



MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI



E.N.A.C
ENTE NAZIONALE per
L'AVIAZIONE CIVILE

Committente Principale



AEROPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE AMERIGO
VESPUCCI

Opera

PROJECT REVIEW – PIANO DI SVILUPPO AEROPORTUALE AL 2035

Titolo Documento

Cantierizzazione
Viabilità provvisoria - Relazione viabilità provvisoria

Livello di Progetto

SCHEDE DI APPROFONDIMENTO PROGETTUALE
A LIVELLO MINIMO DI PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

LIV	REV	DATA EMISSIONE	SCALA	CODICE FILE
PSA	02	MARZO 2024	N/A	FLR-MPL-PSA-CAN7-001-SC-RT_Rel Viab Prov
				TITOLO RIDOTTO
				Rel Viab Prov

00	03/2024	EMISSIONE PER PROCEDURA VIA-VAS	Architecnica Engineering	C.Naldi	L.Tenerani
01	03/2023	EMISSIONE PER APPROVAZIONE IN LINEA TECNICA DI ENAC	Architecnica Engineering	C.Naldi	L.Tenerani
00	02/2022	EMISSIONE PER DIBATTITO PUBBLICO	Architecnica Engineering	D.Vestrini	L.Tenerani
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

COMMITTENTE PRINCIPALE	GRUPPO DI PROGETTAZIONE	SUPPORTI SPECIALISTICI
 ACCOUNTABLE MANAGER Dott. Vittorio Fanti	 DIRETTORE TECNICO Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara n°631	PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Claudia Naldi Ordine degli Ingegneri di Firenze n°7122 SUPPORTO SPECIALISTICO
POST HOLDER PROGETTAZIONE Ing. Lorenzo Tenerani POST HOLDER MANUTENZIONE Ing. Nicola D'ippolito POST HOLDER AREA DI MOVIMENTO Geom. Luca Ermini	RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Claudia Naldi Ordine degli Ingegneri di Firenze n°7122	

INDICE

1. PREMESSA	2
2. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	3
1.1 NODO A.....	4
1.1.1 DEVIAZIONE PROVVISORIA VIA OSMANNORO NODO A.....	4
1.1.2 ROTATORIA LUNGO VIA DELL'OSMANNORO	5
1.2 NODO B.....	7
1.2.1 RAMPA DI ACCESSO PROVVISORIA ALL'AUTOSTRADA A11	7
1.2.2 RAMI PROVVISORI VIABILITÀ NODO B.....	8
1.3 NODO E	10
1.4 VIABILITA' ACCESSO CASE PASSERINI	11
3. REALIZZAZIONE DEI RILEVATI.....	13
4. DIMENSIONAMENTO DELLA SOVRASTRUTTURA.....	13

1. PREMESSA

La presente relazione riguarda la progettazione della viabilità provvisoria da realizzarsi nell'ambito della cantierizzazione relativa alle opere per la realizzazione della nuova pista dell'Aeroporto Internazionale "Amerigo Vespucci" di Firenze.

La realizzazione della nuova pista aeroportuale, infatti, interrompe la Via dell'Osmannoro nel comune di Sesto Fiorentino, comportandone la sostanziale modifica del tracciato, come ampiamente descritto nella relazione tecnica stradale. Il nuovo tracciato di via dell'Osmannoro si assesterà sui due nuovi nodi fondamentali in progetto costituiti rispettivamente da:

- Nuova intersezione a rotatoria nei pressi del Polo Scientifico dell'Università di Firenze, in Comune di Sesto Fiorentino (Nodo A)
- Nuova intersezione a rotatoria a Sud della futura pista aeroportuale, connessa all'adeguamento dello svincolo autostradale di Sesto Fiorentino (Nodo B).

Allo stato attuale, l'infrastruttura stradale costituente via dell'Osmannoro riveste un'elevata importanza nella rete stradale in cui è inserita. La strada, infatti, collega l'area industriale dell'Osmannoro e il centro abitato di Sesto Fiorentino allo svincolo della A11 di Sesto Fiorentino, consentendo l'accesso alle suddette aree. La scala territoriale alla quale si colloca l'attuale Via dell'Osmannoro è quella interlocale e comunale in ambito extraurbano; la maggior parte dei flussi di traffico sulla strada è quindi legata all'accesso a questi due poli attrattivi. Per quanto detto, e in analogia con quanto definito per la strada di nuova progettazione, la strada in esame può essere classificata nell'ambito delle strade locali extraurbane - categoria FI, caratterizzate, secondo Il Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 05/11/2001, dai seguenti aspetti funzionali:

- Movimento servito: accesso;
- Entità dello spostamento: breve distanza;
- Funzione nel territorio: interlocale e comunale in ambito extraurbano;
- Componenti di traffico: tutte le componenti.

Quanto appena premesso permette di capire il ruolo fondamentale svolto dall'infrastruttura nel contesto territoriale e di traffico in cui è inserita. Alla luce di quanto evidenziato, risulta indispensabile mantenere in esercizio l'infrastruttura - sebbene all'interno del cantiere stesso e con limitazioni ai flussi veicolari in termini soprattutto di velocità di percorrenza - durante le fasi di realizzazione dei nuovi

tracciati e delle altre opere in progetto, così da limitare spiacevoli conseguenze negative per gli utenti.

All'interno del progetto del Masterplan aeroportuale è presente anche la realizzazione di due nuove rotatorie. La prima è collocata all'incrocio di via Mario Luzi e via del Termine (nodo E), la seconda all'incrocio tra via delle due case e via dei Cipressi.

Allo stato attuale, l'infrastruttura stradale costituente la direttrice Termine-Luzi, riveste un'elevata importanza nella rete stradale in cui è inserita. La strada, infatti, è uno dei collegamenti maggiormente sfruttati per il passaggio dall'area industriale di Sesto Fiorentino ed il comune di Firenze.

Alla luce di quanto detto del paragrafo precedente, risulta essenziale garantire in fase di cantierizzazione tutti i movimenti dei flussi veicolari consentiti allo stato di fatto; è stata quindi prevista la realizzazione di una viabilità provvisoria di cantiere che si attiverà nelle fasi più impattanti di cantierizzazione.

In fine, sempre nell'ambito degli interventi del Masterplan aeroportuale, è prevista la realizzazione sotto-attraversamento idraulico del fosso Gavine, il quale interferisce con l'unica viabilità di accesso all'impianti di smaltimento rifiuti di case Passerini. Anche per questo intervento è stata prevista in fase di cantierizzazione una viabilità provvisoria che garantisca sempre il collegamento dei mezzi con l'impianto.

3

2. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

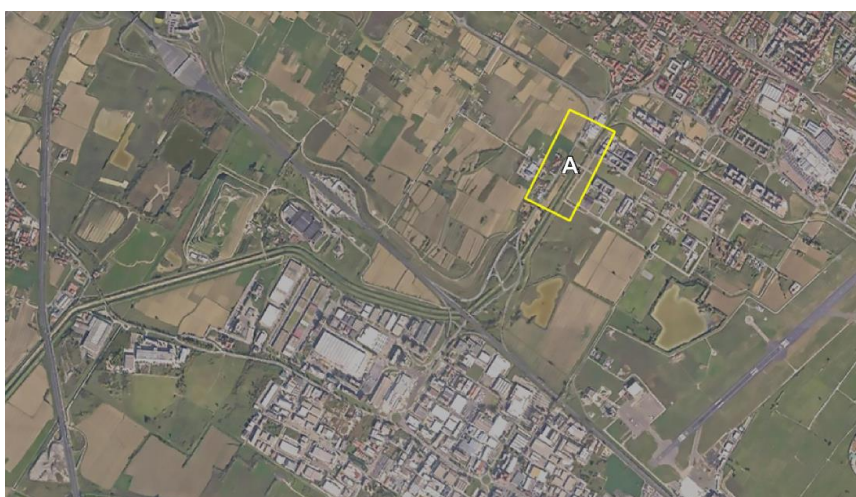
Al fine di mantenere la funzionalità dell'infrastruttura durante le fasi di realizzazione della viabilità in progetto e delle altre opere, sono stati previsti diversi interventi infrastrutturali al fine di garantire la continuità dei flussi di traffico e il soddisfacimento della domanda di mobilità nel periodo interessato dalle attività del cantiere, seppure con alcune limitazioni indispensabili a garantire la sicurezza del traffico veicolare stesso e delle manovre dei mezzi di cantiere.

Va ribadito che le infrastrutture oggetto della presente relazione tecnica costituiscono una viabilità del tutto provvisoria e ricadente all'interno del cantiere. La progettazione dei diversi elementi plano-altimetrici dei tracciati in esame, di conseguenza, è stata effettuata in deroga, ove necessario, alle prescrizioni della normativa vigente, al fine di limitare impropri impatti sul territorio circostante, sul

cantiere e sul traffico. Ad ogni modo, le condizioni di sicurezza saranno garantite attraverso una opportuna regolamentazione dei flussi di traffico, assicurando una più efficace e completa percezione delle specifiche situazioni operative e delle caratteristiche dei tracciati. Opportuna segnaletica di cantiere sarà adottata lungo i diversi tratti provvisori. Al fine di assicurare le più elevate condizioni di sicurezza, saranno previste limitazioni alle velocità massime di percorrenza dei tratti in esame.

Nello specifico, sono previsti interventi provvisori in prossimità dei nodi A, B, E e viabilità di accesso case Passerini, come di seguito descritto.

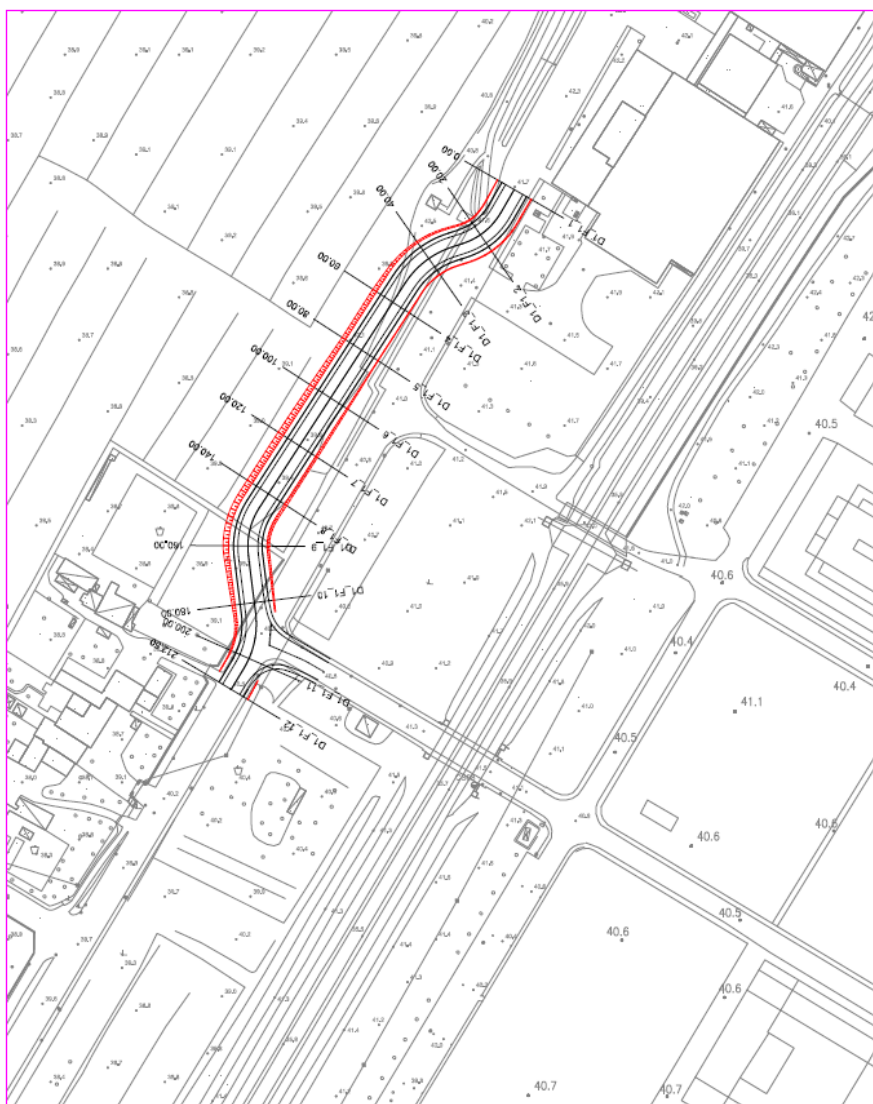
1.1 NODO A



4

1.1.1 Deviazione provvisoria via Osmannoro Nodo A

Tale deviazione si rende necessaria al fine di realizzare le opere previste dal progetto nell'ambito della rotatoria di nuova realizzazione individuata nel nodo A. Nell'ottica di garantire il minimo disturbo al traffico veicolare interessante via dell'Osmannoro, è prevista una deviazione di lunghezza pari a circa 213 m (compresi i tratti di raccordo con la viabilità esistente), da realizzarsi in rilevato ad Ovest del tracciato esistente.

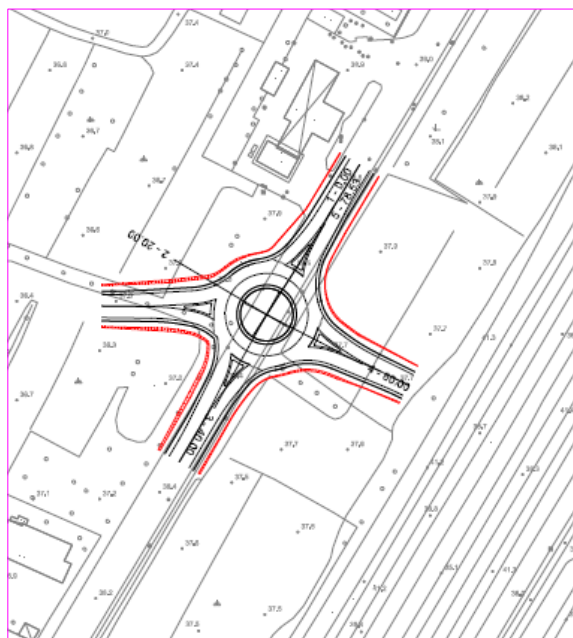


Muovendosi da Nord a Sud, la deviazione del tracciato esistente è realizzata mediante due curve di raggio opposto che permettono di collegare il tracciato esistente ad un rettilineo che corre quasi parallelo allo stesso. Attraverso un altro pseudo flesso il tracciato si reinnesta su via dell'Osmannoro, in prossimità dell'intersezione con viale delle Idee, i cui cigli vengono opportunamente risagomati per facilitare le operazioni di svolta. Le sezioni di attacco saranno opportunamente raccordate con il tracciato di nuova realizzazione. Al fine di mantenere elevati standard di sicurezza, considerate alcune deroghe alla normativa, il limite di velocità imposto lungo il tracciato è pari a 30 km/h.

1.1.2 Rotatoria lungo via dell'Osmannoro

Tale rotatoria viene ritenuta indispensabile al fine di garantire l'attraversamento di via dell'Osmannoro da parte dei mezzi di cantiere che devono passare dal cantiere ad Ovest della stessa via a quello a Est (e viceversa). Al fine di limitare le interferenze

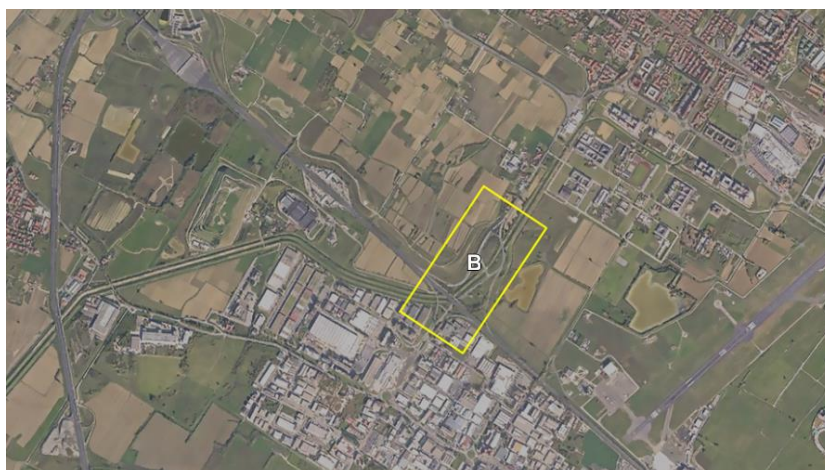
sul traffico veicolare e di scongiurare l'insorgenza di possibili situazioni di pericolo per gli utenti e gli operatori, causate da possibili manovre azzardate ed errate, viene prevista una rotonda provvisoria che regoli efficacemente le interferenze tra i flussi di traffico.



L'isola centrale e le isole divisionali saranno realizzate utilizzando New Jersey amovibili in materiale plastico, così da permettere, quando necessario, l'eventuale passaggio di trasporti eccezionali, cui è necessario garantire maggiori aree libere da ingombri in fase di svolta. I rami Est e Ovest, come detto, saranno adibiti ad ingresso alle aree di cantiere e, pertanto, saranno interdetti al normale traffico veicolare che si sposterà soltanto lungo la direttrice Nord-Sud. La pavimentazione dei rami Est e Ovest risulta differente da quella utilizzata negli altri tronchi oggetto della presente relazione e, in particolare, viene adottata la pavimentazione scelta per le aree di cantiere, costituita da uno strato di binder in conglomerato bituminoso di spessore pari a 10 cm, poggiante su un misto cementato di spessore 30 cm. Le sezioni di attacco con il tracciato esistente lungo i rami Nord e Sud saranno opportunamente raccordate con il tracciato di nuova realizzazione.

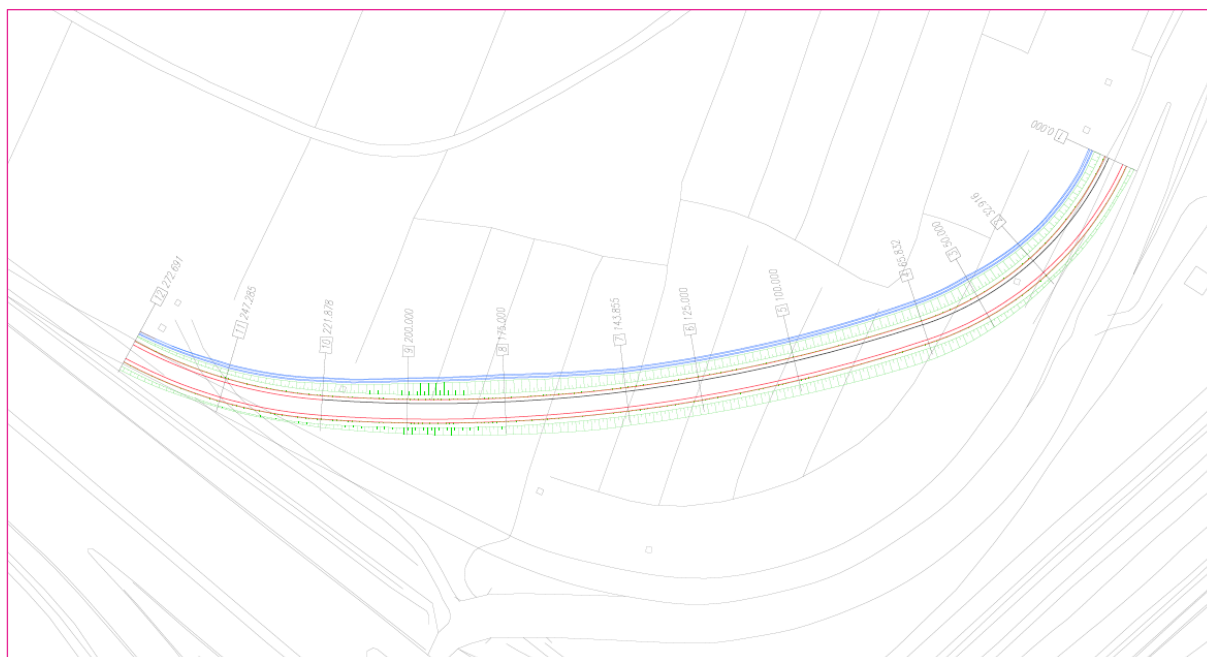
Al fine di mantenere elevati standard di sicurezza, considerando il flusso dei mezzi pesanti in ingresso ed uscita dall'area di cantiere il limite di velocità imposto sulla rotonda è pari a 30 km/h.

1.2 NODO B



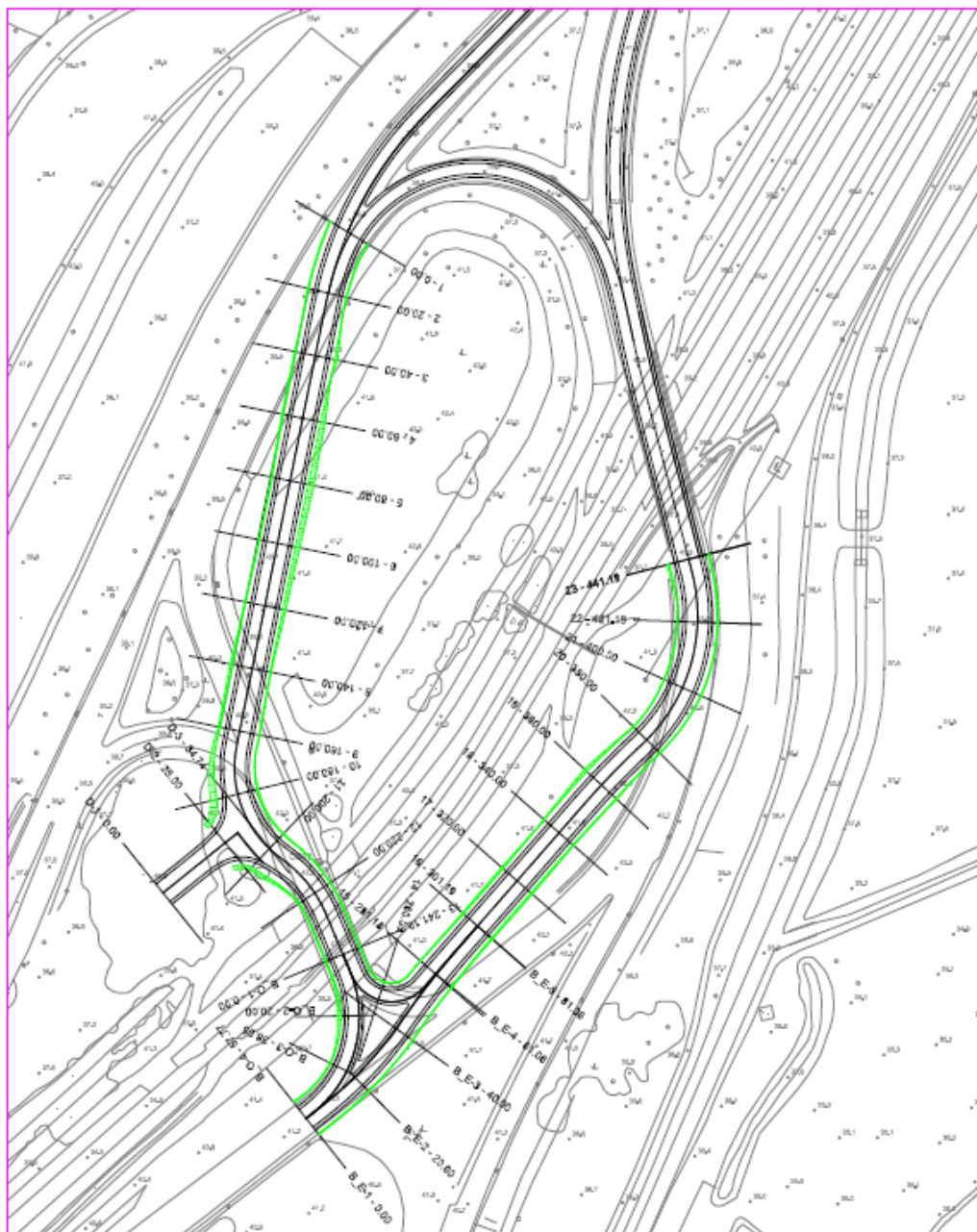
1.2.1 Rampa di accesso provvisoria all'autostrada A11

Viste che parte delle opere di progetto coincidono con l'attuale rampa di immissione autostradale, nel nodo B verrà realizzata una rampa provvisoria in modo da non dover interdire l'immissione all'Autostrada A11 nella fase di cantiere successiva. La progettazione di tale provvisorio vista l'importanza strategica dell'infrastruttura è parte integrante del progetto stradale, per cui si rimanda ad esso per le considerazioni progettuali di tale intervento.



1.2.2 Rami provvisori Viabilità Nodo B

Anche in questo caso, nell'ambito delle attività di miglioramento funzionale del nodo B che, in sede progettuale viene potenziato mediante la realizzazione di una nuova rotonda, è necessario realizzare due rami provvisori, in rilevato, che si innestano sulla viabilità esistente. Tali rami assicurano la continuità dei flussi nell'ambito delle attività di cantierizzazione e si appoggiano ai rilevati di nuova realizzazione previsti per i diversi rami della nuova rotonda.



Nello specifico, viene limitata la fruibilità delle carreggiate dei diversi rami costituenti il nodo in esame, al fine di mantenere una o, lungo l'anello circolare, due

corsie di marcia. Seguendo il flusso principale lungo la direttrice Nord-Sud, il tracciato provvisorio, costituito inizialmente da una singola corsia, si stacca dall'esistente appena superata la confluenza con l'anello centrale; quindi il tracciato (in due corsie) su sede di nuova realizzazione, dopo essersi appoggiato al rilevato del nuovo tracciato di via dell'Osmannoro in progetto, prosegue in direzione del "Ramo Discarica" della rotatoria in progetto per il ramo, assestandosi sul rilevato in progetto. Il tracciato si appoggia quindi sull'impalcato esistente e si dirama verso Sud (ricollegandosi al tracciato esistente) e verso Nord (lungo l'anello centrale) su sede di nuova realizzazione, insieme al ramo confluyente dalla direzione Sud. A causa di limitazioni operative e della presenza dell'impalcato esistente, la curva a sinistra che porta in direzione Nord lungo l'anello (dalla sezione 13) è caratterizzata da un raggio di curvatura molto ridotto e comporta, pertanto, una percorrenza a velocità pari a 20 km/h. Nel tratto finale, il tracciato si appoggia sul rilevato del "Ramo Cantone" di nuova progettazione e torna a innestarsi, infine, sul tracciato esistente in direzione Nord. Considerati i numerosi vincoli altimetrici e planimetrici presenti lungo il percorso, il tracciato provvisorio presenta alcuni elementi geometrici in deroga, che comportano una limitazione della velocità di percorrenza, in particolare si prevede:

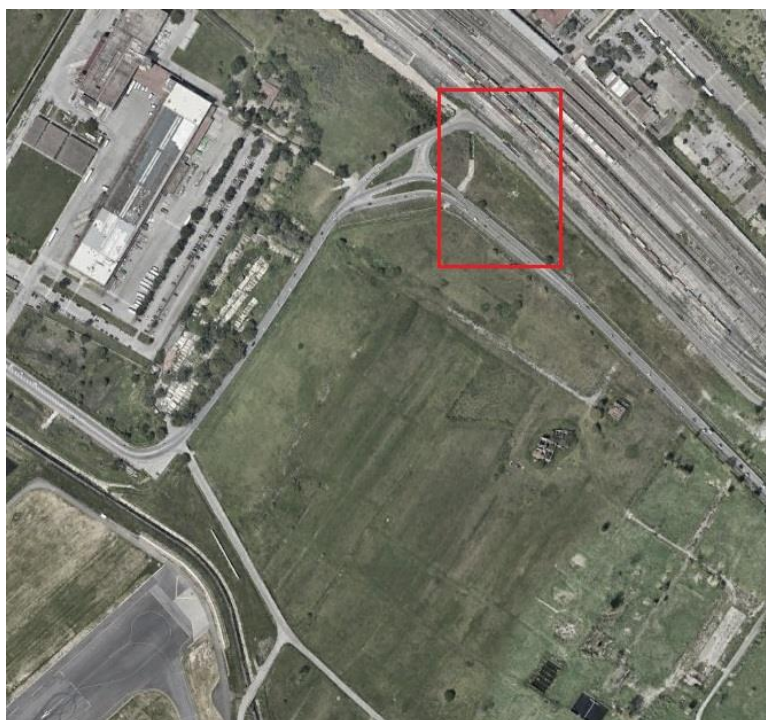
una velocità limite di 40KM/h fino alla prog. 130 (tra le sez. 7 e 8) e dalla progressiva 320 (sez. 17);

una velocità limite di 30KM/h nel tratto compreso tra le prog.130 e la prog. 241 (sez. 13);

una velocità più ridotta (20Km/h) nella curva precedentemente evidenziata.

Le sezioni di attacco con il tracciato esistente saranno opportunamente raccordate con il tracciato di nuova realizzazione. L'intersezione con il "Ramo Discarica" viene gestita mediante una adeguata risagomatura dei cigli che possa facilitare le operazioni di svolta.

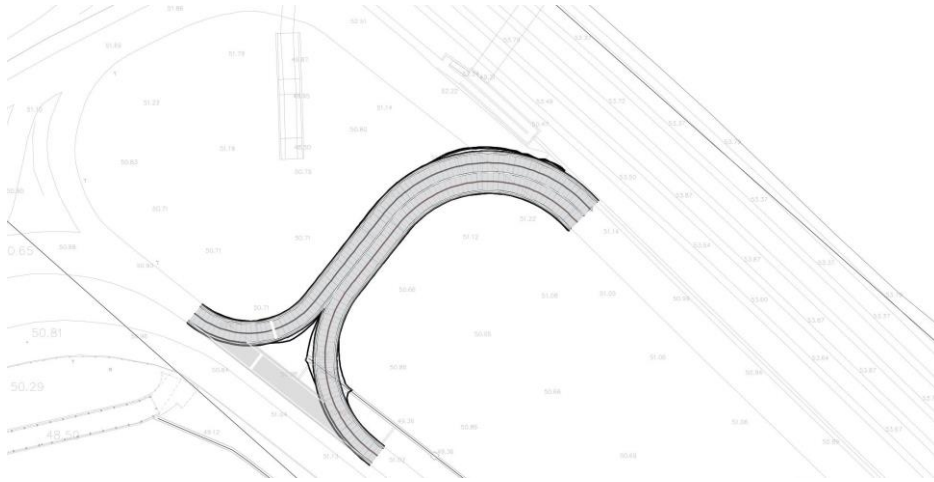
1.3 NODO E



Tale deviazione si rende necessaria al fine di realizzare le opere previste dal progetto nell'ambito della rotatoria di nuova realizzazione individuata nel nodo E.

Nell'ottica di garantire tutte le manovre possibili allo stato di fatto che interessano l'incrocio (Luzi-Fanfani-Termine), è prevista una deviazione di circa 90 m (compresi i tratti di raccordo con la viabilità esistente), da realizzarsi nella fascia verde compresa tra via Luzi e via Fanfani.

Percorrendo via Fanfani in direzione Sesto Fiorentino, la viabilità provvisoria è realizzata mediante la deviazione del tracciato con una curva a circa 90° verso sinistra, un successivo rettifilo, ed un'ulteriore curva per raccordarsi con via Luzi, come mostrato nell'immagine seguente.



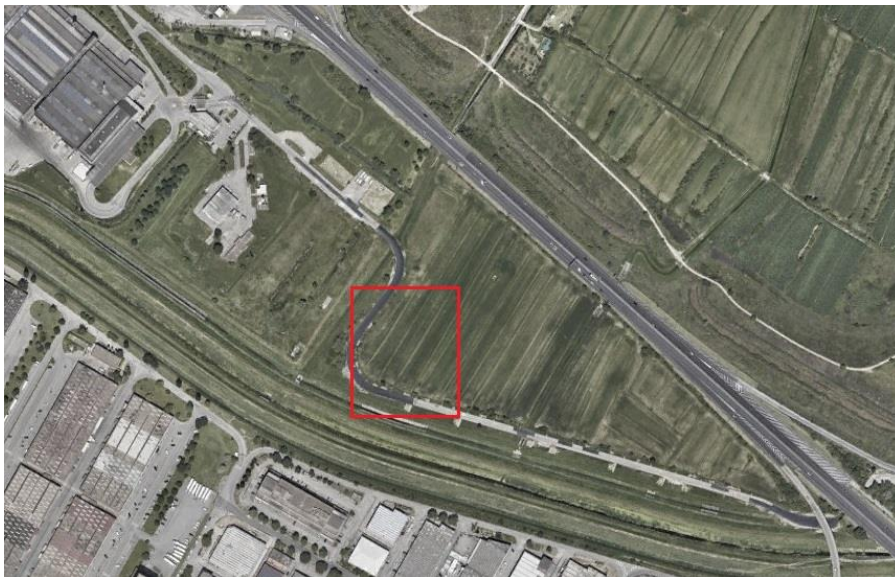
Come nello stato di fatto, l'immissione in via Luzi è regolamentata, per ragioni di sicurezza, con una semaforizzazione, mentre la svolta di ingresso in via Fanfani potrà avvenire senza l'impiego di semafori in quanto non ci sono intersezioni di flussi veicolari.

La strada provvisoria in oggetto presenterà una corsia per senso di marcia di larghezza 3,5 m e banchine da 0,5m. I cigli stradali verranno opportunamente risagomati per facilitare le operazioni di svolta.

Al fine di mantenere elevati standard di sicurezza, considerate alcune deroghe alla normativa, il limite di velocità imposto lungo il tracciato è pari a 30 km/h.

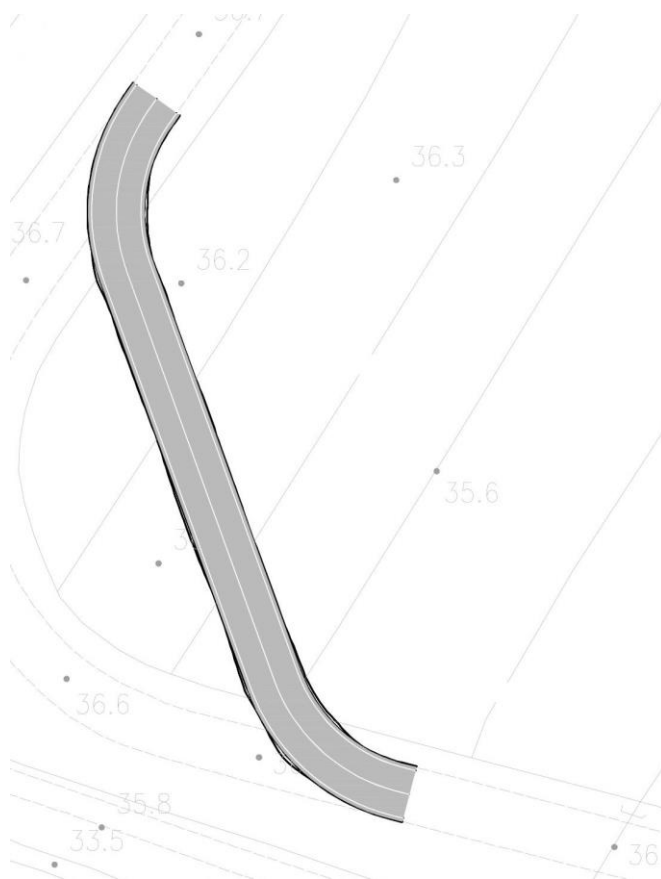
11

1.4 VIABILITA' ACCESSO CASE PASSERINI



Tale deviazione si rende necessaria al fine di realizzare il sotto-attraversamento idraulico del fosso Gavine, interferente con la viabilità di accesso all'impianto case Passerini.

I lavori al fosso (riscontrabili nelle apposite tavole di dettaglio di cantierizzazione) interessano la curva a 90° evidenziata nell'immagine sovrastante. La viabilità provvisoria taglia la curva, oggetto di lavorazioni, con un tracciato formato da due curve di raggio 25m ed un rettifilo di circa 60 m. Il tratto di terreno su cui insisterà la nuova viabilità, presenta un andamento pianeggiante, e la realizzazione di quest'ultima comporterà un movimento di terreno limitato, pari circa al volume del pacchetto stradale previsto da progetto.



La strada provvisoria in oggetto presenterà, in continuità con quella esistente, una corsia per senso di marcia di larghezza 3,5 m e banchine da 0,5m. I cigli stradali verranno opportunamente risagomati per facilitare le operazioni di svolta.

3. REALIZZAZIONE DEI RILEVATI

Per ciò che riguarda la realizzazione dei rilevati a supporto della viabilità provvisoria, vale quanto già specificato nell'ambito della relazione tecnica stradale principale. Ad ogni modo si ribadisce che il corpo dei rilevati verrà realizzato con la terra proveniente dagli scavi delle altre opere di progetto, opportunamente stabilizzate con leganti idraulici. La quota stradale di progetto è stata mantenuta mediamente alla quota di circa +1,00 m dal piano campagna. Per quanto riguarda le fasi realizzative, si procederà alla preparazione del piano di posa, mediante lo scotico del terreno vegetale per uno spessore pari a 20 cm. In considerazione di quanto riportato nella relazione tecnica stradale sulla caratterizzazione geologica dei terreni attraversati con la nuova viabilità di progetto e dell'altezza ridotta del rilevato (inferiore a 2,00 m), si rende necessario prevedere la stabilizzazione con calce del piano di posa del rilevato, per una profondità pari a cm 40, prima di procedere alla sua compattazione. Per la porzione del piano di posa del rilevato stabilizzato con calce, i valori di portanza CBR immediato (subito dopo addensamento) dovranno risultare maggiori del 10%. Tutto il piano di posa del rilevato e il sottofondo dovranno comunque garantire le prestazioni minime in termini di modulo di deformazione M_d riportate nel CSA in funzione della profondità rispetto al piano di posa della fondazione stradale.

13

4. DIMENSIONAMENTO DELLA SOVRASTRUTTURA

Sebbene le opere in esame costituiscano degli interventi di natura provvisoria, il dimensionamento della sovrastruttura non va sottovalutato, poiché il traffico (soprattutto in termini di mezzi pesanti) che andrà ad interessare la pavimentazione stessa risulta essere fortemente significativo.

Al fine di dimensionare opportunamente un pacchetto, seppur provvisorio, a supporto del traffico veicolare nell'ambito di tale relazione si fa riferimento alla procedura semi-empirica definita nella "AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (1993)", basata sull'osservazione diretta del comportamento di strutture già realizzate sotto l'azione di carichi stradali.

Tale metodo fornisce il numero di passaggi di un asse "standard" (asse singolo con ruote gemellate da 18 kips = 80 kN) che la sovrastruttura stradale è in grado di sopportare raggiungendo un fissato grado di ammaloramento finale (PSI = Presente Serviceability Index).

La verifica eseguita con il metodo AASHTO consiste nel controllare che il numero di assi standard che la pavimentazione può sopportare sia maggiore del numero di

assi equivalenti che transitano durante la vita utile della pavimentazione, calcolati attraverso lo spettro di traffico riportato nel "Catalogo delle Pavimentazione Stradali".

Nello specifico, considerando la natura delle opere provvisorie in progetto, il pacchetto costituente la pavimentazione da verificare è stato così dimensionato:

- Usura in conglomerato bituminoso: 3 cm;
- Base in conglomerato bituminoso: 10 cm;
- Fondazione in misto granulare non legato: 25 cm.

Per meglio comprendere le operazioni di dimensionamento mostrate nel seguito della presente relazione, è utile riportare alcuni passaggi analitici che stanno a monte dell'espressione fondamentale del dimensionamento.

L'indice assunto dall'AASHTO per valutare il decadimento della sovrastruttura è il PSI (Present Serviceability Index). Tale indice è funzione della media delle variazioni di pendenza del profilo, della profondità delle ormaie, della superficie delle buche e dei rattoppi, o di altre lesioni riferite all'unità di superficie. Il valore di PSI in corrispondenza di N passaggi di una data tipologia di asse è dato da:

$$PSI = PSI_0 - (PSI_0 - PSI_{lim}) \left(\frac{N}{\rho} \right)^\beta$$

Dove:

- PSI_0 è il valore del PSI all'inizio della vita utile della pavimentazione
- PSI_{lim} è il valore del PSI per cui la pavimentazione si considera completamente dissestata
- N è il numero di passaggi dell'asse standard
- β e ρ sono coefficienti funzione dell'indice di spessore della sovrastruttura e dei carichi

$$\beta = 0.4 + \frac{0.081(L_1 + L_2)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} L_2^{3.23}}$$

$$\log \rho = 5.93 + 9.36 \log(SN + 1) - 4.79 \log(L_1 + L_2) + 4.33 \log L_2$$

Dove:

- L_1 è il peso dell'asse in esame espresso in kip (1kip = 4,45 kN)
- L_2 è il termine che assume valore 1, 2 o 3 rispettivamente se l'asse è singolo, tandem o tridem
- SN è lo Structural Number, indice di spessore della pavimentazione espresso in pollici (1 pollice = 2,54 cm)

Lo Structural Number (o indice di spessore IS) rappresenta uno spessore equivalente della sovrastruttura che tiene di conto della resistenza strutturale della pavimentazione. Tale coefficiente è pari a:

$$SN = \sum_i a_i \cdot m_i \cdot s_i$$

Dove:

- a_i è il coefficiente strutturale dell' i -esimo strato, funzione delle caratteristiche meccaniche del materiale in esame (modulo complesso per il conglomerato bituminoso o modulo resiliente per i materiali granulari)
- m_i è il coefficiente di drenaggio dell' i -esimo strato
- s_i è lo spessore dello strato i -esimo

Considerando lo SN in cm e introducendo ulteriori termini che permettano di tenere in conto l'aleatorietà di alcuni dei parametri, l'espressione finale che fornisce il numero di passaggi di assi standard ammissibili risulta essere la seguente:

$$\log N_{80} = Z_R \cdot S_0 + 9.36 \log \left(\frac{SN}{2.54} + 1 \right) - 0.20 + \frac{\log(PSI_0 - PSI_f)}{0.4 + \frac{1094}{\left(\frac{SN}{2.54} + 1\right)^{5.19}}} + 2.32 \log \frac{M_r}{6.89 \cdot 10^{-3}} - 8.07$$

Dove:

- I valori di PSI variano teoricamente dal valore ottimo di 5 al valore limite di 0 quando l'efficienza della pavimentazione è nulla. Tuttavia, a causa delle inevitabili imperfezioni superficiali l'indice di servizio iniziale PSI_0 non è mai pari a 5, ma è generalmente assunto pari a 4,2. Il valore limite dell'indice di servizio PSI_{lim} in corrispondenze del quale la pavimentazione è completamente dissestata, si considera pari a 1,5. Il valore dell'indice di servizio finale PSI_f varia in funzione della tipologia di strada in esame.
- Il termine $Z_R S_0$ rappresenta la deviazione standard nella predizione del traffico e della prestazione attribuita alla pavimentazione.
- M_r rappresenta il modulo resiliente del sottofondo.

Le ipotesi assunte per il calcolo della pavimentazione secondo la relazione sopra riportata sono:

- Deviazione standard S_0 pari a 0,45
- Parametro di affidabilità Z_R pari a -1,282, corrispondente ad un livello di affidabilità pari al 90%, coerentemente alle indicazioni del Catalogo delle Pavimentazioni del CNR per le strade extraurbane a forte traffico
- PSI_0 e PSI_{lim} pari ai valori indicati precedentemente
- PSI_f pari a 2,5, coerentemente alle indicazioni del Catalogo delle Pavimentazioni del CNR per le strade extraurbane a forte traffico
- M_r del sottofondo pari a 90 MPa

Per quanto riguarda i dati di traffico, vengono considerati gli stessi valori assunti alla base del dimensionamento della sovrastruttura per il progetto della viabilità definitiva (TGM - Traffico giornaliero medio pari a 30.000 veicoli/giorno, fattore distribuzione direzionale del traffico pari a 0.55), sebbene si possa ipotizzare che la presenza del cantiere possa comportare una leggera diminuzione del traffico rispetto ai valori di regime. Ad ogni modo, si considera maggiormente realistico l'utilizzo di un fattore rappresentativo della percentuale dei mezzi pesanti più elevato (15%), considerata la natura delle opere provvisorie che vanno ad inserirsi all'interno di un cantiere di indubbia importanza. Ovviamente, per quanto riguarda

la vita utile dell'infrastruttura, si considera un periodo temporale limitato compatibile con la durata delle attività lavorative nell'ambito del cantiere in esame, pari a 2 anni. Tuttavia, a scopo cautelativo, il calcolo viene effettuato per un periodo temporale pari a 3 anni. Si ritiene trascurabile l'effetto del tasso di incremento annuale del volume di traffico e, in via cautelativa e considerata la particolare importanza del cantiere, si considera il traffico relativo a tutti i 365 giorni dell'anno (e non solo ai 300 giorni lavorativi previsti nella relazione tecnica stradale del progetto).

Pertanto, il numero totale di passaggi di veicoli commerciali al termine della vita utile di tali opere provvisorie risulta pari a:

$$N_c = 3 \cdot (365 \cdot 30000 \cdot 0.15 \cdot 0.55) = 2.710.125$$

Tramite gli spettri di traffico forniti dal Catalogo delle Pavimentazioni Stradali per le varie categorie di strade è possibile risalire alla frequenza di ciascuna classe di veicoli commerciali sul totale dei mezzi pesanti.

VEICOLO	%	N° passaggi
1	0	0
2	13,1	355.026
3	39,5	1.070.499
4	10,5	284.563
5	7,9	214.100
6	2,6	70.463
7	2,6	70.463
8	2,5	67.753
9	2,6	70.463
10	2,5	67.753
11	2,6	70.463
12	2,6	70.463
13	0,5	13.551
14	0	0
15	0	0
16	10,5	284.563
Totale	100	2.710.125

Sulla base di tali dati, è possibile ricavare il numero di passaggi equivalenti da 80 kN previsti nei due anni considerati alla base del calcolo (ESAL – equivalent single axle load), utilizzando i valori dei coefficienti di equivalenza (EALF – equivalent axle load factor) per ciascun asse considerato e le formulazioni di seguito riportate.

$$ESAL = \sum_i F_i n_i$$

$$F_i = EALF = \frac{W_{t80}}{W_{ti}}$$

$$\log \frac{W_{ti}}{W_{t80}} = 4.79 \log(18 + 1) - 4.79 \log(L_{1i} + L_{2i}) + 4.33 \log L_{2i} + \frac{G_t}{\beta_i} - \frac{G_t}{\beta_{18}}$$

$$G_t = \log \left(\frac{4.2 - PSI_f}{4.2 - 1.5} \right)$$

Dove:

- i rappresenta l'i-esimo gruppo di carico;
- n_i è il numero di passaggi dell'i-esimo gruppo di carico nel periodo considerato;
- W_{t80} è il numero di applicazioni del carico dell'asse standard da 80 kN al tempo t ;
- W_{ti} è il numero di applicazioni del generico gruppo di carico al tempo t
- β_{18} è il valore assunto dal coefficiente β per l'asse standard, con L_1 pari a 18 kip (80 kN) e L_2 pari a 1.

Pertanto, è possibile procedere alla verifica della pavimentazione, i cui risultati sono di seguito riportati. Si sottolinea che, ovviamente, la verifica risulta essere soddisfatta se il numero di passaggi dell'asse standard ammissibili (N_{80}) risulta essere superiore al numero di passaggi dell'asse standard previsti (ESAL).

Dati

P.S.I. iniziale	4,2
Spessore pacchetto	38 cm
P.S.I. finale	2,5

Usura	3 cm
Binder	0 cm
Base	10 cm
Fondazione	25 cm

USURA			
E			3500 Mpa
D (cm)	3,00	E	507633 psi
D (in.)	1,18	a_1	0,458
BINDER			
E			2700 Mpa
D (cm)	0,00	E	391603 psi
D (in.)	0,00	a_1	0,414
BASE			
E			2200 Mpa
D (cm)	10,00	E	319084 psi
D (in.)	3,94	a_2	0,280
FONDAZIONE			
E			350 Mpa
D (cm)	25,00	E	50763 psi
D (in.)	9,84	a_3	0,229
		m_3	1,00

Moduli di riferimento a 20°C

Traffico giornaliero medio	TGM	30.000 veic/g
Veicoli pesanti	VG	15%
Tasso annuo di crescita traffico	r	0%
Vita utile	Y	3 anni
Affidabilità	R	90 %
Modulo Resiliente	Mr	90 N/mm ²
Fattore di direzione		0,55
Giorni in un anno		365

Structural Number (SN)	3,90
------------------------	------

Gt -0,201 SN 3,90

ID asse	tipo asse	L1 (kN)	L1 (kip)	freq.	L2	β	coef. Equiv.	n passaggi	passaggi equiv.
0	standard	80	17,98	-	1	0,686	1,0000	-	-
1	singolo_10	10	2,25	0,0%	1	0,401	0,0002	0	0
2	singolo_15	15	3,37	13,1%	1	0,402	0,0009	355.026	313
3	singolo_20	20	4,50	0,0%	1	0,405	0,0026	0	0
4	singolo_30	30	6,74	13,1%	1	0,416	0,0136	355.026	4.841
5	singolo_40	40	8,99	55,2%	1	0,436	0,0462	1.495.989	69.148
6	singolo_50	50	11,24	21,5%	1	0,469	0,1222	582.677	71.190
7	singolo_60	60	13,49	10,2%	1	0,519	0,2740	276.433	75.743
8	doppio_80	80	17,98	55,2%	1	0,686	1,0000	1.495.989	1.495.989
9	doppio_90	90	20,23	2,6%	1	0,810	1,7093	70.463	120.440
10	doppio_100	100	22,48	10,1%	1	0,968	2,7680	273.723	757.667
11	doppio_110	110	24,73	13,1%	1	1,163	4,2891	355.026	1.522.753
12	doppio_120	120	26,98	0,5%	1	1,400	6,4066	13.551	86.813
13	tandem_80	160	35,97	13,1%	2	0,686	1,3755	355.026	488.354
14	tandem_90	180	40,47	2,5%	2	0,810	2,3512	67.753	159.299
15	tandem_100	200	44,96	5,1%	2	0,968	3,8075	138.216	526.261
16	tridem_80	240	53,95	2,6%	3	0,686	1,6576	70.463	116.799
17	tridem_90	270	60,70	2,6%	3	0,810	2,8333	70.463	199.640
18	tridem_130	390	87,68	0,5%	3	1,684	15,3775	13.551	208.375

5.903.625

Z_R -1,282 S_0 0,45 SN 3,90
 ΔPSI 1,7 Mr [psi] 13053
w18 **7.384.704** **ESAL** **5.903.625** verifica soddisfatta