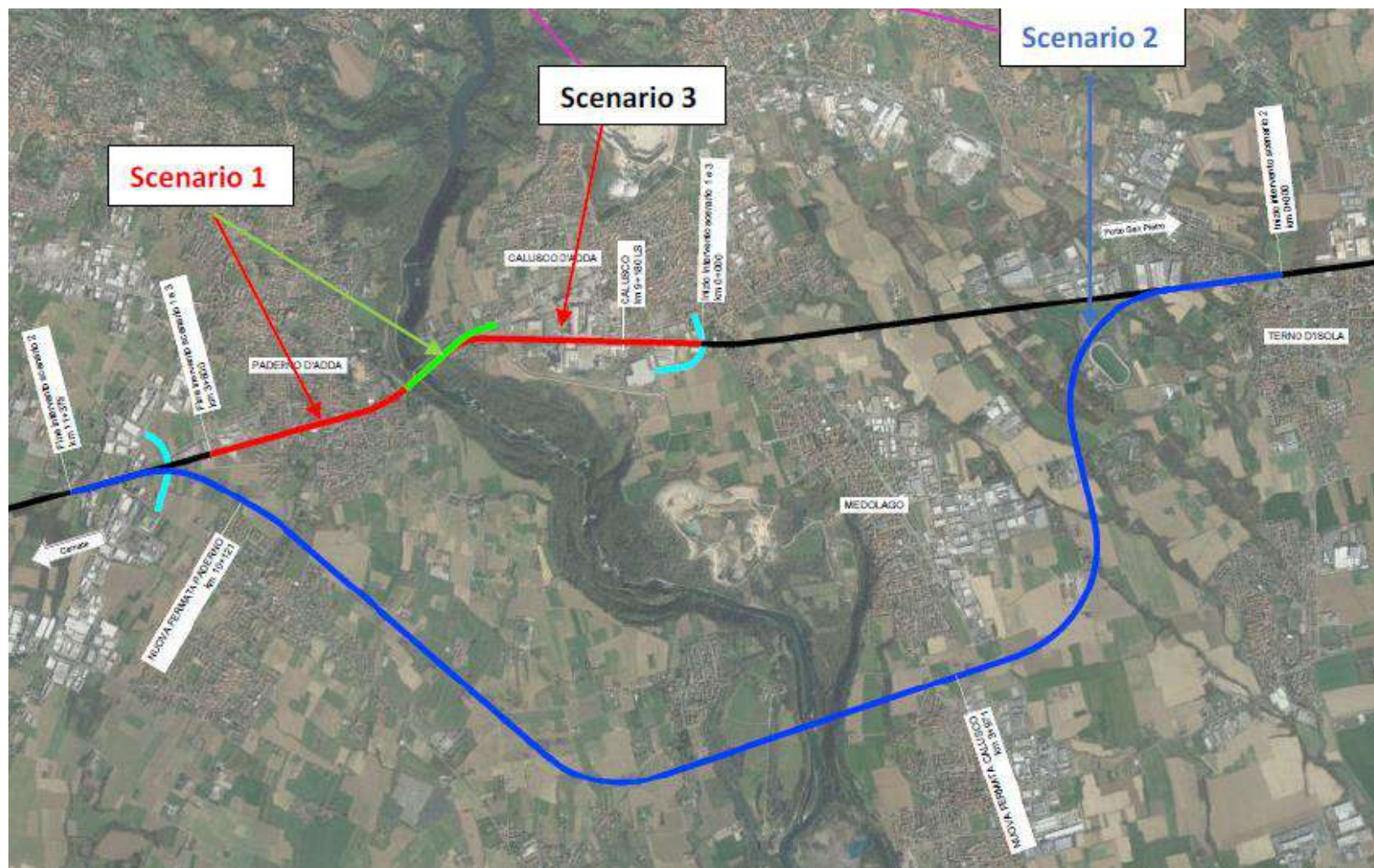


- Dismissione attuale linea ferroviaria tra stazioni di Paderno e Calusco con eventuale ricucitura urbanistica
- Sviluppo variante ferroviaria 11 Km
- $V = 115 \text{ Km/h}$
- Realizzazione n.2 nuove Fermate
- Minimizzazione interferenza con abitato



## Scenario 3: ponte ferroviario in stretto affiancamento

- Garantisce mantenimento stazione di Paderno e Calusco compatibilmente con gli interventi previsti da RFI
- Variante di modesto sviluppo ( 3,6 Km)
- Rilocazione attraversamento stradale
- Nuova opera in stretto affiancamento all'esistente ( d= 30 m)
- Galleria artificiale in zone con presenza di abitazioni
- $V= 90 \text{ Km}\backslash\text{h}$



# DOCFAP Nuovo Ponte Paderno D'Adda

## Informazioni Salienti

	SCENARIO 1	SCENARIO 2	SCENARIO 3
Costo a Vita Intera	356 M €	673 M €	381 M €
Analisi Costi Benefici*	<b>VANE = 513,50 Mln€</b> <b>B/C = 3,686</b> <b>TIRE= 13,3%</b>	<b>VANE = 211,38 Mln€</b> <b>B/C = 1,520</b> <b>TIRE= 5,8%</b>	<b>VANE = 528,77 Mln€</b> <b>B/C = 3,531</b> <b>TIRE= 13,0%</b>
Modello d'Esercizio	Da 40 treni/giorno attuali a 68 treni/giorno	Da 40 treni/giorno attuali a 68 treni/giorno	Da 40 treni/giorno attuali a 68 treni/giorno
Studio Di Trasporto	Auto*km/giorno sottratti alla mobilità stradale: 144.779	Auto*km/giorno sottratti alla mobilità stradale: 140.132	Auto*km/giorno sottratti alla mobilità stradale: 170.373
Durata Lavori	5 anni	6 anni	5 anni

**INDICATORI INDIVIDUATI:** Consumo di suolo, Riduzione dell'inquinamento, Attrattività del servizio ferroviario, Mitigazione della frammentazione urbana, Variazione dell'accessibilità, Attrattività turistica del territorio, Sostenibilità economica-finanziaria

VANE= Valore Attuale Netto Economico, ovvero la sommatoria dei saldi annuali tra costi e benefici generati dall'investimento

B/C= rapporto tra Benefici e Costi. Se >1 l'investimento risulta sostenibile

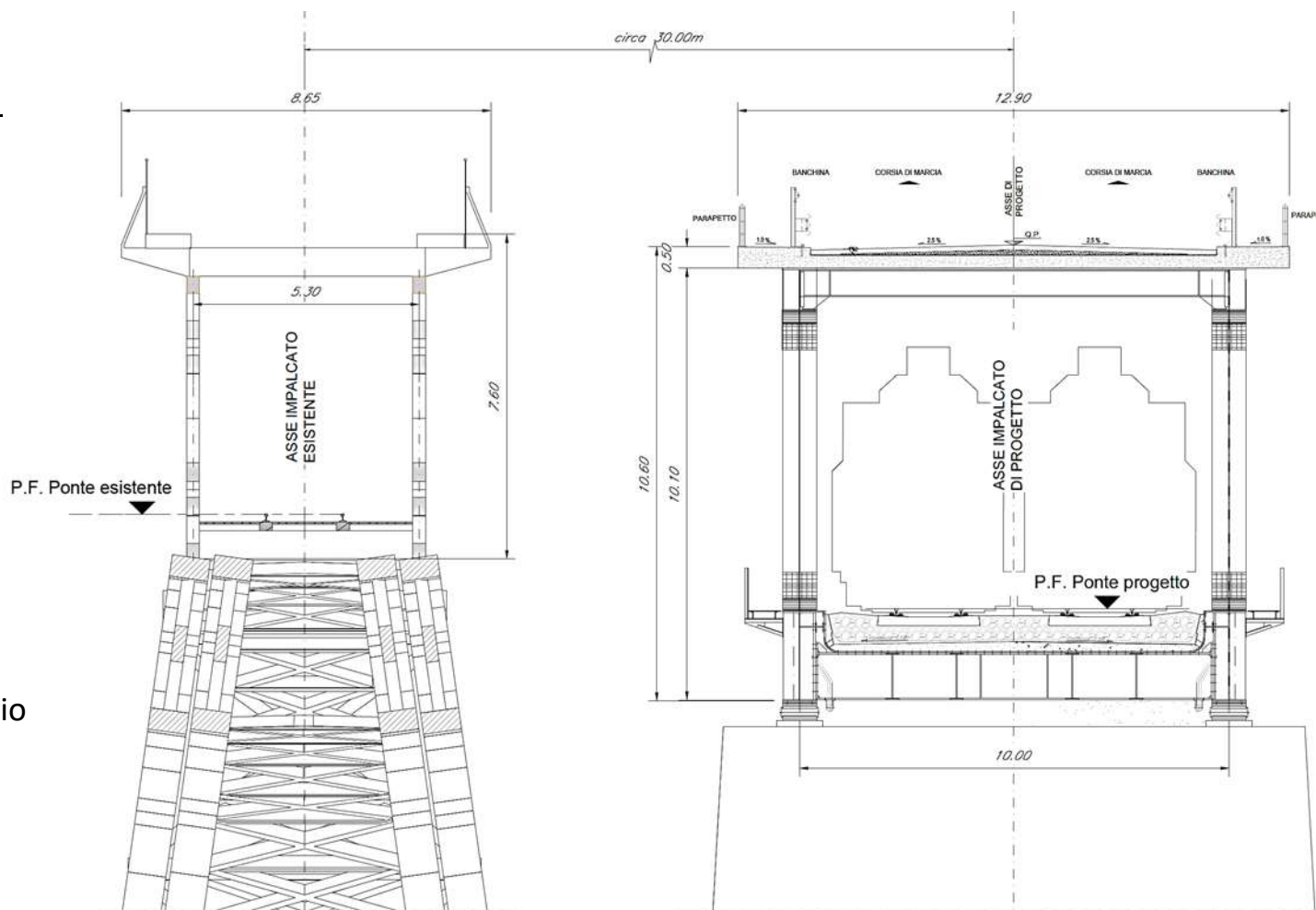
TIRE= Tasso di Rendimento Interno Economico



# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento

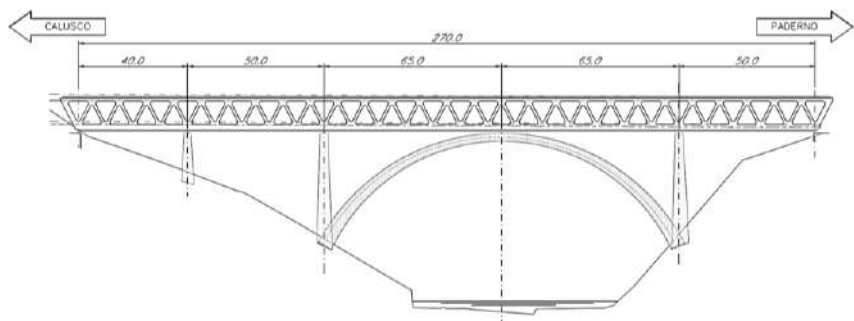
## MOTIVI INCREMENTO DIMENSIONI NUOVO IMPAL

- ❖ **Viabilità** : da una corsia a due corsie in conformità con D.M. 5 novembre 2001
- ❖ **Viabilità ferroviaria**: da Singolo Binario a Doppio Binario (i=4m)
- ❖ Incremento **ingombro sagoma limite**
- ❖ Ingombro **Trazione Elettrica**
- ❖ Aumento significativo dei **carichi da traffico**:
  - nuovi standard normativi: da 13 t/asse a 25 t/asse
  - doppia viabilità stradale e doppio binario ferroviario

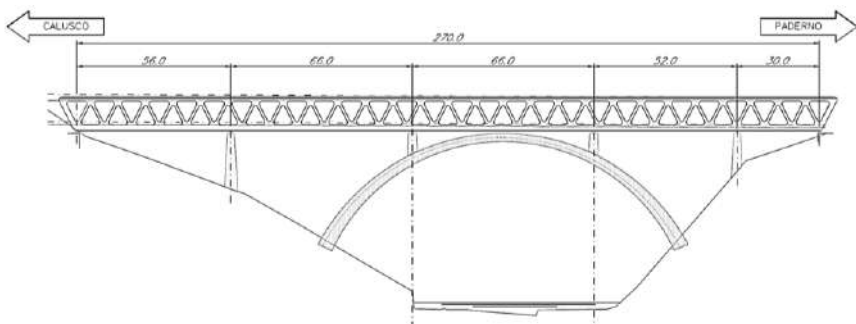


# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento

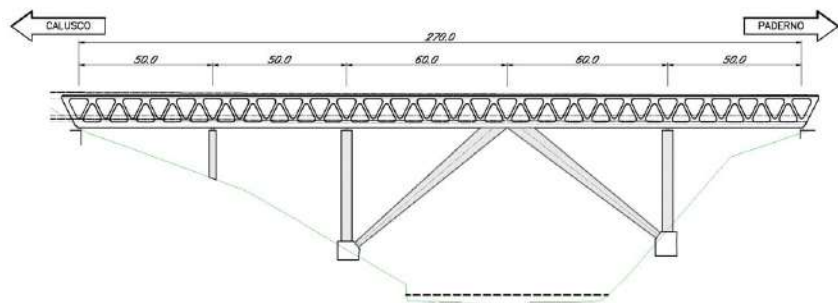
**Soluzione 2**



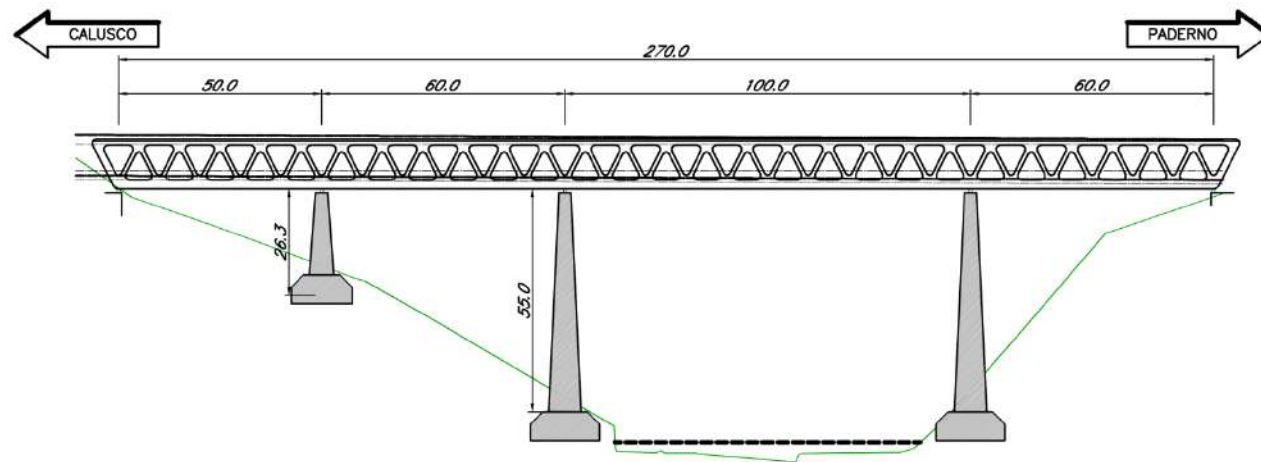
**Soluzione 3**



**Soluzione 4**



**SOLUZIONE 1**

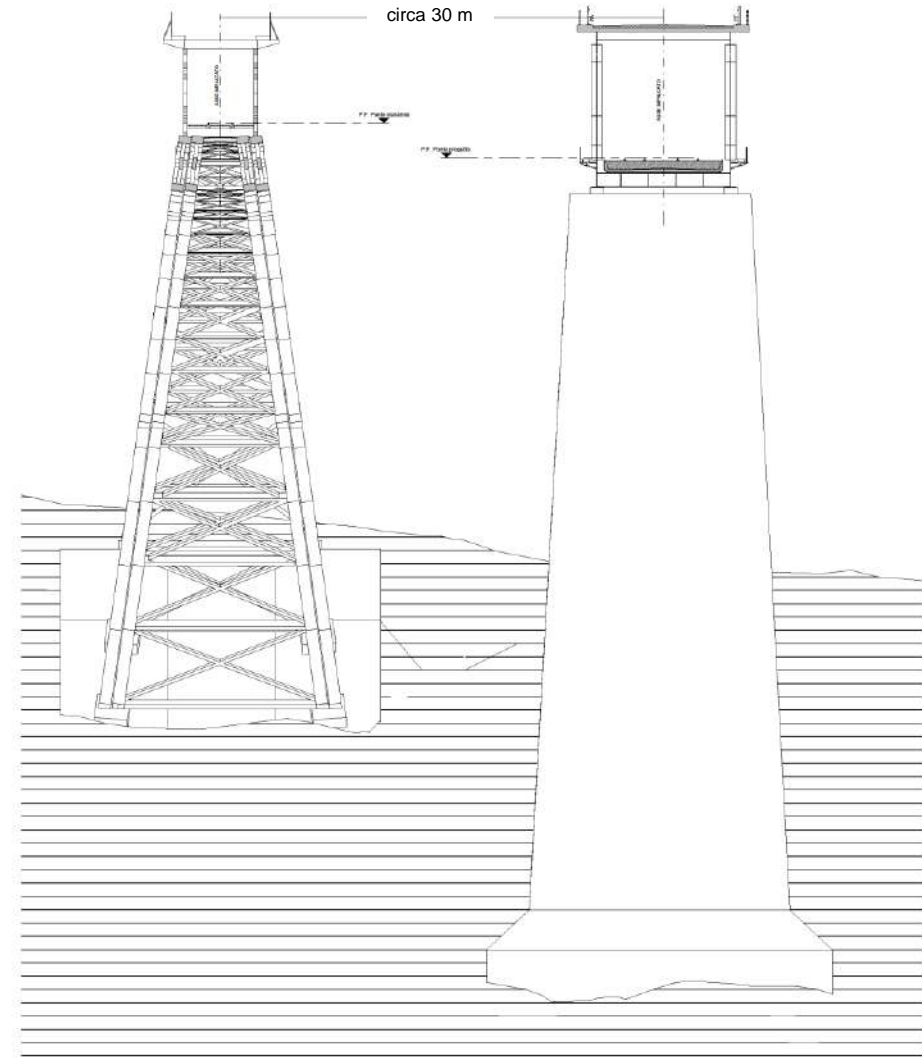
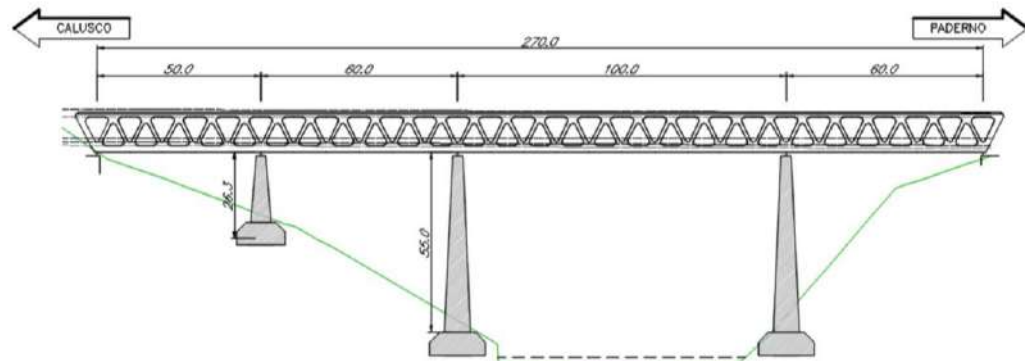
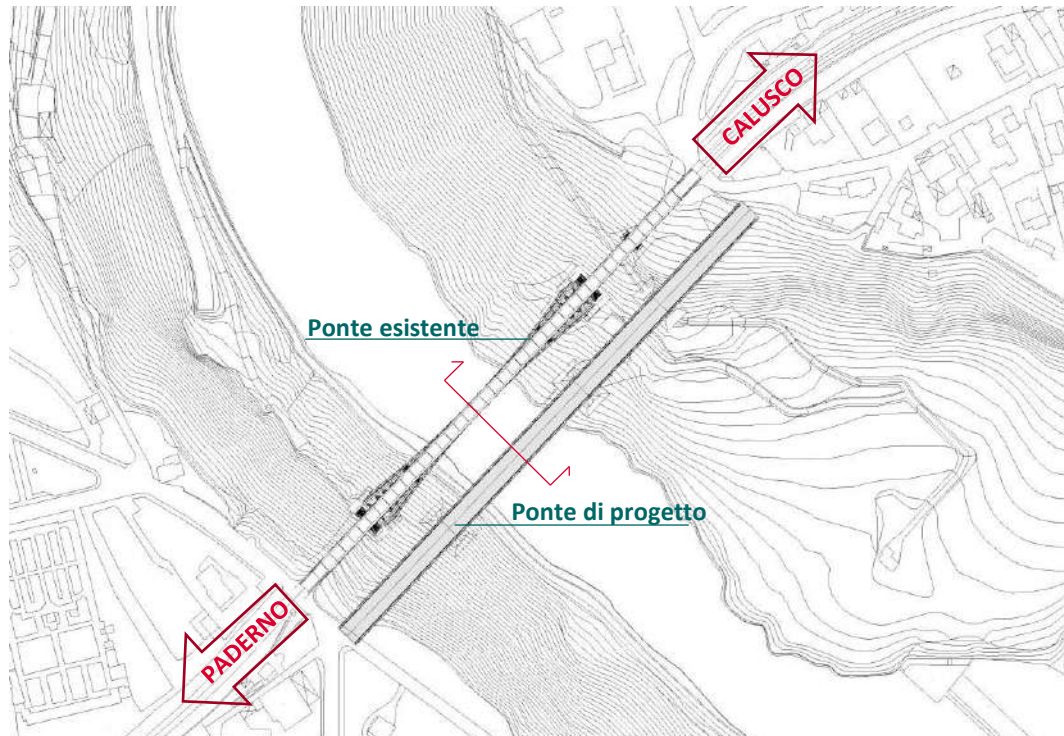


**ALTERNATIVE PROGETTUALI (arco in c.a. e cavalletto in acciaio):**

- ❖ Strutture poco efficienti: la potenzialità della travata metallica è poco sfruttata
- ❖ Difficoltà costruttive
- ❖ Strutture massicce con forte impatto visivo



# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento -Soluzione 1

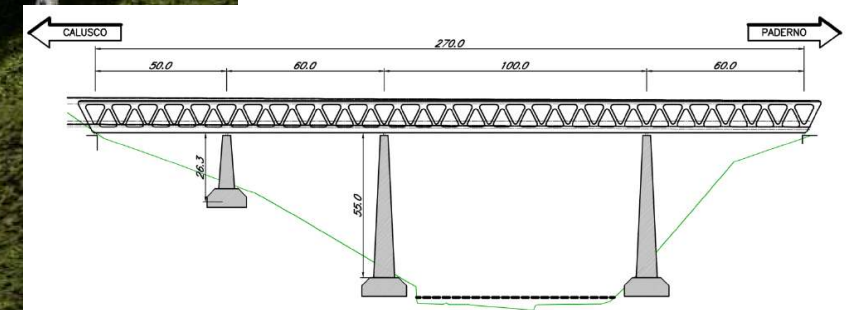
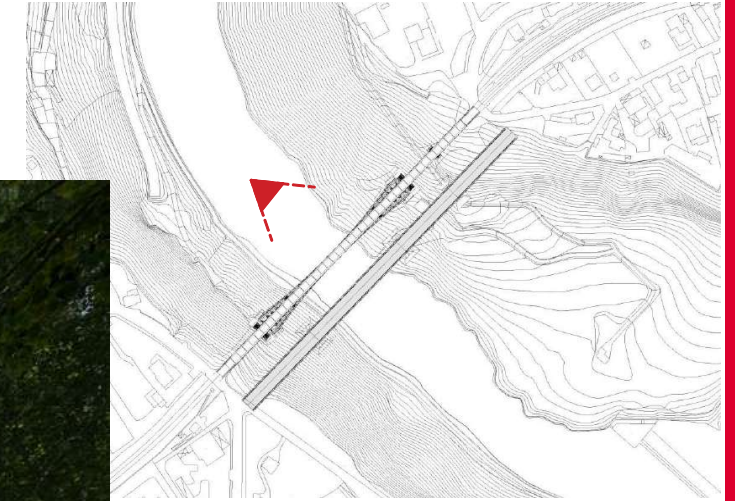


# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento

## -Soluzione 1



Vista Nord



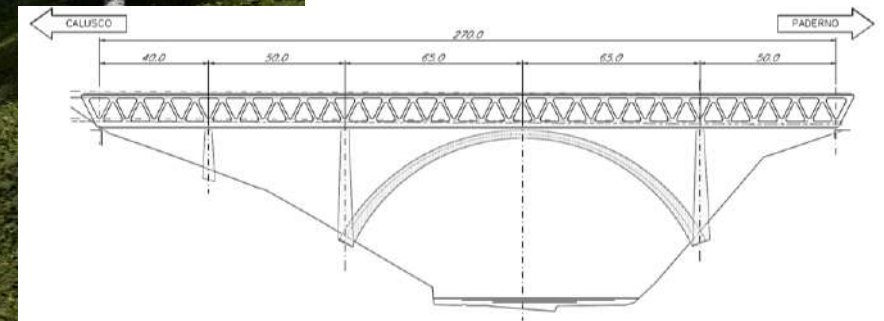
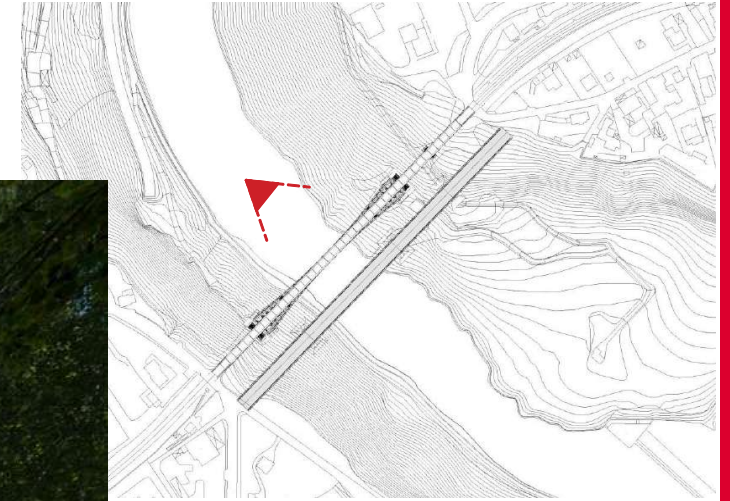


# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento

## -Soluzione 2



Vista Nord



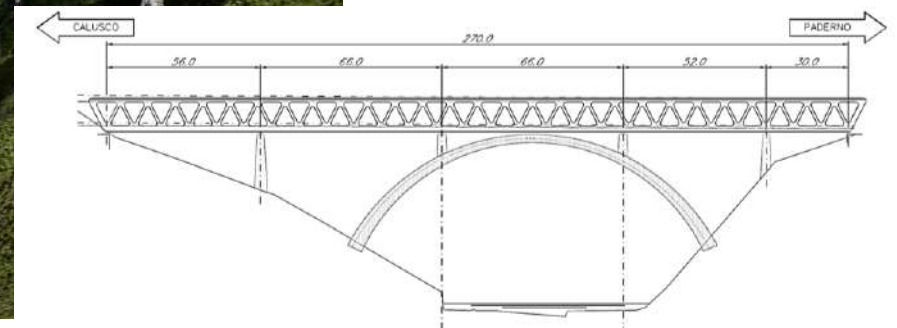
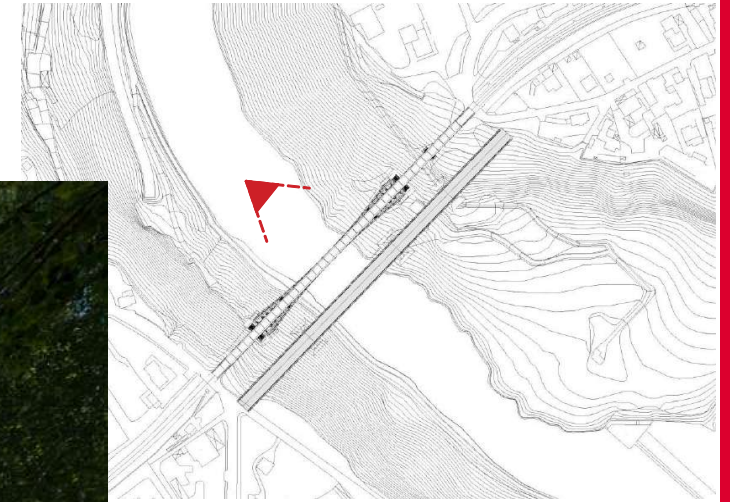


# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento

## -Soluzione 3



Vista Nord

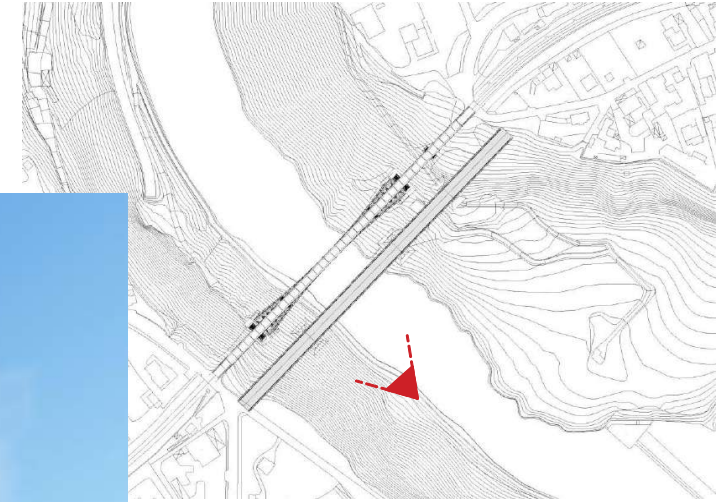




# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento -Soluzione 1



Vista Sud



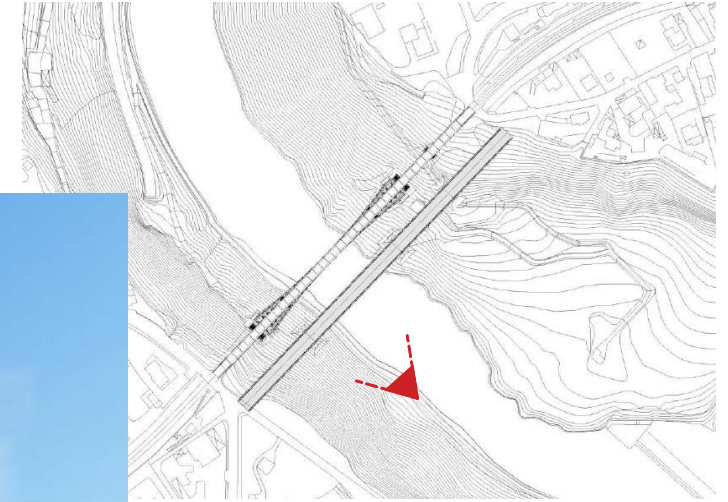


# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento

## -Soluzione 2



Vista Sud

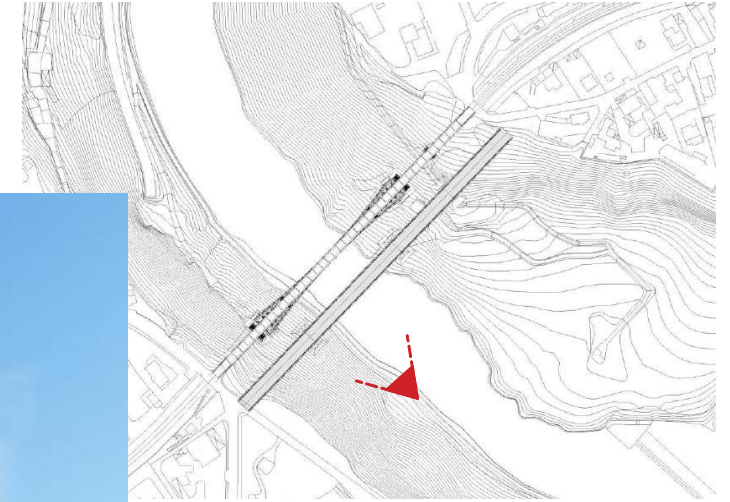




# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento -Soluzione 3



Vista Sud

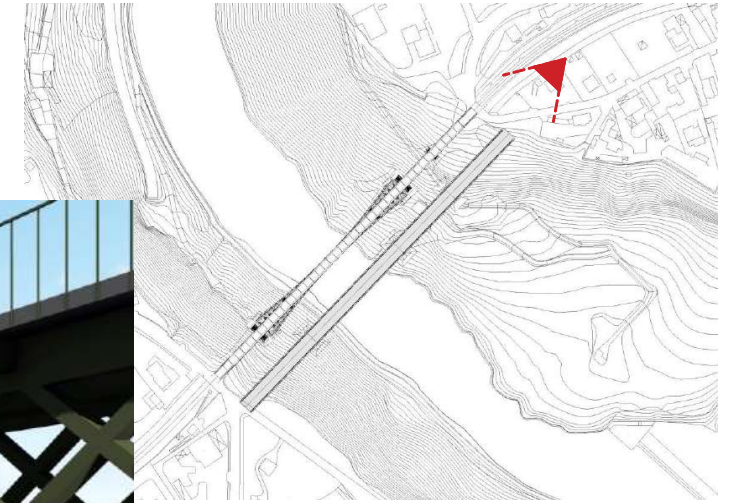




# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento -Soluzione 1



Vista Est





# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento -Soluzione 2



Vista Est



# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento -Soluzione 3



Vista Est

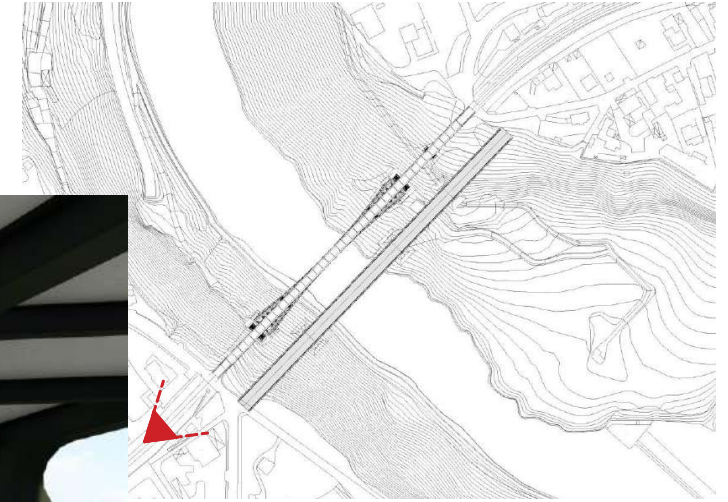




# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento -Soluzione 1



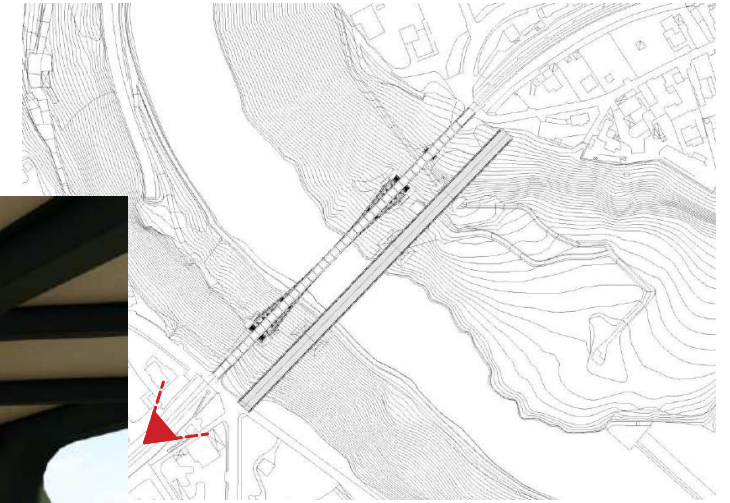
Vista Ovest



# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento -Soluzione 2



Vista Ovest

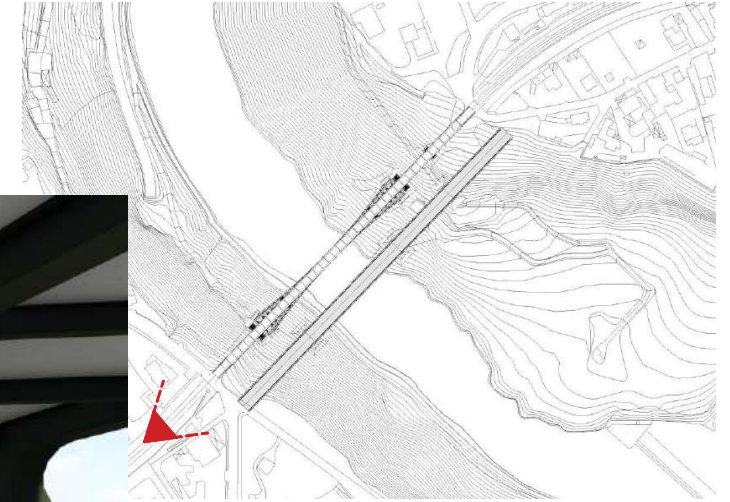




# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento -Soluzione 3



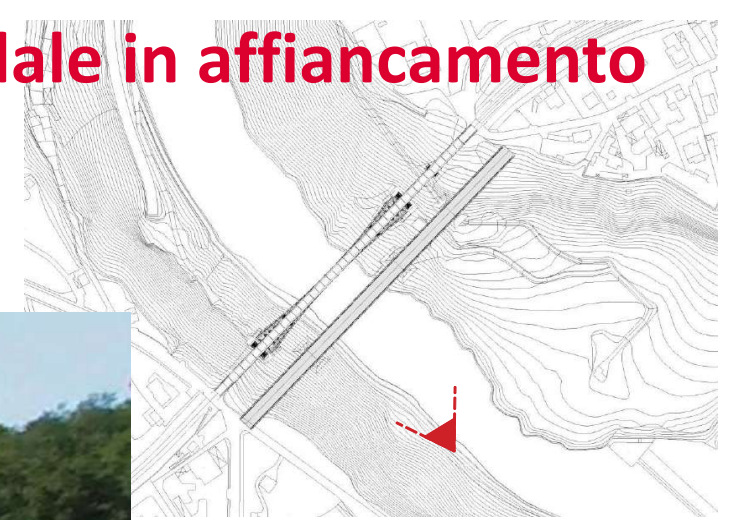
Vista Ovest



# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento

## -Soluzione 1

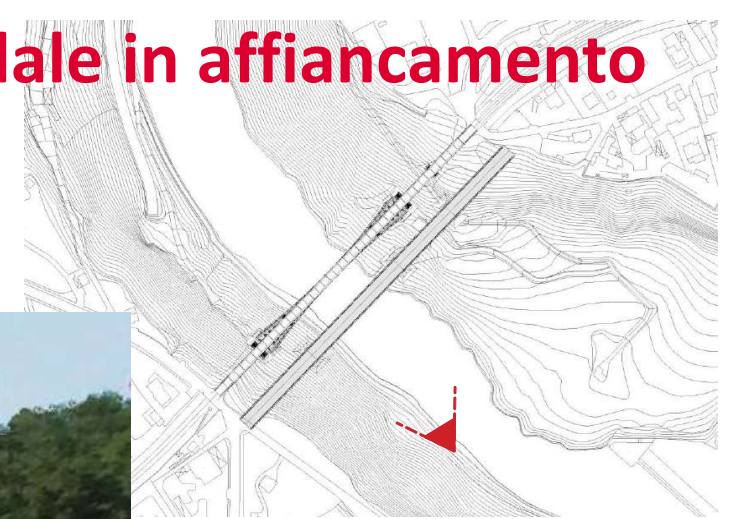
Fotoinserimento





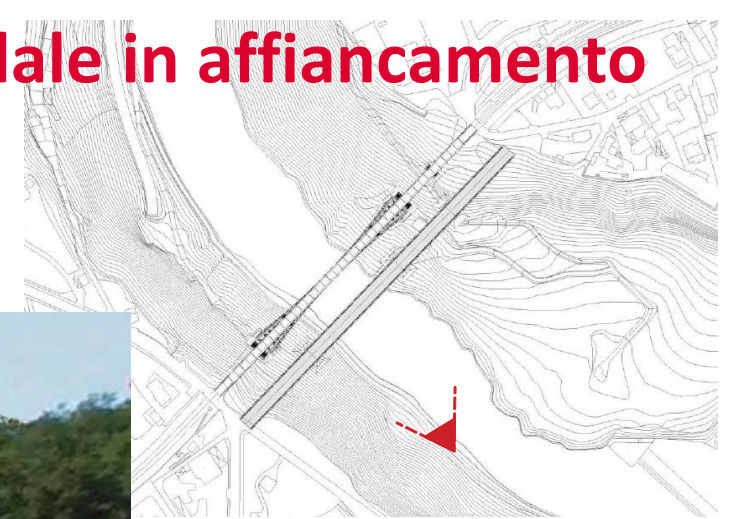
# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento -Soluzione 2

Fotoinserimento



# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento -Soluzione 3

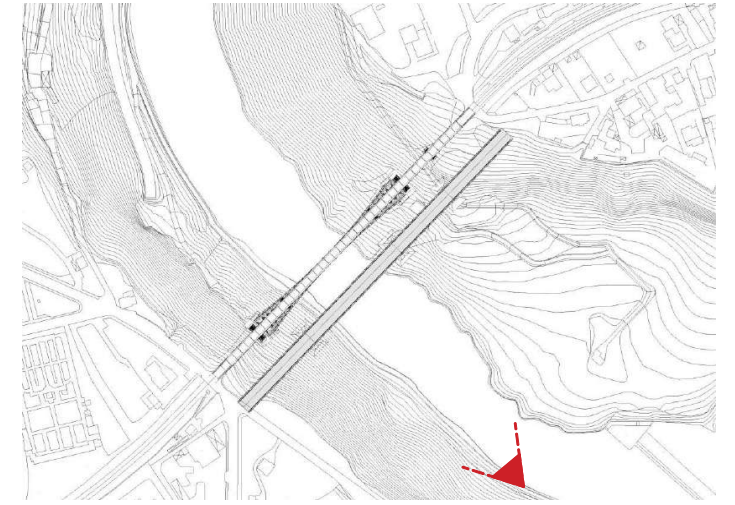
Fotoinserimento





# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento -Soluzione 1

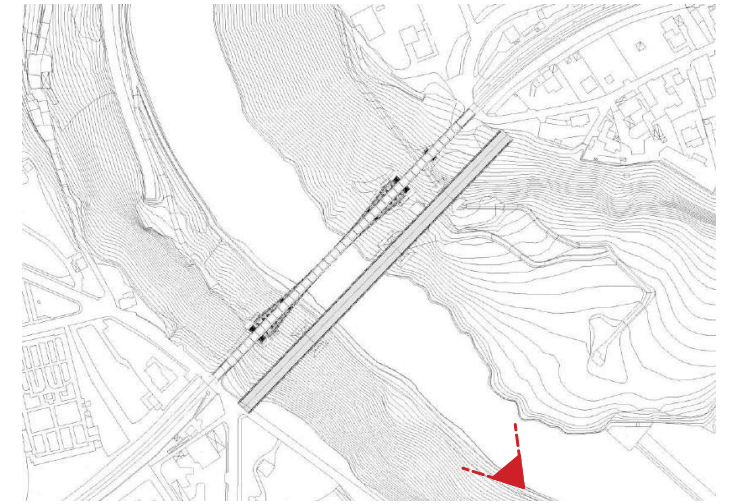
## Fotoinserimento





# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento -Soluzione 2

Fotoinserimento

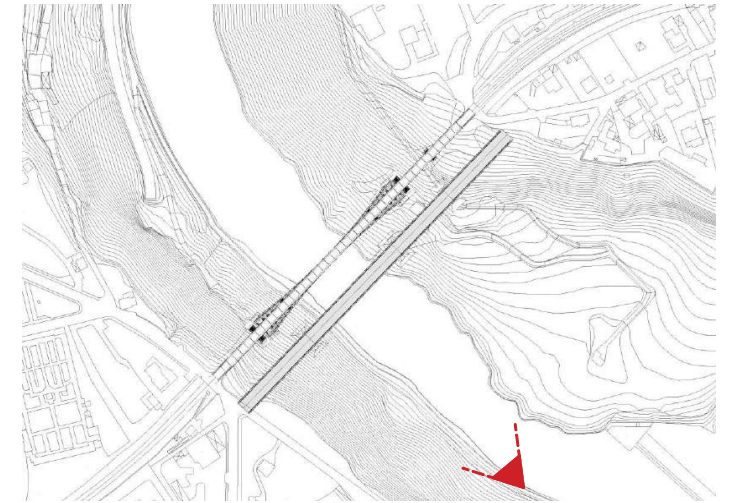




# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento

## -Soluzione 3

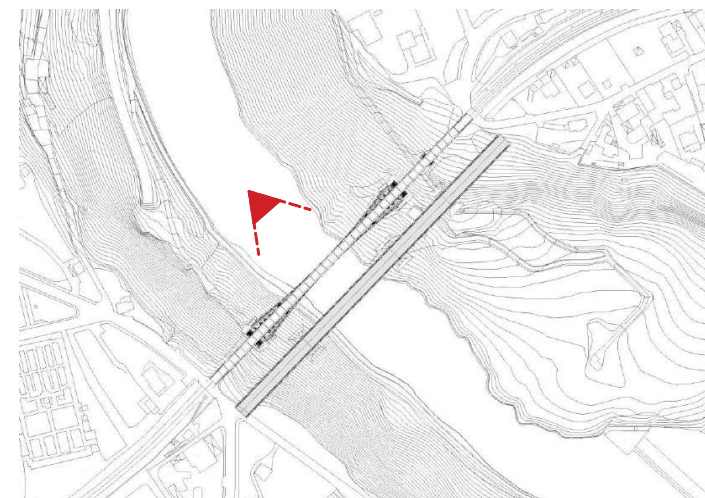
### Fotoinserimento





# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento -Soluzione 1

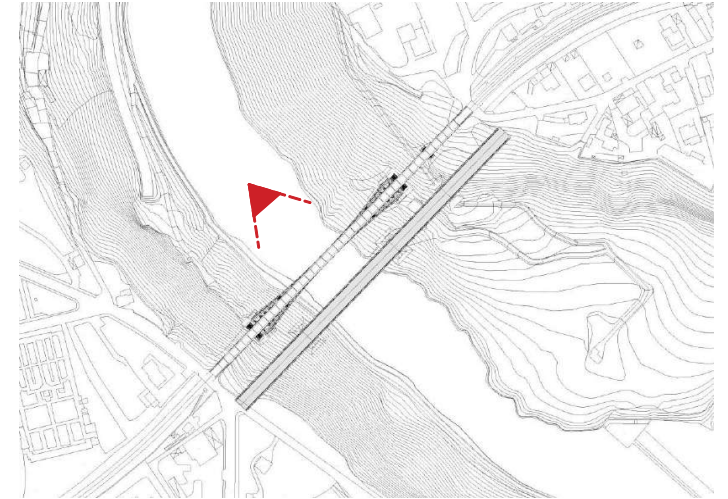
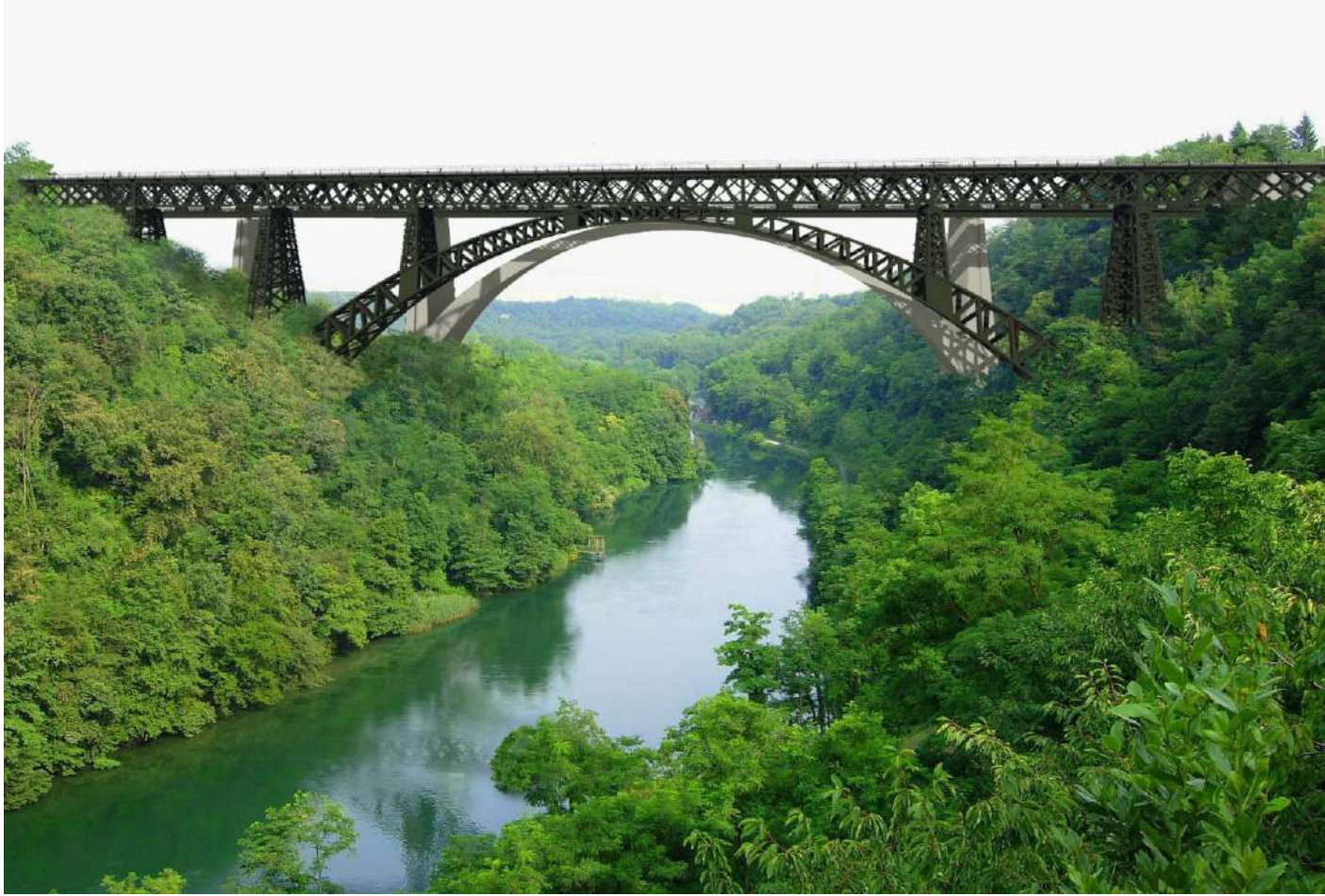
## Fotoinserimento





# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento -Soluzione 2

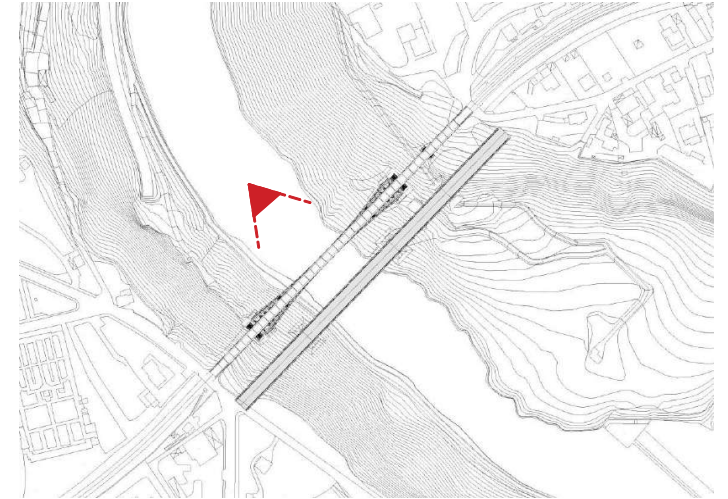
## Fotoinserimento





# Proposta Progettuale: Nuovo Ponte ferroviario e stradale in affiancamento -Soluzione 3

## Fotoinserimento





**Grazie**

