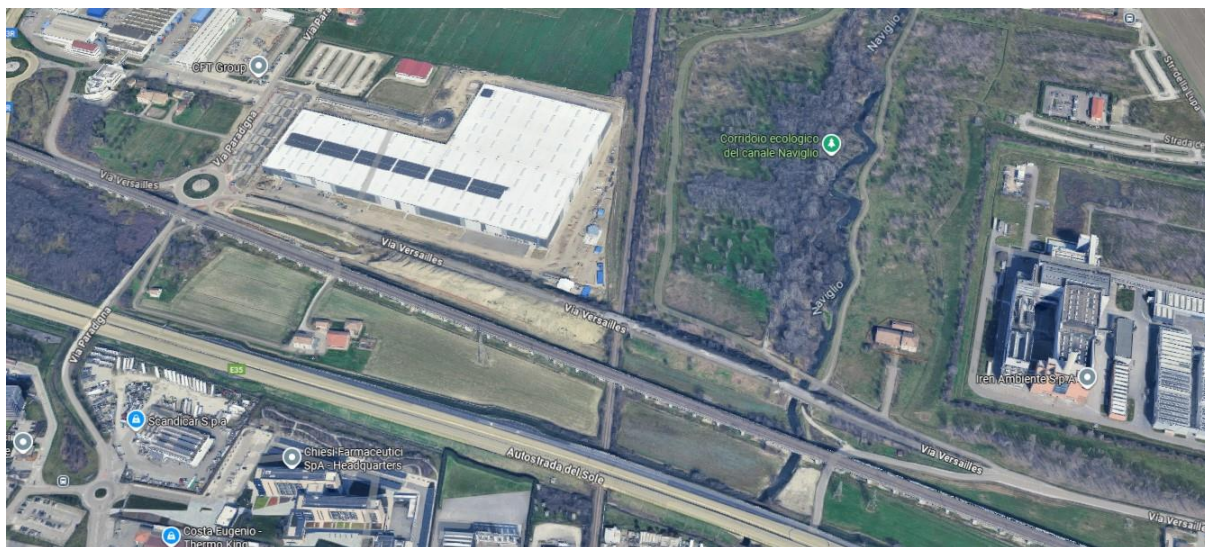




Oggetto: **Consolidamento rilevato via Versailles. Documento di fattibilità delle alternative progettuale.**

L'asta stradale denominata via Versailles nel tratto compreso tra la rotatoria con via Paradigna e la confluenza di strada Nuova Naviglio è stata realizzata nell'ambito dell'intervento urbanistico gestito da ARCO Immobiliare per l'insediamento del negozio IKEA.



La strada contiene due viadotti di scavalcamento, il primo sulla linea ferroviaria PR-BS e il secondo è un ponte sul canale Naviglio.

Il rilevato stradale ha un'altezza variabile sino a 11,30m circa ed è compreso tra la rotatoria di intersezione con Via Paradigna (a ovest) e l'intersezione con Strada Nuova Naviglio (a est) per uno sviluppo totale di circa 850m, parallelo alla linea TAV.

I viadotti sono costituiti da spalle in c.a. fondate su pali roto-trivellati in c.a. e da un impalcato costituito da travi in c.a. prefabbricate.

Il progetto originale prevedeva la realizzazione di una strada appartenente alla categoria C2 delle "strade extraurbane secondarie", caratterizzata da una carreggiata con due corsie di marcia larghe 3,50m e banchine laterali da 1,25m. Analizzando lo

stato di fatto si è riscontrato che la sezione trasversale non rispetta gli standard geometrici per l'intero sviluppo, presentando in alcuni punti larghezze minori.

Dal punto di vista altimetrico, il profilo longitudinale di progetto presentava livellette con pendenza massima pari al 5%, con due raccordi concavi di raggio 2800m e un raccordo convesso di raggio 3900m.

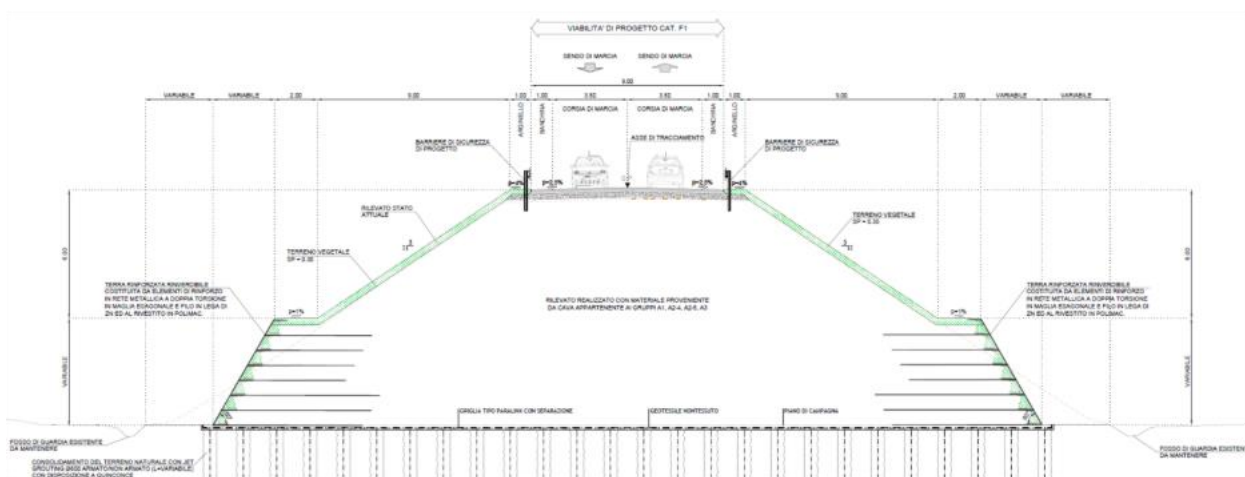
A causa dei cedimenti, il profilo rilevato ha perso l'andamento originario e in alcune zone si è abbassato anche di 70÷80cm.

La configurazione delle pendenze trasversali rilevate è a “schiena d’asino” per l'intero tracciato, anche nei tratti in curva, con valori inferiori al 2,5%.

Sulla base delle informazioni ricevute il rilevato stradale in oggetto ha manifestato subito dopo l'apertura evidenti cedimenti e fessurazioni.

Il DOCFAP ha messo a confronto 4 diverse ipotesi di intervento:

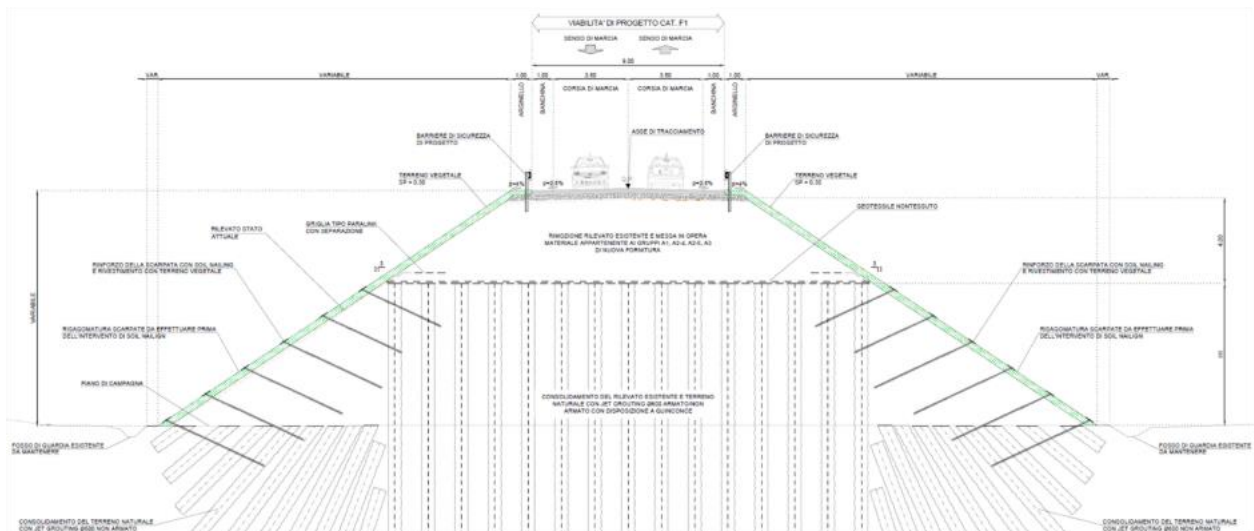
- **Alternativa 1 (soluzione 1a e 1b)**



La soluzione 1a consiste nella rimozione completa del materiale costituente il rilevato esistente e nella messa in opera di uno di nuovo rilevato con materiale idoneo e di adeguate caratteristiche geo-meccaniche previo consolidamento del terreno di sedime con colonne jet grouting.

Una variante possibile (soluzione 1b) è quella di trattare con stabilizzazione a calce il materiale costituente il rilevato esistente.

- **Alternativa 2 (soluzione 2a e 2b)**



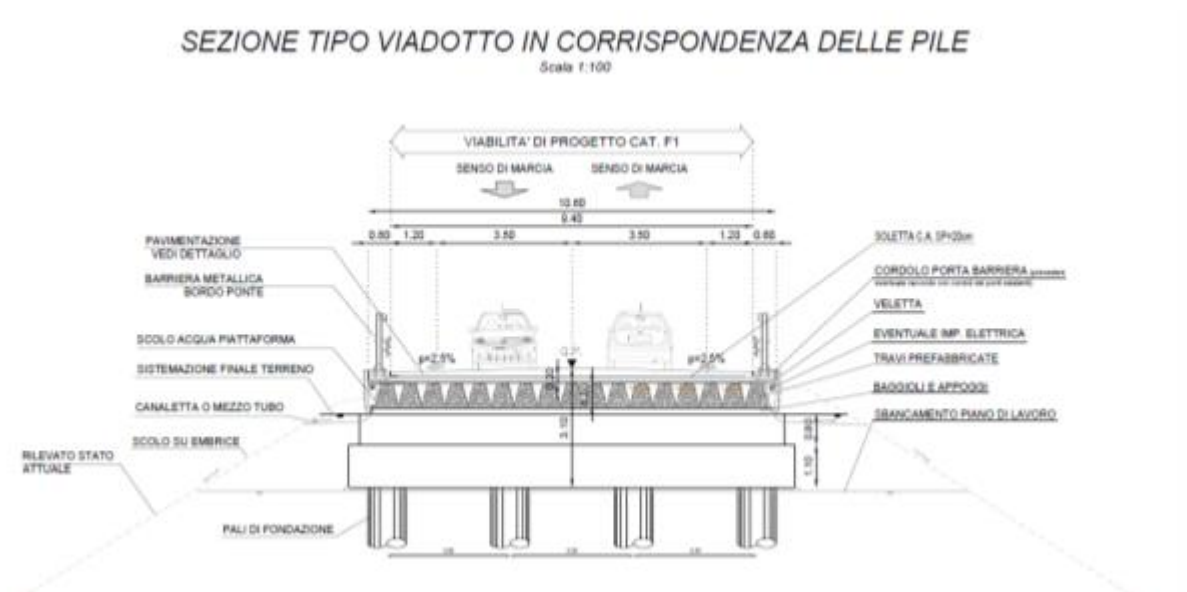
Questa alternativa progettuale (soluzione 2a) consiste nella rimozione solo di una parte superficiale del rilevato esistente e nella messa in opera di uno di nuovo rilevato con adeguate caratteristiche geo-meccaniche.

L'intervento prevede il consolidamento con colonne jet grouting partendo dalla base del nuovo rilevato.

Si prevede inoltre l'impiego di chiodature (soil nailing) per rinforzare le scarpate esistenti.

Una variante possibile (soluzione 2b) è quella di trattare con stabilizzazione a calce il materiale costituente il rilevato esistente.

- **Alternativa 3**



Questa alternativa progettuale prevede la realizzazione di un viadotto al netto dei cavalcavia esistenti avrà uno sviluppo di 456 m ed è costituito da 26 pile e due spalle. Il terreno costituente la parte di rilevato esistente sarà mantenuto in situ ed attraversato dai pali di fondazione del nuovo viadotto e ne sarà rimossa e smaltita una minima parte sommitale per consentire la realizzazione delle spalle e delle pile del nuovo viadotto.

L'impalcato del viadotto è costituito da travi prefabbricate e da una soletta continua. La luce tipica della campata è pari a 18m, questo per permettere un montaggio il più agevole possibile in considerazione degli spazi limitati del cantiere. Sono previste campate di lunghezza minore ($L=14m$) per adeguarsi alla posizione dei cavalcavia esistenti.

- **Alternativa 4**

Consiste in un ripristino della continuità planoaltimetrica con interventi di più limitato respiro, coinvolgenti la parte più superficiale del rilevato, e con conseguenze anche in termini di fruizione. Questa alternativa comporta:

- limitazione del traffico ai veicoli leggeri entro le 3.5 ton
- realizzazione di solette di transizione in approccio ai cavalcavia esistenti
- ricostruzione della parte sommitale del rilevato (circa 1,25m da quota di progetto), sostituzione con materiale da rilevato con inserimento di geogriglie
- monitoraggio della stabilità delle scarpate e dei cedimenti mediante catene inclinometriche ed estensimetri, con sistema di acquisizione elettronica dei dati e sistema di allerta
- monitoraggio topografico dei cedimenti del rilevato con cadenza annuale per il quale vengono predisposti pilastri in c.a. con borchia metallica.
- Sistemazione impianto dei guardrail.

L'approccio progettuale è analogo a quello che si adotta su strade esistenti su versanti franosi per la quale si propongono interventi non di carattere definitivo, che non hanno la finalità di risolvere totalmente il problema ma piuttosto di ripristinare la sede stradale:

- limitare per quanto possibile i cedimenti differenziali
- mediante il monitoraggio in continuo determinare l'andamento dei cedimenti e poter intervenire tempestivamente qualora fossero incompatibili con la sicurezza degli utenti
- acquisire dati mediante il monitoraggio in continuo circa l'eventuale innesco di

fenomeni di rottura/scivolamento dovuti ai problemi di stabilità globale, tendenzialmente più repentini rispetto al processo di consolidazione in corso.

Tempistiche realizzative

Di seguito è riportata una stima della tempistica per le alternative progettuali proposte:

- Alternativa progettuale 1a (nuovo rilevato): 45 mesi
Alternativa progettuale 1b (rilevato esistente trattato a calce): 44 mesi
- Alternativa progettuale 2a (rimozione parziale del rilevato esistente e consolidamento, con approvvigionamento di nuovo rilevato): 33 mesi
Alternativa progettuale 2b (trattamento a calce di parte del rilevato esistente e consolidamento): 33 mesi
- Alternativa progettuale 3 (viadotto): 41 mesi
- Alternativa progettuale 4 (apertura la traffico con monitoraggio): 9 mesi

Costi delle alternative progettuali

Di seguito è riportata una stima preliminare dei costi delle alternative progettuali proposte:

ALTERNATIVA PROGETTUALE 1a	
SMALTIMENTO RILEVATO ESISTENTE	4.497.415,78 €
COSTRUZIONE NUOVO RILEVATO	5.105.687,44 €
CONSOLIDAMENTO PIANO DI POSA	17.583.995,53 €
TOTALE	27.187.098,75 €
ONERI SICUREZZA	527.726,38 €
TOTALE COMPUTO METRICO ESTIMATIVO	27.714.825,13 €
OCCUPAZIONI TEMPORANEE E RIPRISTINI AREE	336.041,85 €
TOTALE COMPLESSIVO (al netto di IVA)	28.050.866,98 €

ALTERNATIVA PROGETTUALE 1b	
SMALTIMENTO RILEVATO ESISTENTE	1.248.116,90 €
COSTRUZIONE NUOVO RILEVATO	5.101.001,45 €
CONSOLIDAMENTO PIANO DI POSA	17.583.995,53 €
TOTALE	23.933.113,88 €
ONERI SICUREZZA	527.726,38 €
TOTALE COMPUTO METRICO ESTIMATIVO	24.460.840,26 €
OCCUPAZIONI TEMPORANEE E RIPRISTINI AREE	388.043,85 €
TOTALE COMPLESSIVO (al netto di IVA)	24.848.884,11 €

ALTERNATIVA PROGETTUALE 2a	
SMALTIMENTO RILEVATO ESISTENTE	1.907.493,63 €
RICOSTRUZIONE PORZIONE DI RILEVATO	3.870.244,16 €
CONSOLIDAMENTO PIANO DI POSA E RILEVATO ESISTENTE	12.062.864,76 €
TOTALE	17.840.602,55 €

ONERI SICUREZZA	461.332,28 €
TOTALE COMPUTO METRICO ESTIMATIVO	18.301.934,83 €
OCCUPAZIONI TEMPORANEE E RIPRISTINI AREE	336.041,85 €
TOTALE COMPLESSIVO (al netto di IVA)	18.637.976,68 €

ALTERNATIVA PROGETTUALE 2b	
SMALTIMENTO RILEVATO ESISTENTE	805.818,37 €
RICOSTRUZIONE PORZIONE DI RILEVATO	3.868.797,08 €
CONSOLIDAMENTO PIANO DI POSA E RILEVATO ESISTENTE	12.062.864,76 €
TOTALE	16.737.480,21 €
ONERI SICUREZZA	461.332,28 €
TOTALE COMPUTO METRICO ESTIMATIVO	17.198.812,49 €
OCCUPAZIONI TEMPORANEE E RIPRISTINI AREE	353.494,65 €
TOTALE COMPLESSIVO (al netto di IVA)	17.552.307,14 €

ALTERNATIVA PROGETTUALE 3	
PREPARAZIONE E DEMOLIZIONI	629.888,45 €
VIADOTTO	8.181.771,33 €
RICOSTRUZIONE	284.855,01 €
PAVIMENTAZIONI STRADALI	326.308,28 €
BARRIERE DI SICUREZZA E SEGNALETICA	345.953,20 €
RIPRISTINI	56.506,35 €
TOTALE	9.825.282,62 €
ONERI SICUREZZA	605.471,40 €
TOTALE COMPUTO METRICO ESTIMATIVO	10.430.754,02 €
OCCUPAZIONI TEMPORANEE E RIPRISTINI AREE	493.946,04 €
TOTALE COMPLESSIVO (al netto di IVA)	10.924.700,06 €

ALTERNATIVA PROGETTUALE 4	
PREPARAZIONE E DEMOLIZIONI	388.172,43 €
RICOSTRUZIONE	627.980,39 €
PAVIMENTAZIONI STRADALI	467.467,12 €
BARRIERE DI SICUREZZA E SEGNALETICA	141.683,20 €
RIPRISTINI	73.419,18 €
MONITORAGGIO	330.960,61 €
TOTALE	2.029.682,93 €
ONERI SICUREZZA	193.718,92 €
TOTALE COMPUTO METRICO ESTIMATIVO	2.223.401,85 €
OCCUPAZIONI TEMPORANEE E RIPRISTINI AREE	47.515,73 €
TOTALE COMPLESSIVO (al netto di IVA)	2.270.917,58 €

A questi importi si dovranno aggiungere le somme a disposizione.

Si è ad ogni buon conto fatto una comparazione delle alternative da cui si desume che anche sotto il profilo ambientale è preferibile la soluzione 4.

Alternativa progettuale 1a

Vantaggi

- Terreno costituente il rilevato di nuovo approvvigionamento selezionato e quindi con bassi rischi /nulli di avere materiale con caratteristiche geomeccaniche insufficienti. Il lavoro finito è di fatto un rilevato ex-novo.

Svantaggi

- Costo.
- Movimentazione molto elevata di materiale (circa 87000 mc totali).
- Variabilità sul costo relativamente allo smaltimento del materiale costituente il rilevato esistente.
- Cantierizzazione abbastanza complessa nel tratto centrale.

Alternativa progettuale 1b

Vantaggi

- Movimentazione di materiale relativa al rilevato esistente fuori dall'area di cantiere molto ridotta e terreno tratto in sito.
- Minor impatto ambientale rispetto alla soluzione (1a).
- Ridotta variabilità sul costo relativamente allo smaltimento del materiale costituente il rilevato esistente.

Svantaggi

- Costo.
- Aree di occupazioni temporanee per la lavorazione significativamente estese.
- Cantierizzazione abbastanza complessa specie nel tratto centrale.

Alternativa progettuale 2a

Vantaggi

- Consolidamento dell'esistente e movimentazione ridotta di materiale relativa al rilevato esistente fuori dall'area di cantiere.
- Ridotta variabilità sul costo relativamente allo smaltimento del materiale costituente il rilevato esistente.
- Mantenimento della sagoma attuale dell'esistente.
- Intervento di consolidamento minore.

- Costi e tempi di intervento minori rispetto alla soluzione (1a) e (1b).

Svantaggi

- Rispetto alla sola soluzione (2b) si ha uno smaltimento di maggiore materiale costituente il rilevato esistente e conseguente anche una maggiore variabilità del costo.
- Nessuno svantaggio particolare rispetto alle altre alternative progettuali. La gestione del trattamento inclinato con jet grouting è tecnologicamente assolutamente fattibile ma è da eseguire con attenzione e da dettagliare tecnicamente preliminarmente all'esecuzione dei lavori.

Alternativa progettuale 2b

Vantaggi

- Consolidamento dell'esistente e movimentazione molto ridotta di materiale relativa al rilevato esistente fuori dall'area di cantiere.
- Mantenimento della sagoma attuale dell'esistente.
- Intervento di consolidamento minore.
- Costi e tempi di intervento minori rispetto alla soluzione (1a e 1b).
- Rispetto alla sola soluzione (2a) si ha uno smaltimento molto ridotto di materiale costituente il rilevato esistente e conseguente anche minore variabilità del costo.

Svantaggi

- Aree di occupazioni temporanee più estese.
- Rispetto all'alternativa (2a) una gestione del cantiere leggermene più complessa.
- Nessuno svantaggio in particolare rispetto alle altre alternative progettuali. La gestione del trattamento inclinato con jet grouting è tecnologicamente assolutamente fattibile ma è da eseguire con attenzione e da dettagliare tecnicamente preliminarmente all'esecuzione dei lavori.

Alternativa progettuale 3

Vantaggi

- Movimentazione ridotta di materiale relativa al rilevato esistente fuori dall'area di cantiere.
- Garanzia dell'opera in termini di sicurezza e prestazione.

Svantaggi

- A lavoro terminato il viadotto, sebbene si preveda un parziale mascheramento

con una veletta, si presenterebbe in maniera decisamente più evidente rispetto alle altre alternative progettuali; si evidenzerebbe quindi un approccio progettuale del tutto differente rispetto a quanto eseguito precedentemente.

Alternativa progettuale 4

Vantaggi

- Costo contenuto.
- Tempi di intervento ridotti.
- Soluzione con minor impatto ambientale.

Svantaggi

- Costo periodico del monitoraggio.
- Costo periodico di rifacimento della pavimentazione e di altri elementi.

Alcune alternative non sono minimamente compatibili con le risorse disponibili e con le tempistiche di realizzazione, pertanto l'unica alternativa percorribile è la n. 4. Detta alternativa, benché nel breve/medio periodo non definitiva e tale da permettere la fruizione del tratto stradale solo a veicoli aventi specifiche caratteristiche di peso, potrebbe nel tempo rivelarsi risolutiva stante l'osservazione nel tempo del fenomeno di consolidamento del terreno e giuste le indagini eseguite, facenti emergere la generale tendenza dei cedimenti strutturali di interrompersi progressivamente.