

## **ALLEGATO 30.1**

### **RELAZIONE TECNICA PER ATTRAVERSAMENTO DELLA DELLA S.R. 66 NUOVA PISTOIESE CON LA SEDE TRANVIARIA VALUTAZIONI SULLA SOLUZIONE PROGETTUALE PREVISTA NEL PD E SULLE EVENTUALI ALTERNATIVE**

---

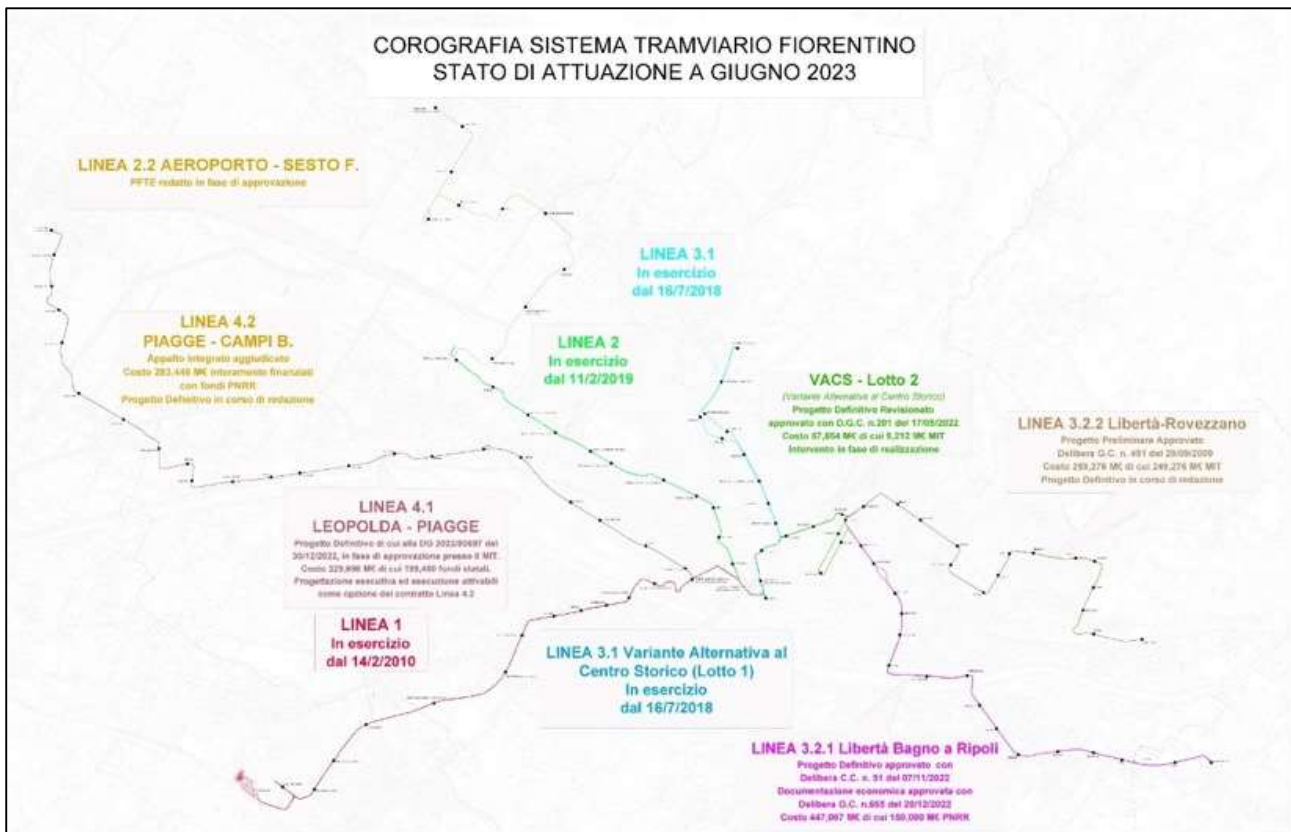
Aprile 2025

## **INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE E ANALISI DELLA SOLUZIONE INSERITA NEL PROGETTO DEFINITIVO .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>ANALISI DELLA SOLUZIONE ALTERNATIVA CON SOTTOATTRAVERSAMENTO TRANVIARIO.....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>ANALISI DELLA SOLUZIONE CON SOVRAPPASSO TRANVIARIO.....</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>ANALISI DELLA SOLUZIONE CON SOTTOPASSO STRADALE.....</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>ANALISI DELLA SOLUZIONE CON SOVRAPPASSO STRADALE .....</b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>20</b>
<b>9</b>	<b>ALLEGATI ALLA RELAZIONE.....</b>	<b>21</b>

## 1 PREMESSA

Con Accordo di Programma fra Regione Toscana ed i Comuni di Firenze, Sesto Fiorentino, Campi Bisenzio e Bagno a Ripoli sono stati definiti il programma di interventi ed i reciproci impegni per il completamento dell'estensione del sistema tranviario, fra cui l'estensione della Linea 3 a Bagno a Ripoli (Linea 3.2.1) e Rovezzano (Linea 3.2.2) e le estensioni delle Linee tramviarie verso Campi Bisenzio (Linee 4.1 e 4.2) e Sesto Fiorentino (Linea 2.2 che collegherà l'aeroporto di Peretola con il centro di Sesto Fiorentino); le suddette linee sono indicate nella corografia dell'immagine sotto riportata.



Il tracciato tranviario della linea 4.2 insiste sui territori comunali di Firenze e Campi Bisenzio, ha un'estensione di circa 5,4 km misurata a partire dal termine linea della 4.1 posto in prossimità del Capolinea Piagge, fino al Capolinea Rucellai posto in un'area verde a sud di via Don Gnocchi a Campi Bisenzio.

Il territorio attraversato si presenta solo parzialmente urbanizzato, e solo alcune aree del centro abitato di Campi Bisenzio e delle Piagge sono caratterizzate da un tessuto edilizio definibile denso, altre come il territorio compreso tra San Donnino e San Piero a Ponti, sono allo stato attuale meno urbanizzate.

La morfologia del territorio compreso tra Le Piagge e Campi si presenta regolare nell'andamento planimetrico con una quota di campagna pressoché costante, intorno ai 36 m s.l.m., lungo tutta la previsione del tracciato. I dislivelli presenti sono di origine antropica, determinati da rilevati stradali, argini e sistemi di casse di espansione.

**Nell'ambito del progetto definitivo della linea tramviaria 4.2 "Le Piagge – Campi Bisenzio",** in zona San Donnino, poco dopo l'incrocio con via Curzio Malaparte-via Manderi, è previsto l'attraversamento con la sede tranviaria della S.R. 66 con un incrocio a raso semaforizzato.

Il D.P.R. n. 495 del 16-12-1992 *"Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada"*

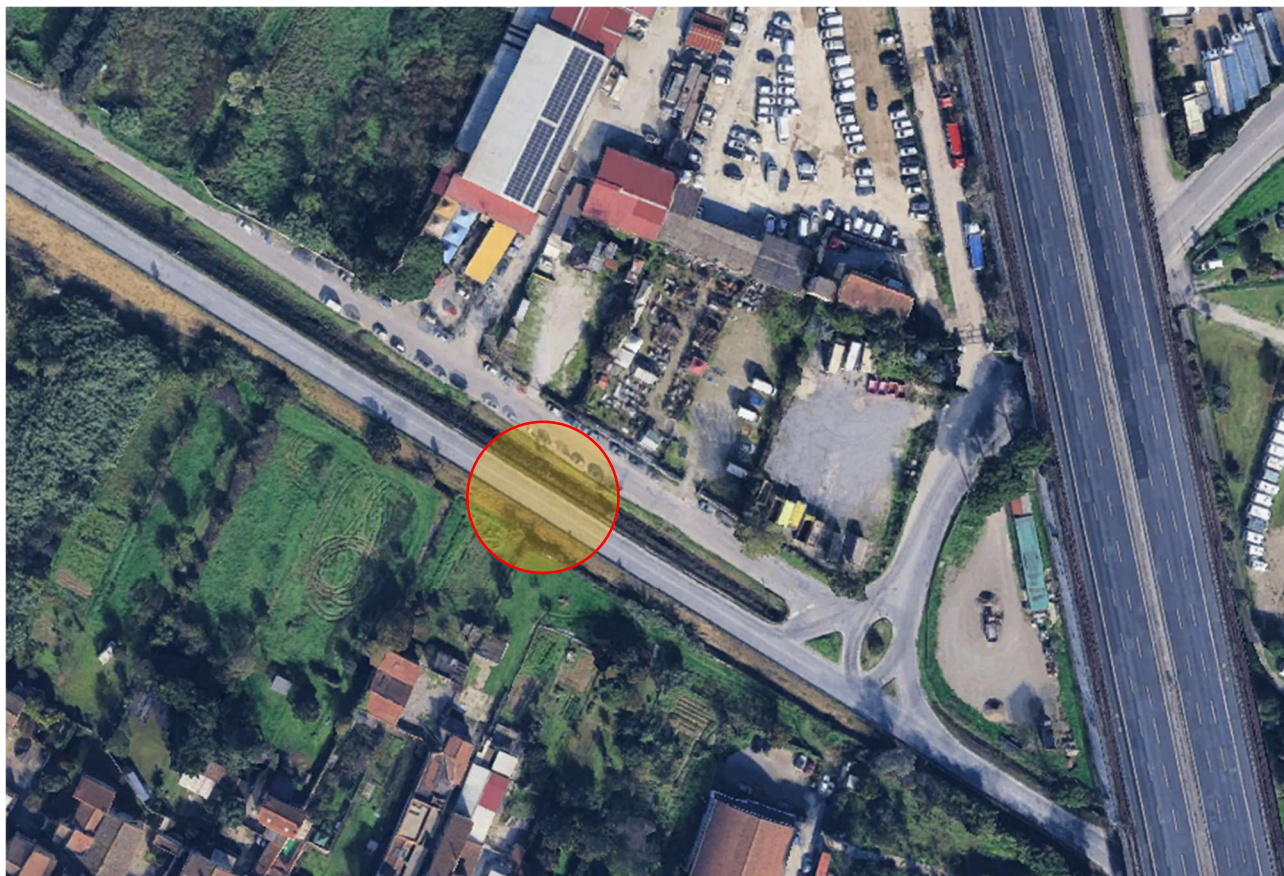
all'art. 65 *“Attraversamenti ed occupazioni stradali in generale”* al comma 2 prevede che: *“Nelle strade extraurbane principali e, di norma, nelle strade extraurbane secondarie, sono vietati attraversamenti a raso di linee ferroviarie e tranviarie di qualsiasi tipo e importanza”*. Inoltre, al comma 3, specifica che: *“Gli attraversamenti e le occupazioni stradali a raso sono consentiti quando non sussistono soluzioni alternative o queste comportano il superamento di particolari difficoltà tecniche”*.

Nelle pagine seguenti, sulla base di quanto previsto al comma 3 dell'art. 65 del sopracitato D.P.R., vengono motivate le scelte progettuali, operate nel Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica posto a base di gara e confermate nel presente Progetto Definitivo, per la realizzazione a raso dell'attraversamento in questione; in particolare, vengono evidenziate le particolari difficoltà tecniche che comporterebbe la realizzazione di ogni possibile tipologia di intervento alternativa a quella prevista.

## 2 DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE

Il tratto della S.R. 66, interessato dai lavori per la realizzazione della tranvia, si presenta con una sede stradale in rilevato a due corsie (una per ciascun senso di marcia) con banchine al margine; la larghezza delle corsie è di 3,5 m, le banchine pavimentate sono larghe circa 0,8 m e ai lati è presente una barriera metallica di sicurezza (guard rail).

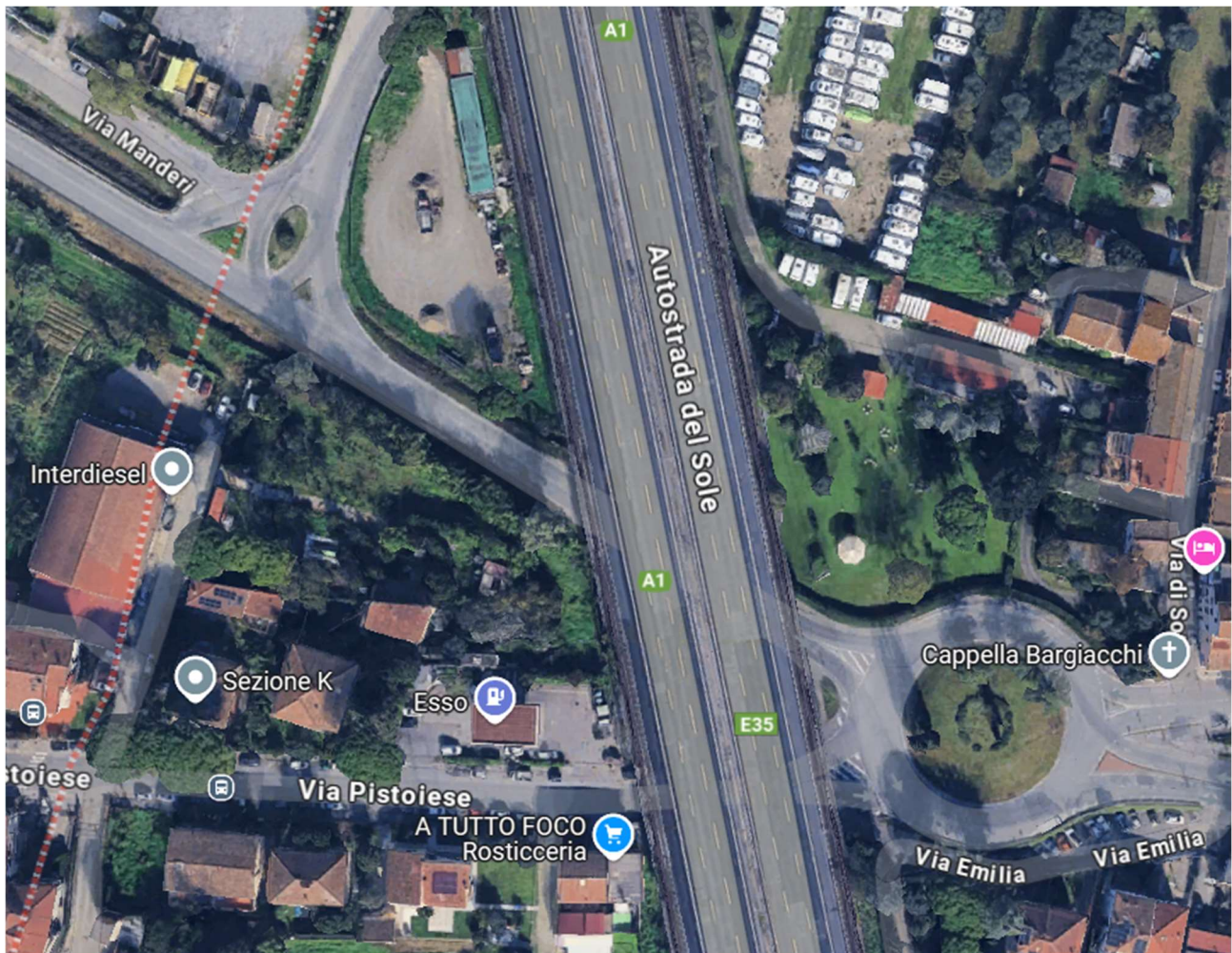
L'immagine seguente mostra lo stato attuale dei luoghi nella zona dove è previsto l'incrocio (fonte Google Maps); la zona è all'interno del cerchio giallo.



Per una completa definizione delle condizioni in cui si verrà ad inserire il nuovo incrocio, occorre anche precisare che immediatamente prima del sottovia autostradale, a circa 150 m dall'incrocio con via C. Malaparte, è presente una rotatoria (si veda immagine seguente estratta da Google Maps).



ALLEGATO 30.1 - RELAZIONE TECNICA PER ATTRAVERSAMENTO DELLA S.R. 66 NUOVA PISTOIESE CON LA SEDE TRANVIARIA  
VALUTAZIONI SULLA SOLUZIONE PROGETTUALE PREVISTA NEL PD E SULLE EVENTUALI ALTERNATIVE



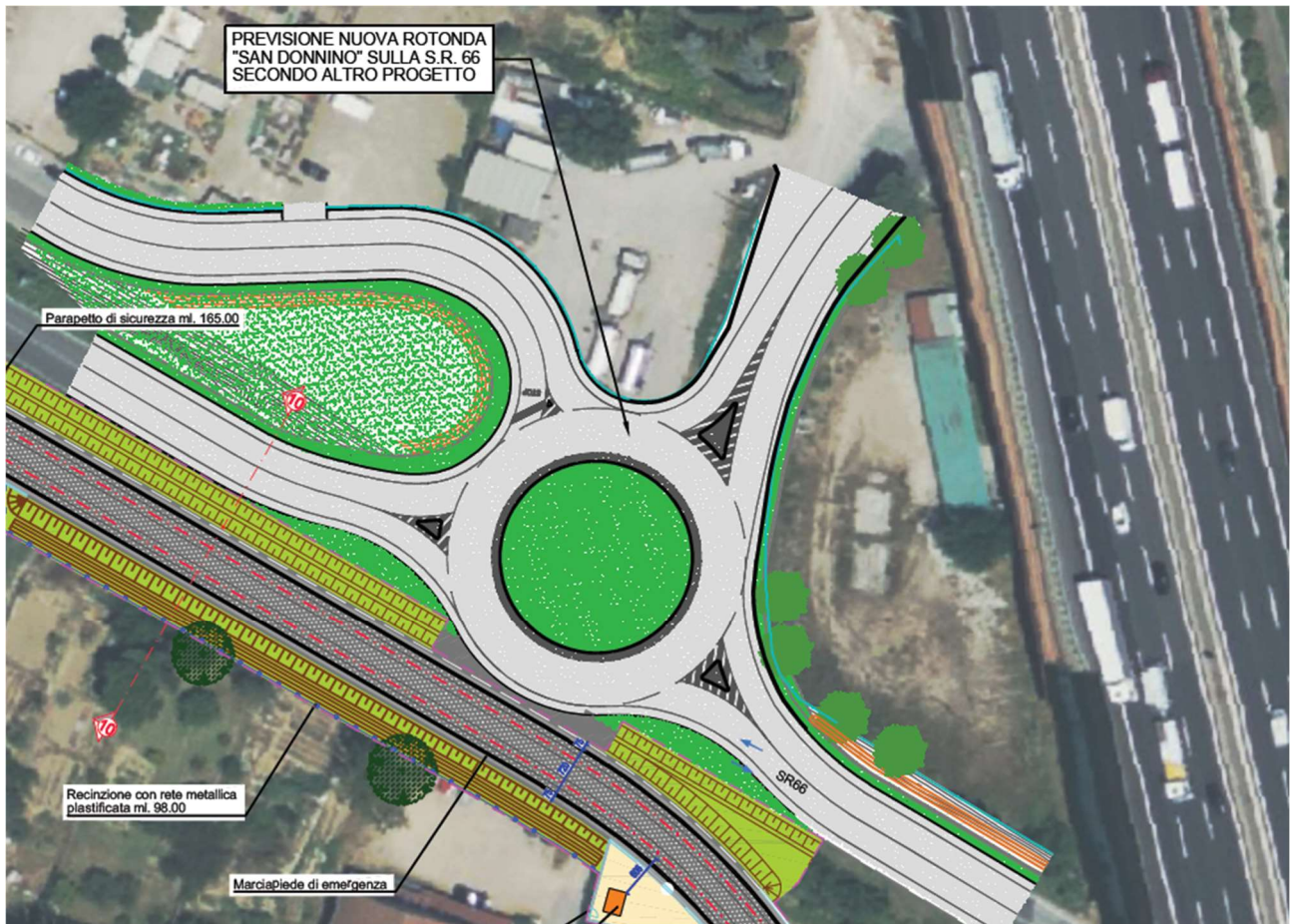
Per quanto riguarda la velocità di percorrenza della strada, provenendo da Firenze e fino a subito dopo l'incrocio con via C. Malaparte, il limite è di 50 km/h; dopo l'incrocio citato, in direzione Campi Bisenzio, è presente il limite di 70 km/h (si veda immagine seguente ricavata da Google Maps).





ALLEGATO 30.1 - RELAZIONE TECNICA PER ATTRAVERSAMENTO DELLA S.R. 66 NUOVA PISTOIESE CON LA SEDE TRANVIARIA  
VALUTAZIONI SULLA SOLUZIONE PROGETTUALE PREVISTA NEL PD E SULLE EVENTUALI ALTERNATIVE

Infine, va altresì segnalato che nell'attuale incrocio tra la S.R. 66 e via Curzio Malaparte-via Manderi è prevista la realizzazione di una rotatoria come risulta nell'immagine sotto riportata che è estratta dal relativo progetto attualmente in fase approvativa.



Come accennato nella premessa, il tracciato tranviario che proviene da via Abruzzi, nel Comune di Firenze, dopo avere sottopassato l'Autostrada A1 in un sottovia esistente (attualmente non utilizzato) si sviluppa circa parallelamente all'autostrada fino ad attraversare la via Pistoiese, poi per un breve tratto si affianca alla S.R. 66 Nuova Pistoiese sul lato sud della stessa e, appena si entra nel territorio del comune di Campi Bisenzio, la tranvia attraversa in diagonale (angolo di circa 45°) la SR 66 e si pone in rilevato in affiancamento a quest'ultima, mantenendo il suo stesso profilo altimetrico fino alla fermata Castagno (si veda immagine riportata di seguito).



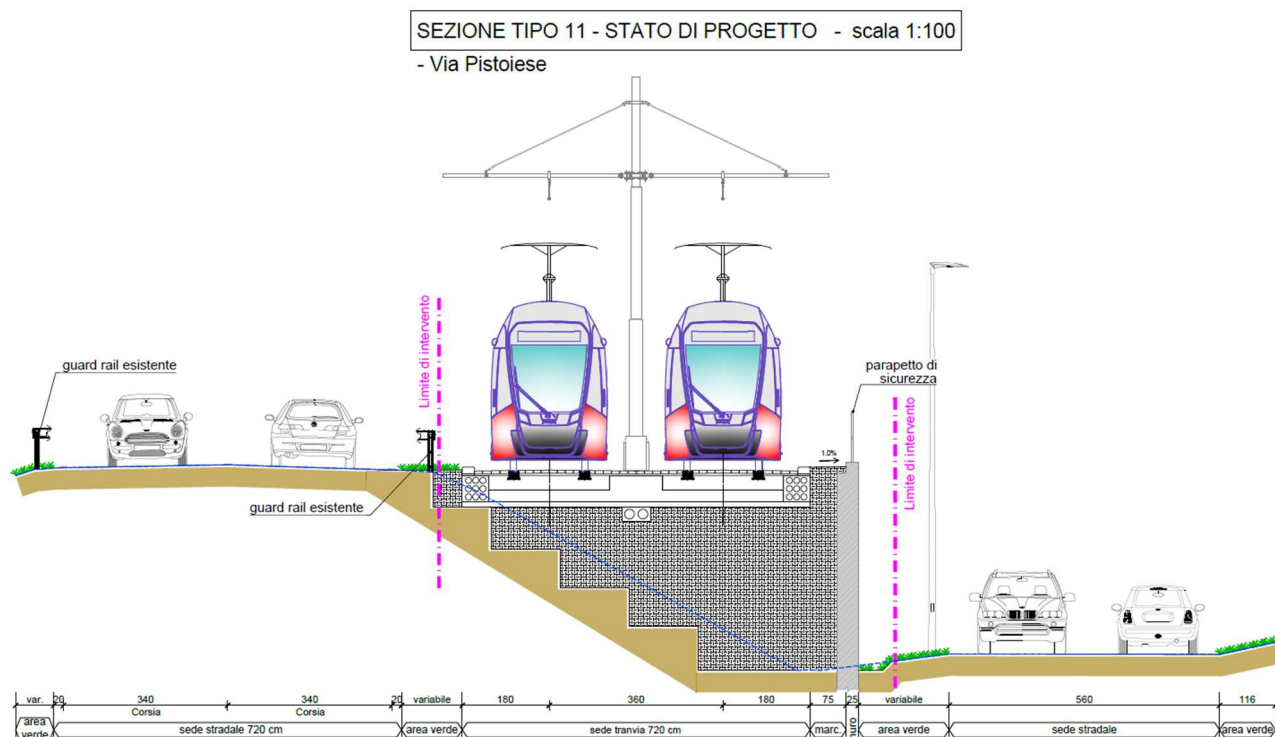
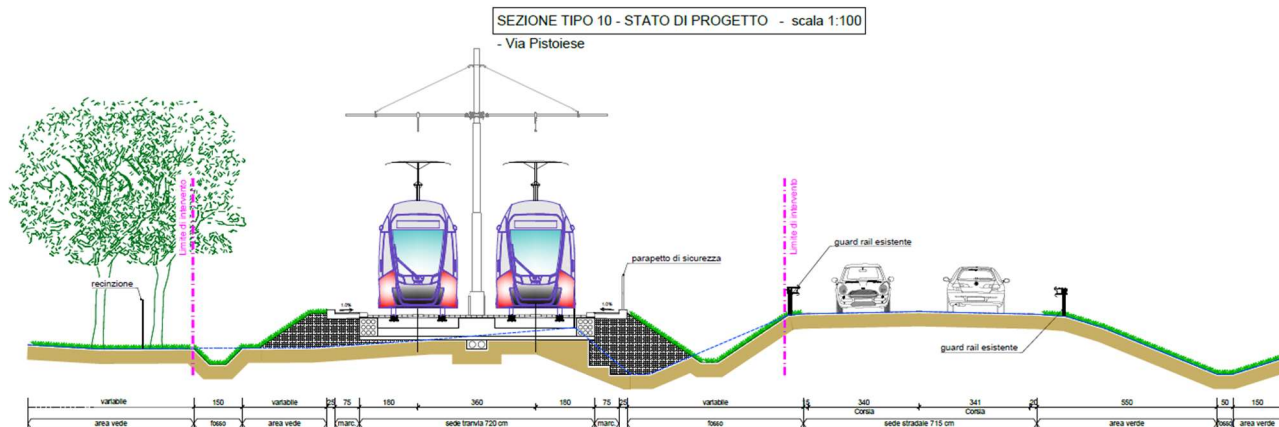
La sede tranviaria scorre a fianco e al livello della strada esistente e, per garantire questa complanarità, si rende necessaria la realizzazione in parte di un rilevato ed in parte di alcuni muri di sostegno sul lato nord della strada affinché le scarpate non interferiscano con la sottostante via Manderi.

Infatti, nel primo tratto di affiancamento sul lato nord della S.R. 66, da via Curzio Malaparte al sottopasso di via dei Manderi, la sede tranviaria mantiene la quota della strada grazie ad un rinterro che è contenuto da un muro di sostegno; in questo modo, il rilevato tranviario si sovrappone all'attuale scarpata, a nord della S.R. 66, senza invadere la parallela e sottostante via Manderi. Lo scatolare di via dei Manderi sarà ampliato, fino ad una lunghezza di 18 m, per consentire la realizzazione della sede tranviaria; anche dopo lo scatolare di via dei Manderi si rende necessaria la realizzazione di un muro di sostegno per il contenimento del rilevato tramviario.



ALLEGATO 30.1 - RELAZIONE TECNICA PER ATTRAVERSAMENTO DELLA S.R. 66 NUOVA PISTOIESE CON LA SEDE TRANVIARIA  
VALUTAZIONI SULLA SOLUZIONE PROGETTUALE PREVISTA NEL PD E SULLE EVENTUALI ALTERNATIVE

A fianco del muro sarà realizzata una nuova strada per raggiungere il lato nord della fermata Pistoiese e il parcheggio scambiatore omonimo.



Tornando all'**intersezione stradale-tramviaria a raso**, essa sarà provvista di **impianto semaforico** a due sole fasi per regolare i tempi di attraversamento della tramvia e dei veicoli che impegnano l'incrocio.

Il nuovo incrocio è previsto ad una distanza dall'intersezione con via C. Malaparte (circa 115 m) che è tale da consentire l'accumulo di almeno 20 mezzi in direzione Campi Bisenzio, limitando l'interferenza tra la nuova semaforizzazione e l'incrocio attuale.

L'impianto sarà sempre regolato con il verde per la viabilità veicolare e diventerà rosso solo all'arrivo dei veicoli tranviari la cui posizione viene rilevata dal sistema di segnalamento che si interfaccia con il regolatore semaforico; esso è in grado di ottimizzare le due fasi semaforiche al fine di creare la minima perturbazione al transito dei veicoli.

Va altresì segnalato che la frequenza di passaggio dei tram nelle ore di punta è di circa 6 minuti e 25 secondi e che il tempo necessario per la liberazione dell'incrocio da parte dei tram è di circa 12 secondi; infatti, la



ALLEGATO 30.1 - RELAZIONE TECNICA PER ATTRAVERSAMENTO DELLA S.R. 66 NUOVA PISTOIESE CON LA SEDE TRANVIARIA  
VALUTAZIONI SULLA SOLUZIONE PROGETTUALE PREVISTA NEL PD E SULLE EVENTUALI ALTERNATIVE

lunghezza dell'area di incrocio di circa 46 m a cui vanno aggiunti circa 34 m di lunghezza del tram (totale 80 m) che vengono percorsi dal tram ad una velocità di circa 7 m/sec (circa 25 km/h). Pertanto, in un normale ciclo semaforico, la fase di verde veicolare sarà preponderante rispetto a quella di rosso.

L'impianto semaforico dovrà essere tenuto in funzione 24 ore su 24 e, quando il tram non effettua il servizio nelle ore notturne, i veicoli avranno sempre il verde al semaforo; in caso di semaforo spento o lampeggiante per guasto all'impianto i veicoli dovranno fermarsi alla linea di arresto e dare la precedenza ai tram (sarà prevista idonea segnaletica verticale).

Negli **Allegati 30.1.1** e **30.1.2** sono riportate le **verifiche di visibilità** dei veicoli stradali, nei confronti di quelli tranviari, rispettivamente per la velocità di 50 km/h e 70 km/h; invece, nell'**Allegato 30.1.3** è riportata la verifica di visibilità dei tram, nei confronti dei veicoli stradali, per la velocità di 70 km/h per i veicoli stradali in direzione Firenze e di 50 km/h per quelli in direzione Campi Bisenzio. Il tram ha una velocità massima di percorrenza lungo linea di 50 km/h. Tutte le verifiche di visibilità risultano soddisfatte.

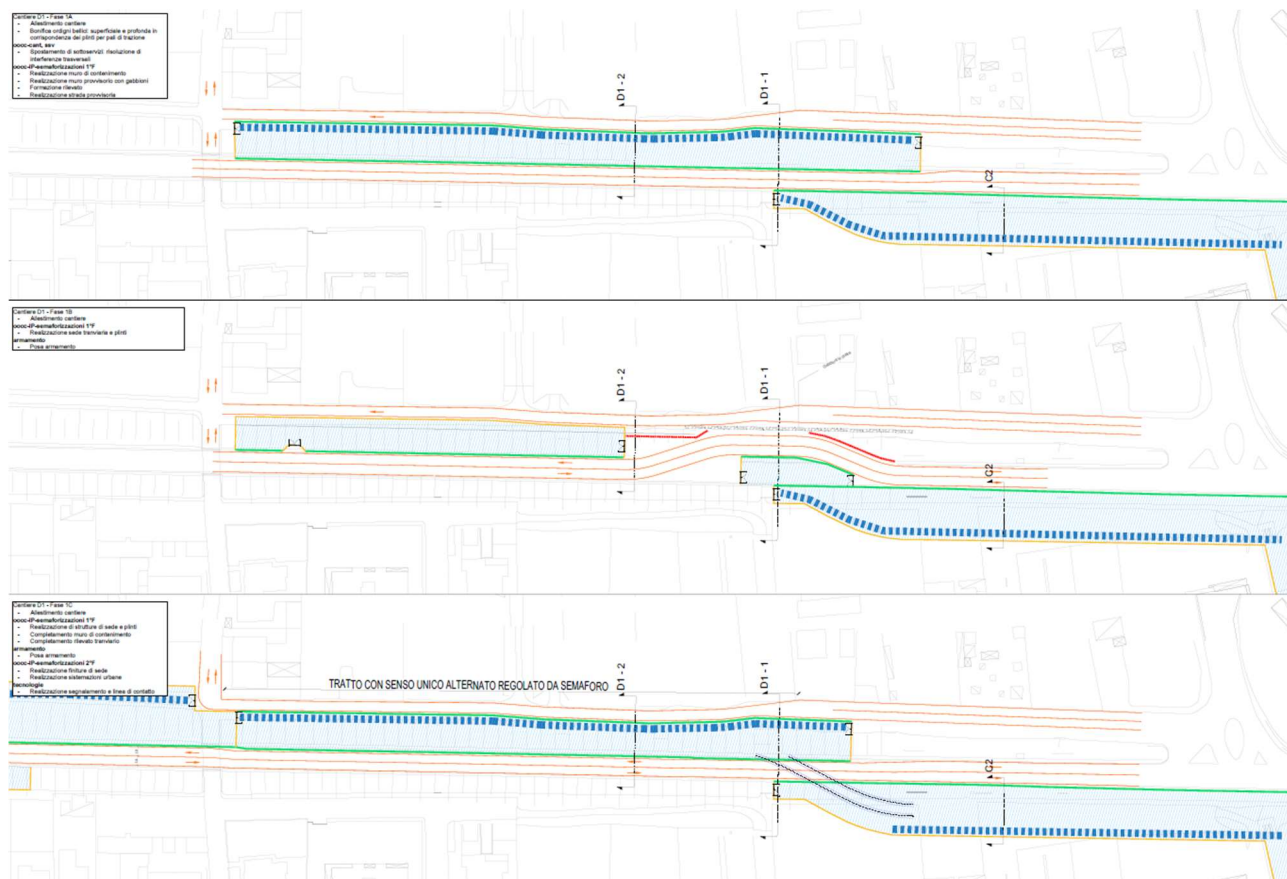
Nell'ambito del progetto per la realizzazione della tranvia, considerate le sopra descritte condizioni della S.R. 66 (presenza di rotatorie ravvicinate e del nuovo incrocio) che impongono una bassa velocità di percorrenza del tratto in questione, si propone di incrementare di circa 100 m il tratto di viabilità con **limite di velocità** a 50 km/h fino a ricomprendere il nuovo incrocio con la tranvia.

In merito alla valutazione delle **ricadute della nuova intersezione sul traffico veicolare** che percorre la SR 66 occorre fare alcune precisazioni. Come già sopra accennato, la nuova intersezione semaforizzata si verrà a trovare a poca distanza dall'incrocio con via C. Malaparte (circa 115 m), dove è prevista la realizzazione di una rotatoria, e dalla rotatoria esistente in via Pistoiese (circa 280 m), immediatamente dopo il sottovia autostradale, dove si origina il tratto di SR 66 nuova Pistoiese. Già nella situazione attuale, negli orari della giornata con maggiore flusso veicolare, si possono verificare dei rallentamenti che coinvolgono anche il tratto di viabilità dove è previsto il nuovo incrocio con la tranvia; pertanto, il suo inserimento, con la fase semaforica di verde ai veicoli stradali preponderante, non determinerà una significativa perturbazione alle correnti di traffico veicolare.

Va altresì considerato che la realizzazione della linea tranviaria, come già riscontrato anche per le altre linee in esercizio, determinerà una riduzione dei volumi di traffico in quanto una quota di persone utilizzerà per i suoi spostamenti il trasporto pubblico tranviario. Proprio per favorire l'utilizzo della tranvia, il progetto della Linea 4.2 prevede la realizzazione di tre nuovi parcheggi scambiatori per complessivi 647 posti auto e 46 posti moto; tali parcheggi sono posti in prossimità di fermate della linea tranviaria. Due di questi parcheggi ("Pistoiese" e "Castagno") sono previsti lungo la SR 66, proprio nelle vicinanze dell'intersezione oggetto della presente relazione come si può vedere dall'immagine sotto riportata (stralcio delle sistemazioni urbane di progetto); questa circostanza contribuirà a diminuire il traffico nel tratto di strada in cui verrà realizzato l'incrocio con la sede tranviaria. Infatti, i veicoli con provenienza da Campi Bisenzio che intendono usufruire del parcheggio "Castagno" entreranno da via Liberto Roti, mentre quelli provenienti da Firenze e diretti al parcheggio "Pistoiese" entreranno in via Manderi all'incrocio con via Curzio Malaparte; in entrambi i casi i suddetti veicoli non impegneranno il tratto di SR 66 dove sarà presente il nuovo incrocio.



**Planimetrie delle fasi di cantiere per l'attraversamento della S.R. 66 con la sede tranviaria**

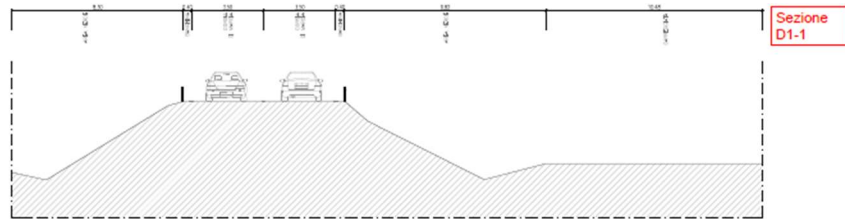


Nella figura della pagina seguente sono riportate le sezioni trasversali tipologiche di cantierizzazione D1-1 e D1-2 per le varie fasi del cantiere (le posizioni delle due sezioni sono richiamate nelle planimetrie di cui alla figura precedente).

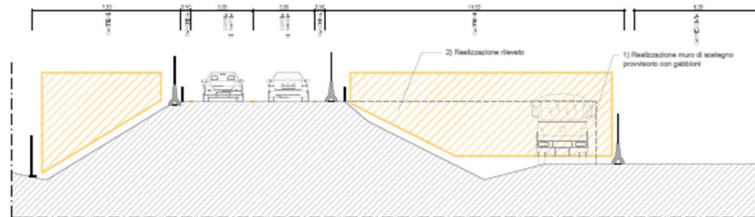


**Sezioni trasversali D1-1 delle fasi di cantiere per l'attraversamento della S.R. 66 con la sede tranviaria**

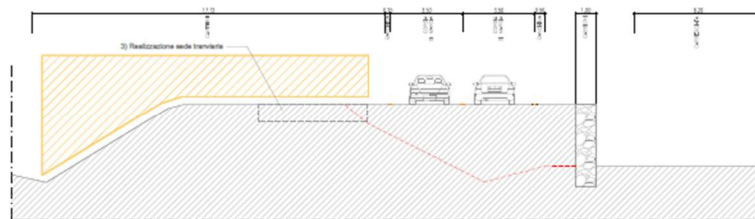
Cantieri C2/D1 - Stato di fatto



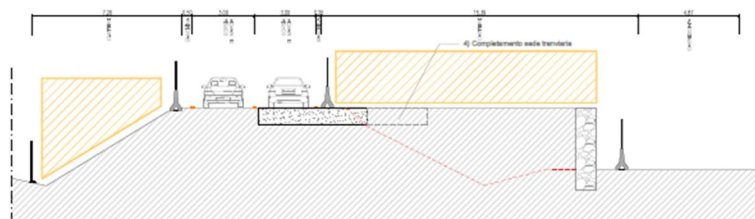
Cantiere C2 - Fase 2A, Cantiere D1 - Fase 1A



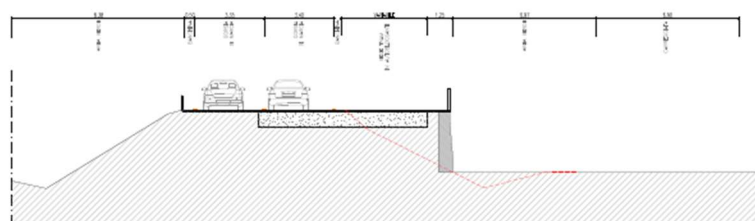
Cantiere C2 - Fase 2B, Cantiere D1 - Fase 1B



Cantiere C2 - Fase 2B, Cantiere D1 - Fase 1C

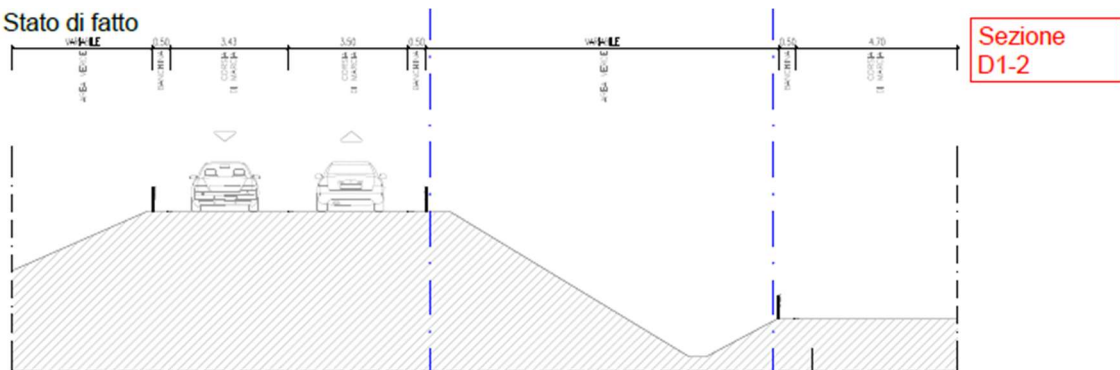


Cantiere C2 - Completato, Cantiere D1 - Completato

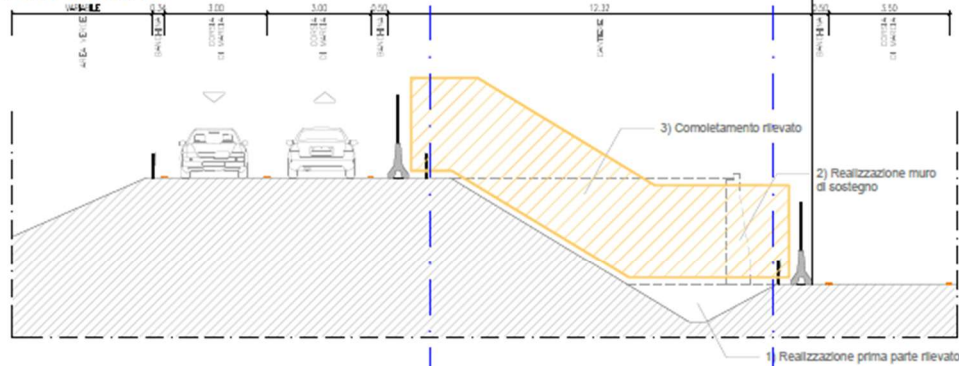


**Sezioni trasversali D1-2 delle fasi di cantiere per l'attraversamento della S.R. 66 con la sede tranviaria**

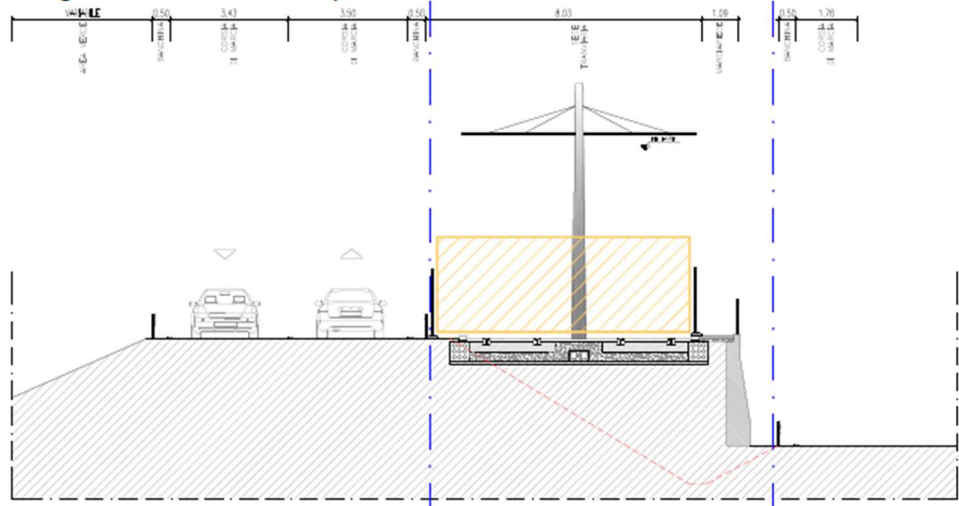
Cantiere D1 - Stato di fatto



Cantiere D1 - Fase 1A/1B/1C



Cantiere D1 - Configurazione finale in attesa preesercizio



Per quanto riguarda i **costi di realizzazione** della soluzione con incrocio a raso semaforizzato, si può affermare che essi risultano notevolmente più contenuti rispetto ad altre tipologie di soluzioni (sottovia o cavalcavia) e sono quelli inseriti nel quadro economico il cui importo totale è stato finanziato con fondi P.N.R.R. (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza).

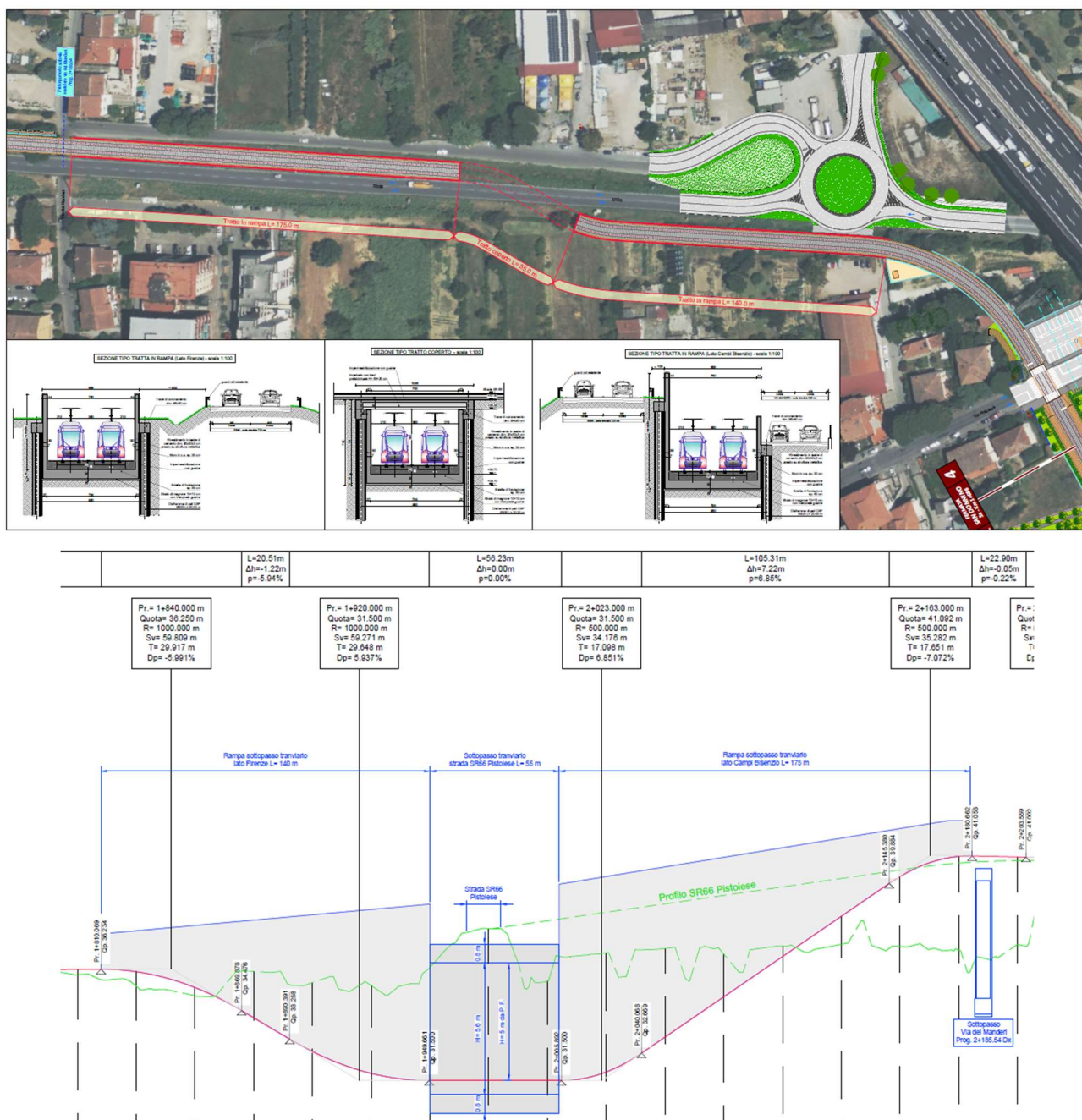
Anche in termini di **tempi di realizzazione**, la soluzione con incrocio a raso è quella più rapida da costruire e questa circostanza è particolarmente significativa per un'opera che, essendo finanziata nell'ambito del P.N.R.R., ha una scadenza temporale fissata al 30-06-2026.



#### 4 ANALISI DELLA SOLUZIONE ALTERNATIVA CON SOTTOATTRAVERSAMENTO TRANVIARIO

Nel presente capitolo andremo ad analizzare la soluzione con sottoattraversamento tranviario della S.R. 66 che potrebbe essere alternativa a quella dell'incrocio a raso; come meglio descriveremo di seguito, tale soluzione risulta molto problematica sotto vari punti di vista: realizzativo, di cantierizzazione, dei tempi per i lavori e dei costi dell'opera.

Nella figura sotto riportata è presente una planimetria di massima dell'intervento, una sezione tipologica della rampa lato Firenze (a sud della S.R.66), una sezione della parte coperta, una sezione della rampa lato Campi Bisenzio (a nord della S.R. 66) e uno studio di massima del profilo longitudinale dell'asse tranviario lungo il sottopasso. Per avere un'altezza utile di 5 m dal piano ferro (indispensabile per inserire la linea di contatto), occorrono rampe con lunghezza di circa 140 m lato Firenze e 175 m lato Campi Bisenzio.



La rampa lato Campi Bisenzio, dovendo raggiungere la quota di scavalco del sottopasso di via dei Manderi, avrebbe una pendenza molto prossima al 7% che è il limite massimo assoluto per il transito dei tram; tale pendenza, in caso di particolari condizioni atmosferiche (neve, gelo o piogge con fogliame trasportato dal vento sulla sede), potrebbe creare problemi alla circolazione tranviaria.

La lunghezza totale dell'opera (rampe + parte coperta) è pari a circa 370 m e, dal punto di vista strutturale, si dovrebbero realizzare circa 700 m di paratie laterali a pali secanti che sono individuate nelle tre sezioni tipologiche; si tratta di circa realizzare circa 930 pali con una lunghezza media di circa 15 m per un totale di circa 14'000 m di pali; il tempo necessario per la sola esecuzione di tale quantità di pali, ipotizzando l'utilizzo di due macchine e considerando le varie fasi di cantiere con relativi spostamenti delle perforatrici, è di almeno 9 mesi con notevoli ripercussioni sul cronoprogramma dei lavori.

Dall'andamento planimetrico si rileva che, a causa dell'inclinazione con cui la sede tranviaria interseca la sede stradale, la parte coperta del sottopasso ha andamento curvilineo ed è lunga circa 55 m; tale circostanza esclude la possibilità di realizzare un manufatto fuori opera da traslare poi nella posizione definitiva e anche gli spazi a disposizione per l'eventuale apprestamento del cantiere con la camera di spinta sono insufficienti.

Pertanto, il manufatto dovrebbe essere realizzato in opera e ciò comporterebbe tempi non compatibili con una interruzione temporanea della viabilità che, quindi, andrebbe deviata esternamente al cantiere (a sud della S.R. 66) per un lungo periodo di tempo, con occupazione temporanea anche di aree private. Inoltre, per permettere la realizzazione dei pali secanti posti a bordo S.R. 66 lato nord, tale deviazione andrebbe prevista a partire subito dopo il sottovia di via dei Manderi ma, nella parte iniziale, a causa degli spazi ristretti per la presenza della sottostante via dei Manderi e del dislivello tra le due strade, la creazione della viabilità provvisoria è molto problematica come risulta evidente nell'immagine sotto riportata (fonte Google Maps) e nella sezione trasversale in cui è visibile la fase di lavoro (si veda pagina seguente).

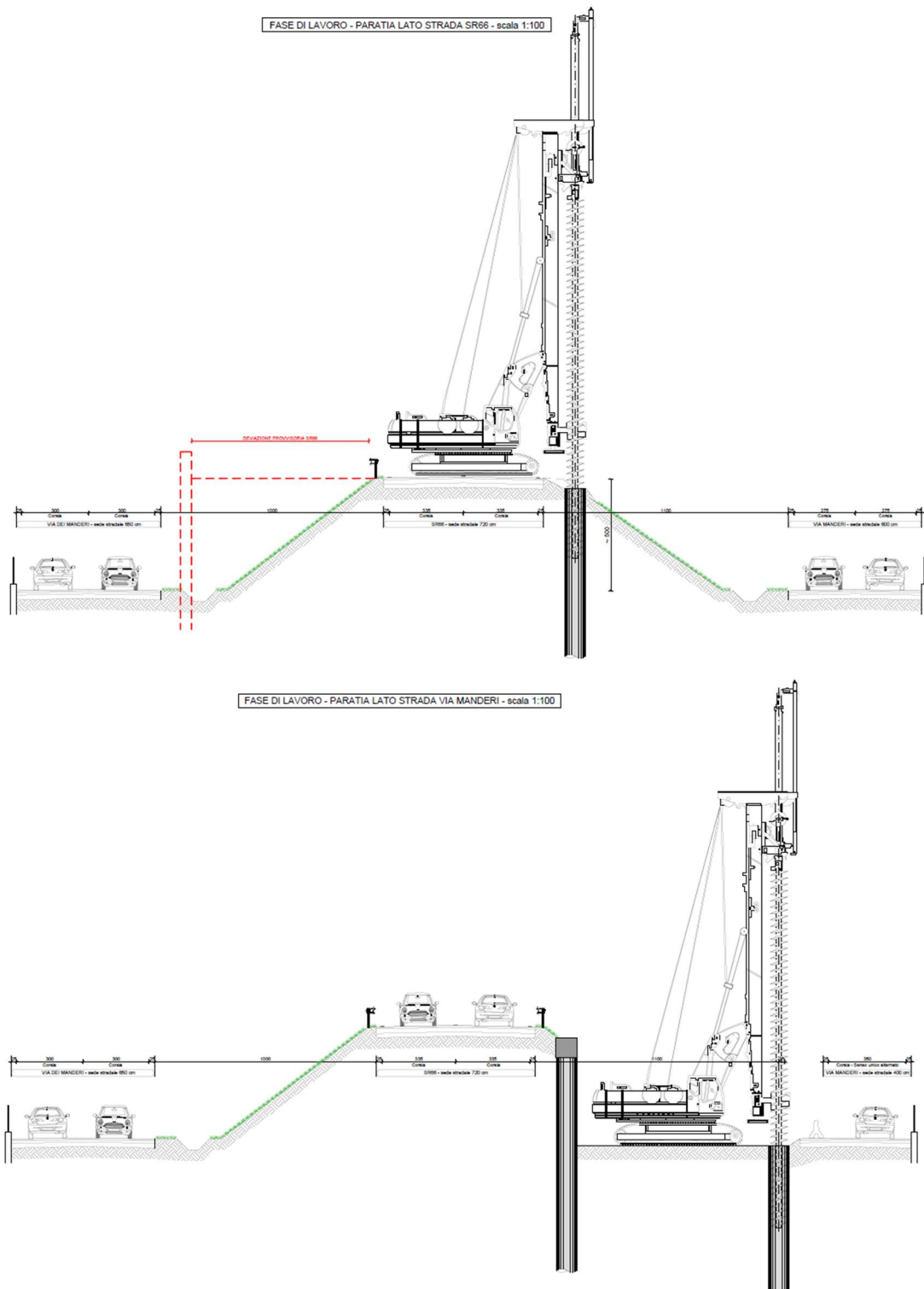


La rampa lato Firenze dovrebbe essere realizzata in una fase successiva a quella in cui si effettuano le lavorazioni per la rampa lato Campi Bisenzio e per la parte coperta di attraversamento della S.R. 66; tale circostanza è dovuta alla necessità di dismettere la deviazione provvisoria della viabilità che, nel suo tratto di rientro prima dell'incrocio con via C. Malaparte, interferisce con il cantiere della rampa; anche questa necessità determina un aggravio dei tempi nel cronoprogramma dei lavori.



TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO  
PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATO 30.1 - RELAZIONE TECNICA PER ATTRAVERSAMENTO DELLA S.R. 66 NUOVA PISTOIESE CON LA SEDE TRANVIARIA  
VALUTAZIONI SULLA SOLUZIONE PROGETTUALE PREVISTA NEL PD E SULLE EVENTUALI ALTERNATIVE



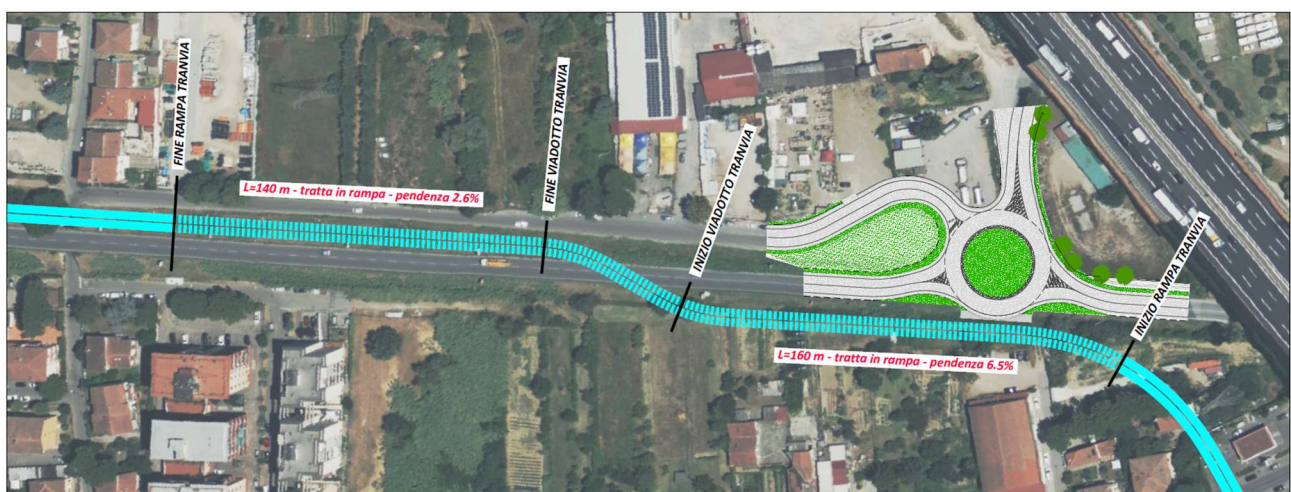
Da ultimo va segnalato che il costo totale di tale opera, desunto da opere similari già realizzate, può essere stimato in circa euro 18'000'000 (solo il costo delle paratie di pali secanti è di circa 9'000'000) oltre IVA.

Tutte le circostanze sopra descritte, come già accennato, comporterebbero notevoli ripercussioni in aumento dei tempi previsti dal cronoprogramma dei lavori (almeno 12-15 mesi aggiuntivi) e anche un notevole aggravio del quadro economico di spesa che richiederebbe il reperimento di ulteriori fonti di finanziamento.

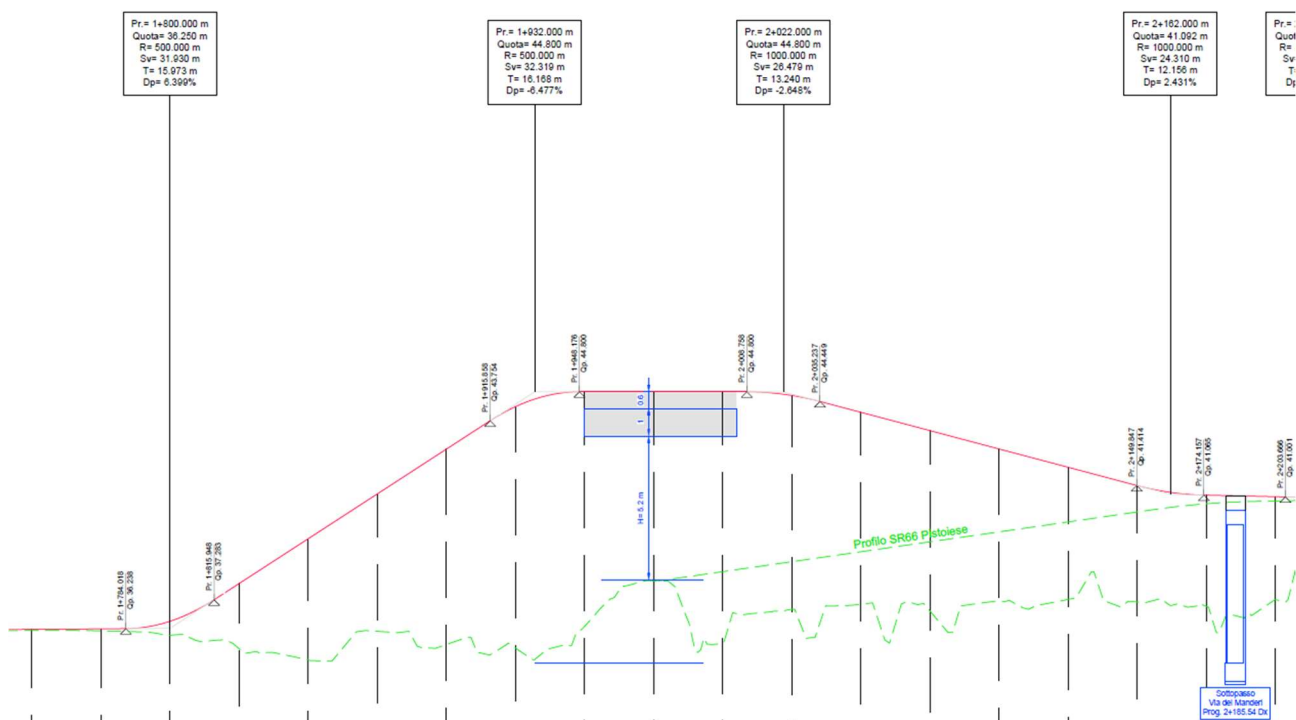
## 5 ANALISI DELLA SOLUZIONE CON SOVRAPPASSO TRANVIARIO

In questo capitolo analizzeremo, invece, una seconda soluzione alternativa all'incrocio a raso in cui si prevede lo scavalco della S.R. 66 con un viadotto tranviario; come meglio descriveremo di seguito, anche tale soluzione risulta problematica sotto vari punti di vista: realizzativo, di cantierizzazione, dei tempi per i lavori, dei costi dell'opera e, non ultimo per importanza, dell'aspetto di percezione paesaggistica.

Nelle figure sotto riportate sono presenti una planimetria di massima dell'intervento, e uno studio di massima del profilo longitudinale dell'asse tranviario lungo il viadotto. Per avere un'altezza utile sotto l'impalcato di circa 5 m dal piano stradale della S.R. 66, occorrono rampe con lunghezza di circa 160 m lato Firenze (non è possibile allungarla per la presenza di aree di pertinenza di abitazioni) e 140 m lato Campi Bisenzio.



L=63.72m Δh=0.05m p=0.08%		L=99.91m Δh=6.47m p=6.48%		L=60.58m Δh=0.00m p=0.00%		L=114.61m Δh=-3.04m p=-2.65%		L=29.51m Δh=-0.06m p=-0.22%
---------------------------------	--	---------------------------------	--	---------------------------------	--	------------------------------------	--	-----------------------------------





La rampa lato Firenze, dovendo raggiungere la quota di scavalco della S.R. 66, avrebbe una pendenza molto prossima al 7% che è il limite massimo assoluto per il transito dei tram; tale pendenza, in caso di particolari condizioni atmosferiche (neve, gelo o piogge con fogliame trasportato dal vento sulla sede), potrebbe creare problemi alla circolazione tranviaria.

La lunghezza totale dell'opera (rampe tra muri di contenimento laterale + viadotto a 7 campate) è pari a circa 390 m e, dal punto di vista strutturale, si dovrebbero realizzare campate lunghe circa 40 m con 2 spalle di estremità e 6 pile, ovviamente tutte le strutture in elevazione devono essere posizionate esternamente alla viabilità. Sia le spalle che le pile dovrebbero avere fondazioni su pali di grande diametro e, per garantire le portate necessarie, il numero dei pali da realizzare è significativo con lunghezze sicuramente superiori ai 20 m. Inoltre, va considerato che vi sono 8 gruppi di pali con relativi spostamenti delle perforatrici e apprestamenti temporanei di cantiere per consentire alle macchine di operare; quindi, anche ipotizzando di utilizzare due macchine perforatrici, il tempo necessario per la sola esecuzione delle fondazioni su pali, è di almeno 6 mesi con notevoli ripercussioni sul cronoprogramma dei lavori.

Dall'andamento planimetrico si rileva che, a causa dell'inclinazione con cui la sede tranviaria interseca la sede stradale, la parte di impalcato che scavalca la strada ha andamento curvilineo; tale circostanza implica sicuramente una complicazione costruttiva ma anche di varo a causa dei limitati spazi a disposizione.

Tutte le fasi di varo degli impalcati dovranno essere realizzate con interruzione della circolazione stradale che dovrà essere opportunamente programmata con conseguente disagio per la circolazione stradale e incremento dei tempi necessari per la costruzione dell'opera.

Un ulteriore aspetto non trascurabile è l'impatto paesaggistico che un'opera di questo tipo determina sul territorio circostante.

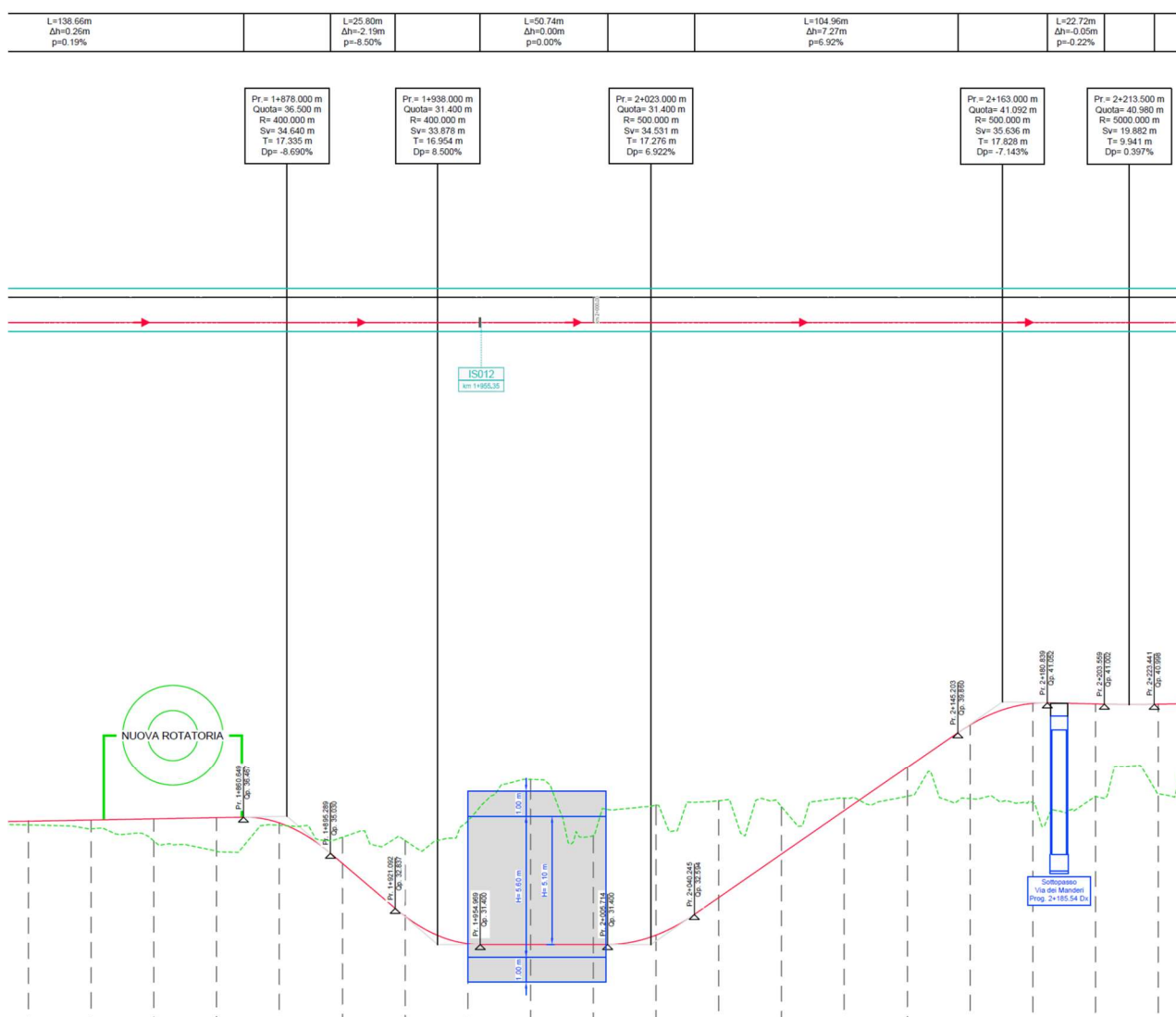
Da ultimo va segnalato che il costo totale di tale opera, desunto da opere similari già realizzate, può essere stimato in circa euro 16'800'000 (comprensivo di rampe, spalle, pile, impalcati e relative opere di fondazione profonde) oltre IVA.

Anche in questo caso, tutte le circostanze sopra descritte comporterebbero notevoli ripercussioni in aumento dei tempi previsti dal cronoprogramma dei lavori (almeno 12-15 mesi aggiuntivi) e anche un notevole aggravio del quadro economico di spesa che richiederebbe il reperimento di ulteriori fonti di finanziamento.

## 6 ANALISI DELLA SOLUZIONE CON SOTTOPASSO STRADALE

In questo capitolo faremo alcune considerazioni sulla soluzione, anch'essa alternativa all'incrocio a raso, in cui si prevede che la S.R. 66 sottopassi la sede tranviaria; anche tale soluzione presenta varie difficoltà, comuni a quelle indicate per le precedenti soluzioni, e cioè: difficoltà realizzative, di cantierizzazione, dei tempi per i lavori, dei costi dell'opera.

Nella seguente figura è riportato uno studio di massima del profilo longitudinale dell'asse stradale lungo il sottopasso. Per avere un'altezza utile sotto l'impalcato tranviario di circa 5 m dal piano stradale della S.R. 66, sono state ipotizzate rampe con la massima lunghezza possibile su entrambe i lati tenendo conto dei vincoli presenti (incrocio con via C. Malaparte lato Firenze e sottopasso di via dei Manderi lato Campi Bisenzio).



La rampa lato Firenze, essendo limitata in lunghezza, avrebbe una pendenza di circa 8,5%; volendo ridurre tale pendenza, si dovrebbe spostare la zona di incrocio con la sede tranviaria verso Campi Bisenzio, con incremento delle aree private soggette ad esproprio.

La lunghezza totale dell'opera (rampe + parte coperta) è pari a circa 350 m e, dal punto di vista strutturale, si dovrebbero realizzare circa 500 m di paratie laterali a pali secanti; si tratta di circa realizzare circa 660 pali con una lunghezza media di circa 12 m per un totale di circa 8'000 m di pali; il tempo necessario per la sola

esecuzione di tale quantità di pali, ipotizzando l'utilizzo di due macchine e considerando le varie fasi di cantiere con relativi spostamenti delle perforatrici, è di almeno 5,5 mesi a cui si devono aggiungere i tempi per la realizzazione in opera dell'impalcato che sostiene la sede tranviaria. Tutte le attività sopra descritte avrebbero significative ripercussioni sul cronoprogramma dei lavori.

Per realizzare il sottopasso la SR 66 andrebbe deviata esternamente al cantiere verso sud per un lungo periodo di tempo, con occupazione temporanea anche di aree private. Inoltre, anche in questo caso, tale deviazione andrebbe prevista a partire subito dopo il sottovia di via dei Manderi con le stesse problematiche descritte per la soluzione del sottoattraversamento tranviario.

La realizzazione della parte terminale della rampa lato Firenze appare di difficile cantierizzazione in quanto il cantiere termina a ridosso dell'incrocio con via C. Malaparte e, dovendo rientrare con la deviazione stradale provvisoria prima di detto incrocio, i lavori di completamento della rampa implicano una chiusura temporanea della SR 66; tale circostanza è dovuta alla necessità di dismettere la deviazione provvisoria della viabilità che interferisce con il cantiere della rampa.

Da ultimo va segnalato che il costo totale di tale opera, desunto da opere similari già realizzate, può essere stimato in circa euro 13'700'000 (solo il costo delle paratie di pali secanti è di circa 5'200'000) oltre IVA.

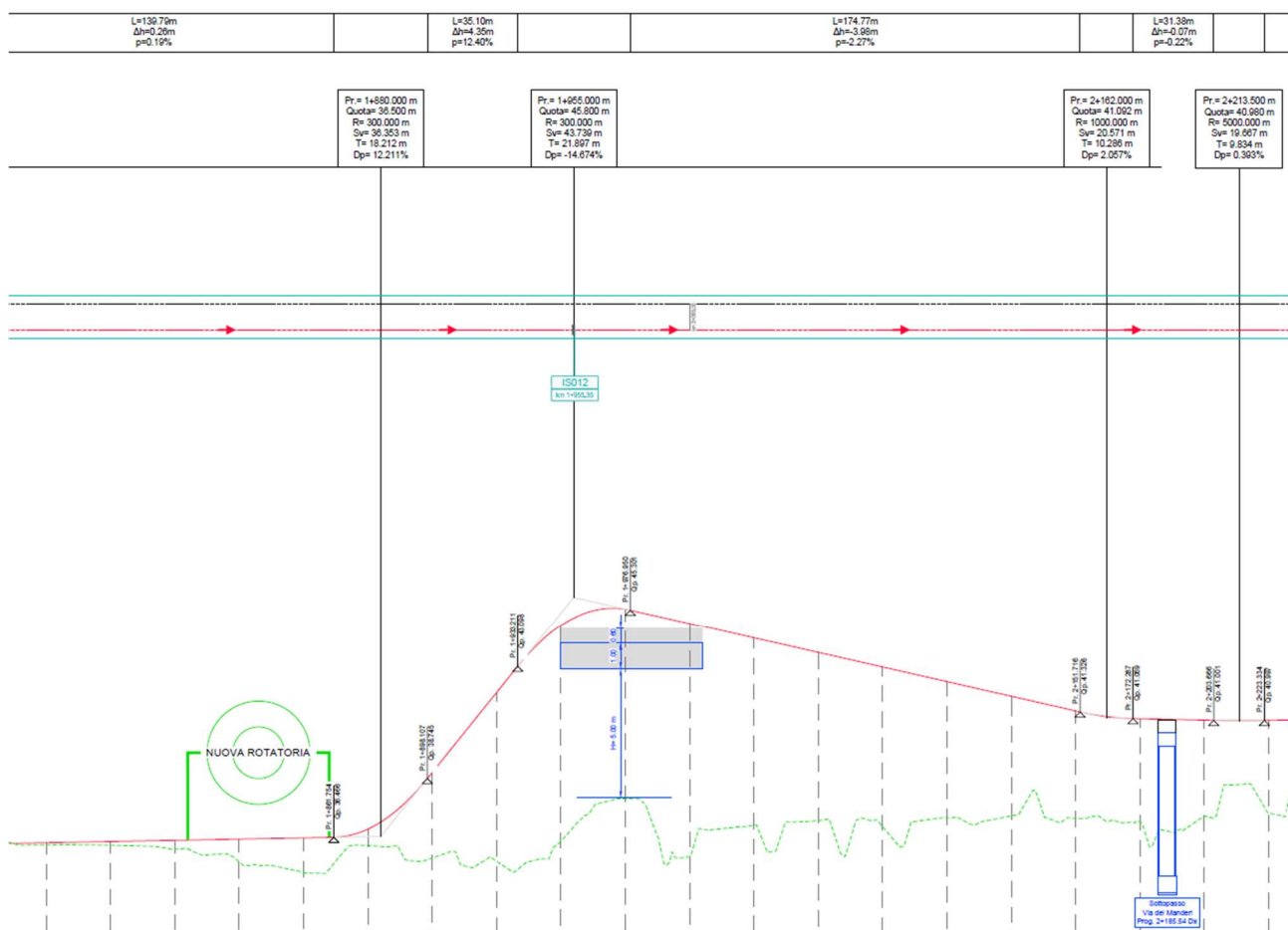
Anche in questo caso, tutte le circostanze sopra descritte comporterebbero notevoli ripercussioni in aumento dei tempi previsti dal cronoprogramma dei lavori (almeno 10-12 mesi aggiuntivi) e anche un notevole aggravio del quadro economico di spesa che richiederebbe il reperimento di ulteriori fonti di finanziamento.



## 7 ANALISI DELLA SOLUZIONE CON SOVRAPPASSO STRADALE

Da ultimo analizzeremo la soluzione in cui si prevede che la S.R. 66 sovrappassi la sede tranviaria con un viadotto; anche tale soluzione risulta problematica sotto gli stessi punti di vista comuni a quella del sovrappasso tranviario: realizzativo, di cantierizzazione, dei tempi per i lavori, dei costi dell'opera e, non ultimo per importanza, dell'aspetto di percezione paesaggistica.

Nella figura sotto riportata è rappresentato uno studio di massima del profilo longitudinale dell'asse stradale lungo il viadotto. Per avere un'altezza utile sotto l'impalcato tranviario di circa 5 m dal piano del ferro e una ragionevole pendenza della livelletta lato Firenze (sarebbe al 12,4% con l'attuale posizione planimetrica dell'attraversamento tranviario con la SR 66), si dovrebbe spostare la zona di incrocio con la sede tranviaria verso Campi Bisenzio di parecchi metri, con incremento delle aree private soggette ad esproprio.



La lunghezza totale dell'opera (rampe tra muri di contenimento laterale + viadotto a 6 campate) è pari a circa 310 m e, dal punto di vista strutturale, si dovrebbero realizzare campate lunghe circa 40 m con 2 spalle di estremità e 5 pile, ovviamente tutte le strutture in elevazione devono essere posizionate sull'attuale viabilità. Sia le spalle che le pile dovrebbero avere fondazioni su pali di grande diametro e, per garantire le portate necessarie, il numero dei pali da realizzare è significativo con lunghezze sicuramente superiori ai 20 m. Inoltre, va considerato che vi sono 7 gruppi di pali con relativi spostamenti delle perforatrici e apprestamenti temporanei di cantiere per consentire alle macchine di operare; quindi, anche ipotizzando di utilizzare due macchine perforatrici, il tempo necessario per la sola esecuzione delle fondazioni su pali, è di almeno 5 mesi con notevoli ripercussioni sul cronoprogramma dei lavori.

Tale configurazione del viadotto implica sicuramente una complicazione di varo a causa dei limitati spazi a disposizione.

Tutte le fasi di costruzione dell'opera e di varo degli impalcati dovranno essere realizzate con deviazione temporanea della circolazione stradale che avrà le stesse problematiche descritte per la soluzione di cui al capitolo precedente e, quindi, con incremento dei tempi necessari.

Anche in questo caso, come nel caso di sovrappasso tranviario, un ulteriore aspetto non trascurabile è l'impatto paesaggistico che un'opera di questo tipo determina sul territorio circostante.

Da ultimo va segnalato che il costo totale di tale opera, desunto da opere similari già realizzate, può essere stimato in circa euro 14'000'000 (comprensivo di rampe, spalle, pile, impalcati e relative opere di fondazione profonde) oltre IVA.

Tutte le circostanze sopra descritte comporterebbero notevoli ripercussioni in aumento dei tempi previsti dal cronoprogramma dei lavori (almeno 11-13 mesi aggiuntivi) e anche un notevole aggravio del quadro economico di spesa che richiederebbe il reperimento di ulteriori fonti di finanziamento.

## 8 CONCLUSIONI

In seguito all'analisi delle varie soluzioni progettuali per la realizzazione dell'intersezione tra la sede tranviaria e la sede stradale della S.R. 66, sviluppata nei capitoli precedenti, si ritiene di confermare la soluzione progettuale prevista nel Progetto Definitivo in corso di approvazione per le seguenti motivazioni:

- L'**incrocio semaforizzato** in due fasi (una per il passaggio veicoli e l'altra per il passaggio del tram) avrà l'impianto che sarà sempre regolato con il verde per la viabilità veicolare e diventerà rosso solo all'arrivo dei veicoli tranviari la cui posizione viene rilevata dal sistema di segnalamento che si interfaccia con il regolatore semaforico e che è in grado di ottimizzare le due fasi semaforiche al fine di creare la minima perturbazione al transito dei veicoli. Va altresì segnalato che la frequenza di passaggio dei tram nelle ore di punta è di circa 6 minuti e 20 secondi.
- L'inserimento dell'incrocio, con la fase semaforica di verde ai veicoli stradali preponderante, non determinerà una significativa perturbazione alle **correnti di traffico veicolare** in quanto la nuova intersezione semaforizzata si verrà a trovare a poca distanza dall'incrocio con via C. Malaparte (circa 115 m), dove è prevista la realizzazione di una rotatoria, e dalla rotatoria esistente in via Pistoiese (circa 280 m), immediatamente dopo il sottovia autostradale, dove si origina il tratto di SR 66 nuova Pistoiese.
- La realizzazione della linea tranviaria, come già riscontrato per le altre linee in esercizio, determinerà una **riduzione dei volumi di traffico** in quanto una quota di persone utilizzerà per i suoi spostamenti il trasporto pubblico tranviario; inoltre, per favorire l'utilizzo della tranvia, il progetto della linea 4.2 prevede la realizzazione di tre nuovi parcheggi scambiatori (in totale 647 posti auto e 46 posti moto), posti in prossimità di fermate della linea tranviaria, e due di questi parcheggi ("Pistoiese" e "Castagno") sono previsti lungo la SR 66 nelle vicinanze della nuova intersezione.
- La **cantierizzazione** per la realizzazione dei lavori della soluzione di progetto è tale da garantire il minimo disagio al traffico veicolare della S.R. 66 in quanto mantiene sempre le due corsie di scorrimento; inoltre, è quella che richiede minori fasi di cantiere e minori apprestamenti temporanei.
- I **tempi di realizzazione** della soluzione con incrocio a raso sono quelli più rapidi e questa circostanza è particolarmente significativa per un'opera che, essendo finanziata nell'ambito del P.N.R.R., ha una scadenza temporale fissata al 30-06-2026.
- I **costi di realizzazione** della soluzione con incrocio a raso semaforizzato risultano notevolmente più contenuti rispetto ad altre tipologie di soluzioni (sottovia o cavalcavia) e tali costi sono quelli inseriti nel quadro economico il cui importo totale è stato finanziato con fondi P.N.R.R. (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza); l'eventuale aumento dei costi determinerebbe uno squilibrio finanziario che potrebbe rendere non sostenibile il rapporto costi-benefici dell'opera e, comunque, necessiterebbe della ricerca di ulteriori fondi per la copertura finanziaria dell'opera con conseguenti ritardi nell'approvazione del progetto e, quindi, con rischio di perdita dell'intero finanziamento P.N.R.R.
- Nella **soluzione del sottopasso tranviario**, la creazione di una viabilità provvisoria, esterna all'attuale sede stradale, è molto problematica a causa degli spazi ristretti per la presenza della sottostante via dei Manderi e del dislivello tra le due strade; inoltre, è molto invasiva perché occupa anche aree private.
- Nella **soluzione del sovrappasso tranviario**, tutte le fasi di varo degli impalcati dovranno essere realizzate con interruzione della circolazione stradale che dovrà essere opportunamente programmata con conseguente disagio per la circolazione stradale e incremento dei tempi di lavoro; inoltre, un aspetto non trascurabile è l'impatto paesaggistico che un'opera di questo tipo determina sul territorio circostante.
- In entrambe le **prime due soluzioni alternative** si avrebbe una livelletta con pendenza molto prossima al 7% che è il limite massimo assoluto per il transito dei tram; tale pendenza, in caso di particolari condizioni



atmosferiche (neve, gelo o piogge con fogliame trasportato dal vento sulla sede), potrebbe creare problemi alla circolazione tranviaria con conseguente sospensione del servizio.

- Nella **soluzione del sottopasso stradale**, per avere idonea pendenza nella rampa lato Firenze, si dovrebbe spostare la zona di incrocio con la sede tranviaria verso Campi Bisenzio, con incremento delle aree private soggette ad esproprio. La creazione della viabilità provvisoria, esterna all'attuale sede stradale, è molto difficoltosa a causa degli spazi ristretti con la sottostante via dei Manderi e del dislivello tra le due strade; inoltre, è molto invasiva perché occupa anche aree private. La realizzazione della parte terminale della rampa lato Firenze risulta di difficile cantierizzazione perché adiacente all'incrocio con via C. Malaparte e i lavori di completamento della rampa implicano una chiusura temporanea della SR 66.
- Nella **soluzione del sovrappasso stradale**, per avere un'altezza utile sotto l'impalcato tranviario di circa 5 m dal piano del ferro e una ragionevole pendenza della livelletta lato Firenze, si dovrebbe spostare la zona di incrocio con la sede tranviaria verso Campi Bisenzio di molti metri, con incremento delle aree private soggette ad esproprio. Anche in questo caso si rende necessaria la creazione di una viabilità provvisoria con le stesse caratteristiche e problematiche descritte in altre soluzioni di cui ai punti precedenti; inoltre, la configurazione del viadotto implica notevoli complicazioni di varo a causa dei limitati spazi a disposizione. Infine, come nel caso di sovrappasso tranviario, un ulteriore aspetto non trascurabile è l'impatto paesaggistico che un'opera di questo tipo determina sul territorio circostante.
- Tutte le **soluzioni alternative** a quella con incrocio a raso sono molto più complesse dal punto di vista realizzativo, richiedono tempi di costruzione maggiori (almeno 10-12 mesi aggiuntivi rispetto ai 22 mesi inizialmente previsti) e costi dell'opera notevolmente superiori (circa 14-18 milioni aggiuntivi oltre IVA) che, come sopra precisato, risultano incompatibili con le esigenze di equilibrio finanziario (rapporto costi-benefici) e di cronoprogramma dei lavori.

Alla luce delle motivazioni di cui sopra, si ritiene di **confermare la soluzione progettuale prevista** nel PFTE posto a base gara e confermata nel Progetto Definitivo in corso di approvazione.

## 9 ALLEGATI ALLA RELAZIONE

---

Formano parte integrante della presente relazione i seguenti allegati:

- **ALLEGATO 30.1.1** Verifica di visibilità per i veicoli stradali con velocità di 50 km/h.
- **ALLEGATO 30.1.2** Verifica di visibilità per i veicoli stradali con velocità di 70 km/h.
- **ALLEGATO 30.1.3** Verifica di visibilità per i veicoli tranviari.