

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto funzionale Brescia-Verona

PROGETTO ESECUTIVO

INZ1 – RIQUALIFICAZIONE VIABILITÀ PODERALE TRA VIA MANZONI E VIA CAVOUR
RELAZIONE VERIFICA PAVIMENTAZIONE

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due	
Data: _____	Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 2	E	E 2	R O	I N Z 1 0 5	0 0 1	A

PROGETTAZIONE								IL PROGETTISTA
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	
A	Emissione	<i>GUILARTE</i>	16/07/20	<i>AIELLO</i>	16/07/20	LIANI	16/07/20	
B								
C								

CIG. 751447334A File: IN0R12EE2ROINZ105001A_02.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H9100000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 RO IN Z1 05 001

Rev.
A

Foglio
2 di 12

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	3
2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	5
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
4. DESCRIZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI.....	5
5. DESCRIZIONE DEL METODO DI VERIFICA.....	6
6. VERIFICA DI DETTAGLIO	11

1. INTRODUZIONE

La presente relazione riguarda le verifiche della sovrastruttura stradale relative all'intervento di realizzazione della nuova strada di progetto podereale ubicata a nord della linea AV/AC Torino-Venezia Tratta Milano – Verona Lotto funzionale Brescia Est-Verona, in corrispondenza del tratto compreso tra prog. Km 110+046 e 110+550 circa.

L'intervento rientra all'interno del Comune di Calcinato in Provincia di Brescia, ed è motivato dalla richiesta del Comune stesso, espressa in Conferenza di Servizi, di riqualificare e migliorare la viabilità esistente tra Via Cavour e Via Manzoni a seguito della realizzazione della linea ferroviaria di progetto.

Attualmente Via Cavour ha un allineamento Sud-Nord, e una larghezza di carreggiata di circa 5÷6m; a partire da Calcinatello, prosegue in direzione Nord, scavalca l'Autostrada A4 mediante un cavalcavia, e prosegue fino a Via Statale. Sul tratto di Via Cavour a nord dell'Autostrada A4, a circa 130m dal cavalcavia esistente, si innesta la viabilità di collegamento tra Via Cavour e Via Manzoni, che presenta un allineamento Est-Ovest, e una larghezza della carreggiata di 3.50÷4.0m circa.



Planimetria inquadramento ante operam

Il tracciato della viabilità poderale ha inizio in corrispondenza dello stabilimento ovest della ditta WTE, dove termina l'intervento del sottovia SLZ3, e dove la viabilità di progetto interseca a raso la strada poderale di collegamento tra Via Cavour e Via Manzoni.



Accesso Stabilimento Ovest WTE srl



Strada collegamento Via Manzoni-Via Cavour

Il tracciato dell'asse principale della viabilità in esame risulta in continuità con il tracciato del sottopasso poderale SLZ3, ha un'estensione complessiva pari a 684 m circa, e risulta interamente in rilevato.

A partire dall'incrocio a raso, si sviluppa inizialmente per circa 180m in direzione Sud – Nord. Lungo questo tratto è presente un modesto flesso, inserito per garantire la corretta distanza dal traliccio esistente della linea elettrica in A.T.

Successivamente, mediante una curva destrorsa di raggio 30m, il tracciato prosegue in direzione Est per circa 460m fino all'intersezione con la sede esistente di Via Cavour. Lungo tale tratto, il tracciato di progetto insiste sulla sede di una strada campestre esistente, utilizzata per l'accesso ai fondi agricoli limitrofi, di larghezza pari a circa 2.30m.

A sud della strada campestre, è presente una canaletta irrigua prefabbricata, corrispondente alla Roggia Calcinatella del Consorzio di Bonifica del Chiese. Il tracciato di progetto intercetta il canale solamente in corrispondenza della curva destrorsa, e l'interferenza viene risolta mediante un nuovo sifone. Nel rimanente tratto, il tracciato si sviluppa in direzione parallela al canale senza ulteriori interferenze con la Roggia.



Strada campestre esistente



Innesto strada campestre su Via Cavour

Al termine di tale tratto, per regolare l'intersezione tra il tracciato di progetto e la carreggiata esistente di Via Cavour, è prevista una rotonda a 3 rami di diametro 30m, descritta di seguito nel dettaglio.

In corrispondenza dell'incrocio tra l'asse principale e la strada podereale di collegamento tra Via Cavour e Via Manzoni, per garantire il corretto raccordo tra la viabilità di progetto e quella esistente, sono previsti due rami secondari denominati Ramo A (lato Est) e Ramo B (lato Ovest), di lunghezza rispettivamente pari a circa 32 e 34m.

2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

- IN0R12EE2RBSLZ300001 RELAZIONE GEOTECNICA;
- IN0R12EE2ROINZ100001 RELAZIONE TECNICA GENERALE;
- IN0R12EE2WZINZ100001 SEZIONI TIPO STRADALI;
- IN0R11EE2ROOV30G0002 OV30 – STUDI AMBIENTALI PRESCRIZIONI CIPE REPORT MONITORAGGIO DATI DI TRAFFICO

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES;
- Consiglio Nazionale delle Ricerche - BOLLETTINO UFFICIALE Norme Tecniche - anno XXIX n. 178 del 15 settembre 1995: "Catalogo delle pavimentazioni stradali";

4. DESCRIZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI

La pavimentazione prevista è di tipo flessibile, presenta uno spessore totale di 35 cm ed è costituita da quattro strati:

- STRATO DI FONDAZIONE (miscela di inerti stabilizzati per granulometria e compattati) di spessore 20 cm
- BASE IN MISTO BITUMATO (conglomerato bituminoso aperto) di spessore 8 cm
- BINDER (conglomerato bituminoso semiaperto) di spessore 4 cm
- MANTO DI USURA (conglomerato bituminoso chiuso) di spessore 3 cm

sia per l'asse principale che per i rami A e B oltre che per la rotonda.

5. DESCRIZIONE DEL METODO DI VERIFICA

Nel presente paragrafo vengono riportati i criteri di verifica adottati per la sovrastruttura stradale flessibile in accordo al metodo proposto in "AASHTO Guide for Design of Pavement Structures". Per i parametri si fa riferimento alle indicazioni riportate sulla CNR "Catalogo delle pavimentazioni stradali".

Il metodo AASHTO permette di ricavare il numero totale di passaggi di assi equivalenti da 8.2t che una pavimentazione di assegnate caratteristiche meccaniche riesce a sopportare prima di raggiungere il valore di PSI finale (PSI = Present Serviceability Index), in corrispondenza del quale si ritiene che la pavimentazione sia giunta al termine della sua vita utile e quindi necessita di manutenzione.

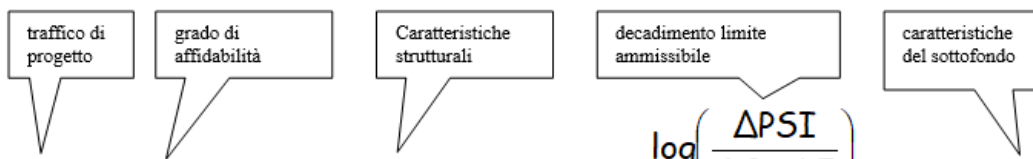
Note le caratteristiche dei materiali costituenti la stratigrafia di progetto è possibile determinare il numero di assi massimo che la pavimentazione può sopportare, da confrontare con il traffico di progetto che interesserà la sovrastruttura durante la sua vita utile.

Calcolo del traffico massimo sopportabile

Il traffico di progetto W_{18} , inteso come il numero di passaggi di assi singoli equivalenti da 8.2 t sopportabile, tiene conto dei seguenti aspetti:

1. grado di affidabilità del procedimento di dimensionamento
2. decadimento limite ammissibile della sovrastruttura
3. caratteristiche degli strati (Numero di struttura SN)

secondo la seguente relazione:



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

con

- Z_R è il valore della variabile standardizzata legata all'affidabilità $R=90\%$ (probabilità che il numero di ripetizioni di carico $N_t(\max)$ che portano il valore $PSI = PSI_{fin}$ sia maggiore o uguale al numero di ripetizioni N_t realmente applicate alla sovrastruttura); assume un valore pari a $-1,282$;

Fattore di Affidabilità Z_r				
R_1	80%	85%	90%	95%
Z_r	-0.841	-1.037	-1.282	-1.645

Da CNR "Catalogo delle pavimentazioni stradali"

- S_0 è la deviazione standard che tiene conto dell'errore che si commette nelle previsioni dei volumi di traffico e delle prestazioni della pavimentazione; per le pavimentazioni flessibili, assume un valore compreso tra 0,40 e 0,50 quando si tiene conto dell'errore che si commette sia sul traffico sia sulla prestazione prevista per una data pavimentazione; è stato scelto un valore pari a 0,45;
- Il grado di efficienza della pavimentazione, noto anche come PSI (Present Serviceability Index), esprime la misura della idoneità di questa ad assicurare la sicurezza della circolazione e le condizioni di confort per gli utenti ed assume valori numerici compresi tra 0 (strada in pessime condizioni) e 5 (strada in ottime condizioni). Il grado di efficienza ritenuto generalmente accettabile, per le strade in oggetto, prima che si rendano necessari radicali interventi sulla pavimentazione è $PSI_{fin} = 2$. Mentre viene assunto un valore di $PSI_{iniz} = 4$ poiché si tiene conto delle inevitabili imperfezioni costruttive.

Tipo di strada	Affidabilità (%)	PSI
1) Autostrade extraurbane	90	3
2) " urbane	95	3
3) Strade extr. principali e secondarie a forte traffico	90	2.5
4) Strade extraurbane secondarie - ordinarie	85	2.5
5) " " " -turistiche	80	2.5
6) Strade urbane di scorrimento	95	2.5
7) " " di quartiere e locali	90	2
8) Corsie preferenziali	95	2.5

Da CNR "Catalogo delle pavimentazioni stradali"

- M_r è il modulo resiliente del sottofondo in psi; con riferimento a quanto riportato nella relazione geotecnica citata tra i riferimenti, il terreno superficiale presenta buone caratteristiche meccaniche, pertanto, comunque dal lato della sicurezza, si assume un valore medio pari a 90 MPa (12611.63 psi) con riferimento alle indicazioni fornite dalla CNR "Catalogo delle pavimentazioni stradali"

$M_r = 150 \text{ N/mm}^2$ (*)
$M_r = 90 \text{ N/mm}^2$ (**)
$M_r = 30 \text{ N/mm}^2$ (***)

(*) CBR = 15% , K = 100 KPa/mm

(**) CBR = 9% , K = 60 KPa/mm

(***) CBR = 3% , K = 20 KPa/mm

Da CNR "Catalogo delle pavimentazioni stradali"

- SN è lo structural number; nel metodo ad ogni strato (di spessore H_i espresso in pollici) viene assegnato un coefficiente di struttura che rappresenta il contributo dello strato alla prestazione complessiva della pavimentazione. Un ulteriore fattore viene introdotto per considerare gli effetti del drenaggio. Il contributo di ogni singolo strato alla prestazione complessiva della pavimentazione è dato dal prodotto dei 2 coefficienti a_i e d_i per il suo spessore H_i come segue:

Pertanto, considerando un flusso dell'ora di punta nei tratti A→B e A→C pari complessivamente a 184 veicoli, il TGM risulta pari a 1840.

Si evidenzia come tale assunzione sia comunque cautelativa ai fini delle presenti valutazioni.

Questo valore dovrà essere corretto considerando i seguenti fattori:

- L'evoluzione del traffico nel corso degli anni (r). È alquanto difficile poter prevederne l'esatta evoluzione, in genere si assiste a tassi di crescita maggiori nei primi anni di vita tassi che poi si riducono nel tempo. In mancanza di dati più precisi si può assumere un tasso compreso tra il 2%÷3% nel primo periodo di vita utile, 1 ÷ 2% nel medio periodo di vita utile e 1% nell'ultima parte;
- La distribuzione del traffico per senso di marcia (pd). In genere si può assumere che il TGM si suddivida equamente nelle due direzioni. In particolari situazioni, legate a fenomeni di pendolarismo si può verificare una diversa suddivisione (70% in un senso, 30% nell'altro);
- La percentuale di veicoli commerciali (p). Questa varia da valori nulli se il transito è interdetto a questa categoria di mezzi, fino ad assumere valori del 30 ÷ 40%. Valori medi sono compresi intorno tra 10 ÷ 15%;
- Percentuale di traffico commerciale che transita nella corsia lenta (pl). Non tutti i veicoli commerciali transitano nella corsia lenta; parte di questi, soprattutto quelli con minor carico, raggiungono velocità tali da impegnare anche le altre corsie. Si considera questo aspetto ipotizzando che (generalmente) il 95% di tutti i veicoli commerciali transiti sulla corsia lenta;
- La dispersione delle traiettorie (d). La traiettoria seguita dalle ruote, come già accennato, non è sempre la stessa, ma si disperde nell'intorno di un valore medio. Si tiene conto di ciò riducendo (in genere) del 20%, il TGM;
- La distribuzione dei carichi del traffico commerciale. I veicoli che lo compongono non hanno gli stessi carichi per asse determinando livelli di sollecitazione differenti. Per omogeneizzare i risultati si ricorre al concetto di asse equivalente che la progressione del danno prodotto varia in modo esponenziale con il carico stesso:
 - o Yoder ha proposto l'espressione

$$C_{eq} = 2^{0.78(x-y)}$$
 dove x è il peso dell'asse in esame ed y il peso dell'asse equivalente standard.
 - o Ricerche più recenti mostrano il seguente legame:

$$C_{eq} = (x/y)^4$$
 La dipendenza dalla 4a potenza è stata studiata con riferimento all'asse standard da y=80 kN ed è riconosciuta valida internazionalmente.
- Il numero medio degli assi di un generico veicolo commerciale. Questo è compreso tra 2 e 5. Se si tiene conto della distribuzione delle differenti classi di veicoli commerciali, si può assumere un valore compreso tra 2.25 e 2.7.

Il numero N di assi cumulati alla fine della vita utile potrà determinarsi moltiplicando il TGM per i parametri suddetti:

$$N = 365 \cdot TGM \cdot p_d \cdot p \cdot p_l \cdot d \cdot C_{eq} \cdot n_a \cdot \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Il numero di assi che transitano in un giorno dell'ultimo anno della vita utile sarà:

$$N_g = TGM \cdot p_d \cdot p \cdot p_l \cdot d \cdot C_{eq} \cdot n_a \cdot (1+r)^n$$

Assumendo valida la legge della 4a potenza e che un asse da 18 kip coincida con l'asse standard da 80 KN (8 t), la valutazione del traffico cumulato può essere condotta noto lo spettro di traffico.

Per la composizione del traffico previsto su ciascun tipo di strada sono stati assunti degli spettri tipici di veicoli commerciali, come segue.

Tipo di veicolo	N° Assi	Distribuzione dei carichi per asse in KN			
1) autocarri leggeri	2	↓10	↓20		
2) " "	"	↓15	↓30		
3) autocarri medi e pesanti	"	↓40	↓80		
4) " " "	"	↓50	↓110		
5) autocarri pesanti	3	↓40	↓80	↓80	
6) " "	"	↓60	↓100 ↓100		
7) autotreni e autoarticolati	4	↓40	↓90	↓80	↓80
8) " "	"	↓60	↓100	↓100	↓100
9) " "	5	↓40	↓80	↓80	↓80
10) " "	"	↓60	↓90	↓90	↓100
11) " "	"	↓40	↓100	↓80	↓80
12) " "	"	↓60	↓110	↓90	↓90
13) mezzi d'opera	"	↓50	↓120	↓130	↓130
14) autobus	2	↓40	↓80		
15) " "	2	↓60	↓100		
16) " "	2	↓50	↓80		

Da CNR "Catalogo delle pavimentazioni stradali"

Tipo di strada	Tipo di veicolo															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1) autostrade extraurbane	12.2	---	24.4	14.6	2.4	12.2	2.4	4.9	2.4	4.9	2.4	4.9	0.10	---	---	12.2
2) " urbane	18.2	18.2	16.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.6	18.2	27.3	---
3) strade extr. principali e secondarie a forte traffico	---	13.1	39.5	10.5	7.9	2.6	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.6	0.5	---	---	10.5
4) strade extraurb. second. ordin.	---	---	58.8	29.4	---	5.9	---	2.8	---	---	---	---	0.2	---	---	2.9
5) " extr. second. -turistiche	24.5	---	40.8	16.3	---	4.15	---	2	---	---	---	---	0.05	---	---	12.2
6) " urbane di scorrimento	18.2	18.2	16.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.6	18.2	27.3	---
7) " " di quartiere e locali	80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	20	---	---
8) corsie preferenziali	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	47	53	---

Da CNR "Catalogo delle pavimentazioni stradali"

Nella prima tabella si riportano i tipi di veicoli ed i loro carichi per asse mentre nella seconda tabella è indicata la loro frequenza percentuale sul totale dei veicoli commerciali.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 RO INZ1 05 001Rev.
AFoglio
12 di 12

Peso asse (ton)	Frequenza asse	Coefficiente equivalenza 4 [^]	Transiti da 8 t
1	80.0%	0.00024	0.02%
2	80.0%	0.00391	0.31%
3	0.0%	0.01978	0.00%
4	20.0%	0.06250	1.25%
5	0.0%	0.15259	0.00%
6	0.0%	0.31641	0.00%
7	0.0%	0.58618	0.00%
8	20.0%	1.00000	20.00%
9	0.0%	1.60181	0.00%
10	0.0%	2.44141	0.00%
11	0.0%	3.57446	0.00%
12	0.0%	5.06250	0.00%
13	0.0%	6.97290	0.00%
TOTALE	200.0%	TOTALE	21.58%

Il passaggio di 100 veicoli commerciali determina il transito di 200.0 assi di differente peso,
che corrispondono al passaggio di 21.6 assi equivalenti da 8 t.

Numero transiti totali W_{18} = 1,106,380 Assi da 8 t

DETERMINAZIONE STRUCTURAL NUMBER (SN)

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	0.12	24.00		
Base cementata	0	1	0.22	0.00		
Base bitumata	80	1	0.18	14.40		
Collegamento	40	1	0.40	16.00		
Usura	30	1	0.45	13.50		
				67.90		
SNSG =					1.145399256	
SN = SNSG+0,0394 $\sum s_i \cdot d_i \cdot a_i$ =					3.820659256	
$\log_{10} W_{18}$ =	6.877627					
Pari ad un transito ammissibile W_{18} :			7,544,444	assi da 8t		
a fronte di un transito complessivo di			1,106,380	assi da 8t	VERIFICATO	

La verifica è soddisfatta.