

S.S. 42 "DEL TONALE E DELLA MENDOLA"
VARIANTE EST DI EDOLO

PROGETTO DEFINITIVO



CESI
Shaping a Better Energy Future
Mandante

TECHINT
Engineering & Construction
Mandataria

IGEAG
ENGINEERING S.p.A.
SERVIZI INTEGRATI DI INGEGNERIA
Mandante

VISTO: IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO

RESPONSABILE
DELL'INTEGRAZIONE DELLE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

PROGETTISTA SPECIALISTA

IL COORDINATORE DELLA
SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE

Ing. Giancarlo LUONGO

Ing. Alessandro RODINO

Ing. Alessandro RODINO

Dott. Domenico TRIMBOLI

PROGETTO STRADALE

RELAZIONE TECNICA

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

COMI21 D 1810

NOME FILE

P00PS00TRARE01_B

CODICE ELAB. P00PS00TRARE01

REVISIONE

B

SCALA:

-

C

B

A

REV.

REVISIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS
E PER RICHIESTA MODIFICA TRACCIATO

EMISSIONE

DESCRIZIONE

Agosto 2021

Maggio 2021

DATA

M. Barale

M. Barale

REDATTO

E. Giraudò

E. Giraudò

VERIFICATO

A. Rodino

A. Rodino

APPROVATO

INDICE	Pag.
1. INTRODUZIONE	1
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	3
3. UBICAZIONE GEOGRAFICA	5
4. IL TRACCIATO ADOTTATO.....	6
4.1 Tratto a cielo aperto Sud	11
4.2 La galleria Naturale.....	11
4.3 Imbocco Nord	14
4.4 Deviazione strada esistente su imbocco nord	18
4.5 Tratto a cielo aperto Nord	20
4.6 Ponte sul Fiume Oglio	21
5. CARATTERISTICHE DEL TRACCIATO	22
5.1 La sede stradale – sezione tipo piattaforma	22
5.2 Velocità di progetto – diagramma di velocità.....	24
5.3 Andamento planimetrico.....	26
5.4 Andamento altimetrico.....	26
6. VERIFICHE TRACCIATO “ASSE PRINCIPALE”	28
6.1 Verifiche geometriche.....	28
6.2 Verifica del diagramma di velocità.....	40
6.3 Verifiche di un corretto coordinamento plano-altimetrico	40
6.4 Analisi delle condizioni di visibilità garantite dal tracciato in progetto	41
6.5 Corsie supplementari	50
7. ROTATORIE	51
7.1 Rotatoria Sud – Conformazione.....	51
7.2 Rotatoria Nord - Conformazione	52
7.3 Verifiche Rotatorie.....	55
7.3.1 Rotatoria Sud - Verifiche.....	57
7.3.2 Rotatoria Nord - Verifiche.....	59
8. SOVRASTRUTTURA STRADALE	61
8.1 Traffico di progetto	61

8.2	Verifica con il metodo AASHTO Interim Guide.....	64
9.	SEGNALETICA STRADALE ORIZZONTALE E VERTICALE	67
9.1	Segnaletica orizzontale	67
9.2	Segnaletica verticale	68

1. Introduzione

Il presente Progetto Definitivo viene redatto dal Raggruppamento Temporaneo d'Imprese (RTI) costituito tra la Società Mandataria Techint Compagnia Tecnica Internazionale S.p.A. e le Società Mandanti CESI S.p.A. – IGEAS Engineering S.r.l. nell'ambito dell'Accordo Quadro DG 27/17 "Lotto n.2: coordinamento territoriale ANAS 3 (Lombardia, Piemonte, Valle d'Aosta, Liguria) – Codice CIG:72686041C6 e del relativo Contratto Attuativo riguardante la redazione della Progettazione Definitiva ed Esecutiva dei "Lavori di Ammodernamento della SS. 42 del Tonale e della Mendola. Variante est di Edolo – LOTTO II".

L'intervento in oggetto è stato incluso fra le opere infrastrutturali connesse e di contesto, con finanziamenti già completamente disponibili per la loro realizzazione, dal Decreto-legge 7 dicembre 2020, pubblicato in GURI Serie Generale n.26 del 1 febbraio 2021 (c.d. Decreto Olimpiadi Milano-Cortina 2026), dal titolo "Identificazione delle opere infrastrutturali da realizzare al fine di garantire la sostenibilità delle Olimpiadi invernali Milano-Cortina 2026".

La precedente fase progettuale, avente come oggetto la redazione dello Studio di Prefattibilità Ambientale ed il Progetto Preliminare dei "Lavori di adeguamento in sede del tratto Berzo Demo – Edolo della S.S. 42 "del Tonale e della Mendola" e per la costruzione della variante est di Edolo con collegamento in lato sud sulla S.S. 39 del Passo dell'Aprica", è stata redatta da altro RTI su incarico della Provincia di Brescia.

Nell'ambito del predetto incarico era stato definito, nel Progetto Preliminare, il tracciato della Variante stradale "Lavori di Costruzione della Variante est di Edolo - II lotto", scelto tra diverse soluzioni analizzate.

Il progetto dell'infrastruttura è stato eseguito nel completo rispetto del quadro normativo attuale di riferimento ed è stato basato sui nuovi rilievi topografici di dettaglio e su una nuova campagna di indagini geognostiche che ha permesso di sviluppare il modello geologico e geotecnico di riferimento.

In ultimo si evidenzia che nella stesura del progetto si è tenuto conto degli esiti della Conferenza dei Servizi conclusasi con esito positivo sulla base degli atti progettuali precedenti.

Nella presente Relazione Tecnica Stradale, dopo un breve inquadramento dell'opera, rimandando per maggiori dettagli agli elaborati specifici, si descrivono le principali caratteristiche del progetto, con riferimento all'asse principale e agli svincoli di connessione alla viabilità esistente: rotatoria Sud e rotatoria Nord. A seguire vengono riportate le risultanze dei dimensionamenti e delle verifiche degli elementi stradali effettuate.

È da evidenziare che nella Progettazione Preliminare, con riferimento alle “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade (DM 5/11/2001)”, veniva adottata una piattaforma stradale relativa ad una strada extraurbana secondaria di Tipo “C2”. Attualmente è stata ritenuta necessaria e migliorativa l’adozione delle caratteristiche progettuali specifiche di una strada extraurbana di Tipo “C1”.

Verranno in particolare sviluppati in dettaglio gli aspetti relativi a:

- dimensionamento e relative verifiche del tracciato oggetto di progettazione;
- verifiche di visibilità e descrizione degli eventuali provvedimenti mitigativi da adottare;
- dimensionamento delle rotatorie;
- dimensionamento della sovrastruttura stradale;
- indicazioni sulle motivazioni della scelta dei dispositivi di ritenuta ed individuazione delle loro caratteristiche prestazionali;
- indicazioni sulla segnaletica stradale orizzontale e verticale.

2. Normative di riferimento

Il quadro normativo principale di riferimento per la progettazione stradale e per il progetto delle strutture è il seguente:

- D.M. 05/11/01 n. 6792 – “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;
- D.M. 22/04/04 – Modifica del decreto 5 novembre 2001 n. 6792 recante “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;
- D.Lgs. 30/04/92 n. 285 e successive modificazioni - “Nuovo codice della strada”;
- D.P.R. 16/12/1992 n.495 e ss.mm.ii. “Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada”;
- D.M. LL.PP. 19/04/06 – “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”;
- Regolamento di Regione Lombardia 24/4/2006 n. 7 – “Norme tecniche per la costruzione delle strade”;
- D.G.R. 27/09/2006 n. 8/3219 della Regione Lombardia – “Elementi tecnici puntuali inerenti ai criteri per la determinazione delle caratteristiche funzionali e geometriche per la costruzione dei nuovi tronchi viari e per l’ammodernamento ed il potenziamento dei tronchi viari esistenti ex art.4, r.r. 24/04/2006, n.7”;
- Circolare LL.PP. n. 7938/99 “Sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali con particolare riferimento ai veicoli che trasportano merci pericolose”;
- D.M. n. 223 del 18.02.1992 e ss.mm.ii. (D.M. 03.06.1998, D.M. 11.06.1999 e D.M. 21.06.2004) “Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza”.
- D.M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni»”;
- Circ. Min. Infrastr. Trasp. 21 gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al D.M. 17/01/2018”;
- Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9/03/2011 "Condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione”;
- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica;
- Circolare Ministero dei Lavori pubblici 14 febbraio 1974, n.11951 – Applicazione delle norme sul cemento armato;
- Legge 5 febbraio 1974, n. 64 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari

prescrizioni per le zone sismiche;

- Eurocodici UNI EN 1990:2006; UNI EN 1991; UNI EN 1992; UNI EN 1993; UNI EN 1994; UNI EN 1997; UNI EN 1998;
- Calcestruzzo - specificazione, prestazione, produzione e conformità (UNI EN 206-1:2006);
- UNI EN 1992-1-1:2005 - EC 2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo;
- Direttiva 2004/54/CE 29.04.04 del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa ai requisiti minimi di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea;
- D.M. LL.PP. 05.06.01 – “Sicurezza nelle gallerie stradali”;
- “Linee guida A.N.A.S. per la progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali” - edizione 2009.

3. Ubicazione geografica

L'opera è geograficamente collocata nell'Alta Valle Camonica ed interessa in particolare il settore sud-occidentale del Comune di Edolo, in provincia di Brescia. L'Alta Valle Camonica è attraversata dal Fiume Oglio ed è incuneata tra i massicci alpini dell'Adamello-Presanella ed Ortles-Cevedale.

Come già evidenziato nella Progettazione Preliminare, la S.S. 42 collega il comprensorio dell'Alta Valle a Bergamo in direzione SW ed a Bolzano in direzione NE e costituisce quindi l'asse portante della viabilità nella zona, che risulta densamente urbanizzata con insediamenti sia artigianali che legati al settore primario ed al turismo.

Essa si sviluppa nel fondo valle ed è stata interessata in passato da interventi di riqualificazione, al cui parziale completamento è rivolto il presente progetto.

L'abitato di Edolo è attraversato, inoltre, dalla S.S. 39 che lo collega in direzione ovest con il Passo dell'Aprica.

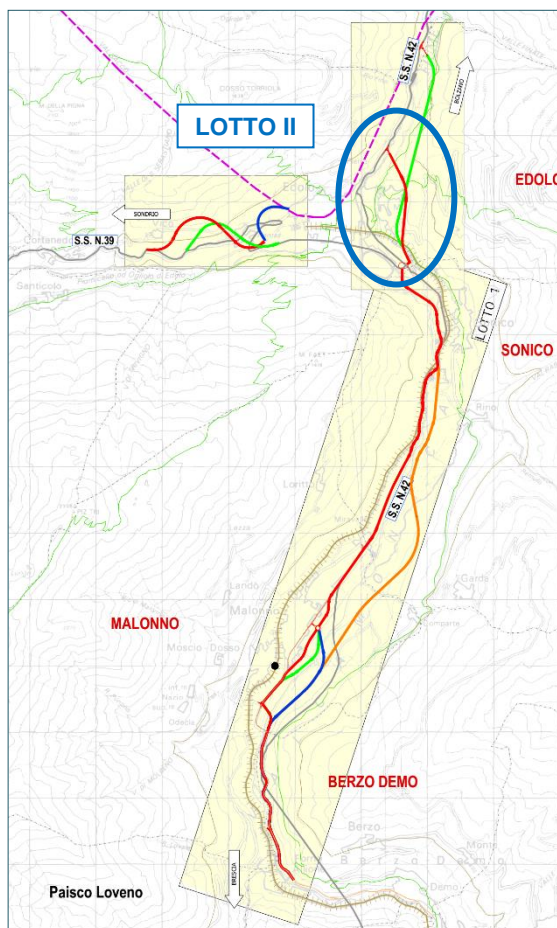


Figura 1 – Schema planimetrico tracciati analizzati con il Progetto Preliminare

4. Il tracciato adottato

Nel seguito per ogni tratta del tracciato in progetto si riporta una descrizione dei vincoli ambientali presenti e delle criticità costruttive, descrivendo sinteticamente le soluzioni adottate.

Per i dettagli tecnici si rimanda agli elaborati di progetto.

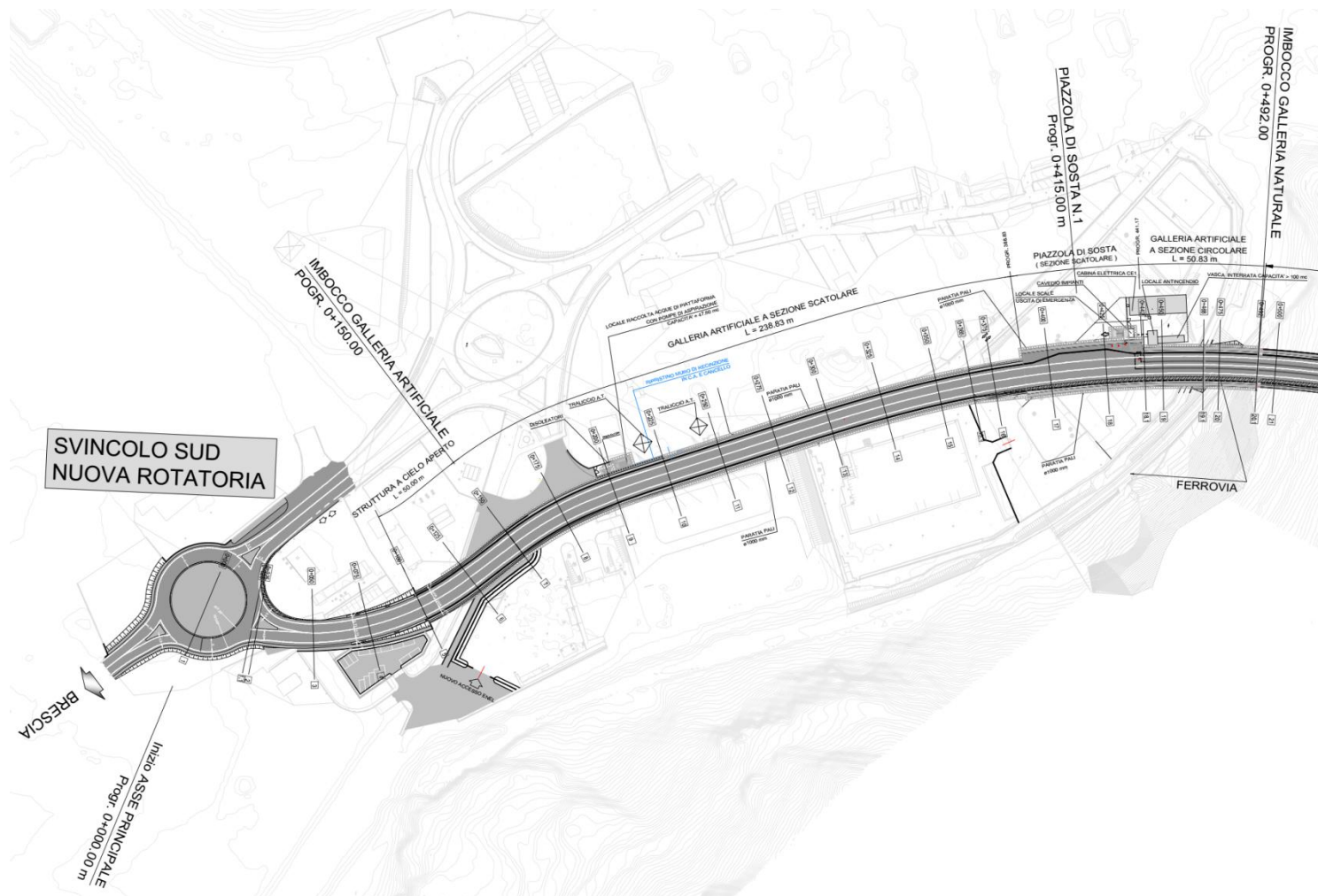


Figura 2 – Schema planimetrico - Tratto Sud

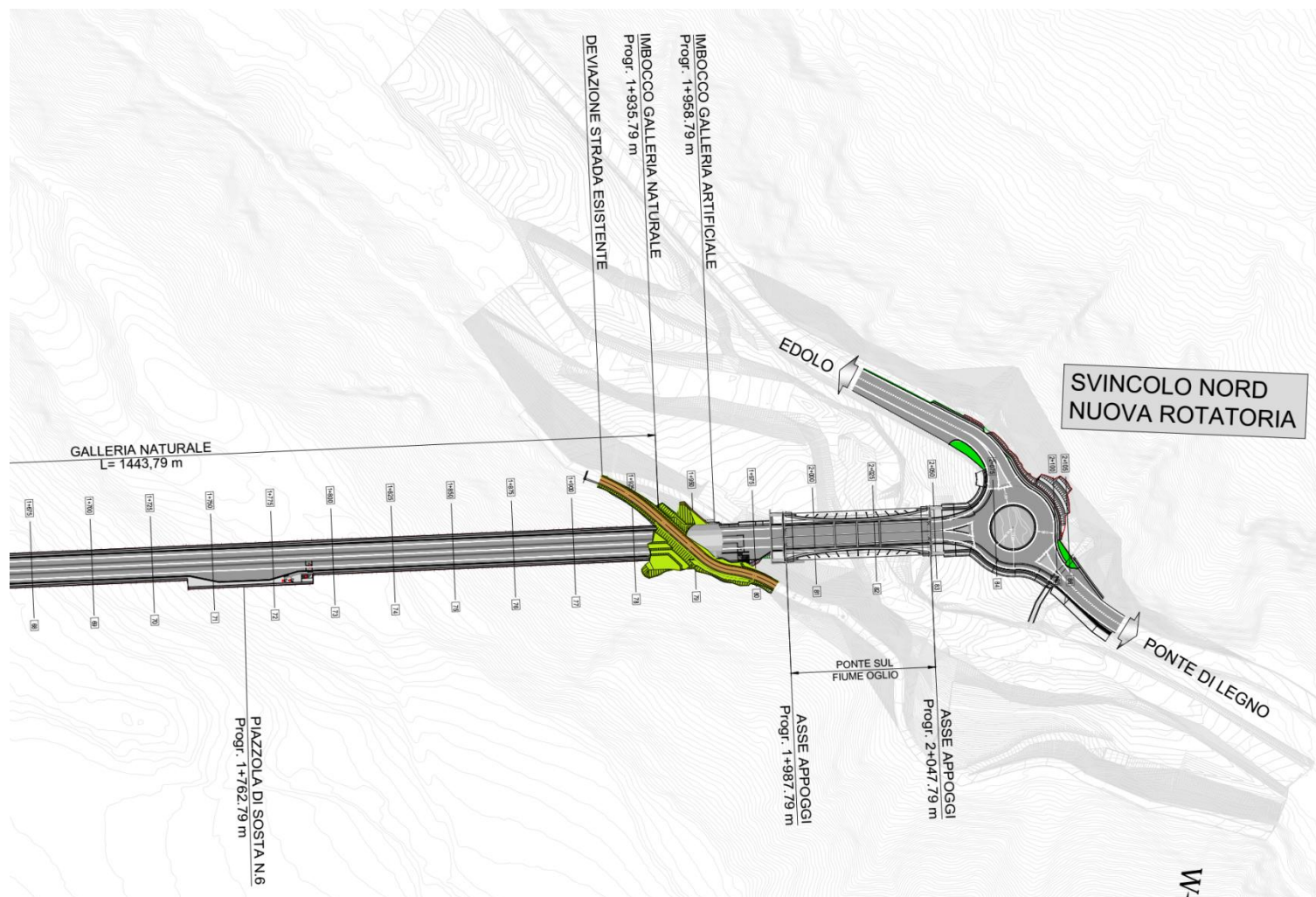


Figura 3 – Schema planimetrico - Tratto Nord

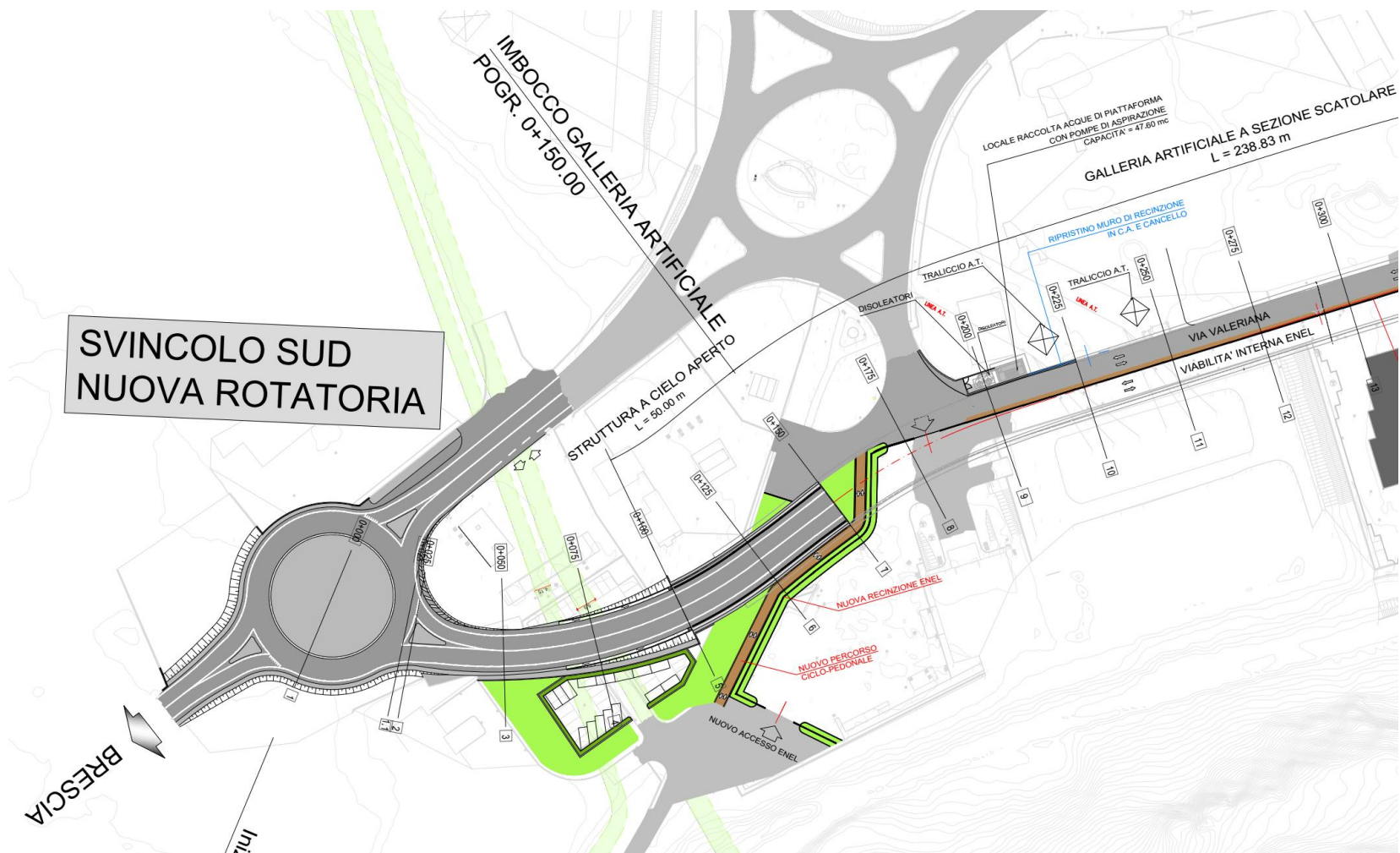


Figura 4 – Schema planimetrico Rotatoria Sud

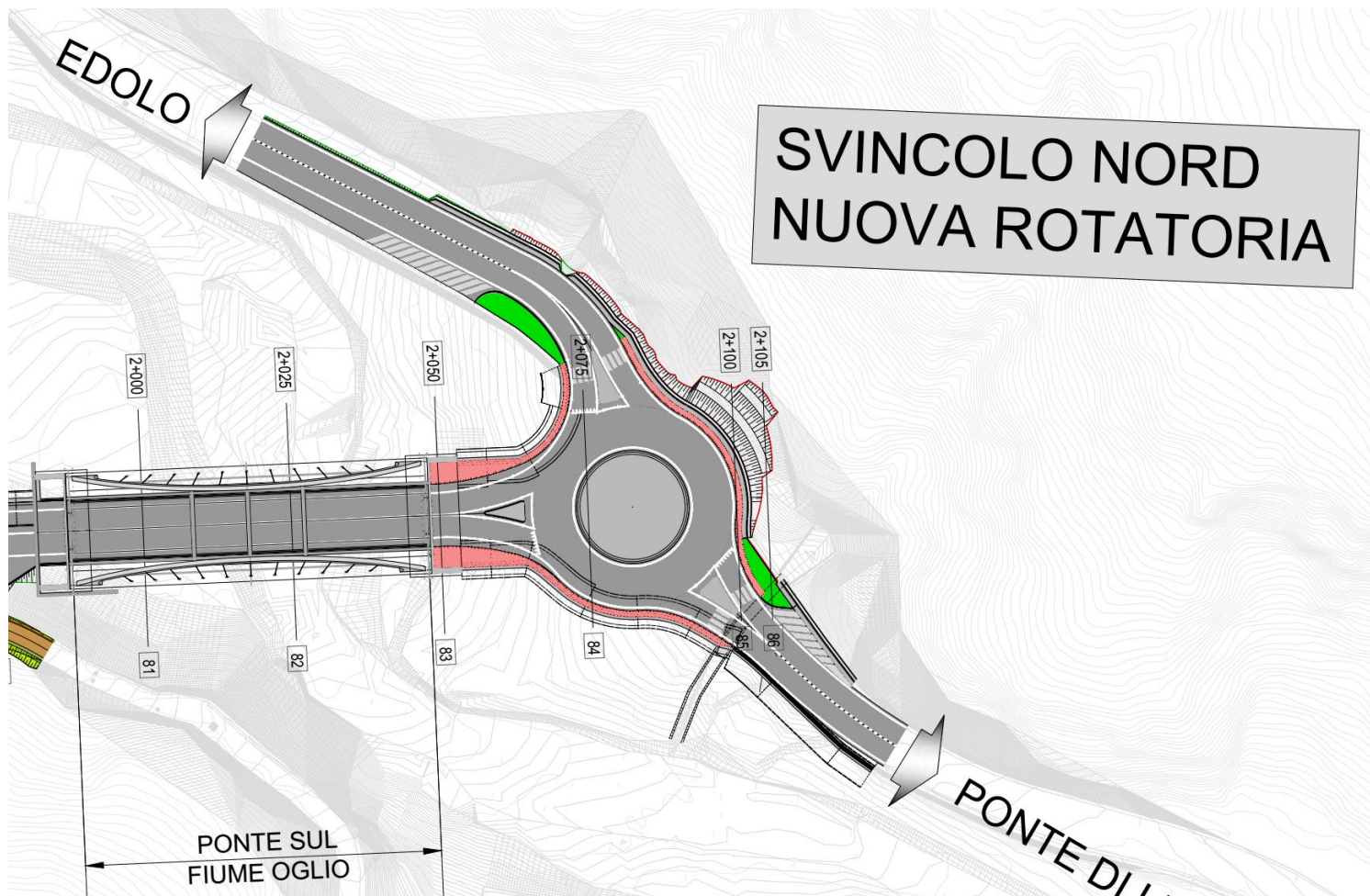


Figura 5 – Schema planimetrico Rotatoria Nord

4.1 **Tratto a cielo aperto Sud**

Nella presente fase progettuale, oltre alla completa messa a norma dell'intero tratto della Variante stradale e delle connessioni con le preesistenti viabilità, si è posta l'attenzione sulla necessità, nel rispetto del quadro normativo e sulla base delle raccomandazioni di ANAS, di prevedere, tra gli sbocchi della galleria e le sezioni di arresto sulle rotatorie, un adeguato tratto a cielo aperto.

Nella definizione del profilo longitudinale della Variante si è altresì dovuto tener conto dell'esistenza delle gallerie/condotte delle centrali di Edolo/Edison, presenti nel tratto esaminato trasmesse da ENEL.

Conseguentemente sono state modificate le tipologie delle opere necessarie alla realizzazione della galleria artificiale rispetto a quanto era stato previsto in sede di progettazione preliminare.

4.2 **La galleria Naturale**

Il tratto in naturale si estende tra la progressiva km 0+492,00 (imbocco SUD) e la progressiva 1+935,79 (imbocco NORD), per una lunghezza complessiva pari a 1.443,79 m.

Come è meglio evidenziato nel paragrafo successivo relativo alla rotatoria Nord, la pendenza longitudinale massima della galleria è stata leggermente aumentata, portandola dal 5,72% al 6,05%.

Trattandosi di galleria a unica canna con doppio senso di marcia, di lunghezza superiore a 1000 m, in ottemperanza alle norme di sicurezza vigenti la galleria è stata dotata di un cunicolo di sicurezza, collocato al di sotto della carreggiata, con le vie di fuga (di ingresso al cunicolo) ubicate ogni 300 m in corrispondenza delle piazzole di sosta.

Le piazzole di sosta presentano, come da norma, una lunghezza pari a 45 m; la sezione "allargata" presenta un'estensione complessiva di 52.0 m per consentire la realizzazione dei collegamenti al cunicolo di sicurezza posto al di sotto della piattaforma stradale.

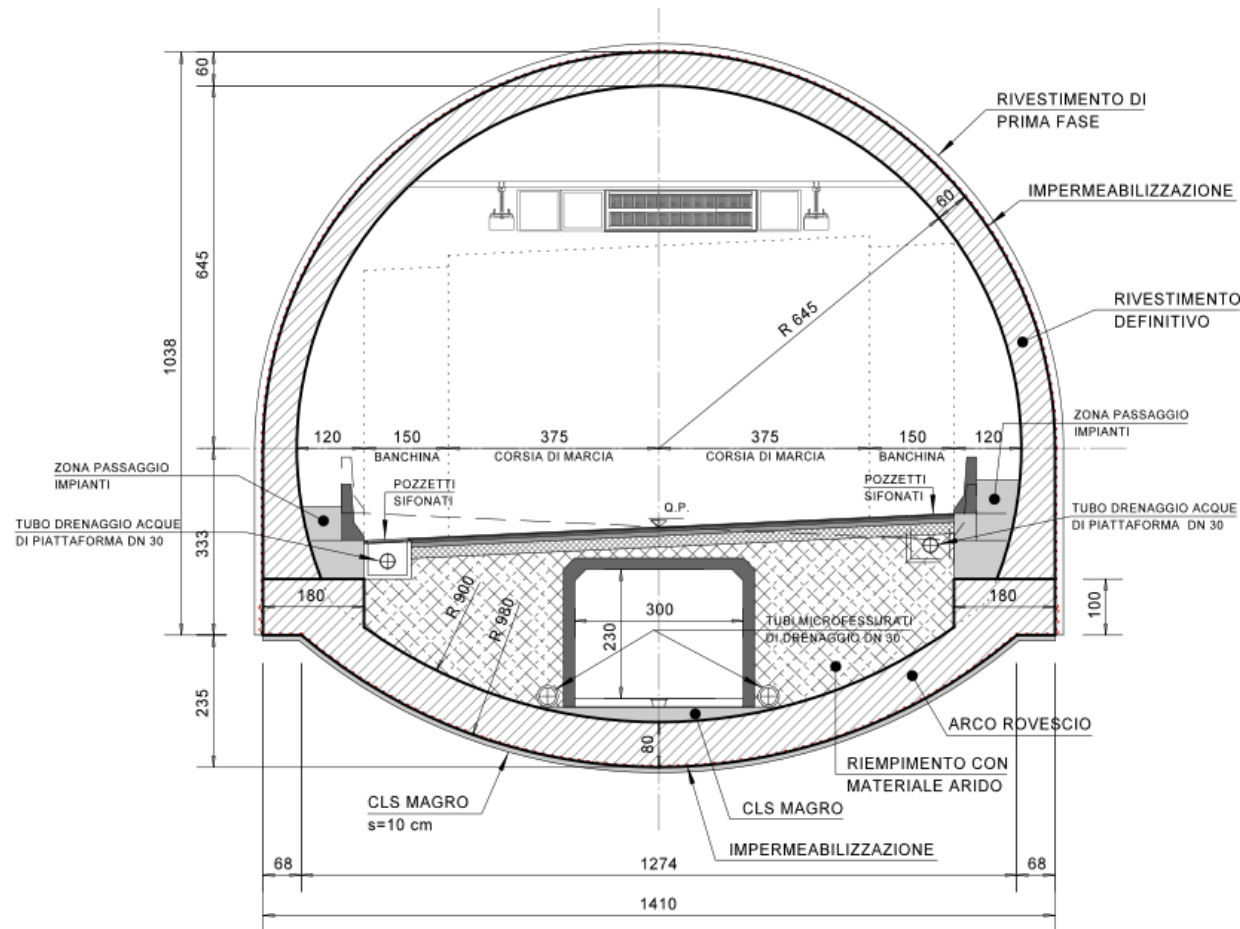


Figura 6 – Galleria naturale – Sezione corrente tipo

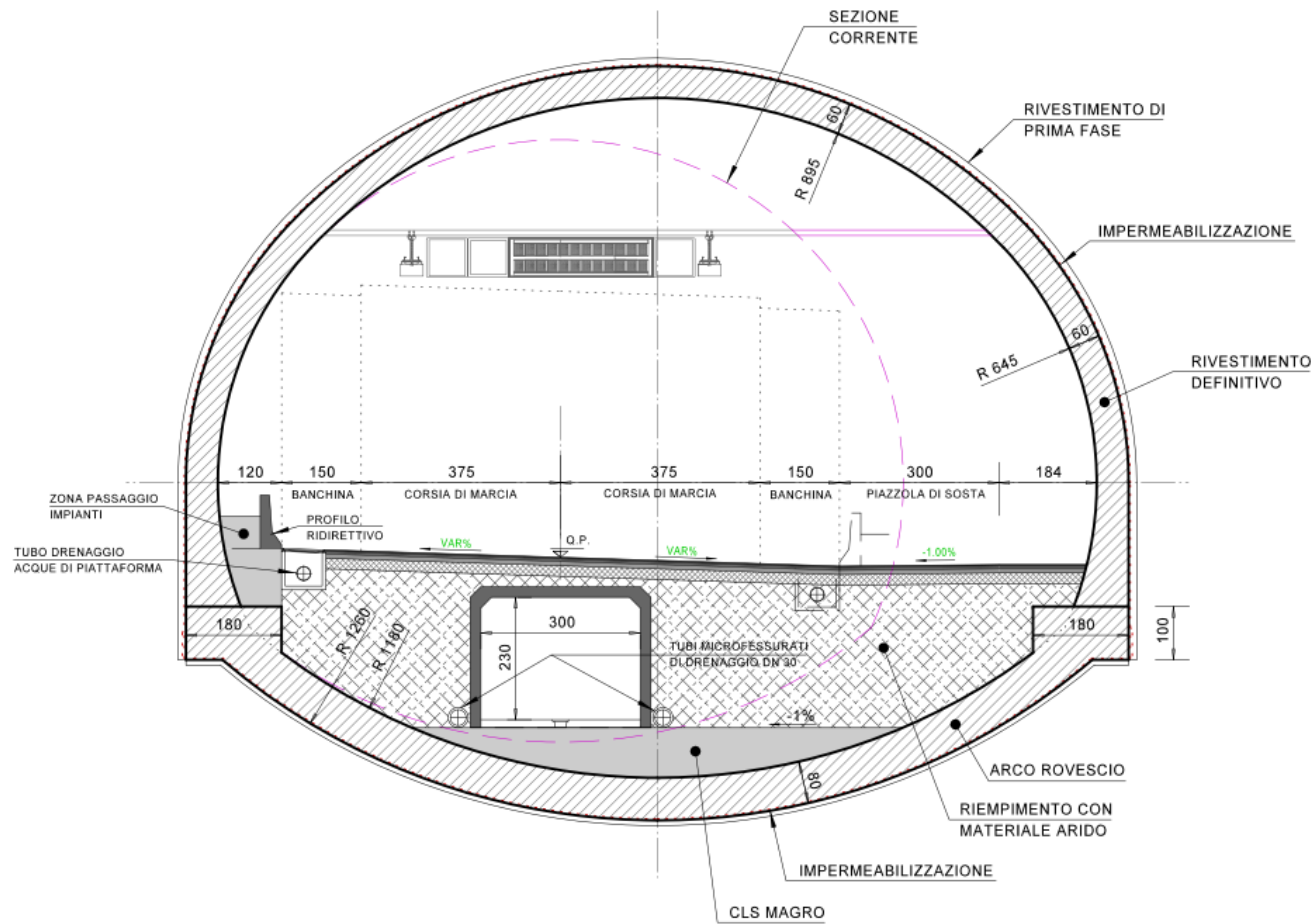


Figura 7 – Galleria naturale - Sezione tipo con piazzola di sosta

4.3 **Imbocco Nord**

Il tratto di galleria artificiale presenta un'estensione estremamente ridotta ed il portale presenta la conformazione a "becco di flauto rovescio".

Si segnala che gli scavi preparatori interferiscono con una strada rurale il cui transito dovrà necessariamente essere interrotto durante i lavori. Tale viabilità sarà poi ripristinata ed il versante sarà ripristinato anche con ausilio di massicci in terra rinforzata e opere di ingegneria naturalistica.

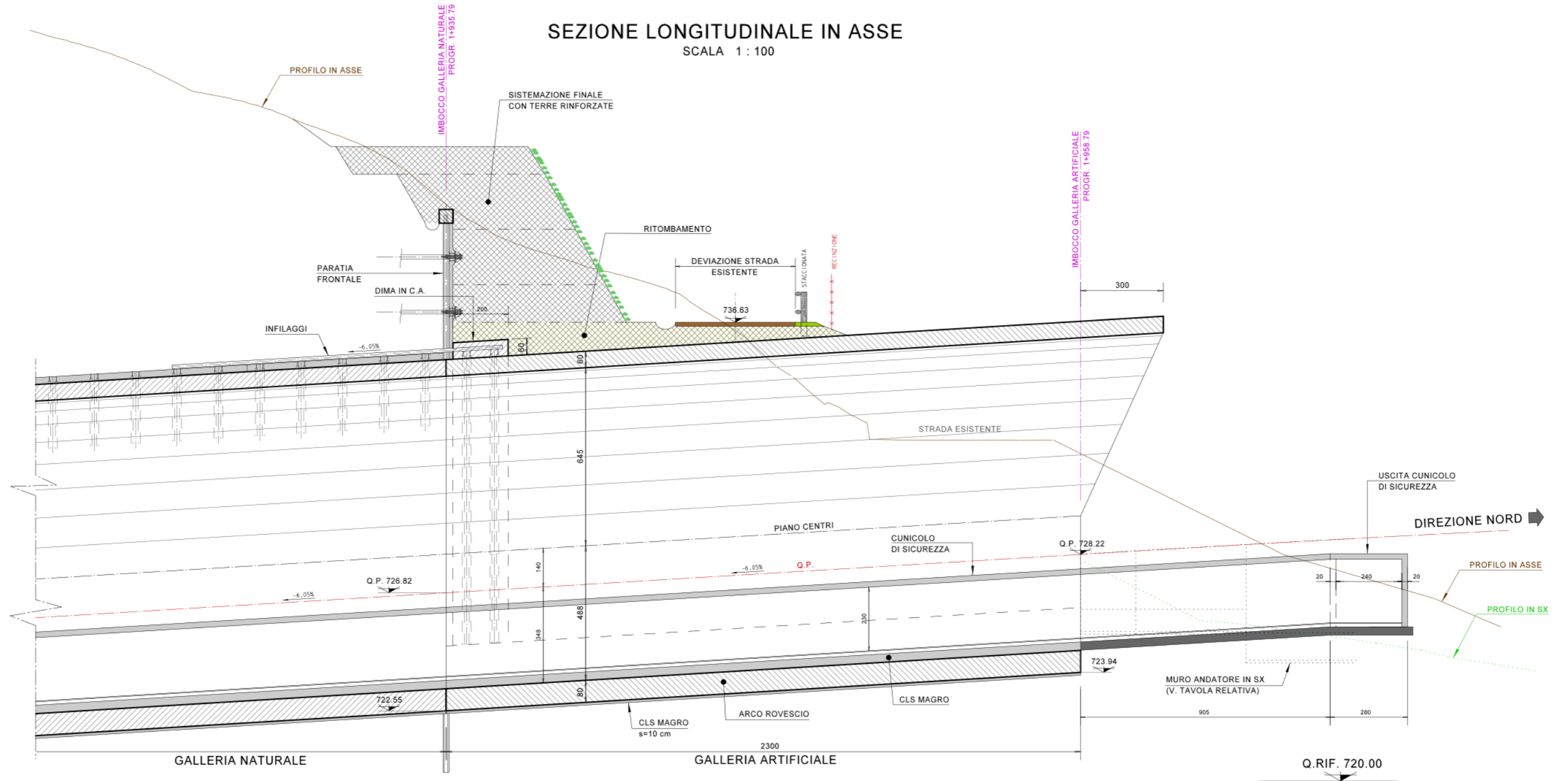


Figura 8 – Imbocco Nord – Sezione in asse galleria

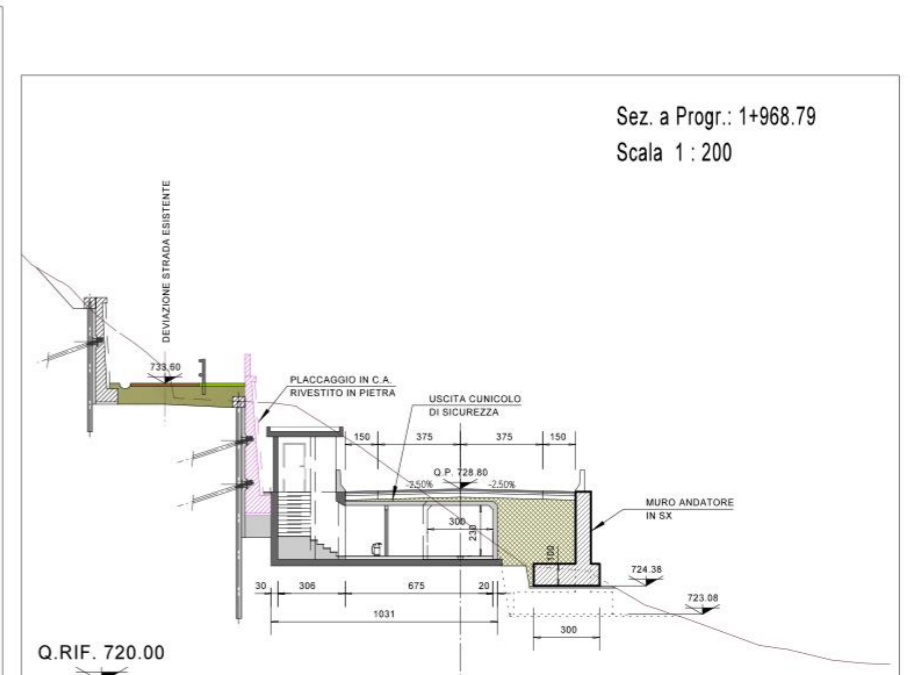
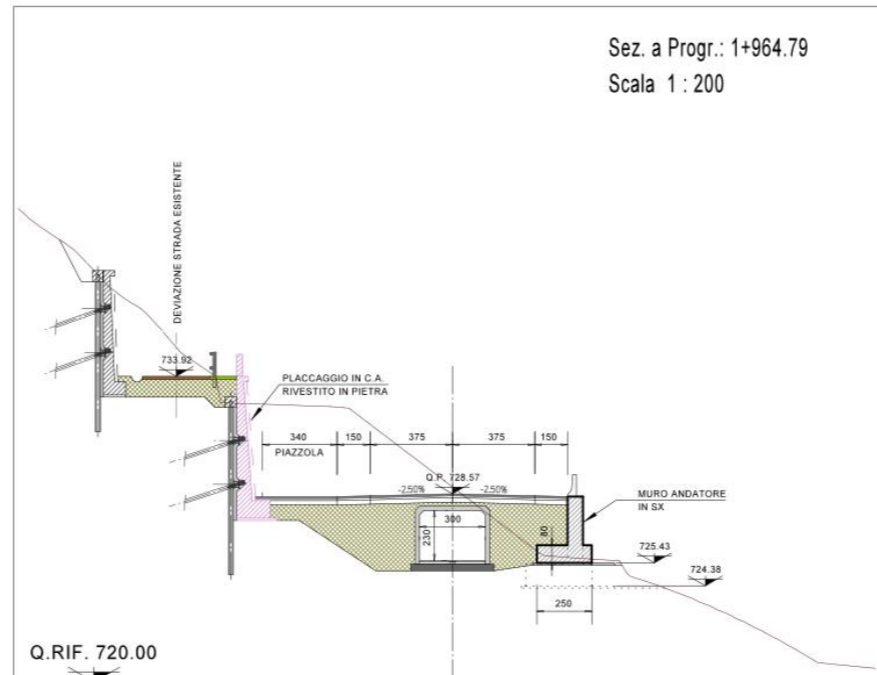
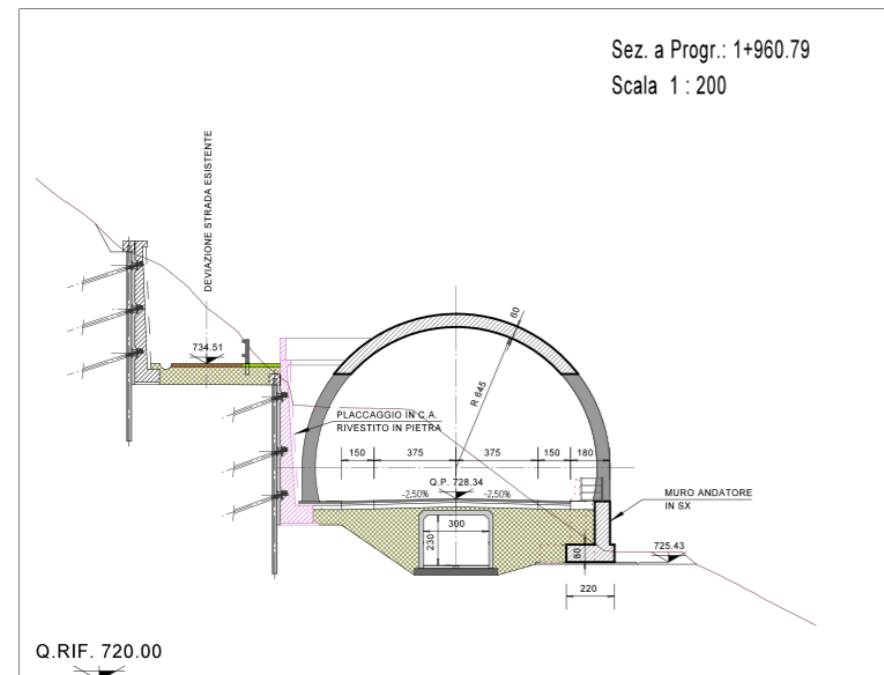
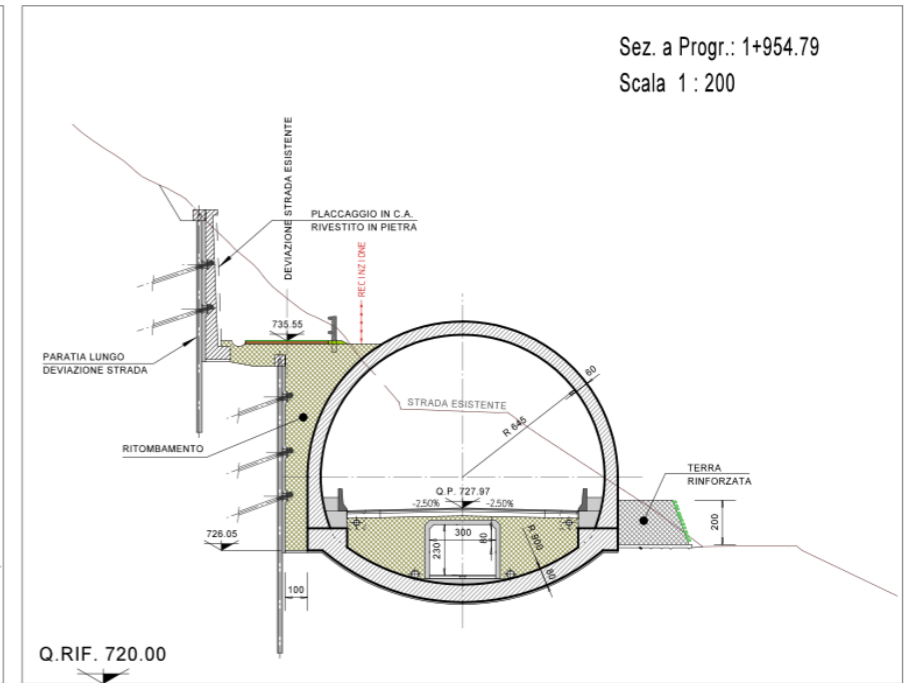
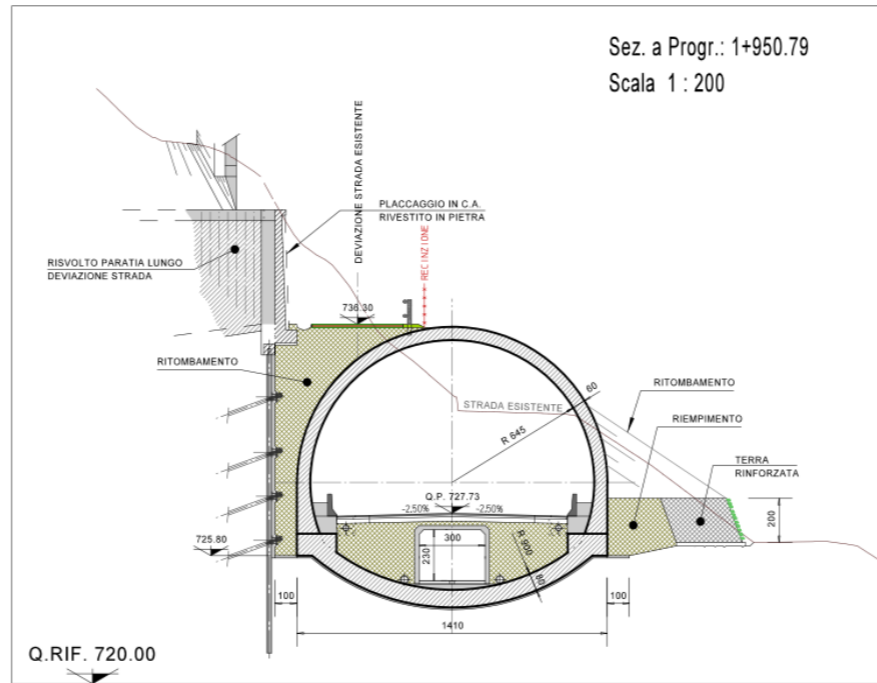
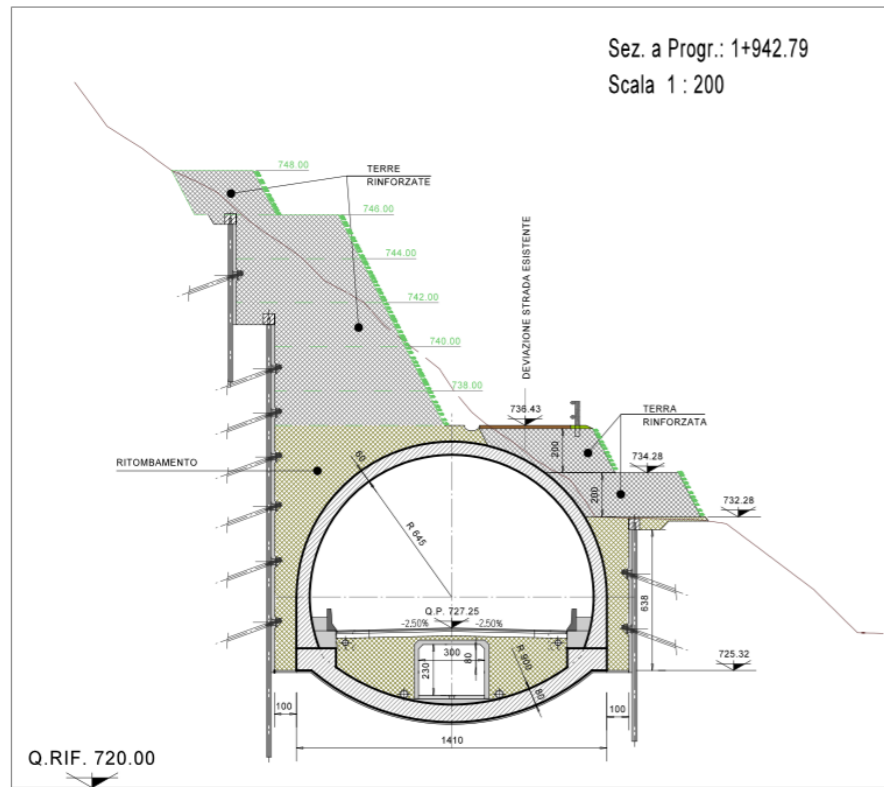


Figura 9 – Imbocco Nord – Sezioni trasversali

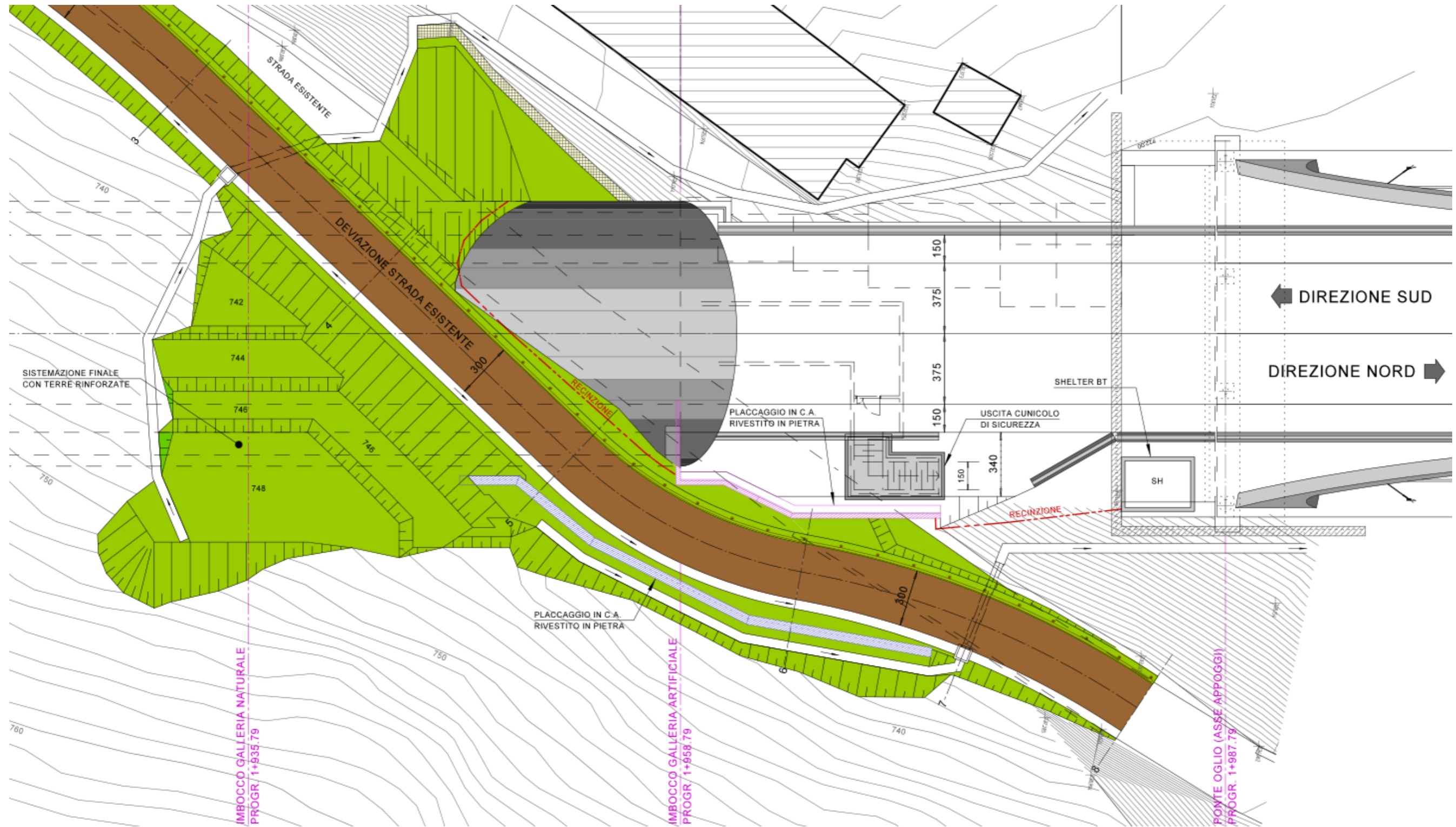


Figura 10 – Imbocco Nord – Planimetria sistemazione finale

4.4 Deviazione strada esistente su imbocco nord

Come anticipato la galleria artificiale nord risulta interferire con una strada locale che deve essere necessariamente deviata.



Figura 11 – Strada locale esistente

La strada attuale, utilizzata dai proprietari locali e come percorso ciclo pedonale di tipo turistico, si presenta a tratti sterrata e a tratti asfaltata. Lungo il ciglio di valle è presente una staccionata in legno di recente realizzazione.

Il progetto prevede, nel tratto interferente con la nuova variante, la sua deviazione verso monte in modo da poter scavalcare la galleria artificiale di nuova realizzazione.

L'estensione complessiva dell'intervento di deviazione risulta essere pari a circa 87 m.

Lungo tale estensione, visto il carattere della strada in oggetto, si sono previste pendenze longitudinali massime pari al 15%.

Per la sua realizzazione, anche al fine di limitare il più possibile gli sbancamenti verso monte per la forte acclività del versante, si prevede una collocazione di tipo "a mezza costa" con scavi a monte e rilevati a valle.

Sempre a causa della decisa acclività del versante interessato, per la realizzazione dei rilevati si è optato per una soluzione con terre rinforzate che consentono di minimizzare gli ingombri verso valle.

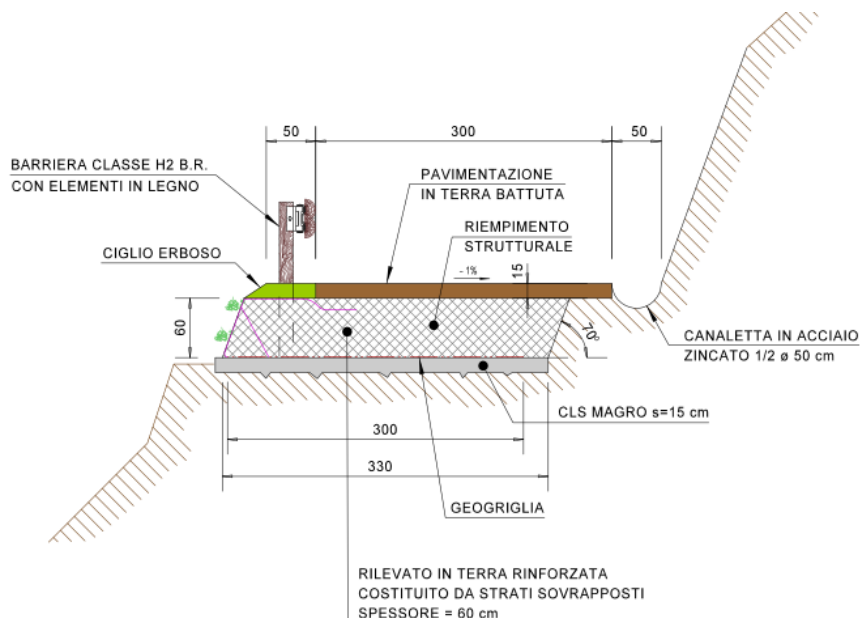


Figura 12 – Sezione trasversale tipo di intervento

Visto il carattere della nuova strada, anche per favorirne il migliore inserimento nel contesto ambientale, si prevede la realizzazione di una pavimentazione di larghezza pari a 3.00 m in terra battuta.

Lungo il ciglio di monte è prevista la posa di una canaletta semicircolare $\varnothing 50$ cm in acciaio zincato mentre lungo il ciglio di valle l'attuale staccionata sarà sostituita con una barriera di sicurezza tipo H2 br con inserti in legno.

Per eventuali maggiori dettagli in merito si rimanda alla visione dello specifico elaborato.

4.5 Tratto a cielo aperto Nord

Come già evidenziato per il primo tratto della variante dalla Rotatoria Sud, nella presente fase progettuale, si è posta l'attenzione sulla necessità di prevedere tra gli imbocchi della galleria e le sezioni di arresto sulle rotatorie un adeguato tratto a cielo aperto.

Nella soluzione individuata nel Progetto Preliminare, tale tratto era eccessivamente ridotto essendo pari a 68.77 m. Si è pertanto individuata una nuova collocazione della rotatoria più a Ovest e questo ha permesso di portare tale distanza a 106.7 m.

Da evidenziare che la nuova topografia ha permesso di accertare una discrepanza presente nel precedente Progetto Preliminare sulle quote del terreno nella zona della rotatoria che presentano quote significativamente maggiori rispetto a quanto originariamente ipotizzato.

In conseguenza di ciò la pendenza longitudinale della galleria è stata leggermente aumentata.

4.6 Ponte sul Fiume Oglio

Il ponte in progetto è costituito da una campata unica, ad asse rettilineo, in semplice appoggio avente luce di calcolo (distanza tra gli appoggi) pari a 60.00 m.

La tipologia strutturale è quella di un ponte di tipo “arco a spinta eliminata”; l'impalcato è sorretto mediante tiranti ("pendini") di sospensione a due archi superiori in acciaio ad andamento circolare.

La sezione trasversale tipo presenta una larghezza complessiva di 19.50 m, di cui 10.50 m di carreggiata utile e due marciapiedi laterali di larghezza 4.50 m ciascuno, all'interno dei quali trovano alloggio le predisposizioni per il passaggio dei servizi a rete.

Per maggiori dettagli in merito si rimanda alla visione degli elaborati grafici di progetto.

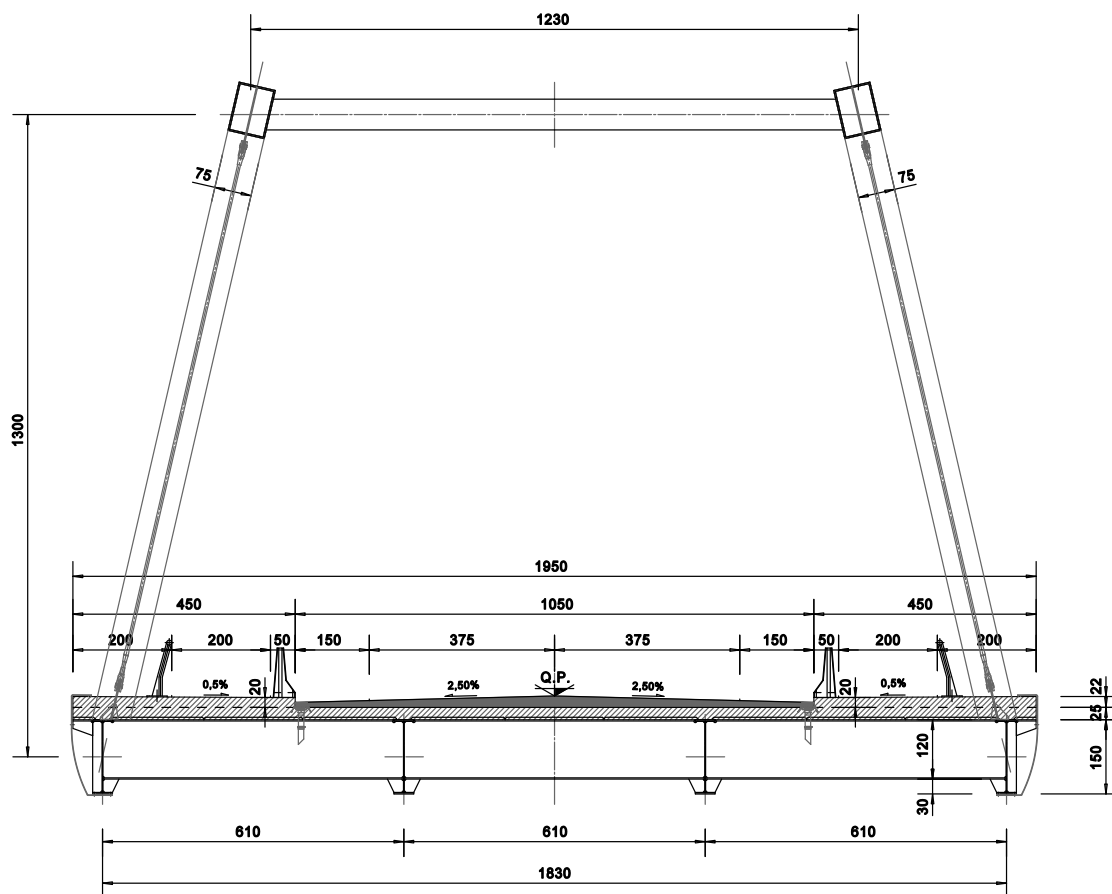


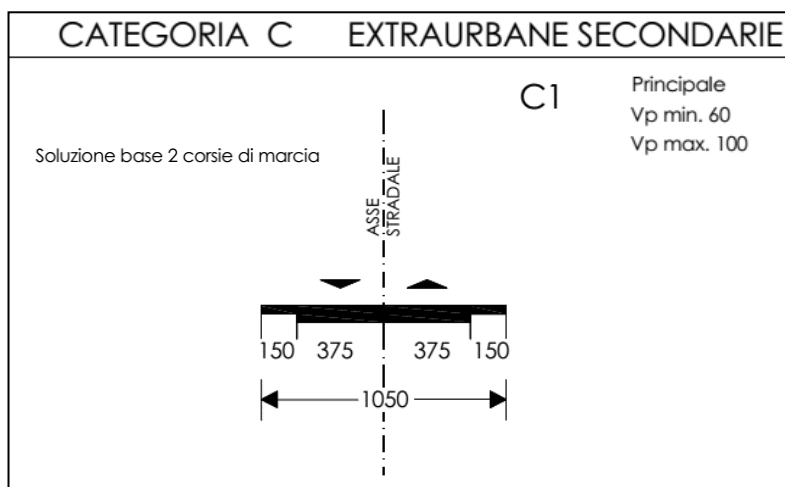
Figura 13 – Ponte sul Fiume Oglio – Sezione trasversale in asse

5. Caratteristiche del tracciato

5.1 La sede stradale – sezione tipo piattaforma

Il D.M. 05/11/2001 “*Norme funzionali e geometriche per le costruzioni delle strade*”, detto decreto Nesi-Lunardi, viene applicato a tutte le nuove realizzazioni e per l’adeguamento dei tronchi stradali esistenti.

In accordo a quanto appena premesso, si adotta per la direttrice principale una piattaforma stradale la cui sezione tipo viene classificata come **Tipo C1**.



Tale tipologia di sede stradale presenta le seguenti caratteristiche:

N. carreggiate	1
Larghezza complessiva carreggiata	10.5
N. corsie di marcia	2
Larghezza singola corsia	3.75
N. banchine laterali	2
Larghezza banchina	1.5
Velocità di progetto minima	60
Velocità di progetto massima	100
Raggio di curvatura planimetrico minimo (R_{min})	118
Raggio planimetrico limite pendenza 2.50% ($R_{2.5}$)	2187
Raggio planimetrico limite in “contropendenza” (R')	5250
Pendenza trasversale massima	7
Pendenza trasversale minima	2.5
Pendenza longitudinale massima	7
Raggio minimo dei raccordi concavi ($V_p = 100$ Km/h)	4.200
Raggio minimo dei raccordi convessi ($V_p = 100$ Km/h)	8.100

Relativamente ai tratti in galleria sono inoltre rispettate le prescrizioni previste dalle "Linee guida A.N.A.S. per la progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali" edizione 2009; in particolare si è limitata la pendenza longitudinale a valori inferiori o uguali 6.0%.

I requisiti geometrici plano-altimetrici minimi richiesti dalle Norme sono:

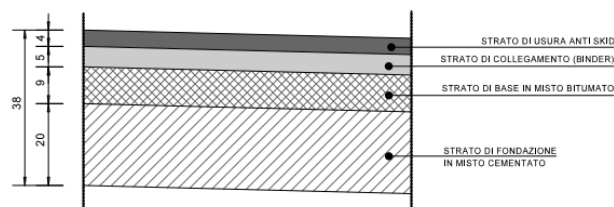
- raggio planimetrico minimo $R_{min} = 118$ m (associato alla $V_{pmin}=60$ Km/h e ad una pendenza trasversale del 7.00% in condizioni di equilibrio dinamico in curva);
- raggio planimetrico massimo $R_{max} = 2187$ m (associato alla $V_{pmax}=100$ Km/h e ad una pendenza trasversale del 2.50% in condizioni di equilibrio dinamico in curva);
- pendenza longitudinale massima del 7%;
- raggi dei raccordi verticali, sia concavi sia convessi, tali da garantire le condizioni di sicurezza ottica, dinamica e psicofisiologica.

Inoltre, ai fini di garantire una soluzione sicura, confortevole per gli utenti e soddisfacente dal punto di vista ottico, le Norme prevedono di adottare per la planimetria e l'altimetria soluzioni coordinate e compatibili con le velocità di progetto desunte dal relativo *diagramma di velocità*, velocità comunque contenute nei limiti di cui sopra.

Relativamente al pacchetto sovrastrutturale, si distingue tra:

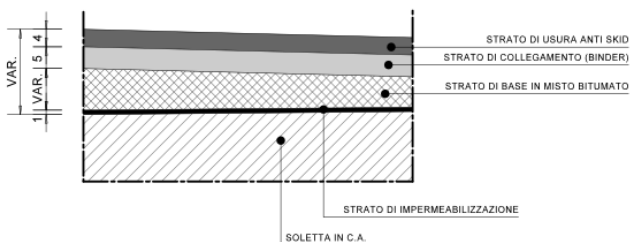
Tratti all'aperto (spessore complessivo di 38 cm):

- manto d'usura anti-skid (sp=4 cm);
- strato di collegamento - binder (sp=5 cm);
- base in misto bitumato (sp=9 cm);
- fondazione in misto cementato (sp=20 cm);



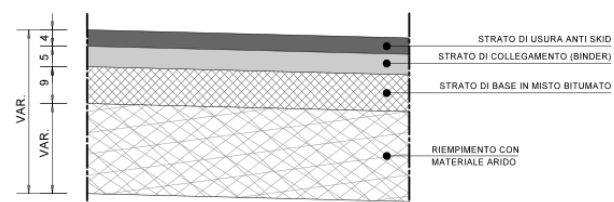
Tratti su ponte (spessore complessivo variabile):

- manto d'usura anti-skid (sp=4 cm);
- strato di collegamento - binder (sp=5 cm);
- base in misto bitumato (sp=var);



Tratti in galleria (spessore complessivo di 18 cm):

- manto d'usura anti-skid (sp=4 cm);
- strato di collegamento - binder (sp=5 cm);
- base in misto bitumato (sp=9 cm).



5.2 Velocità di progetto – diagramma di velocità

La verifica della correttezza della progettazione comporta la redazione del diagramma di velocità per ogni senso di circolazione.

Ad ogni tipo di strada sono associati un limite inferiore ed uno superiore per le velocità di progetto degli elementi planoaltimetrici che compongono il suo asse.

Conformemente alla Normativa vigente, l'asse stradale principale, oggetto della presente relazione, ha un intervallo di velocità di progetto pari a $60 < V < 100$ Km/h.

Il diagramma delle velocità è la rappresentazione grafica dell'andamento della velocità di progetto in funzione della progressiva dell'asse stradale. Si costruisce, sulla base del solo tracciato planimetrico, calcolando per ogni elemento di esso l'andamento della velocità di progetto, che deve essere contenuta nei limiti di cui sopra.

Il modello semplificato di variazione della velocità lungo il tracciato, che di seguito si presenta, si basa sulle seguenti ipotesi:

- in rettilineo, sugli archi di cerchio con raggio non inferiore a $R_{2,5}$, e nelle clotoidi, la velocità di progetto tende al limite superiore dell'intervallo; gli spazi di accelerazione conseguenti all'uscita da una curva circolare, e quelli di decelerazione per l'ingresso a detta curva, ricadono soltanto negli elementi considerati (rettilineo, curve ampie con $R > R_{2,5}$ e clotoidi);
- la velocità è costante lungo tutto lo sviluppo delle curve con raggio inferiore a $R_{2,5}$, e si determina mediante abachi;
- i valori dell'accelerazione e della decelerazione restano determinati in 0.8 m/s^2 (a meno di quanto prescritto dall'art. 5.4 della D.G.R. 27/09/2006 n. 8/3219);
- si assume che le pendenze longitudinali non influenzino la velocità di progetto.

Una volta ottenuto il diagramma di velocità e verificato che le condizioni sulle distanze di transizione D_T , siano soddisfatte, occorre assicurarsi che il tracciato possa essere ritenuto omogeneo per entrambi i sensi di circolazione.

A questo scopo devono essere soddisfatte le seguenti condizioni:

- per $V_{pmax} \geq 100$ km/h (autostrade, strade extraurbane principali e secondarie) nel passaggio da tratti caratterizzati dalla V_{pmax} a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non deve superare 10 km/h. Inoltre, fra due curve successive tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è consigliabile che non superi i 15 km/h;
- per gli altri tipi di strade ($V_{pmax} \leq 80$ km/h) nel passaggio da tratti caratterizzati dalla V_{pmax} a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità non deve superare 5 km/h. Inoltre, fra due curve successive tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è

consigliabile che non superi i 10 km/h;

- poiché si tratta di una verifica globale sulle scelte puntuali dei vari elementi di un tracciato, nel caso le condizioni sopra esposte non siano verificate, anche solo in singole parti, occorrerà riprendere la geometria di interi tratti.

Si mette in evidenza che la scelta della soluzione in rotatoria per i due innesti sulla S.S. 42 ha condizionato fortemente la redazione/costruzione e la successiva verifica del diagramma di velocità dell'asse principale: si è assunto in prossimità dei suddetti "elementi stradali" una velocità di progetto V_p pari a 25 km/h, valore che risulta pertanto ampiamente inferiore ai valori limite prescritti dalla Normativa Vigente per il tipo di piattaforma stradale adottata per la direttrice principale (sezione tipo classificata come C1: $V_{p,min} = 60 \text{ km/h}$; $V_{p,max} = 100 \text{ km/h}$).

Come noto il tracciato in progetto si stacca dalla circolazione rotatoria (Sud), caposaldo iniziale dell'arteria. La velocità di progetto che si assume in uscita dall'anello giratorio è di 25 km/h. Tale velocità rimane costante nei primi 20 m all'uscita dalla rotatoria.

La velocità incrementa con accelerazione $a=0,8 \text{ m/s}^2$, come indicato al paragrafo 5.4 del D.M. 5/11/2001, fino a raggiungere il valore massimo dell'intervallo della velocità di progetto della strada, 100 km/h.

La distanza coperta da tale manovra di accelerazione, lunghezza di transizione, è data dalla seguente espressione:

$$D_T = \frac{\Delta V \times V_m}{12.96 \times a}$$

risulta pari a 452 m e rappresenta la zona di influenza dell'intersezione.

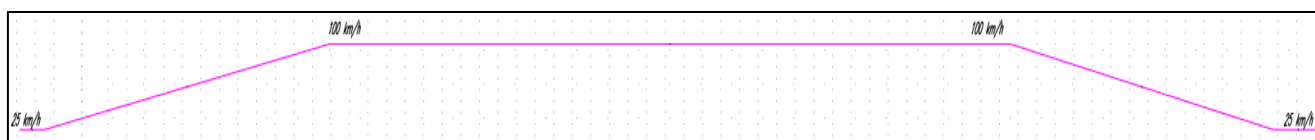


Figura 14 – Diagramma delle velocità del tratto principale della Variante

Situazione identica in direzione del caposaldo finale del tracciato, ove la velocità si mantiene pari a 100 km/h fino all'inizio della zona di influenza dell'intersezione con circolazione rotatoria (Nord), che vincola la velocità di progetto finale al valore pari a 25 km/h. Assunto il valore della decelerazione $a = -0,8 \text{ m/s}^2$, come indicato al paragrafo 5.4 del DM 5/11/2001, la distanza di transizione D_T che permette di decelerare da $V_{p,max}$ a 25 km/h è sempre pari a 452 m.

5.3 Andamento planimetrico

L'andamento planimetrico dell'asse stradale si compone di una successione di elementi geometrici costituita da rettifili, curve circolari e raccordi a raggio variabile (clotoidi).

Nella seguente tabella si riportano le caratteristiche degli elementi geometrici costituenti l'andamento planimetrico e la loro rispettiva collocazione (in galleria e all'aperto).

Elemento	Progr. Iniziale [m]	Progr. Finale [m]	Sviluppo [m]	Raggio [m]	Parametro A [m ²]	Collocazione
ARCO - C1	0,000	120,229	120,229	118,500	-	All'aperto
CLOT. FLESSO E - 1	120,229	136,134	15,905	-	43,414	All'aperto / Str. cielo aperto
CLOT. FLESSO U - 2	136,134	153,122	16,989	-	50,481	Str. cielo aperto / Gall. art.
ARCO - C2	153,122	187,207	34,084	150,000	-	Galleria artificiale
CLOTOIDE - 3	187,207	215,632	28,426	-	65,298	Galleria artificiale
RETTIFILO - L1	215,632	270,987	55,355	-	-	Galleria artificiale
CLOTOIDE - 4	270,987	343,187	72,200	-	190,000	Galleria artificiale
ARCO - C3	343,187	522,802	179,615	500,000	-	Galleria artificiale / naturale
CLOTOIDE - 5	522,802	611,002	88,200	-	210,000	Galleria naturale
RETTIFILO - L2	611,002	940,019	329,017	-	-	Galleria naturale
CLOTOIDE - 6	940,019	1120,354	180,335	-	520,197	Galleria naturale
ARCO - C4	1120,354	1322,833	202,479	1500,569	-	Galleria naturale
CLOTOIDE - 7	1322,833	1503,167	180,335	-	520,197	Galleria naturale
RETTIFILO - L3	1503,167	2105,272	602,105	-	-	Gall. nat. / art. / All'aperto

5.4 Andamento altimetrico

L'andamento altimetrico dell'asse stradale si compone di una successione di elementi geometrici costituita da tratti a pendenza costante (livellette) raccordati attraverso raccordi verticali concavi e convessi ad andamento parabolico.

Facendo riferimento alla Normativa vigente, si osserva come tutte le pendenze delle livellette abbiano valori inferiori alla pendenza massima pari al prescritto 7% per strade di categoria C.

Nella tabella seguente sono riassunti i principali elementi di tracciamento delle livellette:

N. vertice	Progressiva [m]	Distanza parziale [m]	Quota [m]	p [%]	Dislivello livelletta [m]	Lungh. livelletta [m]
0	0,000	0,000	637,354	-	-	-
1	25,119	25,119	636,978	-1,50	-0,377	25,108
2	75,119	50,000	636,728	-0,50	-0,250	50,001
3	202,916	127,798	629,060	-6,00	-7,668	128,027
4	880,706	677,790	662,949	5,00	33,890	678,637
5	1992,871	1112,165	730,279	6,05	67,330	1114,201
6	2063,803	70,932	731,453	1,66	1,174	70,942
7	2105,272	41,467	732,283	2,00	0,829	41,475

Raccordo verticale	Tipo	Raggio [m]	Progressiva		Sviluppo (L) [m]	Bs [m]	ΔP [%]
			Iniziale [m]	Finale [m]			
1	concavo	350	23,367	26,869	3,50	+0,004	+1,000
2	convesso	350	65,494	84,744	19,25	-0,132	-5,500
3	concavo	1920	97,316	308,516	211,309	+2,904	+11,000
4	concavo	5000	854,357	907,055	52,778	+0,069	+1,054
5	convesso	1500	1959,880	2025,862	66,037	-0,363	-4,399
6	concavo	350	2063,199	2064,406	1,207	+0,001	+0,345

Bs = dislivello tra Q_p asfalto e Q vertice;
 ΔP = variazione di pendenza longitudinale.

I valori di tutti i suddetti raggi sono tali da garantire condizioni di sicurezza ottica (come descritto nelle verifiche di visibilità) e dinamica (come prescritto dalla Normativa, l'accelerazione verticale a_v non supera il valore limite a_{lim} di $0,6m/s^2$).

6. Verifiche tracciato “asse principale”

6.1 Verifiche geometriche

Si riportano di seguito i criteri adottati per le verifiche condotte sui parametri geometrici del tracciato mediante l’ausilio del software, che permette di verificare.

Rettifili

La lunghezza del rettifilo viene confrontata con la lunghezza minima, funzione di V_p , dedotta dalla tabella presente in §5.2.2 del D.M. 05/11/2001.

Nel caso in cui il rettifilo sia preceduto e seguito da curve percorse in sensi opposti e qualora risulti verificata la condizione:

$$L \leq (A1+A2)/12.5$$

con $A1$, $A2$ i parametri delle clotoidi precedente e successiva al rettifilo, non viene eseguito il controllo sullo sviluppo minimo del rettifilo.

La lunghezza del rettifilo viene inoltre confrontata con la lunghezza massima, funzione di V_p , prevista dalla norma:

$$L_{\max} = 22 \cdot V_p$$

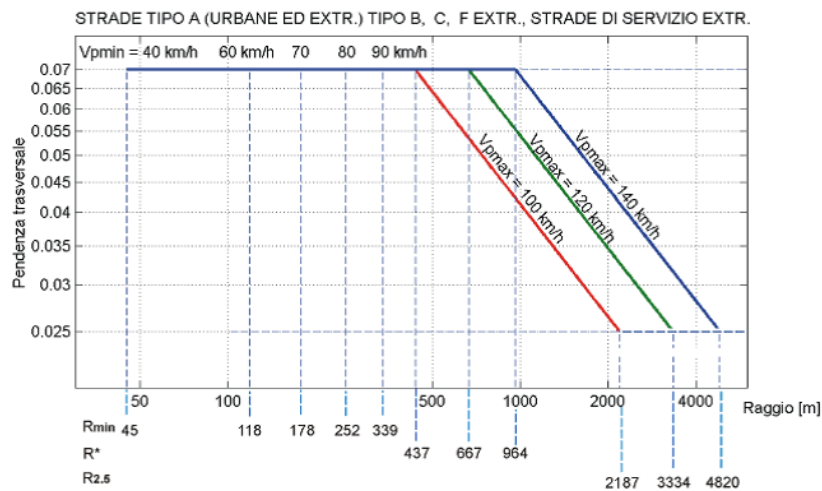
Inoltre vengono effettuati i controlli sul rapporto tra la lunghezza del rettifilo e i raggi delle curve precedente e seguente (R_{prec} e R_{succ}), utilizzando, secondo norma (§5.2.2), i seguenti valori minimi del raggio:

- $R_{\min} = L$ per $L < 300$ m;
- $R_{\min} = 400$ m per $L \geq 300$ m.

Curve Circolari

Il raggio viene confrontato con il valore minimo (R_{\min}) previsto dal D.M. 05/11/2001 (abachi nelle figure 5.2.4a e 5.2.4b del D.M.); lo sviluppo viene confrontato con lo sviluppo minimo corrispondente ad un tempo di percorrenza di 2.5 s alla velocità di progetto V_p ; la pendenza trasversale viene confrontata con i valori previsti negli abachi delle figure 5.2.4a e 5.2.4b del D.M.

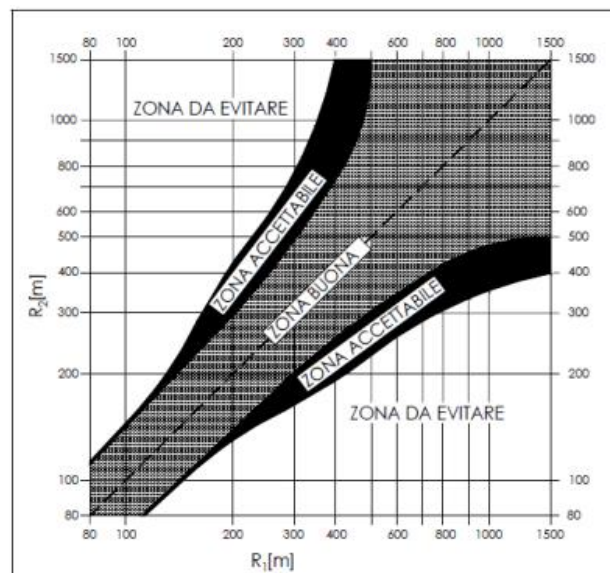
Fig. 5.2.4.a



Nel caso la curva sia preceduta o seguita da una clotoide di flessione o da una clotoide di continuità, il raggio viene confrontato con i valori determinati dalle linee che separano la zona buona, la zona accettabile e la zona da evitare nell'abaco di figura 5.2.2 del D.M. con il seguente criterio:

- per i tipi di strada A1ext, A2ext, A1urb, A2urb, B1, B2 i rapporti tra i raggi R1 e R2 di due curve circolari che, con l'inserimento di un elemento a curvatura variabile, si succedono lungo il tracciato, deve collocarsi nella "zona buona" di cui al diagramma seguente;
- per gli altri tipi di strada si può utilizzare anche la "zona accettabile".

Fig. 5.2.2.a



In mancanza di una clotoide di continuità o di flessione prima, o dopo la curva in esame, le verifiche descritte non vengono condotte.

Allargamento in curva

In ottemperanza al §5.2.7 del D.M. allo scopo di garantire la sicura iscrizione dei veicoli nei tratti curvilinei del tracciato conservando i necessari franchi fra la sagoma limite dei veicoli ed i margini delle corsie, nelle curve circolari ciascuna corsia è stata allargata di una quantità "E" data dalla relazione:

$$E = \frac{K}{R}$$

Dove:

- K=45
- R=raggio asse carreggiata (essendo in progetto R>40).

Qualora l'allargamento "E", così calcolato, risulti inferiore a 20 cm la corsia conserva la larghezza del rettifilo.

Nella tabella a seguire vengono evidenziati gli allargamenti per l'iscrizione dei veicoli in curva massimi previsti in corrispondenza delle varie curve del ramo.

Elemento	Progr. Iniziale [m]	Progr. Finale [m]	Sviluppo [m]	Raggio [m]	Allargamento dx [m]	Allargamento sx [m]
ARCO	0,000	120,229	120,229	118,500	0,38	0,38
ARCO	153,122	187,207	34,084	150,000	0,30	0,30
ARCO	343,187	522,802	179,615	500,000	0,00	0,00
ARCO	1120,354	1322,833	202,479	1500,569	0,00	0,00

Clotoidi

Tra due elementi a raggio costante (curve circolari, ovvero rettifilo e curva circolare), sono state inserite curve a raggio variabile costituite da clotoidi lungo le quali si ottiene la graduale modifica della piattaforma stradale, cioè della pendenza trasversale, e, ove necessario, della larghezza. La clotoide risulta definita dall'equazione:

$$r \cdot s = A^2$$

dove:

- r = raggio di curvatura in un punto generico della clotoide [m];
- s = ascissa curvilinea corrispondente al raggio di curvatura r [m];
- A = parametro di scala [m].

Clotoide semplice

Per le verifiche di una *clotoide semplice* (clotoide tra rettilineo e curva) vengono riportate le verifiche previste sui valori minimi e massimo del parametro della clotoide previsti dal D.M. 05/11/2001 in §5.2.5 (limitazione del contraccolpo, sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata, criteri ottici). I valori minimi vengono valutati con riferimento alla velocità di progetto desunta dal diagramma di velocità (V_p).

Inoltre, viene verificato che il rapporto tra il parametro della clotoide e il parametro della clotoide in uscita (A/A_u) o il rapporto tra il parametro della clotoide e il parametro della clotoide in entrata (A/A_e), a seconda dei casi, sia congruente con i rispettivi i valori limite (rispettivamente $2/3$ e $3/2$), così come previsto in figura 5.2.5c del D.M.

Si sottolinea che la verifica del contraccolpo è stata eseguita con la formula semplificata (“più cautelativa” per curve di raggio inferiore o al più uguale a 630 m), anziché con quella esatta.

Clotoide di flesso

Il parametro della clotoide viene confrontato con i valori minimi e con il valore massimo previsti dal D.M. 05/11/2001 in §5.2.5 (limitazione del contraccolpo, sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata, criteri ottici).

Inoltre, viene controllato il rapporto tra i parametri delle clotoidi formanti flesso (A_1/A_2), e il rapporto tra il parametro della clotoide e quello della clotoide in entrata (A/A_e) o quello della clotoide in uscita (A/A_u), a seconda dei casi. Tali rapporti devono risultare compresi tra $2/3$ e $3/2$, come previsto in figura 5.2.5c del D.M.

Clotoide di continuità

Vengono effettuati i confronti tra il parametro di scala della clotoide e i valori minimi e massimo previsti dal D.M. 05/11/2001 in §5.2.5 (limitazione del contraccolpo, sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata, criteri ottici).

Inoltre vengono riportati i controlli sui rapporti tra il parametro della clotoide di continuità e i parametri della clotoide precedente (A/A_{prec}) e successiva (A/A_{suc}), che devono risultare compresi tra $2/3$ e $3/2$, come previsto in figura 5.2.5c del D.M..

VERIFICA ELEMENTI PLANIMETRICI - Scala X 1:3000.000

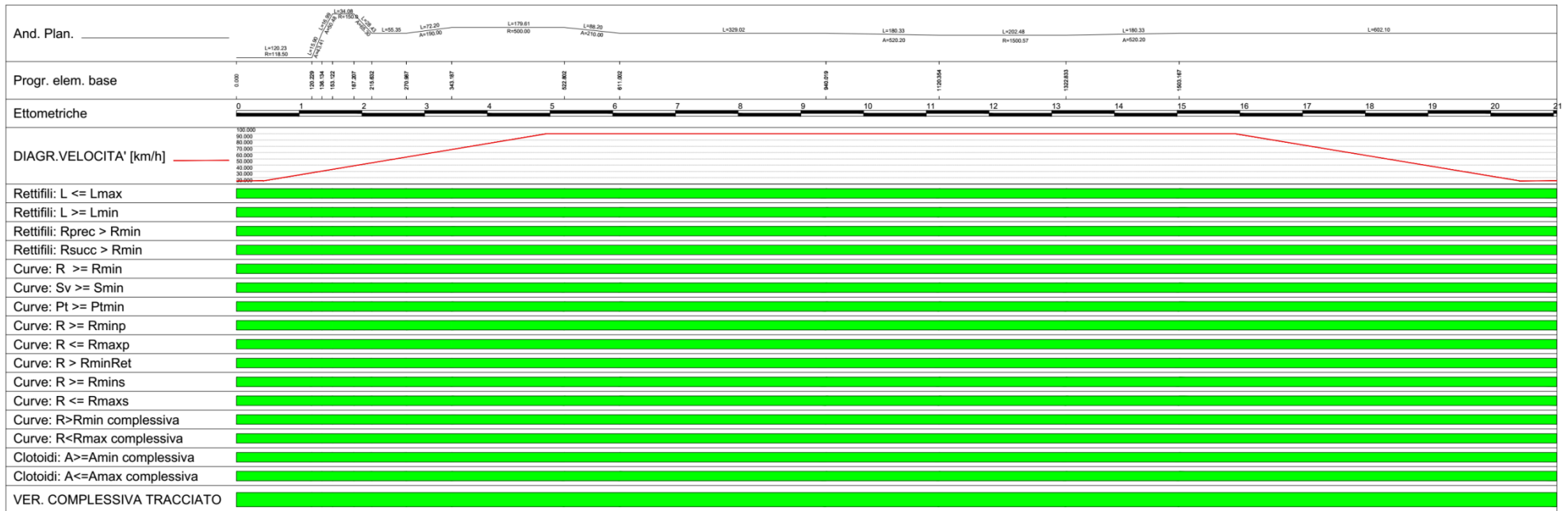


Figura 15 – Risultati delle verifiche geometriche del tracciato

Verifiche planimetriche

Dati generali sul tracciato Asse Principale			
Progressiva Iniziale (m):	0.0000	Lunghezza (m) :	2105.2723
Progressiva Finale (m):	2105.2723		
Strada Tipo :	C1 Strada extraurbana secondaria		
Intervallo di Velocità di progetto (Km/h):	60 <= Vp <= 100		
Curva 1 Sinistra ProgI 0.0000 - ProgF 120.2286			
Coordinate vertice X:	103823.5805	Coordinate I punto Tg X:	103808.0302
		Coordinate I punto Tg Y:	113881.1732
Coordinate vertice Y:	113945.1748	Coordinate II punto Tg X:	103777.4365
		Coordinate II punto Tg Y:	113992.1721
Tangente Prim. 1:	65.8636	TT1 Tangente 1:	65.8636
Tangente Prim. 2:	65.8636	TT2 Tangente 2:	65.8636
Alfa Ang. al Vert.:	122	Numero Archi :	1
Arco C1 ProgI 0.0000 - ProgF 120.2286			
Coordinate vertice X:	103823.5805	Coordinate I punto Tg X:	103808.0302
Coordinate vertice Y:	113945.1748	Coordinate I punto Tg Y:	113881.1732
Coordinate centro curva X:	103692.8803	Coordinate II punto Tg X:	103777.4365
Coordinate centro curva Y:	113909.1509	Coordinate II punto Tg Y:	113992.1721
Raggio :	118.5000	Angolo al vertice :	58
Tangente :	65.8636	Sviluppo :	120.2286
Saetta :	14.9236	Corda :	115.1378
Pt (%) :	7.0		
Vp (Km/h) =	37.9		
R >= Rmin =	118.110 OK		
Sv >= Smin =	26.290 OK		
Pt >= Ptmin =	7.000 OK	R =	118.500 R >= Rmins = 95.000 OK
		R	R <= Rmaxs = 300.000 OK
Clotoide 1 ProgI 120.2286 - ProgF 136.1336			
Coordinate vertice X:	103773.7205	Coordinate I punto Tg X:	103777.4365
		Coordinate I punto Tg Y:	113992.1721
Coordinate vertice Y:	113995.9567	Coordinate II punto Tg X:	103765.7993
		Coordinate II punto Tg Y:	114003.0092
Raggio :	118.5000	Angolo :	4
Parametro N :	1.0000	Tangente lunga :	10.6058
Parametro A :	43.4136	Tangente corta :	5.3039
Scostamento :	0.0889	Sviluppo :	15.9050
Pti (%) :	7.0	Ptf (%) :	0.0
Vp (Km/h) =	40.5		
A >= 0.021*Vp^2	= 34.400 OK	A1/A2 =	0.860 A1/A2 >= 2/3 = 0.670 OK
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	= 43.200 OK	A1/A2 =	0.860 A1/A2 <= 3/2 = 1.500 OK
A >= R/3	= 39.500 OK		
A <= R	= 118.500 OK		

Clotoide 2 ProgI 136.1336 - ProgF 153.1224			
Coordinate vertice	X:	103757.3389	Coordinate I punto Tg X: 103753.3281
			Coordinate I punto Tg Y: 114014.5421
Coordinate vertice	Y:	114010.5418	Coordinate II punto Tg X: 103765.7993
			Coordinate II punto Tg Y: 114003.0092
Raggio	:	150.0000	Angolo
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga
Parametro A	:	50.4809	Tangente corta
Scostamento	:	0.0802	Sviluppo
Pti (%)	:	7.0	Ptf (%)
Vp (Km/h) = 40.5			
A >= 0.021*Vp^2	=	34.400 OK	A1/A2 = 0.860 A1/A2 >= 2/3 = 0.670 OK
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	=	43.200 OK	A1/A2 = 0.860 A1/A2 <= 3/2 = 1.500 OK
A >= R/3	=	39.500 OK	
A <= R	=	118.500 OK	

Curva 2 Destra ProgI 153.1224 - ProgF 187.2066			
Coordinate vertice	X:	103741.2094	Coordinate I punto Tg X: 103753.3281
			Coordinate I punto Tg Y: 114014.5421
Coordinate vertice	Y:	114026.6287	Coordinate II punto Tg X: 103732.1251
			Coordinate II punto Tg Y: 114041.1348
Tangente Prim. 1:	17.1158	TT1 Tangente 1:	17.1158
Tangente Prim. 2:	17.1158	TT2 Tangente 2:	17.1158
Alfa Ang. al Vert.:	167	Numero Archi	1

Arco C2 ProgI 153.1224 - ProgF 187.2066			
Coordinate vertice	X:	103741.2094	Coordinate I punto Tg X: 103753.3281
Coordinate vertice	Y:	114026.6287	Coordinate I punto Tg Y: 114014.5421
Coordinate centro curva	X:	103859.2539	Coordinate II punto Tg X: 103732.1251
Coordinate centro curva	Y:	114120.7480	Coordinate II punto Tg Y: 114041.1348
Raggio	:	150.0000	Angolo al vertice
Tangente	:	17.1158	Sviluppo
Saetta	:	0.9671	Corda
Pt (%)	:	7.0	
Vp (Km/h) = 49.0			
R >= Rmin	=	118.110 OK	R = 150.000 R >= Rminp = 66.650 OK
Sv >= Smin	=	34.010 OK	R R <= Rmaxp = 205.500 OK
Pt >= Ptmin	=	7.000 OK	

Clotoide 3 ProgI 187.2066 - ProgF 215.6323			
Coordinate vertice	X:	103727.0918	Coordinate I punto Tg X: 103732.1251
			Coordinate I punto Tg Y: 114041.1348
Coordinate vertice	Y:	114049.1722	Coordinate II punto Tg X: 103718.5944
			Coordinate II punto Tg Y: 114066.1207
Raggio	:	150.0000	Angolo
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga
Parametro A	:	65.2982	Tangente corta
Scostamento	:	0.2244	Sviluppo

Pti (%)	:	7.0	Ptf (%)	:	-2.5

Vp (Km/h) =	53.7				
A >= 0.021*Vp^2	=	60.500	OK		
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	=	65.200	OK		
A >= R/3	=	50.000	OK	Ae/A = 0.770	Ae/A >= 2/3 = 0.670 OK
A <= R	=	150.000	OK	Ae/A = 0.770	Ae/A <= 3/2 = 1.500 OK

Rettilineo L1 ProgI 215.6323 - ProgF 270.9871					

Coordinate P.to Iniziale X:	103718.5944	Coordinate P.to Finale X:	103693.7850		
Y:	114066.1207	Y:	114115.6045		

Lunghezza	:	55.3547	Azimut	:	117

Vp (Km/h) =	62.9				
L >= Lmin	=	54.3050	OK	Rprec = 150.0000	Rprec > Rmin = 55.3500 OK
L <= Lmax	=	1383.1420	OK	Rsucc = 500.0000	Rsucc > Rmin = 55.3500 OK

Curva 3 Destra ProgI 270.9871 - ProgF 611.0017					

Coordinate vertice X:	103617.7940	Coordinate I punto Tg X:	103693.7850		
Y:	114267.1729	Coordinate I punto Tg Y:	114115.6045		

Coordinate vertice Y:	114267.1729	Coordinate II punto Tg X:	103627.4906		

Tangente Prim. 1:	132.9116	TT1 Tangente 1:	169.5512		
Tangente Prim. 2:	132.9116	TT2 Tangente 2:	176.7419		
Alfa Ang. al Vert.:	150	Numero Archi	:	1	

Clotoide 4 ProgI 270.9871 - ProgF 343.1871					

Coordinate vertice X:	103672.2063	Coordinate I punto Tg X:	103693.7850		
Y:	114158.6445	Coordinate I punto Tg Y:	114115.6045		

Coordinate vertice Y:	114158.6445	Coordinate II punto Tg X:	103662.9953		

Raggio	:	500.0000	Angolo	:	4
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:	48.1465
Parametro A	:	190.0000	Tangente corta	:	24.0786
Scostamento	:	0.4343	Sviluppo	:	72.2000
Pti (%)	:	-2.5	Ptf (%)	:	6.4

Vp (Km/h) =	74.8				
A >= 0.021*Vp^2	=	117.600	OK		
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	=	136.200	OK		
A >= R/3	=	166.700	OK	A/Au = 0.900	A/Au >= 2/3 = 0.670 OK
A <= R	=	500.000	OK	A/Au = 0.900	A/Au <= 3/2 = 1.500 OK

Arco C3 ProgI 343.1871 - ProgF 522.8017					

Coordinate vertice X:	103628.2666	Coordinate I punto Tg X:	103662.9953		
Coordinate vertice Y:	114264.7724	Coordinate I punto Tg Y:	114180.8917		

Coordinate centro curva X:	104124.9658	Coordinate II punto Tg X:	103625.2432		
Coordinate centro curva Y:	114372.1593	Coordinate II punto Tg Y:	114355.5078		

Raggio	:	500.0000	Angolo al vertice	:	21
Tangente	:	90.7857	Sviluppo	:	179.6147
Saetta	:	8.0437	Corda	:	178.6505
Pt (%)	:	6.4			

```

| Vp (Km/h) = 100.0
| R >= Rmin = 118.110 OK
| Sv >= Smin = 69.440 OK
| Pt >= Ptmin = 6.426 OK

```

Clotoide 5 ProgI 522.8017 - ProgF 611.0017

```

| Coordinate vertice X: 103624.2633 | Coordinate I punto Tg X: 103625.2432
| Coordinate I punto Tg Y: 114355.5078
| Coordinate vertice Y: 114384.9132 | Coordinate II punto Tg X: 103627.4906
| Coordinate II punto Tg Y: 114443.6486

```

```

| Raggio : 500.0000 Angolo : 5
| Parametro N : 1.0000 Tangente lunga : 58.8240
| Parametro A : 210.0000 Tangente corta : 29.4218
| Scostamento : 0.6481 Sviluppo : 88.2000
| Pti (%) : 6.4 Ptf (%) : -2.5

```

```

| Vp (Km/h) = 100.0
| A >= 0.021*Vp^2 = 210.000 OK
| A >= radq(R/dimax*Bi*|Pti-Ptf|*100) = 157.500 OK
| A >= R/3 = 166.700 OK Ae/A = 0.900 Ae/A >= 2/3 = 0.670 OK
| A <= R = 500.000 OK Ae/A = 0.900 Ae/A <= 3/2 = 1.500 OK

```

Rettifilo L2 ProgI 611.0017 - ProgF 940.0187

```

| Coordinate P.to Iniziale X: 103627.4906 | Coordinate P.to Finale X: 103645.5415
| Y: 114443.6486 | Y: 114772.1700

```

```

| Lunghezza : 329.0170 Azimut : 87

```

```

| Vp (Km/h) = 100.0
| L >= Lmin = 150.0000 OK Rprec = 500.0000 Rprec >= Rmin = 400.0000 OK
| L <= Lmax = 2200.0000 OK Rsucc = 1500.5700 Rsucc >= Rmin = 400.0000 OK

```

Curva 4 Sinistra ProgI 940.0187 - ProgF 1503.1674

```

| Coordinate vertice X: 103661.0527 | Coordinate I punto Tg X: 103645.5415
| Coordinate I punto Tg Y: 114772.1700
| Coordinate vertice Y: 115054.4684 | Coordinate II punto Tg X: 103604.8226
| Coordinate II punto Tg Y: 115331.5445

```

```

| Tangente Prim. 1: 192.4518 TT1 Tangente 1: 282.7242
| Tangente Prim. 2: 192.4518 TT2 Tangente 2: 282.7242
| Alfa Ang. al Vert.: 165 Numero Archi : 1

```

Clotoide 6 ProgI 940.0187 - ProgF 1120.3536

```

| Coordinate vertice X: 103652.1386 | Coordinate I punto Tg X: 103645.5415
| Coordinate I punto Tg Y: 114772.1700
| Coordinate vertice Y: 114892.2349 | Coordinate II punto Tg X: 103651.8260
| Coordinate II punto Tg Y: 114952.3664

```

```

| Raggio : 1500.5690 Angolo : 3
| Parametro N : 1.0000 Tangente lunga : 120.2460
| Parametro A : 520.1970 Tangente corta : 60.1323
| Scostamento : 0.9029 Sviluppo : 180.3349
| Pti (%) : -2.5 Ptf (%) : 3.2

```



```

| Vp (Km/h) = 100.0
| A >= 0.021*Vp^2 = 210.000 OK
| A >= radq(R/dimax*Bi*|Pti-Ptf|*100) = 217.600 OK
| A >= R/3 = 500.200 OK A/Au = 1.000 A/Au >= 2/3 = 0.670 OK
| A <= R =1500.600 OK A/Au = 1.000 A/Au <= 3/2 = 1.500 OK

```

Arco C4 ProgI 1120.3536 - ProgF 1322.8325

```

| Coordinate vertice X: 103651.2990 | Coordinate I punto Tg X: 103651.8260
| Coordinate vertice Y: 115053.7584 | Coordinate I punto Tg Y: 114952.3664

```

```

| Coordinate centro curva X: 102151.2773 | Coordinate II punto Tg X: 103637.1369
| Coordinate centro curva Y: 114944.5664 | Coordinate II punto Tg Y: 115154.1579

```

```

| Raggio : 1500.5690 Angolo al vertice : 8
| Tangente : 101.3934 Sviluppo : 202.4790
| Saetta : 3.4139 Corda : 202.3254
| Pt (%) : 3.2

```

```

| Vp (Km/h) = 100.0
| R >= Rmin = 118.110 OK
| Sv >= Smin = 69.440 OK
| Pt >= Ptmn = 3.181 OK

```

Clotoide 7 ProgI 1322.8325 - ProgF 1503.1674

```

| Coordinate vertice X: 103628.7379 | Coordinate I punto Tg X: 103637.1369
| Coordinate vertice Y: 115213.7007 | Coordinate I punto Tg Y: 115154.1579

```

```

| Coordinate vertice Y: 115213.7007 | Coordinate II punto Tg X: 103604.8226
| Coordinate II punto Tg Y: 115331.5445

```

```

| Raggio : 1500.5690 Angolo : 3
| Parametro N : 1.0000 Tangente lunga : 120.2460
| Parametro A : 520.1970 Tangente corta : 60.1323
| Scostamento : 0.9029 Sviluppo : 180.3349
| Pti (%) : 3.2 Ptf (%) : -2.5

```

```

| Vp (Km/h) = 100.0
| A >= 0.021*Vp^2 = 210.000 OK
| A >= radq(R/dimax*Bi*|Pti-Ptf|*100) = 217.600 OK
| A >= R/3 = 500.200 OK Ae/A = 1.000 Ae/A >= 2/3 = 0.670 OK
| A <= R =1500.600 OK Ae/A = 1.000 Ae/A <= 3/2 = 1.500 OK

```

Rettifilo L3 ProgI 1503.1674 - ProgF 2105.2723

```

| Coordinate P.to Iniziale X: 103604.8226 | Coordinate P.to Finale X: 103485.0721
| Y: 115331.5445 | Y: 115921.6208

```

```

| Lunghezza : 602.1049 Azimut : 101

```

```

| Vp (Km/h) = 100.0
| L >= Lmin = 150.0000 OK Rprec = 1500.5700 Rprec >= Rmin = 400.0000 OK
| L <= Lmax = 2200.0000 OK

```

Verifiche altimetriche

Per i raccordi altimetrici sono state verificate le limitazioni prescritte dalla normativa vigente, e di seguito descritti, sulla base del diagramma delle velocità di progetto.

Si riportano di seguito le relative verifiche condotte.

Vertici												
N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito	Verifiche		
0	0.0133	637.3541	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	●	...		
1	25.1188	636.9776	25.1054	23.3554	-1.5000	-0.3766	25.1082	23.3580	●	...		
2	75.1188	636.7276	50.0000	38.6250	-0.5000	-0.2500	50.0006	38.6255	●	...		
3	202.9162	629.0597	127.7975	12.5725	-6.0000	-7.6678	128.0273	12.5951	●	...		
4	880.7061	662.9492	677.7899	545.8411	5.0000	33.8895	678.6366	546.5230	●	...		
5	1992.8709	730.2791	1112.1648	1052.8247	6.0540	67.3299	1114.2010	1054.7523	●	...		
6	2063.8029	731.4532	70.9319	37.3372	1.6551	1.1740	70.9417	37.3423	●	...		
7	2105.2700	732.2825	41.4671	40.8636	2.0000	0.8293	41.4754	40.8717	●	...		

Raccordi Verticali													
N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i (%)	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Sorp/Dc	Vp (km/h)	Diag. Vel	Raggio Min.	Esito	Verifiche
1	Parabolico	350.0000	1.0000	3.5002	23.3688	26.8688	3.5000	<input type="checkbox"/>	25.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	80.3755	●	...
2	Parabolico	350.0000	-5.5000	19.2626	65.4938	84.7438	19.2500	<input type="checkbox"/>	31.9746	<input checked="" type="checkbox"/>	131.4779	●	...
3	Parabolico	1920.0000	11.0000	211.3091	97.3162	308.5162	211.2000	<input type="checkbox"/>	69.0957	<input checked="" type="checkbox"/>	1913.7652	●	...
4	Parabolico	5000.0000	1.0540	52.7783	854.3573	907.0550	52.6977	<input type="checkbox"/>	100.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	1286.0082	●	...
5	Parabolico	1500.0000	-4.3988	66.0368	1959.8797	2025.8622	65.9825	<input type="checkbox"/>	39.1570	<input checked="" type="checkbox"/>	197.1803	●	...
6	Parabolico	350.0000	0.3449	1.2073	2063.1993	2064.4064	1.2071	<input type="checkbox"/>	25.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	80.3755	●	...

La pendenza longitudinale risulta sempre inferiore alla pendenza longitudinale massima pari al 7.00% fissata dal D.M. 5/11/01 per la sezione stradale tipo C1.

I raggi dei raccordi verticali inseriti risultano superiori ai valori minimi prescritti i quali sono stabiliti, essenzialmente, sulla base di tre criteri:

1. assicurare che solo le ruote abbiano contatti con la superficie stradale;
2. assicurare il comfort all'utenza;
3. assicurare le visuali libere per la sicurezza di marcia.

Verifiche raccordi

Raggio 350

Verifiche Normativa			
N.	Descrizione	Verifica	Esito
1	Raggio \geq Rmin Da (arresto)	350.000 \geq 0.000	
1	Raggio \geq Rmin av (comfort)	350.000 \geq 80.376	
1	Raggio \geq Rmin geometrico	350.000 \geq 40.000	

Raggio 350

Verifiche Normativa			
N.	Descrizione	Verifica	Esito
2	Raggio \geq Rmin Da (arresto)	350.000 \geq 0.000	
2	Raggio \geq Rmin av (comfort)	350.000 \geq 131.478	
2	Raggio \geq Rmin geometrico	350.000 \geq 20.000	

Raggio 1920

Verifiche Normativa			
N.	Descrizione	Verifica	Esito
3	Raggio \geq Rmin Da (arresto)	1920.000 \geq 1913.765	
3	Raggio \geq Rmin av (comfort)	1920.000 \geq 613.969	
3	Raggio \geq Rmin geometrico	1920.000 \geq 40.000	

Raggio 5000

Verifiche Normativa			
N.	Descrizione	Verifica	Esito
4	Raggio \geq Rmin Da (arresto)	5000.000 \geq 0.000	
4	Raggio \geq Rmin av (comfort)	5000.000 \geq 1286.008	
4	Raggio \geq Rmin geometrico	5000.000 \geq 40.000	

Raggio 1500

Verifiche Normativa			
N.	Descrizione	Verifica	Esito
5	Raggio \geq Rmin Da (arresto)	1500.000 \geq 0.000	
5	Raggio \geq Rmin av (comfort)	1500.000 \geq 197.180	
5	Raggio \geq Rmin geometrico	1500.000 \geq 20.000	

Raggio 350

Verifiche Normativa			
N.	Descrizione	Verifica	Esito
6	Raggio \geq Rmin Da (arresto)	350.000 \geq 0.000	
6	Raggio \geq Rmin av (comfort)	350.000 \geq 80.376	
6	Raggio \geq Rmin geometrico	350.000 \geq 40.000	

6.2 Verifica del diagramma di velocità

Si mette in evidenza che la presenza, nei due innesti sulla S.S. 42, delle intersezioni in rotatoria vincola, per la loro natura geometrica, la geometria delle traiettorie e per le modalità di regolamentazione delle manovre, le velocità di percorrenza libera dei veicoli condizionando la redazione/costruzione e la successiva verifica del diagramma di velocità dell'asse principale.

Si evidenzia che nel caso in esame, essendo il diagramma di velocità influenzato dalla presenza delle rotatorie, non sono effettuabili le verifiche di cui al paragrafo 5.4.2 (relative a D) e 5.4.4 (relative alle differenze di velocità) del D.M. 5/11/2001.

6.3 Verifiche di un corretto coordinamento plano-altimetrico

Un corretto coordinamento plano-altimetrico consente di garantire una percezione chiara delle caratteristiche del tracciato stradale evitando brusche variazioni delle linee che lo definiscono nel quadro prospettico. La progettazione del tracciato in oggetto è stata eseguita facendo riferimento ai principi basilari di corretta percezione della strada.

Analizzando nel dettaglio l'andamento plano-altimetrico è possibile osservare che si è cercato di posizionare i raccordi verticali in corrispondenza a tratti planimetrici con sviluppo in rettilineo anche se non sempre è stato possibile rispettare tale criterio a causa dei forti condizionamenti imposti sul tracciato dall'orografia del territorio, dagli edifici ed impianti esistenti nonché dalle connessioni da assicurare con la viabilità locale esistente.

6.4 Analisi delle condizioni di visibilità garantite dal tracciato in progetto

Per quanto riguarda le distanze di visuale libera, è stata condotta una verifica confrontando la distanza di visuale libera disponibile (D_v) con la distanza di visibilità richiesta per l'arresto (D_a). La verifica è stata condotta lungo entrambi i sensi di marcia.

Si sottolinea che la distanza di visuale libera disponibile è stata confrontata esclusivamente con la distanza di visibilità richiesta per l'arresto in quanto il tracciato in progetto prevede la presenza predominante di tratti in sotterraneo: ciò impone, comunque, il divieto di sorpasso, anche in quei tratti all'aperto (rettilinei o no) lungo i quali è garantita la visuale libera. Pertanto, viene condotta la sola verifica della *distanza di visibilità / visuale libera per l'arresto*. A tale scopo si prevede l'introduzione di opportuna segnaletica di prescrizione.

La distanza di visuale libera disponibile D_v è la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé senza considerare l'influenza del traffico, delle condizioni atmosferiche e di illuminazione della strada. Nella valutazione della visuale libera disponibile, la posizione del conducente è stata considerata al centro della corsia impegnata, con l'altezza dell'occhio a 1,10 m dal piano viabile.

La distanza di visibilità richiesta per l'arresto D_a è la distanza pari allo spazio minimo necessario affinché un conducente possa arrestare il veicolo, in condizioni di sicurezza, davanti ad un ostacolo imprevisto. Tale distanza, dipendente dalla velocità e dalla pendenza longitudinale, è stata valutata ipotizzando un ostacolo a 0,10 m dal piano viabile e lungo l'asse della corsia occupata dal conducente.

Sulla base del confronto tra D_v e D_a è stato redatto, per ciascun verso di marcia, il diagramma di visibilità, riportato nella figura che segue.

Il software utilizzato per suddetta verifica ha permesso di calcolare e di rappresentare in un diagramma le distanze di visuale libera e di visibilità previste dalla normativa, effettuando cautelativamente un'*analisi della visibilità bidimensionale* (analisi plano-altimetrica). A tal proposito si evidenzia che gli ostacoli sono stati simulati mediante "muri verticali di altezza indefinita" i cui paramenti interni risultano essere coincidenti con i limiti esterni delle banchine.

Come visibile nelle tabelle e diagrammi a seguire, in corrispondenza della curva di raggio 500 m, le verifiche condotte hanno evidenziato la necessità di un allargamento per visibilità in destra che presenta un valore massimo pari a 1.405 m (dalla progressiva 0+429.516 alla progressiva 0+436.525).

Il suddetto allargamento in destra è stato definito sulla base dell'inviluppo delle visuali libere necessarie per entrambi i sensi di marcia ed i conseguenti necessari arretramenti degli ostacoli.

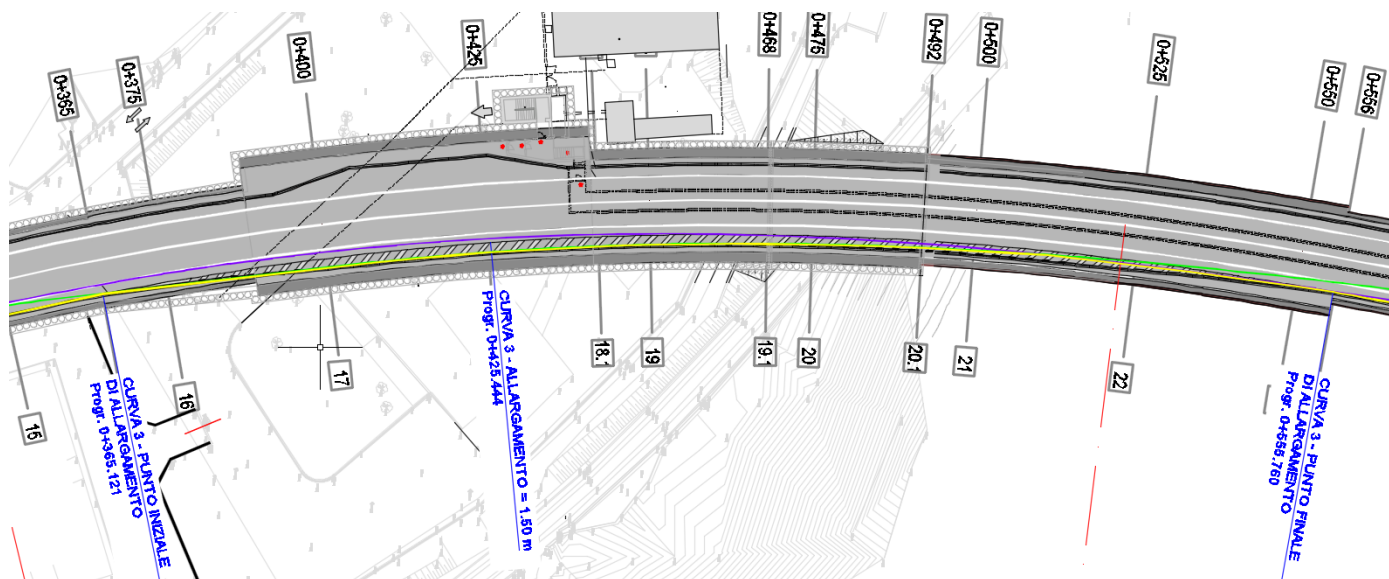


Figura 16 – Inviluppi visuali libere

Nello schema precedente in viola è riportato l'inviluppo delle visuali libere per la corsia di destra mentre in verde quello per la corsia di sinistra.

In giallo l'inviluppo delle due linee cautelativamente maggiorate di 10 cm che identifica l'allargamento in destra in progetto.

Tale allargamento ha inizio alla progressiva 0+365.121 e raggiunge il suo massimo pari a 1.50 m alla progressiva 0+425.44. Dopo un tratto costante, l'allargamento richiesto si riduce fino ad annullarsi alla progressiva 0+555.76.

A seguire si riporta uno stralcio della tabella di sintesi degli allargamenti richiesti.

Nella tabella in oggetto sono evidenziati i tratti in cui le verifiche di visibilità non sono soddisfatte e necessitano pertanto di allargamento.

- **Progr.**= progressiva, valutata lungo il tracciato;
- **Vp (km/h)** = velocità di progetto desunta dal diagramma di velocità;
- **i,sx (%)** = pendenza longitudinale per chi procede con verso opposto a quello del tracciato;
- **i,dx (%)** = pendenza longitudinale per chi procede con verso concorde a quello del tracciato;
- **Da,sx (m)** = distanza di visibilità per l'arresto calcolata in funzione di Vp, i,sx e del tipo di strada;
- **Da,dx (m)** = distanza di visibilità per l'arresto calcolata in funzione di Vp, i,dx e del tipo di strada;

- **Dva,esx (m)** = distanza di visuale libera per l'arresto valutata lungo l'asse della corsia sinistra (per chi procede con verso opposto a quello del tracciato);
- **Dva,esx > Da,sx** = verifica della sussistenza di una visuale libera per l'arresto maggiore della distanza di visibilità = OK/NO;
- **Dva,edx (m)** = distanza di visuale libera per l'arresto valutata lungo l'asse della corsia destra (per chi procede con verso concorde a quello del tracciato);
- **Dva,edx > Da,dx** = OK/NO;
- **a₀(esx,edx) (m)** = arretramento dell'ostacolo per ottenere una distanza di visuale libera pari alla distanza di visibilità secondo Norma;
- **P₀(esx,edx)**= progressiva dell'ostacolo incontrato dalla visuale libera.

Progr. [m]	Vp [km/h]	i _{sx} [%]	i _{dx} [%]	Da _{sx} [m]	Dva _{esx} [m]	Dva _{esx} > Da _{sx}	aoa _{esx} [m]	Poa _{esx} [m]	Da _{dx} [m]	Dva _{edx} [m]	Dva _{edx} > Da _{dx}	aoa _{edx} [m]	Poa _{edx} [m]
407.000	85.433	-5.000	5.000	137.146	234.201	OK	-	-	115.002	115.565	OK	0.000	0.000
408.000	85.599	-5.000	5.000	137.459	233.688	OK	-	-	115.241	115.565	OK	0.000	0.000
409.000	85.765	-5.000	5.000	138.038	233.174	OK	-	-	115.671	115.600	NO	0.000	461.950
410.000	85.931	-5.000	5.000	138.618	233.166	OK	-	-	116.102	115.738	NO	0.000	462.955
411.000	86.097	-5.000	5.000	138.933	232.653	OK	-	-	116.342	115.892	NO	0.007	463.965
412.000	86.262	-5.000	5.000	139.516	231.930	OK	-	-	116.775	115.566	NO	0.100	469.190
413.000	86.428	-5.000	5.000	140.101	231.626	OK	-	-	117.208	115.566	NO	0.076	467.899
414.000	86.594	-5.000	5.000	140.419	230.607	OK	-	-	117.450	115.566	NO	0.071	467.592
415.000	86.760	-5.000	5.000	141.007	230.093	OK	-	-	117.885	115.566	NO	0.078	468.059
416.000	86.926	-5.000	5.000	141.596	229.009	OK	-	-	118.322	115.680	NO	0.098	469.102
417.000	87.092	-5.000	5.000	141.916	228.131	OK	-	-	118.565	115.922	NO	0.118	470.155
418.000	87.258	-5.000	5.000	142.509	227.110	OK	-	-	119.003	115.568	NO	0.182	473.938
419.000	87.424	-5.000	5.000	143.103	225.519	OK	-	-	119.442	115.568	NO	0.163	472.828
420.000	87.590	-5.000	5.000	143.425	223.937	OK	-	-	119.686	115.569	NO	0.173	473.389
421.000	87.755	-5.000	5.000	144.023	222.672	OK	-	-	120.127	115.777	NO	0.191	474.498
422.000	87.921	-5.000	5.000	144.622	220.471	OK	-	-	120.570	116.106	NO	0.208	475.627
423.000	88.087	-5.000	5.000	144.947	218.459	OK	-	-	120.815	115.571	NO	0.240	477.440
424.000	88.253	-5.000	5.000	145.549	215.448	OK	-	-	121.259	115.571	NO	0.248	477.954
425.000	88.419	-5.000	5.000	146.153	213.445	OK	-	-	121.704	115.845	NO	0.266	479.161
426.000	88.585	-5.000	5.000	146.480	210.815	OK	-	-	121.951	116.253	NO	0.286	480.406
427.000	88.751	-5.000	5.000	147.087	208.450	OK	-	-	122.398	115.574	NO	0.307	481.699
428.000	88.917	-5.000	5.000	147.696	206.453	OK	-	-	122.846	115.695	NO	0.325	483.056
429.000	89.083	-5.000	5.000	148.025	203.457	OK	-	-	123.094	116.165	NO	0.347	484.504
430.000	89.248	-5.000	5.000	148.638	201.961	OK	-	-	123.544	115.576	NO	0.370	486.109
431.000	89.414	-5.000	5.000	149.252	199.465	OK	-	-	123.995	115.672	NO	0.395	488.109
432.000	89.580	-5.000	5.000	149.583	197.468	OK	-	-	124.244	116.576	NO	0.330	483.429
433.000	89.746	-5.000	5.000	150.200	196.472	OK	-	-	124.697	116.577	NO	0.408	488.973
434.000	89.912	-5.000	5.000	150.820	194.476	OK	-	-	125.151	116.578	NO	0.377	486.635
435.000	90.078	-5.000	5.000	151.153	192.480	OK	-	-	125.402	116.579	NO	0.385	487.336
436.000	90.244	-5.000	5.000	151.776	191.483	OK	-	-	125.858	116.581	NO	0.438	491.686
437.000	90.410	-5.000	5.000	152.400	190.487	OK	-	-	126.315	116.582	NO	0.423	490.187
438.000	90.576	-5.000	5.000	152.736	188.491	OK	-	-	126.567	116.802	NO	0.439	491.734
439.000	90.741	-5.000	5.000	153.363	187.995	OK	-	-	127.025	116.585	NO	0.461	493.472
440.000	90.907	-5.000	5.000	153.993	186.498	OK	-	-	127.486	116.586	NO	0.479	495.322
441.000	91.073	-5.000	5.000	154.331	185.502	OK	-	-	127.739	117.408	NO	0.505	497.891
442.000	91.239	-5.000	5.000	154.964	184.506	OK	-	-	128.201	117.587	NO	0.476	494.892
443.000	91.405	-5.000	5.000	155.599	183.510	OK	-	-	128.664	117.589	NO	0.498	497.257
444.000	91.571	-5.000	5.000	155.939	183.013	OK	-	-	128.918	117.590	NO	0.512	498.707
445.000	91.737	-5.000	5.000	156.577	181.517	OK	-	-	129.383	117.592	NO	0.514	498.969
446.000	91.903	-5.000	5.000	157.217	180.521	OK	-	-	129.849	118.341	NO	0.529	501.154
447.000	92.069	-5.000	5.000	157.560	180.525	OK	-	-	130.105	118.593	NO	0.513	498.943
448.000	92.234	-5.000	5.000	158.203	179.528	OK	-	-	130.573	118.595	NO	0.522	500.371
449.000	92.400	-5.000	5.000	158.848	178.546	OK	-	-	131.042	118.597	NO	0.539	502.287
450.000	92.566	-5.000	5.000	159.194	178.536	OK	-	-	131.299	118.764	NO	0.549	504.515
451.000	92.732	-5.000	5.000	159.842	178.040	OK	-	-	131.771	118.601	NO	0.566	507.745

Progr. [m]	Vp [km/h]	i_sx [%]	i_dx [%]	Da_sx [m]	Dva_esx [m]	Dva_esx > Da_sx	aoa_esx [m]	Poa_esx [m]	Da_dx [m]	Dva_edx [m]	Dva_edx > Da_dx	aoa_edx [m]	Poa_edx [m]
452.000	92.898	-5.000	5.000	160.189	177.543	OK	-	-	132.028	119.601	NO	0.549	504.529
453.000	93.064	-5.000	5.000	160.841	177.046	OK	-	-	132.501	119.604	NO	0.562	506.723
454.000	93.230	-5.000	5.000	161.494	176.549	OK	-	-	132.976	119.711	NO	0.568	509.562
455.000	93.396	-5.000	5.000	161.844	175.553	OK	-	-	133.235	120.606	NO	0.566	507.978
456.000	93.562	-5.000	5.000	162.501	175.556	OK	-	-	133.711	120.609	NO	0.570	509.800
457.000	93.727	-5.000	5.000	163.160	175.156	OK	-	-	134.188	120.611	NO	0.573	513.156
458.000	93.893	-5.000	5.000	163.511	174.561	OK	-	-	134.449	121.612	NO	0.573	510.971
459.000	94.059	-5.000	5.000	164.174	174.064	OK	-	-	134.928	121.973	NO	0.571	513.882
460.000	94.225	-5.000	5.000	164.838	174.067	OK	-	-	135.408	122.726	NO	0.574	512.626
461.000	94.391	-5.000	5.000	165.193	173.570	OK	-	-	135.670	122.618	NO	0.568	515.549
462.000	94.557	-5.000	5.000	165.860	173.072	OK	-	-	136.153	123.620	NO	0.569	515.178
463.000	94.723	-5.000	5.000	166.530	172.815	OK	-	-	136.636	123.623	NO	0.562	517.867
464.000	94.889	-5.000	5.000	166.887	172.577	OK	-	-	136.899	124.624	NO	0.562	517.143
465.000	95.055	-5.000	5.000	167.561	172.580	OK	-	-	137.385	124.627	NO	0.544	521.190
466.000	95.220	-5.000	5.000	168.236	172.082	OK	-	-	137.872	125.629	NO	0.552	520.217
467.000	95.386	-5.000	5.000	168.595	171.583	OK	-	-	138.136	126.632	NO	0.552	520.170
468.000	95.552	-5.000	5.000	169.274	171.586	OK	-	-	138.625	126.635	NO	0.513	525.337
469.000	95.718	-5.000	5.000	169.956	171.588	OK	-	-	139.115	127.692	NO	0.522	524.452
470.000	95.884	-5.000	5.000	170.317	171.641	OK	-	-	139.381	128.640	NO	0.520	524.714
470.000	95.884	-5.000	5.000	170.317	171.641	OK	-	-	139.873	129.763	NO	0.513	525.392
471.000	96.050	-5.000	5.000	171.002	171.092	OK	-	-	140.367	130.646	NO	0.501	526.360
472.000	96.216	-5.000	5.000	171.689	170.593	NO	1.160	390.213	140.634	131.649	NO	0.490	527.594
473.000	96.382	-5.000	5.000	172.053	171.096	NO	1.246	394.194	141.129	132.652	NO	0.472	529.127
474.000	96.548	-5.000	5.000	172.743	170.598	NO	1.249	394.382	141.626	133.655	NO	0.444	531.111
475.000	96.713	-5.000	5.000	173.436	170.600	NO	1.256	394.748	141.895	135.659	NO	0.465	529.668
476.000	96.879	-5.000	5.000	173.803	170.602	NO	1.302	398.296	142.393	136.663	NO	0.433	531.922
477.000	97.045	-5.000	5.000	174.499	170.603	NO	1.304	398.552	142.893	138.167	NO	0.382	535.252
478.000	97.211	-5.000	5.000	175.197	169.755	NO	1.280	396.433	143.163	139.670	NO	0.394	534.560
479.000	97.377	-5.000	5.000	175.566	170.106	NO	1.304	398.608	143.665	141.674	NO	0.387	534.951
480.000	97.543	-5.000	5.000	176.268	170.075	NO	1.319	400.444	144.168	143.678	NO	0.344	537.278
481.000	97.709	-5.000	0.000	176.972	170.180	NO	1.330	402.108	0.000	0.000	NO	-	-
482.000	97.875	-5.000	5.000	177.344	169.610	NO	1.334	402.714	144.440	145.682	OK	-	-
483.000	98.041	-5.000	5.000	178.052	169.911	NO	1.348	405.131	144.945	147.685	OK	-	-
484.000	98.206	-5.000	5.000	178.761	169.913	NO	1.336	403.034	145.451	149.689	OK	-	-
485.000	98.372	-5.000	5.000	179.136	169.615	NO	1.357	406.846	145.724	152.693	OK	-	-
486.000	98.538	-5.000	5.000	179.850	169.616	NO	1.346	404.839	146.233	154.697	OK	-	-
487.000	98.704	-5.000	5.000	180.565	169.617	NO	1.361	407.740	146.742	157.700	OK	-	-
488.000	98.870	-5.000	5.000	180.943	169.619	NO	1.376	411.503	147.017	161.704	OK	-	-
489.000	99.036	-5.000	5.000	181.662	169.620	NO	1.374	410.929	147.529	165.208	OK	-	-
490.000	99.202	-5.000	5.000	182.384	169.621	NO	1.371	409.971	148.042	168.712	OK	-	-
491.000	99.368	-5.000	5.000	182.764	169.582	NO	1.363	408.175	148.318	172.715	OK	-	-
492.000	99.534	-5.000	5.000	183.489	169.321	NO	1.371	409.944	148.833	177.719	OK	-	-
493.000	99.699	-5.000	5.000	183.871	169.091	NO	1.376	411.460	149.109	182.723	OK	-	-
494.000	99.865	-5.000	5.000	184.600	168.888	NO	1.381	412.853	149.627	188.727	OK	-	-
495.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	168.710	NO	1.385	414.166	150.138	194.730	OK	-	-
496.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.125	NO	1.388	415.422	150.138	202.734	OK	-	-
497.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	168.625	NO	1.389	415.921	150.138	210.738	OK	-	-
498.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	168.625	NO	1.387	414.964	150.138	219.742	OK	-	-
499.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.323	NO	1.395	418.959	150.138	230.245	OK	-	-
500.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.235	NO	1.397	420.082	150.138	241.749	OK	-	-
501.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.166	NO	1.399	421.184	150.138	255.753	OK	-	-
502.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.115	NO	1.400	422.268	150.138	271.757	OK	-	-
503.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.082	NO	1.401	423.336	150.138	290.760	OK	-	-
504.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.065	NO	1.402	424.391	150.138	313.264	OK	-	-
505.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.065	NO	1.403	425.433	150.138	340.768	OK	-	-
506.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.079	NO	1.403	426.465	150.138	375.272	OK	-	-
507.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.107	NO	1.404	427.489	150.138	418.775	OK	-	-
508.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.150	NO	1.404	428.505	150.138	492.292	OK	-	-
509.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.205	NO	1.405	429.516	150.138	600.000	OK	-	-
510.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.273	NO	1.405	430.521	150.138	600.000	OK	-	-
511.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	168.630	NO	1.404	427.854	150.138	600.000	OK	-	-
512.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	168.630	NO	1.405	430.643	150.138	600.000	OK	-	-
513.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.132	NO	1.405	433.525	150.138	600.000	OK	-	-
514.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.132	NO	1.405	434.525	150.138	600.000	OK	-	-
515.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.132	NO	1.405	435.525	150.138	600.000	OK	-	-

Progr. [m]	Vp [km/h]	i_sx [%]	i_dx [%]	Da_sx [m]	Dva_esx [m]	Dva_esx > Da_sx	aoa_esx [m]	Poa_esx [m]	Da_dx [m]	Dva_edx [m]	Dva_edx > Da_dx	aoa_edx [m]	Poa_edx [m]
516.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.132	NO	1.405	436.525	150.138	600.000	OK	-	-
517.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.132	NO	1.404	437.525	150.138	600.000	OK	-	-
518.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.132	NO	1.404	438.525	150.138	600.000	OK	-	-
519.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.132	NO	1.404	439.525	150.138	600.000	OK	-	-
520.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.132	NO	1.403	440.525	150.138	600.000	OK	-	-
521.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.132	NO	1.402	441.525	150.138	600.000	OK	-	-
522.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.132	NO	1.402	442.525	150.138	600.000	OK	-	-
523.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.132	NO	1.401	443.525	150.138	600.000	OK	-	-
524.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.132	NO	1.400	444.524	150.138	600.000	OK	-	-
525.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.132	NO	1.399	445.522	150.138	600.000	OK	-	-
526.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.132	NO	1.398	446.516	150.138	600.000	OK	-	-
527.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.131	NO	1.396	447.507	150.138	600.000	OK	-	-
528.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.131	NO	1.395	448.492	150.138	600.000	OK	-	-
529.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.131	NO	1.393	449.470	150.138	600.000	OK	-	-
530.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.131	NO	1.391	450.440	150.138	600.000	OK	-	-
531.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.130	NO	1.389	451.401	150.138	600.000	OK	-	-
532.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.130	NO	1.387	452.352	150.138	600.000	OK	-	-
533.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.130	NO	1.384	453.289	150.138	600.000	OK	-	-
534.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.129	NO	1.382	454.213	150.138	600.000	OK	-	-
535.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.129	NO	1.379	455.122	150.138	600.000	OK	-	-
536.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.128	NO	1.377	456.012	150.138	600.000	OK	-	-
537.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.128	NO	1.373	456.881	150.138	600.000	OK	-	-
538.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.127	NO	1.370	457.727	150.138	600.000	OK	-	-
539.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.126	NO	1.367	458.545	150.138	600.000	OK	-	-
540.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.126	NO	1.364	459.330	150.138	600.000	OK	-	-
541.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.125	NO	1.361	460.076	150.138	600.000	OK	-	-
542.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.124	NO	1.358	460.772	150.138	600.000	OK	-	-
543.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.123	NO	1.355	461.402	150.138	600.000	OK	-	-
544.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.122	NO	1.352	461.938	150.138	600.000	OK	-	-
545.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.121	NO	1.350	462.311	150.138	600.000	OK	-	-
546.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.120	NO	1.351	462.227	150.138	600.000	OK	-	-
547.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.621	NO	1.314	468.439	150.138	600.000	OK	-	-
548.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.620	NO	1.309	469.133	150.138	600.000	OK	-	-
549.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.619	NO	1.304	469.787	150.138	600.000	OK	-	-
550.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.618	NO	1.299	470.392	150.138	600.000	OK	-	-
551.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.617	NO	1.295	470.936	150.138	600.000	OK	-	-
552.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.616	NO	1.291	471.402	150.138	600.000	OK	-	-
553.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.614	NO	1.288	471.756	150.138	600.000	OK	-	-
554.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.613	NO	1.287	471.932	150.138	600.000	OK	-	-
555.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	169.612	NO	1.289	471.712	150.138	600.000	OK	-	-
556.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	170.112	NO	1.241	476.907	150.138	600.000	OK	-	-
557.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	170.111	NO	1.236	477.330	150.138	600.000	OK	-	-
558.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	170.109	NO	1.233	477.658	150.138	600.000	OK	-	-
559.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	170.108	NO	1.231	477.849	150.138	600.000	OK	-	-
560.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	170.106	NO	1.231	477.812	150.138	600.000	OK	-	-
561.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	170.105	NO	1.238	477.209	150.138	600.000	OK	-	-
562.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	170.605	NO	1.179	482.230	150.138	600.000	OK	-	-
563.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	170.603	NO	1.177	482.396	150.138	600.000	OK	-	-
564.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	170.601	NO	1.177	482.375	150.138	600.000	OK	-	-
565.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	170.600	NO	1.182	481.996	150.138	600.000	OK	-	-
566.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	171.100	NO	1.127	486.089	150.138	600.000	OK	-	-
567.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	171.098	NO	1.126	486.126	150.138	600.000	OK	-	-
568.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	171.096	NO	1.129	485.929	150.138	600.000	OK	-	-
569.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	171.094	NO	1.139	485.236	150.138	600.000	OK	-	-
570.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	171.594	NO	1.076	489.326	150.138	600.000	OK	-	-
571.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	171.592	NO	1.080	489.115	150.138	600.000	OK	-	-
572.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	171.590	NO	1.090	488.489	150.138	600.000	OK	-	-
573.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	172.090	NO	1.030	492.074	150.138	600.000	OK	-	-
574.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	172.087	NO	1.036	491.749	150.138	600.000	OK	-	-
575.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	172.085	NO	1.049	490.938	150.138	600.000	OK	-	-
576.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	172.585	NO	0.986	494.433	150.138	600.000	OK	-	-
577.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	172.583	NO	0.996	493.896	150.138	600.000	OK	-	-
578.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	172.580	NO	1.020	492.582	150.138	600.000	OK	-	-
579.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	173.080	NO	0.949	496.314	150.138	600.000	OK	-	-
580.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	173.077	NO	0.968	495.345	150.138	600.000	OK	-	-

Progr. [m]	Vp [km/h]	i_sx [%]	i_dx [%]	Da_sx [m]	Dva_esx [m]	Dva_esx > Da_sx	aoa_esx [m]	Poa_esx [m]	Da_dx [m]	Dva_edx [m]	Dva_edx > Da_dx	aoa_edx [m]	Poa_edx [m]
581.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	173.577	NO	0.904	498.445	150.138	600.000	OK	-	-
582.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	173.574	NO	0.923	497.573	150.138	600.000	OK	-	-
583.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	173.572	NO	0.975	494.977	150.138	600.000	OK	-	-
584.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	174.071	NO	0.882	499.434	150.138	600.000	OK	-	-
585.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	174.068	NO	0.932	497.157	150.138	600.000	OK	-	-
586.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	174.568	NO	0.846	501.039	150.138	600.000	OK	-	-
587.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	174.565	NO	0.902	498.568	150.138	600.000	OK	-	-
588.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	175.064	NO	0.815	502.350	150.138	600.000	OK	-	-
589.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	175.563	NO	0.756	504.744	150.138	600.000	OK	-	-
590.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	175.560	NO	0.790	503.374	150.138	600.000	OK	-	-
591.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	176.059	NO	0.729	505.768	150.138	600.000	OK	-	-
592.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	176.056	NO	0.776	503.940	150.138	600.000	OK	-	-
593.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	176.555	NO	0.709	506.522	150.138	600.000	OK	-	-
594.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	176.552	NO	0.787	503.525	150.138	600.000	OK	-	-
595.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	177.051	NO	0.701	506.819	150.138	600.000	OK	-	-
596.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	177.550	NO	0.642	508.958	150.138	600.000	OK	-	-
597.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	177.547	NO	0.719	506.171	150.138	600.000	OK	-	-
598.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	178.046	NO	0.644	508.895	150.138	600.000	OK	-	-
599.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	178.544	NO	0.587	510.836	150.138	600.000	OK	-	-
600.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	178.541	NO	0.693	507.129	150.138	600.000	OK	-	-
601.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	179.039	NO	0.608	510.139	150.138	599.210	OK	-	-
602.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	179.538	NO	0.550	512.044	150.138	598.711	OK	-	-
603.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	180.036	NO	0.502	513.581	150.138	597.711	OK	-	-
604.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	180.033	NO	0.629	509.402	150.138	596.711	OK	-	-
605.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	180.531	NO	0.546	512.174	150.138	595.712	OK	-	-
606.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	181.029	NO	0.494	513.851	150.138	594.712	OK	-	-
607.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	181.528	NO	0.448	515.250	150.138	593.712	OK	-	-
608.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	182.026	NO	0.408	516.447	150.138	592.713	OK	-	-
609.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	182.525	NO	0.370	517.544	150.138	592.214	OK	-	-
610.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	182.521	NO	0.514	513.211	150.138	591.214	OK	-	-
611.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	183.020	NO	0.455	515.041	150.138	590.214	OK	-	-
612.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	183.517	NO	0.412	516.317	150.138	589.213	OK	-	-
613.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	184.015	NO	0.377	517.332	150.138	588.213	OK	-	-
614.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	184.513	NO	0.346	518.235	150.138	587.213	OK	-	-
615.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	185.011	NO	0.318	518.996	150.138	586.213	OK	-	-
616.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	185.510	OK	-	-	150.138	585.714	OK	-	-
617.000	100.000	-5.000	5.000	185.324	186.008	OK	-	-	150.138	584.714	OK	-	-

Nelle pagine che seguono si riportano i diagrammi di visibilità sia per la configurazione senza allargamenti sia per quella con allargamenti (configurazione di progetto).

VERIFICHE DI VISIBILITA' PER L'ARRESTO E ANDAMENTO ALTIMETRICO - Scala X 1:3000.000

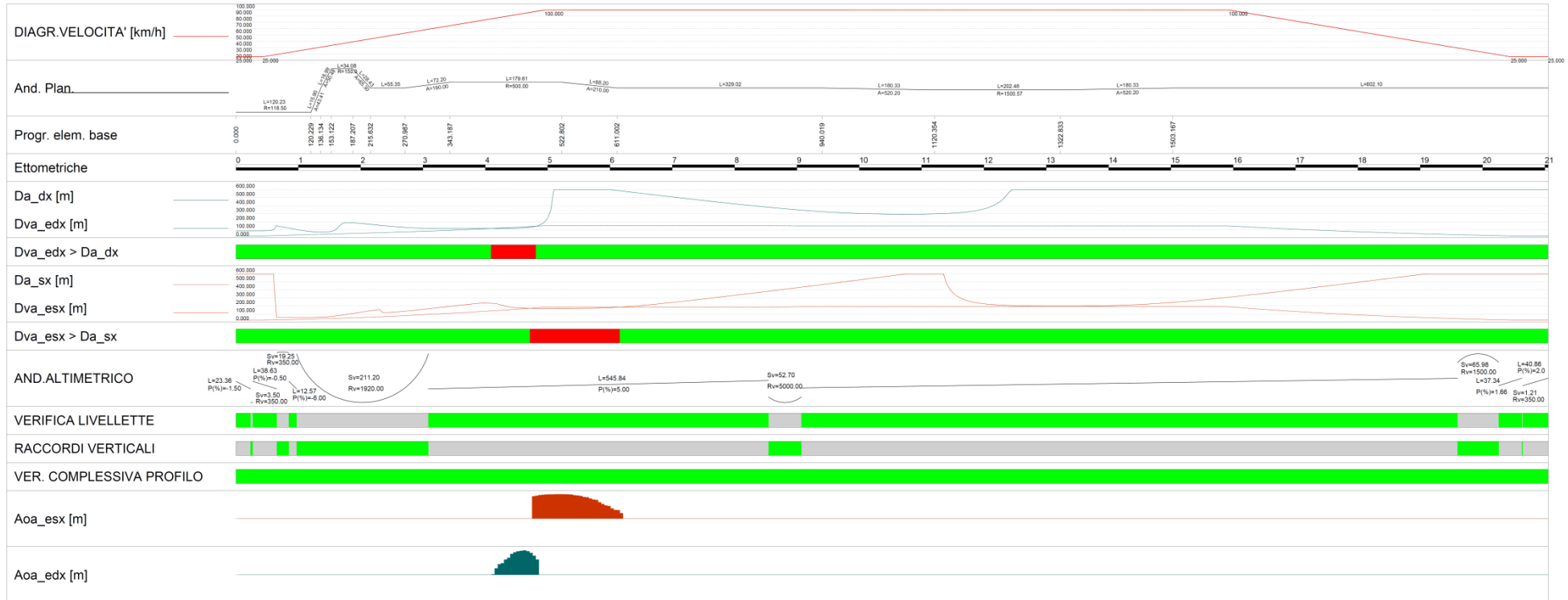


Figura 17 – Risultati delle verifiche visibilità senza allargamento in curva

VERIFICHE DI VISIBILITA' PER L'ARRESTO E ANDAMENTO ALTIMETRICO - Scala X 1:3000.000

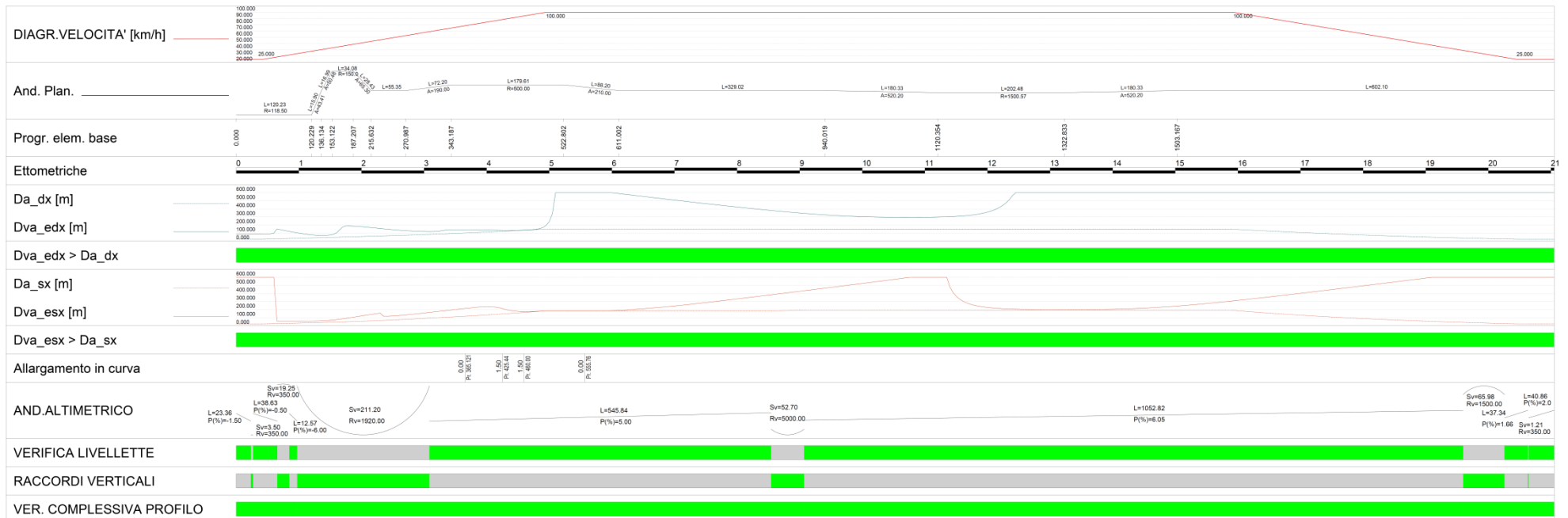


Figura 18 – Risultati delle verifiche visibilità con allargamento in curva

Il diagramma di visibilità definisce, in funzione dell'andamento planimetrico dell'asse stradale, i seguenti valori:

- $D_{va,dx}$ = distanza di visuale libera per l'arresto valutata lungo l'asse della corsia destra (per chi procede con verso concorde a quello del tracciato);
- $D_{a,dx}$ = distanza di visibilità per l'arresto calcolata in funzione di V_p , i , dx e del tipo di strada;
- $D_{va,sx}$ = distanza di visuale libera per l'arresto valutata lungo l'asse della corsia sinistra (per chi procede con verso opposto a quello del tracciato);
- $D_{a,sx}$ = distanza di visibilità per l'arresto calcolata in funzione di V_p , i , sx e del tipo di strada

Dal diagramma della configurazione di progetto si evince che essendo $D_{va,dx} > D_{a,dx}$ e $D_{va,sx} > D_{a,sx}$, lungo tutto il tracciato risulta assicurata la distanza di visuale libera richiesta per l'arresto.

Nel diagramma è inoltre riportata la verifica complessiva del profilo anch'essa positiva.

Si rimanda ai relativi elaborati grafici per maggiori dettagli in merito alle sopra riportate verifiche.

6.5 Corsie supplementari

Secondo il capitolo § 4.2 del D.M. 05/11/2001 lungo le livellette di forte pendenza, soprattutto quelle di notevole lunghezza, deve valutarsi l'opportunità di allargare la sezione trasversale della strada, realizzando una corsia supplementare destinata ai veicoli lenti, valutando:

- il rallentamento subito dai veicoli pesanti sulle rampe, da considerarsi intollerabile se la velocità di detti veicoli si riduce di almeno del 50% di quella delle autovetture;
- il decadimento della qualità della circolazione e delle condizioni di sicurezza in rapporto alla percentuale di veicoli pesanti ed al volume di traffico previsto (manuale H.C.M.).

Per la strada oggetto di studio si ritiene che, alla luce dei dati trasportistici disponibili, che fanno prevedere un volume di veicoli pesanti relativamente limitato, non sia necessaria la realizzazione di una corsia supplementare destinata ai veicoli lenti che richiederebbe un ampliamento della sede stradale pari a 3.50 m difficilmente realizzabile in un tracciato in prevalenza in sotterraneo, tenuto conto anche delle notevoli ripercussioni non accettabili su edifici e manufatti presenti al contorno.

7. Rotatorie

Come evidenziato nei capitoli introduttivi sono previste due intersezioni in rotatoria per la connessione della nuova variante con la esistente SS 42, denominate “Rotatoria Sud” e “Rotatoria Nord”, poste rispettivamente al caposaldo iniziale e finale dell’arteria in progetto.

7.1 Rotatoria Sud – Conformazione

La rotatoria Sud è posta al caposaldo iniziale dell’arteria lungo la sede della S.S. 42 ad una distanza di circa 140 m prima dell’esistente rotatoria di forma oblunga di ingresso all’abitato di Edolo.

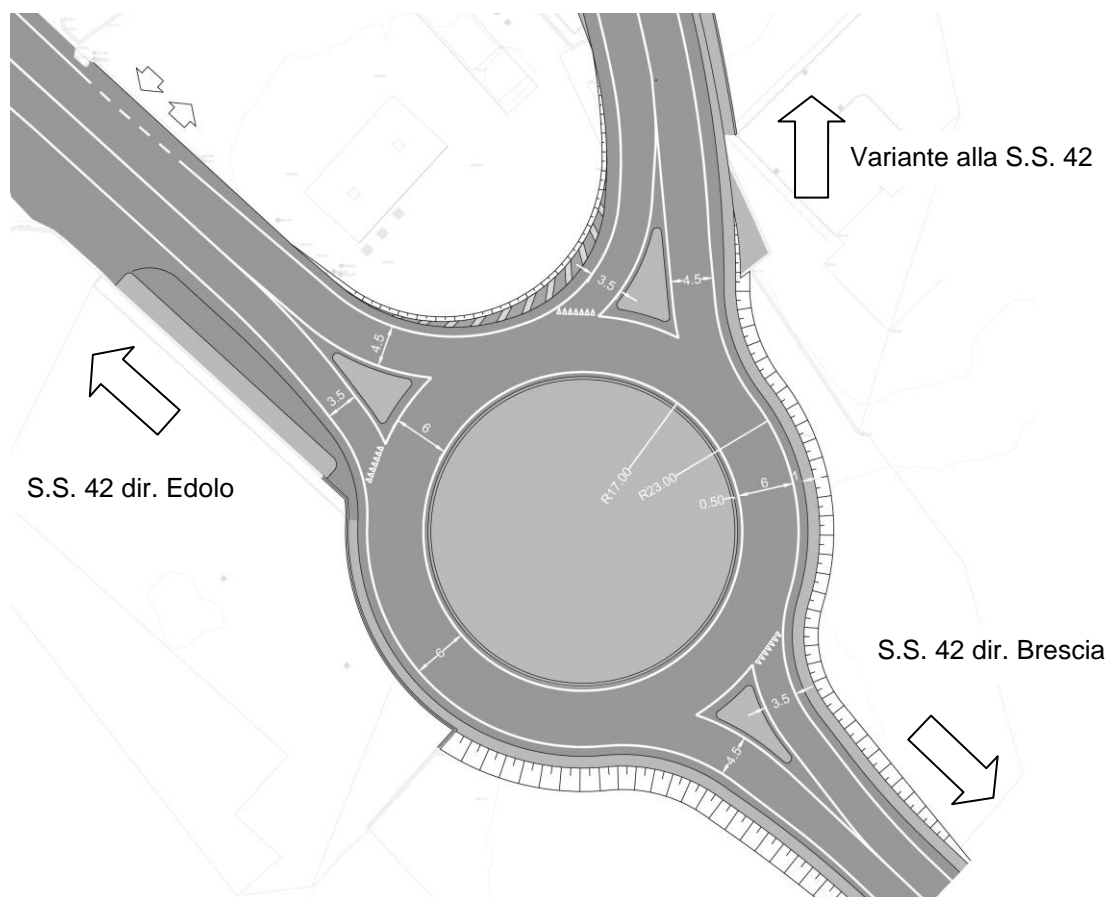


Figura 19 – Schema planimetrico Rotatoria Sud

Questa nuova intersezione è caratterizzata da tre bracci di innesto, in particolare, in senso antiorario partendo da Est:

1. S.S. 42 dir. Brescia;
2. Variante alla S.S. 42 in progetto;
3. S.S. 42 dir. Edolo.

La rotatoria, che presenta raggio esterno pari a 23.00 m, è classificata secondo il D.M. LL.PP. 19.04.06 – “*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali*” come rotatoria convenzionale (diametro esterno compreso fra 40 e 50 m).

Le caratteristiche geometriche della rotatoria sono le seguenti:

- anello di rotazione, sede della carreggiata stradale, organizzato su una sola corsia di larghezza pari a 6.00 metri;
- banchina interna di 0.50m;
- banchina esterna di 1.00m;
- pendenza trasversale verso l'esterno del 1.5%;
- isola centrale di diametro 33 m caratterizzata da bordure non sormontabili.

7.2 Rotatoria Nord - Conformazione

La rotatoria Nord è posta al caposaldo finale dell'arteria e permette l'innesto sulla S.S. 42 in direzione Tonale all'uscita dell'abitato di Edolo. Si prevede una rotatoria tradizionale a 3 bracci di cui due potranno ritenersi principali ed uno, direzione Edolo, di importanza minore.

I bracci di innesto sono:

1. Nuova variante alla S.S. 42 in progetto;
2. S.S. 42 dir. Ponte di Legno;
3. S.S. 42 dir. Edolo.

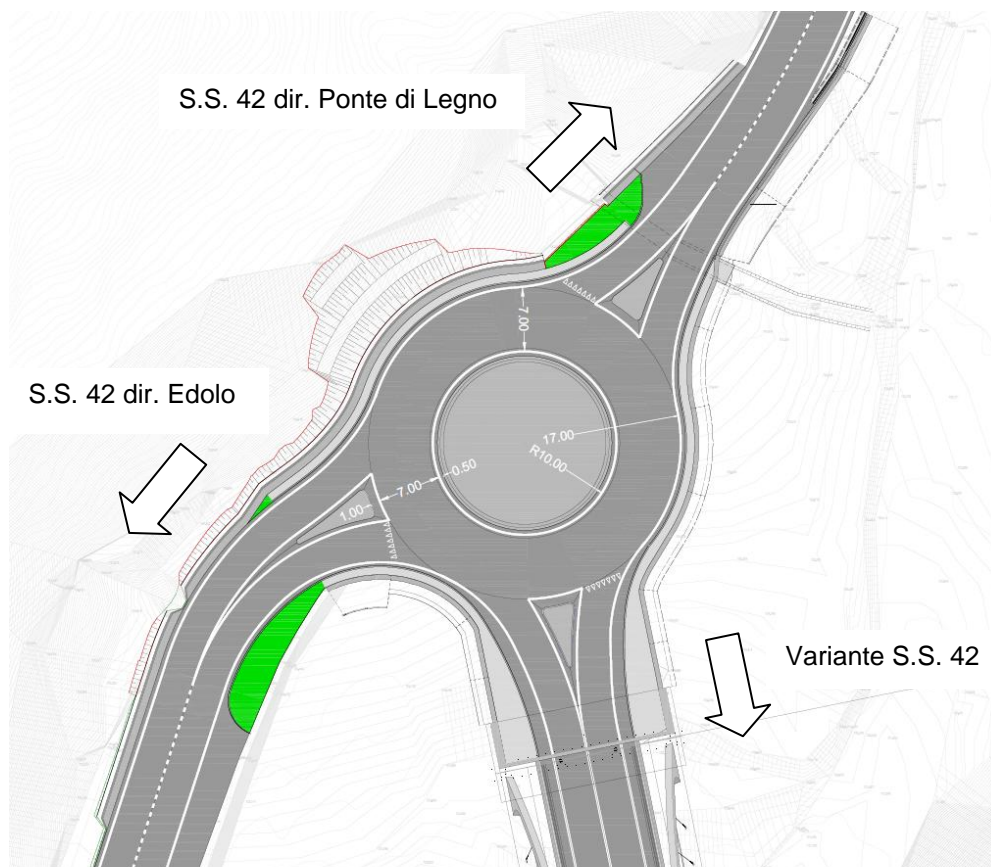


Figura 20 – Schema planimetrico Rotatoria Nord

La rotatoria, che presenta raggio esterno pari a 17.00 m, è classificata secondo il D.M. LL.PP. 19.04.06 – “*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali*” come rotatoria compatta (diametro esterno compreso fra 25 e 40 m).

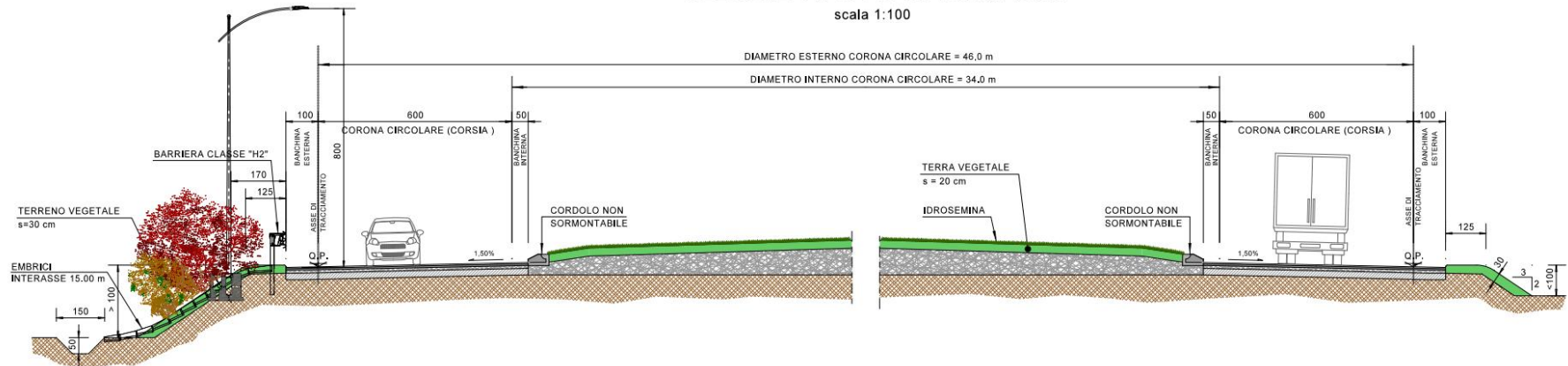
Le caratteristiche geometriche della rotatoria sono le seguenti:

- anello di rotazione, sede della carreggiata stradale, organizzato su una sola corsia di larghezza pari a 7.00 metri;
- banchina interna di 0.50m;
- banchina esterna di 0.50m;
- pendenza trasversale verso l'esterno del 2.0%;
- isola centrale di diametro 19 m caratterizzata da bordure non sormontabili.

Le due rotatorie in progetto si differenziano, oltre che per il valore del diametro esterno, anche per l'organizzazione della sezione tipo sia nella zona carrabile che per la composizione degli elementi marginali.

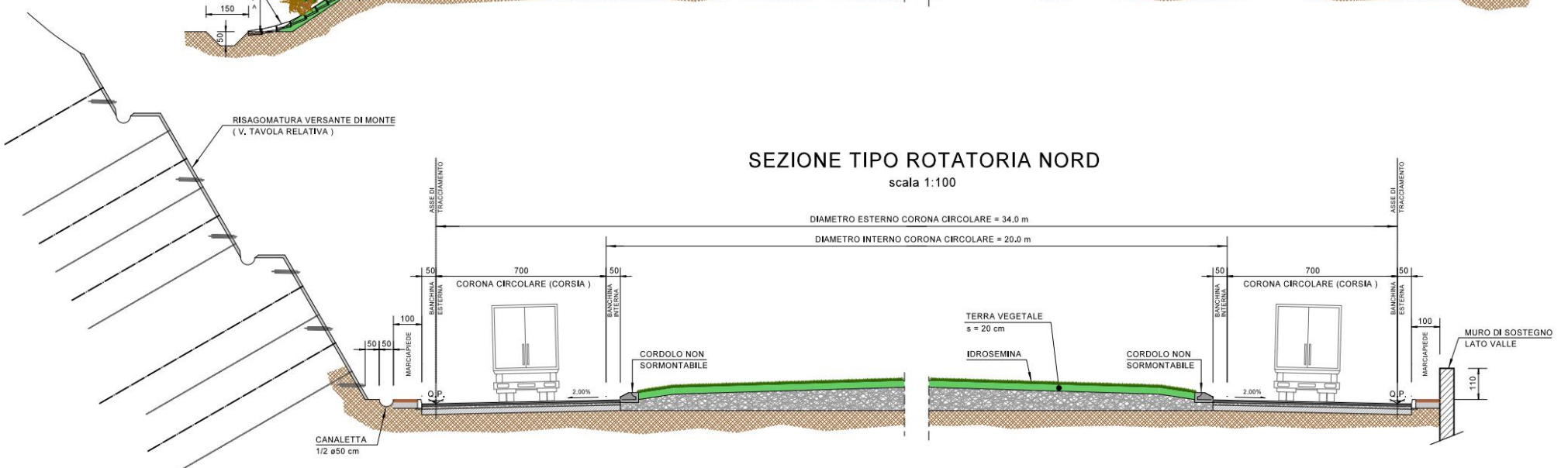
SEZIONE TIPO ROTATORIA SUD

scala 1:100



SEZIONE TIPO ROTATORIA NORD

scala 1:100



7.3 Verifiche Rotatorie

Di seguito si riportano le verifiche di deflessione e visibilità previste da norma.

Verifica di deflessione

La verifica di deflessione (verifica di carattere geometrico) consiste nell'eseguire il controllo della deviazione delle traiettorie di attraversamento del nodo operata dall'isola centrale.

Infatti, per impedire l'attraversamento di un'intersezione a rotatoria ad una velocità non adeguata, è necessario che i veicoli siano deviati per mezzo dell'isola centrale.

La valutazione del valore della deviazione viene effettuata per mezzo dell'angolo di deviazione β (vedi Figura a seguire). Per determinare la tangente al ciglio dell'isola centrale corrispondente all'angolo di deviazione β , bisogna aggiungere al raggio di entrata " R_{e2} " un incremento " b " pari a 3,50 m. Per ciascun braccio di immissione si raccomanda un valore dell'angolo di deviazione β di almeno 45° .

La normativa in questo caso non risulta cogente, ma fornisce una raccomandazione.

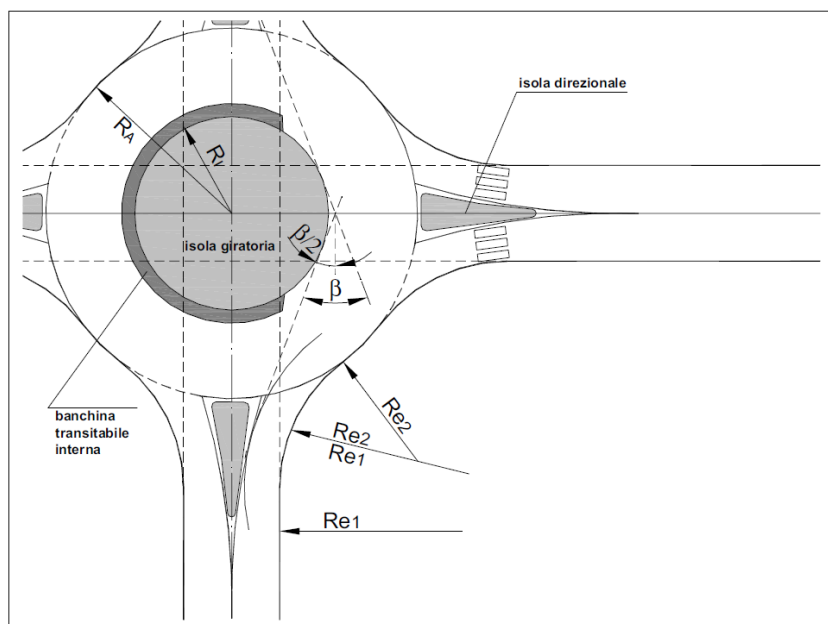


Figura 21 – Elementi di progetto e tipizzazioni delle rotatorie

Verifiche di visibilità

Verifica di visibilità (altra verifica di carattere prettamente geometrico): i conducenti che si approssimano alla rotatoria devono vedere i veicoli che percorrono l'anello centrale al fine di cedere ad essi la precedenza od eventualmente arrestarsi; sarà sufficiente una visione completamente libera sulla sinistra per un quarto dello sviluppo dell'intero anello posizionando l'osservatore a 15 m dalla linea che delimita il bordo esterno dell'anello giratorio.

La verifica va condotta secondo lo schema a seguire:

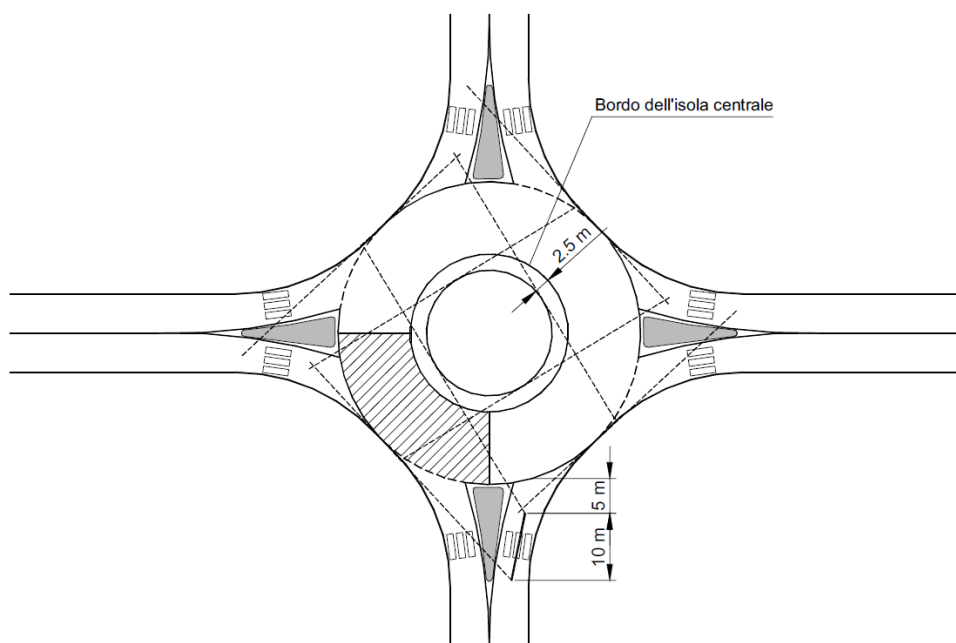


Figura 22 – Campi di visibilità in incrocio a rotatoria

Le verifiche sono state effettuate per ogni rotatoria e riportata nei paragrafi a seguire.

7.3.1 Rotatoria Sud - Verifiche

Si riporta nella figura seguente il risultato delle verifiche di deflessione della Rotatoria Sud.

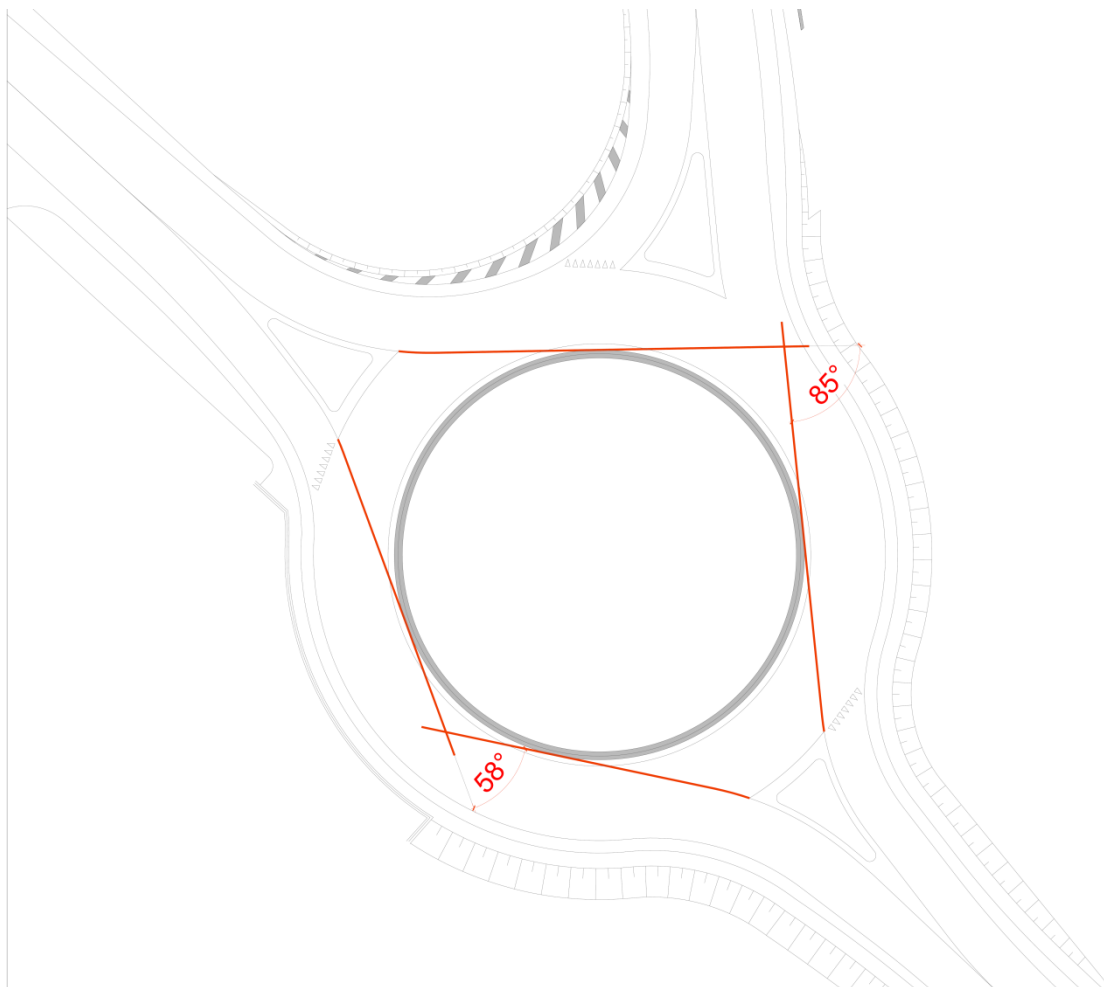


Figura 23 – Rotatoria Sud - Elementi di verifica della deflessione

Tutti gli angoli di deviazione sono superiori a 45° . La verifica è pertanto soddisfatta.

Si riporta nella figura seguente il risultato della verifica di visibilità della Rotatoria Sud.

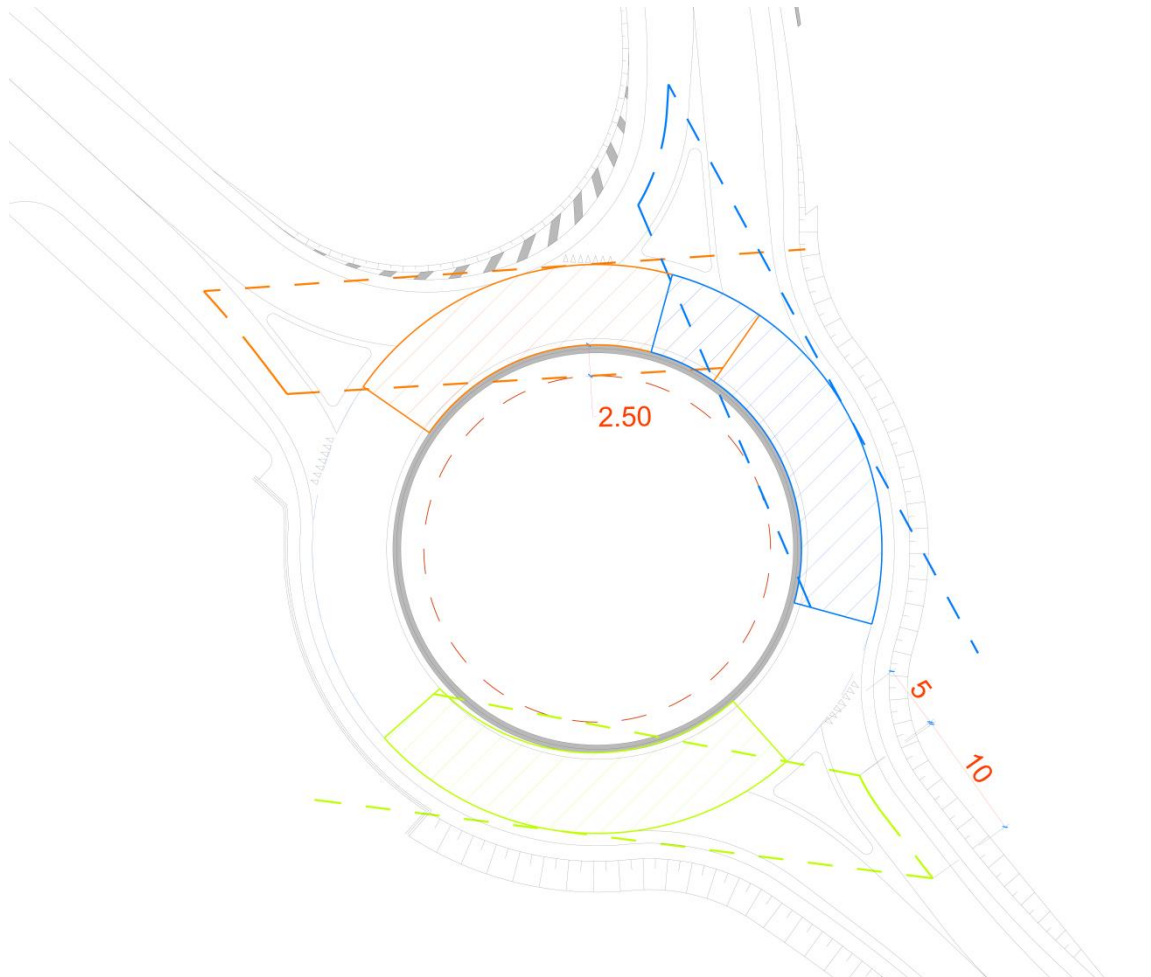


Figura 24 – Rotatoria Sud - Campi di visibilità

Dalla verifica si evince che ogni singolo conducente che si approssima, da ciascun braccio, alla rotatoria in esame ha una visione completamente libera sulla sinistra per un quarto dello sviluppo dell'intero anello giratorio centrale.

Lungo l'isola giratoria e per una fascia di 2,50 m, è opportuno non procedere alla piantumazione di alberature e/o all'installazione di qualsivoglia possibile ostacolo alla visibilità dell'utente.

7.3.2 Rotatoria Nord - Verifiche

Si riporta nella figura seguente il risultato della verifica di deflessione della Rotatoria Nord.

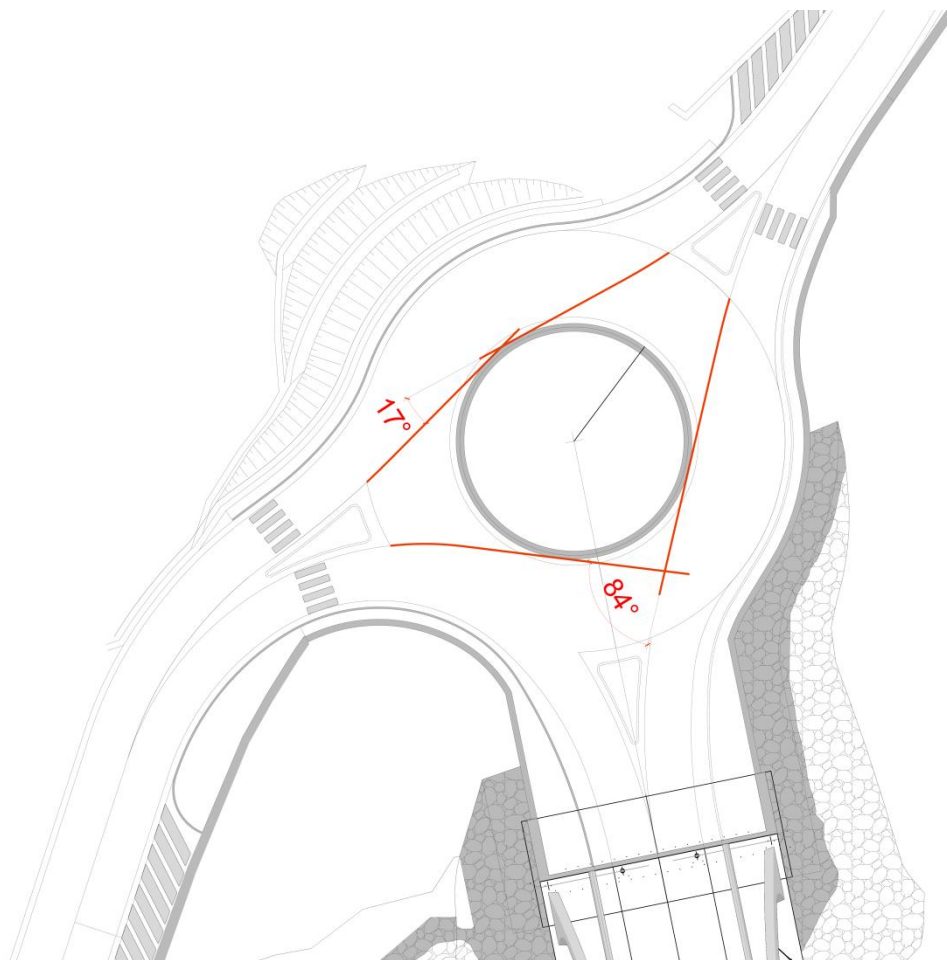


Figura 25 – Rotatoria Nord - Elementi di verifica della deflessione

L'angolo di deviazione nella direzione Edolo-Ponte di Legno è verificato, mentre nell'altra direzione l'angolo di deviazione risulta inferiore a quello "raccomandato". Tale situazione è determinata dai forti condizionamenti e vincoli locali, per la presenza a monte di un versante roccioso a spiccata verticalità e a valle dell'alveo del fiume Oglio, nonché dalla necessità di raccordarsi in un tratto ragionevolmente limitato alla viabilità locale. Dato il carattere di secondaria importanza di tale direttrice, essendo privilegiata la direttrice Ponte di Legno-Variante, la conformazione del ramo in oggetto è ritenuta accettabile.

Si riporta nella figura seguente il risultato della verifica di visibilità della Rotatoria Nord.

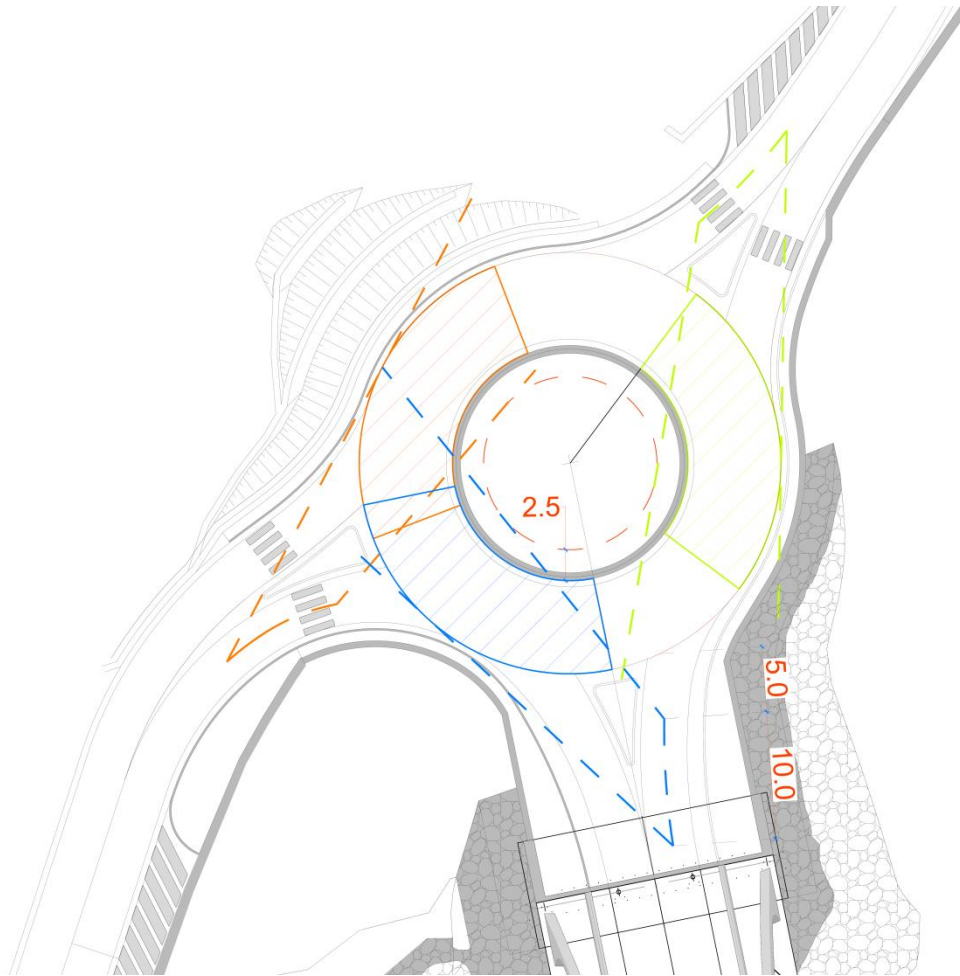


Figura 26 – Rotatoria Nord - Campi di visibilità

Dalla verifica si evince che ogni singolo conducente che si approssima, da ciascun braccio, alla rotatoria in esame ha una visione completamente libera sulla sinistra per un quarto dello sviluppo dell'intero anello giratorio centrale.

Lungo l'isola giratoria e per una fascia di 2,50 m, è opportuno non procedere alla piantumazione di alberature e/o all'installazione di qualsivoglia possibile ostacolo alla visibilità dell'utente.

8. Sovrastruttura stradale

Con la dicitura pavimentazione stradale si indica sinteticamente quella struttura idonea a garantire la transitabilità del traffico veicolare secondo quanto previsto dalle indagini in fase di pianificazione.

L'infrastruttura in esame, sia in relazione agli elevati traffici che si verificheranno che all'importanza della stessa nella gerarchia della rete stradale nella quale si inserisce, richiede l'adozione di una soluzione progettuale caratterizzata da una elevata vita utile di esercizio pari almeno a 20 anni e che necessiti di una manutenzione ridotta.

I calcoli di progetto/verifica sono stati eseguiti utilizzando il metodo semi-empirico di dimensionamento "AASHTO Guide Design of Pavement Structures", il quale si fonda sul contributo di quattro fattori:

1. il traffico di progetto, rappresentato dal numero cumulato "W₁₈" di assi standard (ESAL) da 8,16 t (18 kilopounds) nel corso della vita utile della pavimentazione;
2. il grado di affidabilità del procedimento di dimensionamento, espresso come probabilità che la sezione dimensionata possa mantenersi in condizioni accettabili durante tutta la vita utile;
3. il decadimento limite ammissibile della sovrastruttura, espresso per mezzo del "PSI" (Present Serviceability Index);
4. le caratteristiche degli strati, espresse dal Numero di Struttura "SN", che tiene conto del contributo di ogni singolo strato alla prestazione complessiva della pavimentazione attraverso i coefficienti di spessore "a_i" (tabellati), nonché delle caratteristiche di portanza del sottofondo, per mezzo del parametro "SNSG", funzione del "CBR".

8.1 Traffico di progetto

I dati di traffico dello scenario di progetto sono stati desunti dalle valutazioni sui flussi veicolari effettuate nell'ambito dello "Relazione Studio Trasportistico" del Progetto Preliminare.

Tali analisi hanno determinato che sul nuovo ramo viario in progetto circoleranno circa 570 vo/h, il che significa un TGM pari a 13.680, cautelativamente associato ad una percentuale di veicoli pesanti posta pari al 15% e ad un tasso di crescita di traffico durante la vita utile di 20 anni pari al 3%.

Come ulteriore dato di input si è considerato un valore cautelativo di CBR pari al 9%, valore di transizione tra terreni scadenti e quelli di discreta portanza.

Nella seguente tabella, si riportano i parametri utilizzati per il calcolo del numero totale di assi equivalenti passanti previsti.

TGM [veic/g]		13.680
Numero giorni commerciali per settimana		5
Numero settimane commerciali per anno		52
Aliquota di traffico per direzione più carica	p_d	0,5
Percentuale veicoli commerciali	p	0,15
Aliquota veicoli commerciali sulla corsia di marcia normale	p_i	0,95
Coefficiente di dispersione delle traiettorie	d	0,8
Numero medio di assi per veicolo commerciale		2,5
Tasso di crescita traffico durante la vita utile	r	0,03
Vita utile	n	20

Per una **strada di tipo C** lo spettro di traffico, ovvero la distribuzione delle 16 categorie dei veicoli quanto previsto nel “Catalogo dalle pavimentazioni” del CNR, è indicato nella seguente tabella:

Tipo veicolo commerciale	Percentuale	Peso assi (tonn)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	0,00%	1	1												
2	13,10%		1	1											
3	39,50%				1				1						
4	10,50%					1						1			
5	7,90%				1				2						
6	2,60%						1				2				
7	2,60%				1				2	1					
8	2,50%						1				3				
9	2,60%				1				4						
10	2,50%						1			2	2				
11	2,60%				1				3		1				
12	2,60%						1			3		1			
13	0,50%					1							1	3	
14	0,00%				1				1						
15	0,00%						1				1				
16	10,50%					1			1						

Tipo veicolo commerc.	Percent.	Frequenze parziali degli assi												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,00%													
2	13,10%		13,1%	13,1%										
3	39,50%				39,5%				39,5%					
4	10,50%					10,5%					10,5%			
5	7,90%				7,9%				15,8%					
6	2,60%						2,6%				5,2%			
7	2,60%				2,6%				5,2%	2,6%				
8	2,50%						2,5%				7,5%			
9	2,60%				2,6%				10,4%					
10	2,50%						2,5%			5,0%	5,0%			
11	2,60%				2,6%				7,8%		2,6%			
12	2,60%						2,6%			7,8%		2,6%		
13	0,50%					0,5%							0,5%	1,5%
14	0,00%													
15	0,00%													
16	10,50%					10,5%			10,5%					
		0,0%	13,1%	13,1%	55,2%	21,5%	10,2%	0,0%	89,2%	15,4%	20,3%	13,1%	0,5%	1,5%

L'equivalenza tra assi generici e assi standard da 80 KN è data dalla relazione:

$$C_{eq} = (x/y)^4$$

in cui y=80 KN ed x è il peso dell'asse generico. Per mezzo di essa si passa, quindi, dalle frequenze dei singoli assi a quelle equivalenti dell'asse standard, secondo la tabella seguente:

Peso asse	Frequenza asse	Coeff. Equivalenza	Frequenze assi da 8 t
1	0,0%	0,00024	0,00%
2	13,1%	0,00391	0,05%
3	13,1%	0,01978	0,26%
4	55,2%	0,06250	3,45%
5	21,5%	0,15259	3,28%
6	10,2%	0,31641	3,23%
7	0,0%	0,58618	0,00%
8	89,2%	1,00000	89,20%
9	15,4%	1,60181	24,67%
10	20,3%	2,44141	49,56%
11	13,1%	3,57446	46,83%
12	0,5%	5,06250	2,53%
13	1,5%	6,97290	10,46%
<i>Totale</i>	<i>253,1%</i>	<i>Totale</i>	<i>233,51%</i>

Essa mostra che, per la mix di traffico di cui al “Catalogo delle pavimentazioni” del CNR per una strada di tipo C, il passaggio di 100 veicoli commerciali determina il transito di 253,1 assi di differente peso, che corrispondono a **233,51 passaggi di assi da 80 KN**, quindi con un **C_{eq} ponderale pari a 2,33**.

Da quanto sopra riportato, si evince quindi che, al termine della vita utile, il traffico di progetto, espresso in numero di assi da 80 KN, è pari a:

$$W_{18} = gg \cdot TGM \cdot p_d \cdot p \cdot p_l \cdot d \cdot C_{eq} \cdot \frac{(1+r)^n - 1}{r} \cong 12.720.917$$

8.2 Verifica con il metodo AASHTO Interim Guide

Il dimensionamento del pacchetto di pavimentazione viene eseguito facendo riferimento ai seguenti parametri:

- Traffico previsto (numero complessivo di passaggi di veicoli commerciali previsto sulla corsia più caricata);
- Portanza del sottofondo (espressa tramite il Modulo resiliente di progetto o l'equivalente C.B.R.);
- Tipo di pavimentazione e caratteristiche dei materiali utilizzati (pavimentazione Flessibile, Semirigida, Rigida non armata, rigida ad armatura continua).

Il calcolo del numero massimo di assi da 80 kN transitabili sulla pavimentazione in esame prima di raggiungere un prefissato livello di funzionalità (PSI_{fin}) è dato dalla formula:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R \cdot S_0 + 9.36 \cdot \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log_{10}(M_R) - 8.07$$

dove:

- W₁₈ = numero di passaggi di assi da 18 kilopounds (80 kN) che la sovrastruttura riesce a sopportare (W_{18,amm});
- Z_R*S₀ = prodotto di variabili statistiche legate all'affidabilità della stima del valore di W₁₈. Per per la tipologia di strada in progetto (cat. C) il “Catalogo delle pavimentazioni stradali” prescrive un'affidabilità del 90%, alla quale corrispondono i valori Z_R= -1.282 e S₀= 0.45;
- SN = Structural Number, ovvero parametro identificativo delle capacità strutturali della pavimentazione, calcolato come combinazione lineare degli spessori “si” degli strati

della pavimentazione, moltiplicati per coefficienti “ai” caratterizzanti le tipologie di materiali dei singoli strati:

Strato	Coeff. di spessore ai
Fondazione in misto granulare stabilizzato	0,10
Fondazione in misto cementato	0,14
Base in misto bitumato	0,28
Binder in conglomerato bituminoso	0,40
Usura in conglomerato bituminoso	0,44

nonchè per coefficienti “mi” legati alle caratteristiche drenanti dei materiali non legati: $SN = a_1s_1+a_2s_2+a_3s_3+a_4m_4s_4$;

- ΔPSI = Differenza dell’indice di servizio della pavimentazione PSI tra lo stato iniziale e lo stato al termine della vita utile ($PSI_{in}-PSI_{fin}$). L’indice di servizio esprime il grado di ammaloramento delle pavimentazioni, ed è variabile da 5 (condizioni perfette) a 0 (condizioni pessime). Nel caso in esame si è supposto $PSI_{in}= 4,8$ e $PSI_{fin}=2,8$;
- M_R = Modulo resiliente del sottofondo (espresso in psi). Tra il modulo resiliente e l’indice di portanza CBR può utilizzarsi la relazione $M_R=10*CBR$ (con M_R espresso in MPa). Si è utilizzato per la verifica della pavimentazione un $CBR=9\%$, ovvero $M_R= 90MPa= 12.611,63$ psi.

La verifica AASHTO Interim Guide è stata effettuata per i diversi tipi di pavimentazione stradale utilizzati nel presente progetto e riportati nelle tabelle a seguire.

Pavimentazione tratti all’aperto

STRATI	Spessore s_i (mm)	Coefficient e drenaggio	Coefficiente spessore (a_i)	$s_i \cdot d_i \cdot a_i$	CBR	M_R (psi)
Sottofondo					9,00	12611,63
Fondazione	0	1	0,10	0,00		
Base cementata	200	1	0,14	28,00		
Base bitumata	90	1	0,28	25,20		
Collegamento	50	1	0,40	20,00		
Usura	40	1	0,44	17,60		
				90,80		

SNSG = 1,145399256
 $SN = SNSG+0,0394\sum s_i \cdot d_i \cdot a_i = 4,722919256$

$\log_{10} W_{18} = 7,511314$

Pari ad un transito ammissibile W_{18} :
a fronte di un transito complessivo di

32 457 434 assi da 8t	
12 720 917 assi da 8t	VERIFICATO

Pavimentazione in galleria naturale

(OSS: la verifica viene qui condotta cautelativamente trascurando il fatto che lo strato di fondazione in materiale arido/misto granulometrico stabilizzato si estenda in realtà fino all'arco rovescio, assumendo uno spessore finito pari a soli 20 cm ed un indice di portanza del sottofondo pari a quello considerato per i tratti all'aperto (CBR=9%).

STRATI	Spessore s_i (mm)	Coefficient e drenaggio	Coefficiente spessore (a_i)	$s_i \cdot d_i \cdot a_i$	CBR	M_R (psi)
Sottofondo					9,00	12611,63
Fondazione	200	1	0,10	20,00		
Base cementata	0	1	0,14	0,00		
Base bitumata	90	1	0,28	25,20		
Collegamento	50	1	0,40	20,00		
Usura	40	1	0,44	17,60		
				82,80		

SNSG = 1,145399256
 SN = SNSG+0,0394 Σ $s_i \cdot d_i \cdot a_i$ = **4,407719256**

Log₁₀W₁₈ = **7,29991**

Pari ad un transito ammissibile W₁₈ :
 a fronte di un transito complessivo di

19 948 502 assi da 8t	
12 720 917 assi da 8t	VERIFICATO

Si osserva come in entrambi i casi $W_{18} \leq W_{18,amm}$ da cui si deduce che la pavimentazione prevista dal progetto è idonea a sopportare con un adeguato margine di sicurezza il transito del traffico di progetto: pertanto la verifica delle pavimentazioni risulta soddisfatta.

Esistono due ulteriori casistiche di pacchetti di pavimentazione non considerate nelle presenti verifiche: la pavimentazione delle gallerie artificiali risulta una "estensione" di quella dei tratti all'aperto (lo strato di misto cementato si approfondisce fino alla platea di fondazione/arco rovescio) mentre per quanto riguarda la pavimentazione sul ponte la sovrastruttura di supporto è rigida per la presenza dell'impalcato immediatamente al di sotto degli strati in conglomerato bituminoso.

9. Segnaletica stradale orizzontale e verticale

La sicurezza della circolazione stradale è strettamente connessa al rapporto che ha il guidatore con la strada e, di conseguenza, al livello d'informazione che esso riceve dall'ambiente circostante.

In tale contesto, i segnali stradali (orizzontali, verticali, complementari) sono stati progettati per consentire una buona leggibilità del tracciato in tutte le condizioni climatiche e di visibilità (giorno, notte, asciutto, bagnato, ...).

Il progetto della segnaletica è stato concepito conformemente alle prescrizioni contenute nel "Nuovo Codice della Strada" (D.L. 30/04/92 n°285) e nel "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada" (D.P.R. 16/12/92 n° 495), sulla base dei seguenti parametri:

- tipo di strada e caratteristiche di velocità;
- spazio di avvistamento dei segnali stradali;
- esigenze comportamentali e prestazionali;

Sono stati redatti specifici elaborati con l'indicazione del posizionamento dei segnali. Secondo quanto prescritto dall'Art. 79 - Visibilità dei segnali (regolamento di attuazione Art. 39 Cod. Strada) sono state rispettate le misure minime dello spazio di avvistamento dei segnali di pericolo e di prescrizione.

9.1 Segnaletica orizzontale

La segnaletica orizzontale serve per suddividere le aree o le piattaforme stradali nei vari elementi ed in particolare:

- a delimitare la carreggiata stradale, le corsie di marcia specializzate, le corsie di manovra e gli spazi di sosta;
- ad individuare le soglie (linee di arresto) dei rami di accesso alle aree di intersezione;
- a delimitare le parti della superficie stradale vietata alla circolazione (zebrature);
- a delimitare gli stalli di parcheggio nelle aree di sosta.

In particolare, le strisce longitudinali si suddividono in:

- strisce di separazione dei sensi di marcia;
- strisce di corsia;
- strisce di margine della carreggiata;
- strisce di raccordo;
- strisce di guida sulle intersezioni.

Le strisce longitudinali possono essere continue o discontinue; le lunghezze dei tratti e degli intervalli delle strisce discontinue sono state desunte dal Codice della Strada.

9.2 Segnaletica verticale

I segnali stradali verticali hanno il compito di segnalare agli utenti un pericolo, una prescrizione o una indicazione.

Essi si dividono nelle seguenti categorie:

- segnali di pericolo: preavvisano l'esistenza di pericoli, ne indicano la natura e impongono ai conducenti di tenere un comportamento prudente;
- segnali di prescrizione: rendono noti obblighi, divieti e limitazioni cui gli utenti della strada devono uniformarsi; si suddividono in:
 - segnali di precedenza;
 - segnali di divieto;
 - segnali di obbligo;
- segnali di indicazione: hanno la funzione di fornire agli utenti della strada informazioni necessarie o utili per la guida e per l'individuazione di località, itinerari, servizi ed impianti; vengono classificati in:
 - segnali di preavviso;
 - segnali di direzione;
 - segnali di conferma;
 - segnali di identificazione strade;
 - segnali di itinerario;
 - segnali di località e centro abitato;
 - segnali di nome strada;
 - segnali turistici e di territorio.

I segnali verticali sono installati sul lato destro della strada. A volte, sono ripetuti sul lato sinistro ovvero installati su isole spartitraffico o al di sopra della carreggiata, quando necessario per motivi di sicurezza ovvero previsto dalle norme specifiche relative alle singole categorie di segnali.

Per ciascun segnale è stato garantito uno spazio di avvistamento, tra il conducente ed il segnale stesso, libero da ostacoli per una corretta visibilità.