

S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA22

PROGETTAZIONE: ANAS – DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA E RESPONSABILE INTEGRATORE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. M. RASIMELLI
Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A632

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. D. BONADIES Ing. M. PROCACCI
Ing. P. LOSPENNATO Ing. R. CERQUIGLINI
Ing. S. PELLEGRINI Ing. M. CARAFFINI
Ing. A. POLLI Geom. M. BINAGLIA
Ing. M. MARELLI
Ing. A. LUCIA

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

Arch. E. RASIMELLI

IL GEOLOGO

Dott. S. PIAZZOLI

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. L. IOVINE

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. F. RUGGIERI

PROTOCOLLO

DATA:

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:



MANDATARIA



PINI SWISS ENGINEERS SA
SWISS
Via Besso 7 - 6900 Lugano - Svizzera

MANDANTE



PINI SWISS ENGINEERS Srl
ITALIA
Via Cavour 2 - 22074 Lomazzo (CO) - Italia

MANDANTE

OPERE D'ARTE MAGGIORI RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE SCELTE PROGETTUALI

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.
D P C A 2 2 D 2 0 0 2

NOME FILE

T00_EG00_STR_RE01_A

REVISIONE

PAG.

CODICE ELAB.

T 0 0 E G 0 0 S T R R E 0 1

A

1 di 21

D					
C					
B					
A	PRIMA EMISSIONE	AGOSTO 2020	MARELLI	POLLI	RASIMELLI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	3
1.1 Oggetto e scopo	3
1.2 Normative e raccomandazioni	3
2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	4
3. APPROCCIO PROGETTUALE E PRINCIPALI SCELTE	6
3.1 Basi del progetto	6
3.2 Criteri progettuali	6
3.3 Iter progettuale	6
3.3.1 Galleria Artificiale GA01 (dal km 0+400 al km 0+800)	6
3.3.2 GA02 – GA03 e trincee in scavo a cielo aperto con soil nailing di sostegno	16
3.3.3 Viadotti	20

1. INTRODUZIONE

1.1 Oggetto e scopo

La presente Relazione Illustrativa ha per oggetto la variante della SS389 nel tratto tra Villagrande Strisaili e Arzana, a due corsie (categoria C ex DM 05.11.2001) per una lunghezza di circa 6 km. La variante si sviluppa nell'ambito del corridoio già interessato dalla statale esistente, e prevede la realizzazione di diversi viadotti, gallerie artificiali ed opere di sostegno, oltre a svincoli di allaccio alla statale esistente.

Lo scopo della presente Relazione Illustrativa è quello di enunciare i criteri che hanno guidato lo sviluppo della progettazione delle opere d'arte maggiori (gallerie e viadotti) previste sul tracciato, e di descrivere le scelte strutturali che ne sono scaturite insieme alla definizione delle principali tipologie strutturali.

1.2 Normative e raccomandazioni

La progettazione delle opere d'arte e delle relative opere di sostegno degli scavi è sviluppata nel rispetto della Normativa in vigore; i principali riferimenti normativi sono di seguito riepilogati.

- D.M. LL.PP 11 Marzo 1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Circ. LL.PP. 24 Settembre 1988 n. 30483. Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- D.M. 17/01/2018. Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare 21/01/2019 n.07. "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'area interessata dal progetto fa parte dei Comuni di Villagrande Strisaili e Arzana (Figura 2.1).

Il progetto in oggetto rientra nei lavori della nuova S.S. 389 della quale sono stati già realizzati i tratti a nord dello svincolo di Villagrande Strisaili. L'intervento prevede una variante della S.S. 389 nel tratto tra Villagrande Strisaili e Arzana, a due corsie (categoria C ex DM 05.11.2001) per una lunghezza di circa 6 km. La variante si sviluppa nell'ambito del corridoio già interessato dalla statale esistente, e prevede la realizzazione di diversi viadotti ed opere di sostegno, oltre a svincoli di allaccio alla statale esistente. L'opera migliora le caratteristiche geometriche della strada statale, che presenta attualmente elevata tortuosità, incrementando il livello di sicurezza in esercizio.

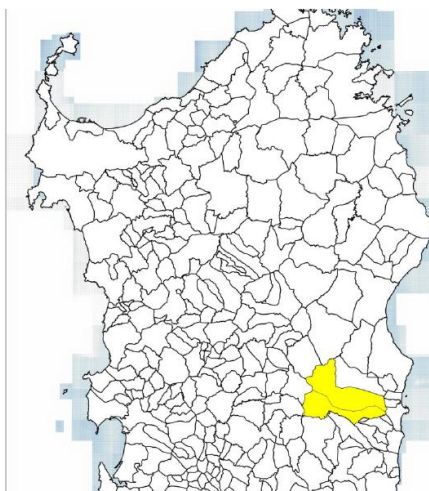


Figura 2.1. Inquadramento geografico del sito.

Il tracciato si sviluppa per una lunghezza di circa 6 km e collega l'incrocio tra la S.S. 389 con la strada comunale per Villagrande Strisaili con l'incrocio tra la stessa statale e la strada comunale per Arzana.

La piattaforma stradale è relativa alle strade extraurbane di tipo C1. Nei punti di raccordo con la strada comunale per Villagrande Strisaili e la strada comunale per Arzana di raccordo con la vecchia S.S. 389, è prevista la realizzazione di svincoli stradali in accordo con la normativa vigente. Il tracciato si sviluppa lungo il medesimo

<p><i>ANAS S.p.A.</i> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Opere d'arte maggiori - Relazione Descrittiva delle scelte progettuali</p>	<p>File: T00_EG_00_STR_RE_01_A Data: Agosto 2020 Pag. 5 di 21</p>
--	---

percorso dell'attuale sede stradale che verrà interferita nei tratti di incrocio e sono previste opere d'arte maggiori e minori con funzioni di scavalco, deflusso delle acque e passaggio della fauna.

Nello specifico, il tracciato prevede:

- la realizzazione di 7 viadotti di luce variabile da un minimo di 40.00 m ad un massimo di circa 260.00 m;
- la realizzazione di 3 tratti in galleria artificiale dal Km 0+400 al Km 0+800, dal Km 1+940 al Km 2+060 e dal Km 4+520 al Km 4+580;
- realizzazione di due intersezioni a raso con rotatoria.

Nello sviluppo progettuale si sono:

- affinati i dimensionamenti dei viadotti, come specificato nel seguito;
- affinato il progetto della principale galleria artificiale (GA01 km0+400/km0+800), come specificato nel seguito;
- affinato il progetto delle due gallerie artificiali minori (GA02 e GA03), dopo aver valutato la loro sostituzione con trincee in scavo a cielo aperto permanenti; nel seguito si descriverà l'iter progettuale.

3. APPROCCIO PROGETTUALE E PRINCIPALI SCELTE

3.1 Basi del progetto

Lo sviluppo progettuale di tutti i manufatti è basato e coordinato con il tracciato stradale.

3.2 Criteri progettuali

I criteri cardine su cui si è incentrato il processo progettuale sono i seguenti:

- 1) Sicurezza dell'opera;
- 2) Impatto ambientale;
- 3) Costi di esecuzione e di manutenzione.

3.3 Iter progettuale

3.3.1 Galleria Artificiale GA01 (dal km 0+400 al km 0+800)

Il tracciato, in questo tratto, è caratterizzato da un andamento planimetrico con una curva a sx in ingresso da nord, un tratto rettilineo centrale, una controcurva a dx in uscita verso Sud. Dal punto di vista altimetrico si ha un punto di colmo a metà del tracciato; in asse al tracciato il profilo del terreno presenta altezze sul profilo stradale variabili fino a circa 18.0 m. Per garantire la visibilità, la piattaforma pavimentata ha una larghezza variabile, con allargamento a sx in ingresso e a dx in uscita. Gli allargamenti massimi sono di circa 5.70m a sx e circa 4.50 m a dx.

In fase di progettazione si è dovuto valutare l'opportunità di realizzare la galleria artificiale o in alternativa uno scavo a cielo aperto in trincea.

La galleria artificiale è costituita da uno scatolare in c.a. a sezione rettangolare, caratterizzato dall'esigenza di ospitare una larghezza di piattaforma variabile e da un elevato ricoprimento del terreno a causa dell'orografia estremamente variabile.

Lo scavo in trincea è invece caratterizzato dalle altezze dei fronti di scavo, con elevata variabilità ma con picchi oltre i 20-22m.

Per valutare la sicurezza delle opere si è effettuata un'analisi delle condizioni geotecniche dei terreni interessati. Si evidenzia che i terreni sono interessati dalla presenza di rocce metamorfiche o cristalline affioranti dalla elevata alterazione, per la quale sono stati trasformati, nella coltre superficiale dello spessore massimo di 10-

<p><i>ANAS S.p.A.</i> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Opere d'arte maggiori - Relazione Descrittiva delle scelte progettuali</p>	<p>File: T00_EG_00_STR_RE_01_A Data: Agosto 2020 Pag. 7 di 21</p>
--	---

14m, in terreni prevalentemente costituiti da sabbie limose con ghiaia o, in alcuni tratti, in roccia completamente fratturata, brecciata o fagliata.

Le eventuali trincee in scavo a cielo aperto presenterebbero elevati rischi legati alle condizioni geotecniche sopra esposte; la sicurezza dell'opera è inficiata da possibili smottamenti con localizzati piccoli distaccamenti di materiale dovuti alla presenza di terreni fratturati ed incoerenti. Tale rischio è completamente annullato dalla soluzione in galleria artificiale.

Dal punto di vista dell'impatto ambientale la soluzione con trincee in scavo a cielo aperto presenta criticità importanti; infatti si tratterebbe di una trincea di 400m di lunghezza e con profondità massima di 20m; le condizioni geotecniche e le tipologie strutturali compatibili inoltre comporterebbe delle pendenze dei fronti pari a 2:3 (V:O) o, nel caso di introduzione di chiodature di rinforzo, pari comunque a 1:1. Ciò comporterebbe larghezze importantissime delle trincee, e pertanto un radicale impatto ambientale con stravolgimento:

- 1) Dell'orografia dell'area;
- 2) Dell'idrologia dell'area;
- 3) Della continuità paesaggistica.

Anche per questo aspetto la soluzione in galleria artificiale si rende ampiamente preferibile, dato che l'impatto sull'ambiente è estremamente ridotto.

Un ulteriore aspetto legato ai temi ambientali è il quantitativo di materiale di scavo, ed il suo possibile conferimento a discarica; la realizzazione delle trincee in luogo della galleria artificiale aumenterebbe le problematiche legate alla gestione delle terre ed allo smaltimento dei materiali. Questo tema si lega anche ai relativi costi, che nel caso di conferimento a discarica del materiale di scavo potrebbero contribuire ad avvicinare il costo delle trincee a quello della galleria artificiale.

Infatti, prima di sviluppare il computo dettagliato, si sono svolte valutazioni di massima e parametriche, basate su precedenti esperienze di progettazione. Tipicamente si può stabilire che l'opera in galleria artificiale sia maggiormente costosa della trincea in scavo a cielo aperto; tuttavia la configurazione delle opere specifiche, frutto del tracciato stradale e del suo inserimento in un contesto paesaggistico complesso, porta il costo delle trincee ad essere maggiore dei costi parametrici usualmente considerati. Le altezze di scavo sono anch'esse non usuali. Un ulteriore incremento dei costi della soluzione in trincea è legato alla sua manutenzione, legata anche al monitoraggio dei tiranti definitivi per il sostegno delle opere che necessariamente si dovrebbero realizzare.



Figura 3.1. Planimetria

Concludendo, la soluzione in Galleria Artificiale risulta preferibile sia per gli aspetti di sicurezza dell'opera (che sicuramente sono preminenti nella scelta progettuale) sia per gli aspetti ambientali; i costi di costruzione sono probabilmente inferiori per la soluzione in Trincea, ma non in modo sostanziale, ed i costi di manutenzione sono superiori per la trincea rispetto alla galleria. Tutto ciò premesso, si è deciso di confermare la realizzazione della Galleria Artificiale.

Lo sviluppo della progettazione ha consentito di individuare la geometria dell'opera. Per assecondare la variabilità della larghezza della sede stradale, si prevedono differenti larghezze lungo lo sviluppo della galleria. Nel dettaglio si avranno: la larghezza tipica del rettilineo (larghezza interna 12.50m); le larghezze massime in corrispondenza degli imbocchi (18.30m e 17.10m); le larghezze intermedie di raccordo (14.80m e 15.40m). Le larghezze saranno costanti per i diversi tratti, con passaggi puntuali da una larghezza all'altra. Tale scelta è stata fatta per evitare i costi generati sia dalla realizzazione di una galleria a larghezza costante (pari alla massima, da

estendersi per tutto lo sviluppo), sia dalla realizzazione di una galleria a larghezza variabile in continuo (dalle eccessive complicazioni di cantiere, con relativi costi di costruzione).

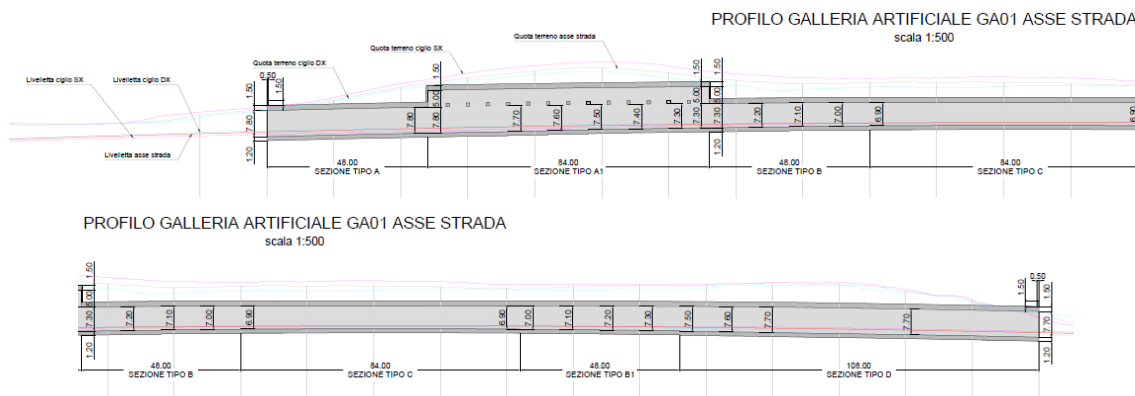


Figura 3.2. Profilo

Dall'analisi del profilo stradale in galleria e parallelamente del profilo del terreno naturale attuale, si evince che in alcune sezioni e per lunghezze di galleria molto significative (in corrispondenza del sottoattraversamento di alcuni piccoli rilievi) si hanno livelli di ricoprimento assai elevati. Per queste situazioni si sono valutate diverse soluzioni:

- 1) Alleggerimento del ritombamento, posizionando blocchi di EPS (polistirene espanso a cellule chiuse);
- 2) Alleggerimento del ritombamento, con posa di argilla espansa;
- 3) Realizzazione di gallerie con ritombamento elevato, con gli adeguati dimensionamenti strutturali;
- 4) Realizzazione di gallerie con altezza maggiorata dello scatolare strutturale, nei tratti ove risulti necessario;
- 5) Modifica del profilo del terreno di progetto rispetto al terreno naturale esistente.

Per quanto riguarda la soluzione 1, bisogna considerare che, perché risulti efficace, la soluzione dovrebbe comportare nei tratti di maggiore ricoprimento degli spessori di EPS notevoli, anche fino a 7-8m. Questo porta a seri problemi di fattibilità tecnica. Anche ammettendo che si trovino adeguate soluzioni tecniche, le valutazioni economiche portano a scartare questa soluzione. Si deve considerare che il materiale

<p><i>ANAS S.p.A.</i></p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Opere d'arte maggiori - Relazione Descrittiva delle scelte progettuali</p>	<p>File: T00_EG_00_STR_RE_01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 10 di 21</p>
--	---

EPS andrebbe comunque protetto all'interno di opere di contenimento in calcestruzzo, per garantirne la stabilità ed il mantenimento nel tempo. Inoltre il costo del materiale è molto importante; stimando cautelativamente uno spessore medio di 4m per una larghezza media di 18m per la lunghezza di circa 400m si avrebbero circa 28-30'000mc di EPS; sommando alla fornitura una posa in opera non banale e le opere di contenimento già citate, si stima un intervento pari a circa 2'000'000€; di certo non paragonabile al prezzo di un rinterro tradizionale.

La soluzione 2 viene conseguentemente scartata, risultando l'argilla espansa più cara dell'EPS.

La soluzione 3 prevede quantitativi di scavo molto elevati, anche ipotizzando di realizzare la galleria con un metodo Milano, quindi senza approfondire gli scavi fino al piede del manufatto. Gli scavi sarebbero molto importanti, limitabili sono con opere provvisionali di sostegno dei fronti di scavo, ad esempio estendendo il soil nailing. Si avrebbero quindi movimenti terra molto importanti. L'aspetto però che risulta più vincolante per questa soluzione è il dimensionamento delle opere strutturali; i ritombamenti elevatissimi comporterebbero la realizzazione di una soletta molto importante con costi ingiustificati rispetto ai parametri usuali per questo tipo di opera (nella situazione peggiore, luce netta da 18.30m con ritombamento intorno ai 10m medi). Per i pali invece è in dubbio la stessa fattibilità tecnica; il momento d'incastro generato dalla soletta genererebbe flessioni alla testa palo non gestibili. L'eventuale introduzione di travi di coronamento di altezza maggiore (per allontanare la testa palo dal punto di massimo momento) comporterebbe del resto l'approfondimento degli scavi provvisionali, rendendo vano l'intento iniziale di limitarli.

La soluzione individuata per le sezioni più critiche è pertanto la 4, che prevede la realizzazione di alcuni tratti ad altezza maggiorata dello scatolare strutturale, che consentono:

- di ridurre i prescavi per l'esecuzione della galleria (minore impatto ambientale; minori costi e tempi);
- di ottimizzare il progetto delle solette di copertura (minori costi) e dei pali (fattibilità garantita).

Il rialzo progettato è di 5.00m; tale rialzo consente di limitare il ritombamento. Per il tratto di galleria che, in direzione sud, segue la zona rialzata, si è valutata e

dimensionata l'introduzione di una ulteriore sezione rialzata, con rialzo minore. Il rialzo di 2.50 avrebbe consentito la riduzione delle strutture di impalcato, a scapito della introduzione di puntoni intermedi. Tale soluzione è stata successivamente accantonata, preferendo lasciare la soluzione strutturale rialzata solo dove necessario per garantire la fattibilità tecnica dell'intervento; per evitare di avere la soletta di copertura molto sollecitata e pesantemente armata, si è quindi optato localmente per la soluzione 5. Nelle sezioni tipo B, C, B1 si è progettato un rimodellamento della configurazione finale del terreno che, calibrando i movimenti terra in modo adeguato, consentisse di avere sempre un ricarico di terreno inferiore ai 5.00m sopra le strutture, riducendo così i problemi di dimensionamento. Allo stesso tempo lo studio 3D completo dell'intervento ha consentito di studiare l'impatto di tale minimo rimodellamento, sia a livello ambientale e naturalistico sia a livello idrologico, riducendolo al minimo.

Solo localmente in stretta prossimità dei salti di quota (passaggio da sezione rialzata a sezione convenzionale) si hanno puntuali ricoprimenti di entità maggiore. Per queste sole situazioni si è dimensionato un ritombamento alleggerito, realizzando uno strato di 2.00m di spessore di argilla espansa (densità inferiore ai 500 kg/mc), da avvolgere nel TN per evitare che la parte fine dei terreni soprastanti vada ad intasare i vuoti tra gli elementi di argilla.

A valle di tale processo decisionale e di dimensionamento, le sezioni tipologiche di galleria artificiale (GA) individuate sono di due famiglie: ad altezza convenzionale e ad altezza rialzata. Entrambe le sezioni sono costituite da pali di grande diametro ($\phi 1500$) affiancati lungo i due lati della galleria, coronati da una trave in c.a. a sostegno della soletta di copertura. Il diametro dei pali è stato dimensionato per le notevoli sollecitazioni flettenti indotte dalle solette di luce molto importante. La fattibilità tecnica in questo tipo di terreni è garantita. Per le sezioni in cui la luce minore induce sollecitazioni corrispondenti il diametro dei pali è il medesimo, con una riduzione delle incidenze di armatura.

La soletta è progettata con lastre predalles affiancate e successivo getto di completamento; le lastre saranno puntellate puntualmente. Si è valutata anche la soluzione con travi affiancate; in particolare le travi a T rovescia, con armatura lenta,

<p><i>ANAS S.p.A.</i> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Opere d'arte maggiori - Relazione Descrittiva delle scelte progettuali</p>	<p>File: T00_EG_00_STR_RE_01_A Data: Agosto 2020 Pag. 12 di 21</p>
--	--

consentirebbero la realizzazione di un solettone pieno in c.a. analogamente alle predalles. Si è optato però per la soluzione che, a parità di prestazione finale, comportasse costi di esecuzione minori. Un'ulteriore possibilità sarebbe l'introduzione di travi a doppio T affiancate; queste hanno un costo che è ancor maggiore rispetto a quello delle travi a T rovescia simmetrica; garantirebbero un limitato alleggerimento dell'impalcato, ma introducendo dei vuoti non accessibili con problemi di manutenzione futura. Inoltre, all'incastro il nodo per la realizzazione della continuità con i pali porterebbe a complicazioni geometriche e di dettaglio. Infine, travi affiancate a doppia T non simmetriche, con fondelli inferiori di larghezza minore dell'interasse, eliminerebbero i problemi di manutenzione, ma porterebbero inevitabilmente verso soluzioni precomprese, incrementando ulteriormente i costi.

La soluzione scelta, con le predalles affiancate, si presta all'introduzione eventuale di alleggerimenti in polistirene espanso. Tale intervento è stato valutato e scartato perché l'alleggerimento che si otterrebbe (massimo 30% del peso totale della soletta) risulterebbe poco significativo in termini di dimensionamento dell'impalcato (il peso del ricoprimento è molto più significativo). Si ritiene che anche le sollecitazioni verticali sui pali pertanto non trarrebbero grossi benefici. In termini di costo gli alleggerimenti in soletta tendenzialmente risultano più costosi del calcestruzzo che si va a sostituire e la riduzione di armatura non compensa l'extra-costi. Tali soluzioni possono risultare più convenienti e vincenti in casi di strutture con più impalcati in cui il sistema fondazionale risulti al limite della fattibilità per portata verticale. Nel nostro caso si ritiene che il vantaggio strutturale non sia compensato dall'extra-costi indotto.

Sul fondo della galleria si prevede la realizzazione di un solettone in c.a.; le palificate saranno rivestite da pareti in c.a.. Le pareti in c.a. sono dimensionate per contrastare la spinta delle acque di filtrazione; sono presenti falde sospese e stagionali, che sono in gran parte limitate dai sistemi di drenaggio posti a lato del solettone.

La sezione rialzata prevede l'interposizione, alla quota della soletta ad altezza convenzionale, di puntoni permanenti in c.a. di contrasto delle spinte delle terre, a ridurre la luce dei piedritti perimetrali. Non si prevede la chiusura dello spazio fra i puntoni con una soletta secondaria, che creerebbe un vano al di sopra della canna di galleria. La realizzazione di una camera chiusa al di sopra della galleria comporterebbe la necessità di introdurre un passo d'uomo nella soletta, per poter consentire ispezioni

visive delle strutture portanti altrimenti inaccessibili (soletta di copertura, puntoni). Per tutte le strutture di galleria si prevede l'impermeabilizzazione del manufatto con una guaina superiore (risvoltata sulle travi di coronamento dei pali) e con una guaina interna sotto il solettone di fondo, risvoltata in verticale fra le pareti di rivestimento ed i pali.

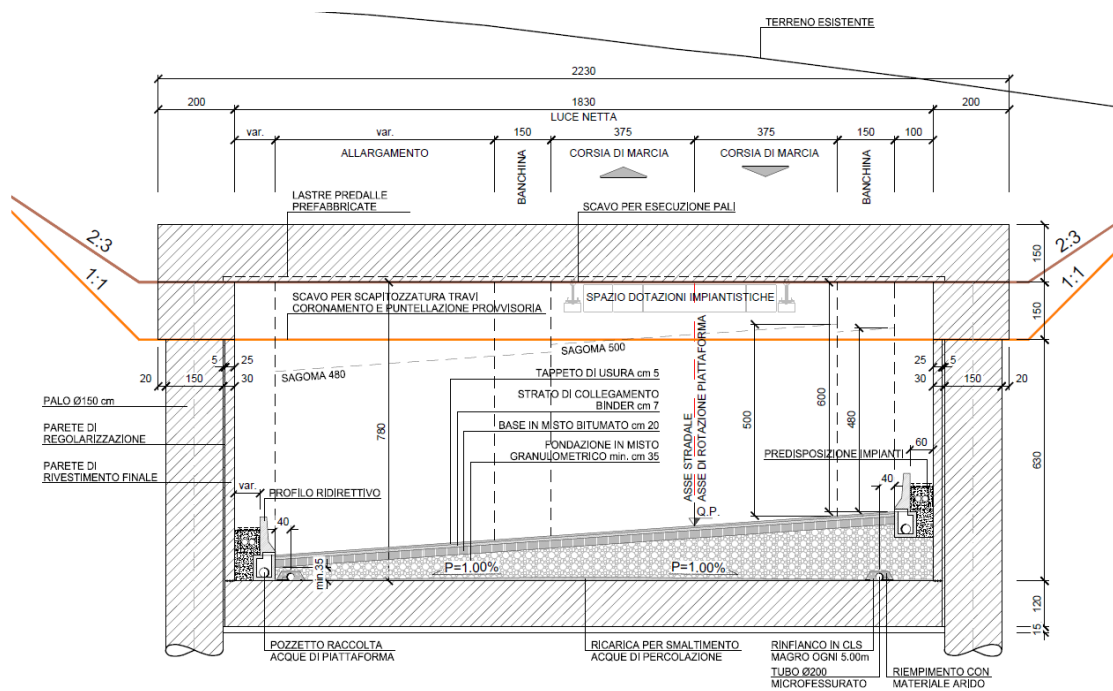


Figura 3.3. Sezione tipo ad altezza 'convenzionale'

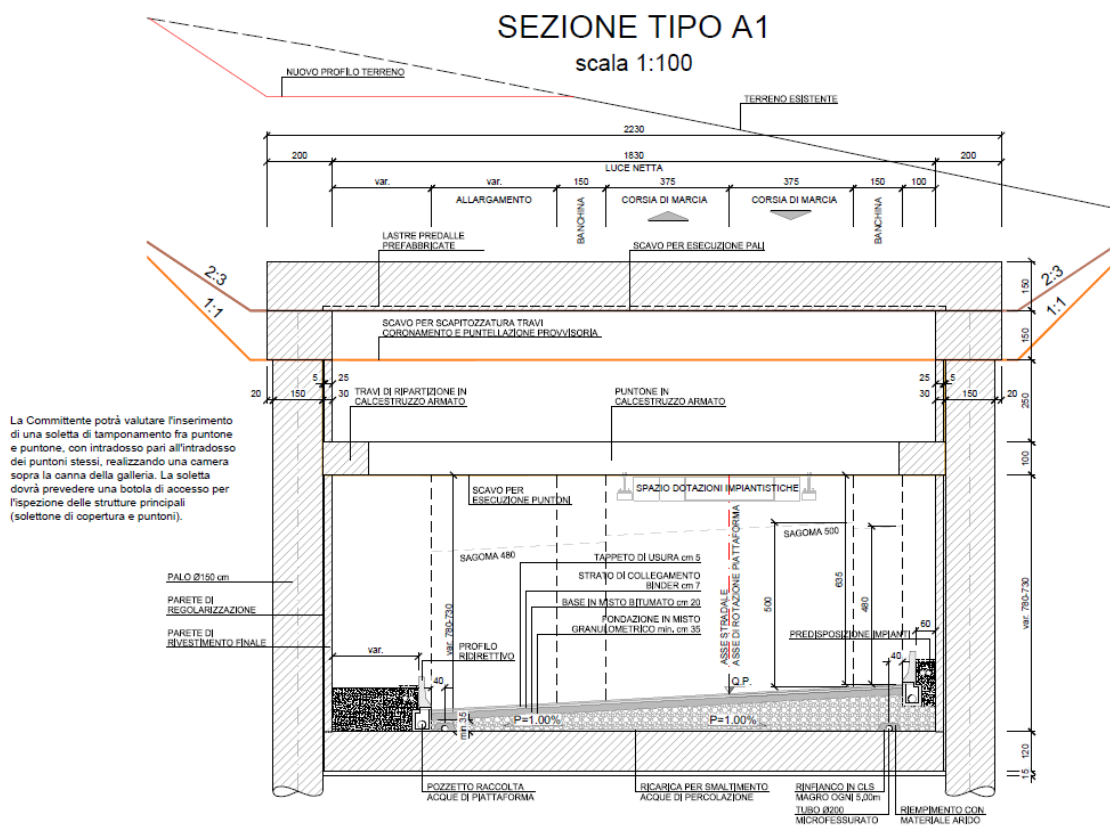


Figura 3.4. Sezione tipo ad altezza 'rialzata'

Le fasi esecutive prevedono:

sezioni ad altezza convenzionale

- 1) prescavo fino alla quota di esecuzione dei pali e realizzazione dei pali stessi;
- 2) scapitozzatura dei pali e realizzazione delle travi di coronamento delle palificate;
- 3) puntellazione provvisoria con elementi metallici interposti fra le due travi di coronamento perimetrali;
- 4) scavo fino alla quota di fondo;
- 5) realizzazione della soletta di copertura (lastre predalles+getto di completamento), del solettone di fondo, delle pareti di rivestimento in c.a.;
- 6) realizzazione delle impermeabilizzazioni e dei drenaggi esterni;
- 7) ritombamenti e finiture.

<p style="text-align: center;"><i>ANAS S.p.A.</i> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Opere d'arte maggiori - Relazione Descrittiva delle scelte progettuali</p>	<p>File: T00_EG_00_STR_RE_01_A Data: Agosto 2020 Pag. 15 di 21</p>
--	--

sezioni ad altezza rialzata

- 1) prescavo fino alla quota di esecuzione dei pali e realizzazione dei pali stessi;
- 2) scapitozzatura dei pali e realizzazione delle travi di coronamento delle palificate;
- 3) scavo fino alla quota di esecuzione dei puntoni trasversali definitivi in c.a.;
- 4) costruzione dei puntoni trasversali definitivi in c.a. e delle relative travi di ripartizione affiancate ai pali;
- 5) scavo fino alla quota di fondo;
- 6) realizzazione della soletta di copertura (lastre predalles affiancate+getto di completamento), del solettone di fondo, delle pareti di rivestimento in c.a.;
- 7) realizzazione delle impermeabilizzazioni e dei drenaggi esterni;
- 8) ritombamenti e finiture.

3.3.2 GA02 – GA03 e trincee in scavo a cielo aperto con soil nailing di sostegno

Lungo il tracciato si presentano diverse situazioni in cui il tracciato si trova a mezza costa, comportando sbancamenti a monte e rilevati a valle. La soluzione tipologica individuata per il sostegno delle scarpate, dove geometricamente non risulti possibile proporre pendii naturali con gli angoli di natural declivio (2:3), è quella del soil nailing. con pendenze di 1:1 o 2:1, interrotte da berme ogni 8 metri di altezza, senza manufatti di sottoscarpa. Le pendenze differenti sono conseguenza delle differenti condizioni geotecniche e geomeccaniche; il dettaglio delle soluzioni, comprensivo del dimensionamento strutturale oltreché della descrizione tecnologica di dettaglio, è mostrato nella Relazione Geotecnica. La soluzione consente di ridurre il volume degli scavi, garantendo al contempo un impatto ambientale molto limitato.

Il soil nailing, progettato per il sostegno delle scarpate lungo la linea, sarà realizzato con chiodi passivi, a fissare una rete metallica con funzione di contenimento del terreno. La rete sarà completata, per le pendenze 1:1, da una geostuoia con la funzione di indurre l'inerbimento della scarpata. La soluzione risulta così efficace ai fini della sicurezza dell'opera, riuscendo a garantire sia l'equilibrio globale della scarpata sia il contenimento di localizzati distaccamenti di materiale.



Figura 3.5. Immagini tipologiche

La scelta del soil nailing è avvenuta a valle di un percorso progettuale nel quale sono state valutate anche altre soluzioni tecnologiche per la realizzazione di trincee e/o scarpate a cielo aperto. In particolare, si è considerata l'ipotesi di realizzare opere di

sostegno verticali per i primi metri di scavo sopra il piano stradale. Le soluzioni realizzabili tecnologicamente sono:

- 1) Opere di sostegno verticali tirantate con tiranti attivi permanenti (per esempio berlinesi di micropali), rivestite da muri in c.a. o con pietra naturale;
- 2) Opere di sostegno verticali con tiranti passivi (per esempio berlinesi di micropali 'a cavalletto') rivestite da muri in c.a. o con pietra naturale;
- 3) Opere di sostegno verticali non tirantate (muri di sostegno in c.a.).

Di seguito si mostrano alcune immagini esemplificative. Si mostrano in questo caso le scarpate rinforzate con pendenza 1:1; per le scarpate con pendenza 2:1 i ragionamenti del seguito hanno ancora maggior valore e giustificazione.



Figura 3.6. Soluzioni alternative accantonate

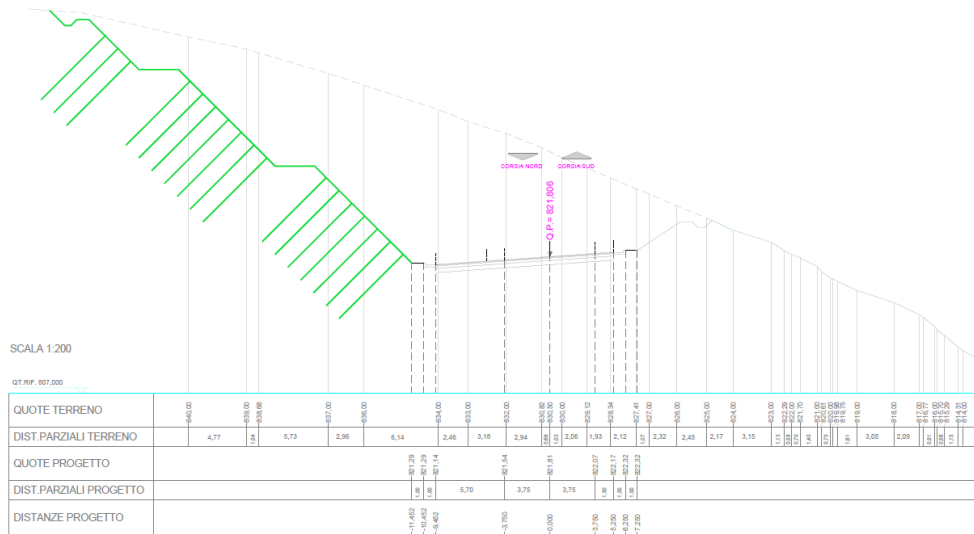
La prima soluzione può portare a fronti di scavo verticali fino a circa 8-10m (compatibilmente con le condizioni geotecniche). Tale soluzione è stata scartata perché l'utilizzo di tiranti permanenti comporta che questi ultimi siano accessibili per controlli e manutenzioni durante la vita utile dell'opera; tale servitù rappresenta un vincolo importante per i costi di esercizio, oltreché un possibile rischio per la sicurezza nel caso di omessa o non sufficiente manutenzione.

La seconda soluzione e la terza invece risolverebbero la problematica legata alla manutenzione, ma portano a fronti di scavo di altezze meno importanti. Ciò comporta che, a tergo di tali opere, si avrebbero comunque scarpate molto importanti, che necessiterebbero di soil nailing per incrementare la pendenza. Pertanto, si è ritenuto che la soluzione 'ibrida' non comporti sufficienti vantaggi in termini di scavo ed impatto ambientale da giustificare gli incrementati costi e complicazioni di cantiere dovuti alla doppia tecnologia.

Si mostrano i diagrammi di confronto fra le diverse ipotesi; cautelativamente si mostra la soluzione con pendenza della scarpata rinforzata da soil nailing pari a 1:1; tutte le

considerazioni risultano ancora più valide per la soluzione, proponibile solo in alcune tratte, con pendenza maggiore pari a 2:1.

Scarpata con soil nailing



Il tracciato prevede, oltre alla GA01, due ulteriori gallerie artificiali: GA02 (dal km 1+940 al km 2+060) e GA03 (dal km 4+520 al km 4+580). In questi due tratti si prevede il sottoattraversamento di due rilievi di limitate dimensioni; le gallerie in questione hanno sviluppi di poche decine di metri e ricoprimenti molto variabili da 0.0m fino a valori anche molto importanti.

Per questi due manufatti si è valutata anche la sostituzione con una trincea con sostegno del terreno mediante interventi di soil nailing e di rinaturalizzazione, in alternativa alla galleria artificiale realizzata come scatolare in opera.

Dopo attente valutazioni che rivestono aspetti anche di natura ambientale, manutentiva e di rischio di erosione delle scarpate per effetto di violenti fenomeni metereologici, si è optato per la soluzione in galleria artificiale anche se leggermente meno vantaggiosa dal punto di vista economico.

Entrambe le gallerie saranno realizzate con strutture scatolari in c.a.; data l'orografia, presentano in corrispondenza degli imbocchi dei tratti finestrati lato valle.

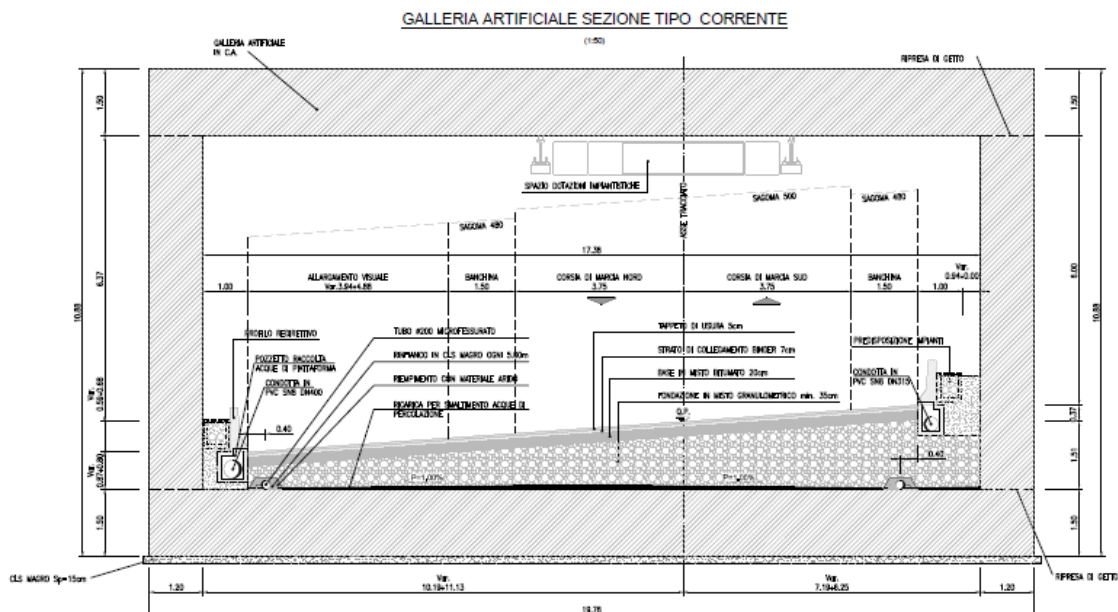


Figura 3.9. Sezione tipo scatolare GA02 e GA03

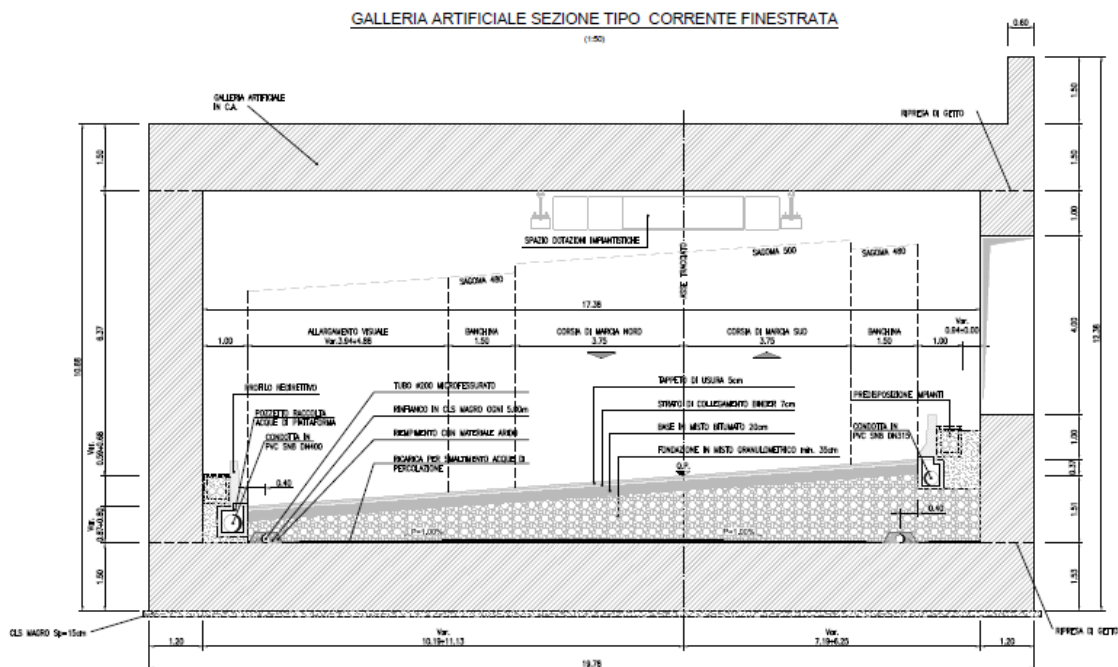


Figura 3.10. Sezione tipo finestrata GA02 e GA03

3.3.3 Viadotti

Lungo il tracciato sono presenti 7 viadotti, con lunghezze variabili (da 35.00 fino a 300.0m) e numero di campate variabili (da n°1 a n°7).

La definizione delle strutture (tecnologie e geometrie) è avvenuta a seguito di una valutazione tecnico-economica dei costi e dei benefici delle diverse opzioni possibili. Il punto di partenza è ovviamente dettato dal tracciato, sviluppato totalmente ex-novo in sede di progetto definitivo.

Il principale vincolo nella progettazione è stato dettato dalle interferenze, in particolare:

- 1) Interferenze con corsi d'acqua presenti sul territorio;

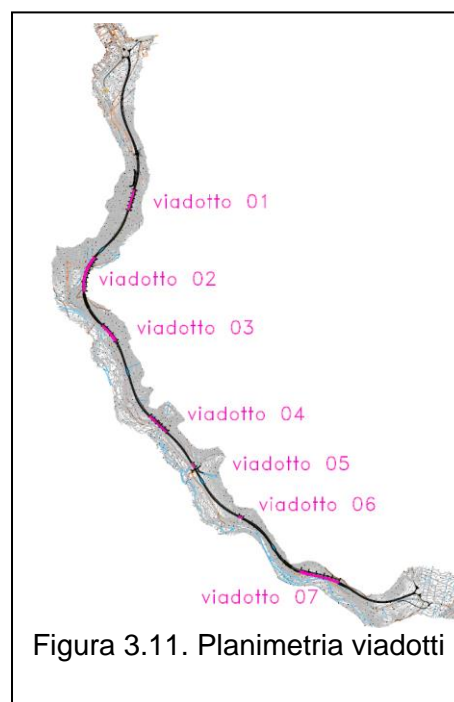


Figura 3.11. Planimetria viadotti

<p><i>ANAS S.p.A.</i> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Opere d'arte maggiori - Relazione Descrittiva delle scelte progettuali</p>	<p>File: T00_EG_00_STR_RE_01_A Data: Agosto 2020 Pag. 21 di 21</p>
--	--

2) Interferenze con la SS389 esistente, la cui fruibilità è da garantire anche in fase di esecuzione dei lavori.

Tale vincolo ha spesso determinato la posizione delle pile e di conseguenza la lunghezza delle campate.

Dopo valutazione sulle possibili soluzioni progettuali (travi prefabbricate in c.a.p o struttura mista con travi metalliche e soletta in c.a. di completamento), si è deciso di progettare tutti i viadotti con un'unica tecnologia, ovvero in travi metalliche.

Tale scelta, pur non rappresentando necessariamente la più economica per tutte le diverse situazioni lungo il percorso, è quella che riduce il numero complessivo di campate e consente di superare i vincoli progettuali con maggiore facilità.

Considerazioni di maggior dettaglio sono descritte nel documento progettuale specifico:

T00_VI00_STR_RE01_A_Relazione tecnica descrittiva sui viadotti e sui ponti.