



Comune di Parma



responsabile unico del progetto
Ing. Matteo Mochi

Parma Infrastrutture S.p.a.

progettista
Ing. Valerio Filiberti

Parma Infrastrutture S.p.a.

collaboratori al progetto
Geom. Gianluca Giovati

Ing. Guido Casoli

Geom. Edoardo Schiappa

Parma Infrastrutture S.p.a.

coord. della sicurezza in fase di progettazione
Geom. Federico Comelli

con studio in via Zappati 4, Sala Baganza (PR)

coord. della sicurezza in fase esecutiva
Geom. Federico Comelli

con studio in via Zappati 4, Sala Baganza (PR)

direzione lavori
Ing. Valerio Filiberti

Parma Infrastrutture S.p.a.

PROGETTO ESECUTIVO

Manutenzione stradale straordinaria: fondazione e pavimentazioni strada Forlanini e strade limitrofe - Lotto 3

CUP I97H22002920004 - CUI L00162210348202600012

titolo elaborato:

Relazione Tecnico illustrativa

TAVOLA:

serie	numero
-------	--------

G	1.0
----------	------------

formato	
---------	--

scala	
-------	--

file:	
-------	--

SOMMARIO

1. Introduzione.....	1
2. Normativa di riferimento	2
3. Oggetto dell'appalto e stato manutentivo	2
4. Indagine conoscitiva in sito.....	6
5. Ipotesi di intervento.....	11
6. Opere Opzionali	19

1. Introduzione

La società Parma Infrastrutture S.p.a., soggetta a direzione e coordinamento del Comune di Parma, è stata costituita con atto di C.C. n. 232 del 14/12/2004, ai sensi e per gli effetti dell'art. 113, comma 13 del D.lgs. 267/2000.

In seguito, con atto di C.C. n. 89 del 24/09/2010 è stato autorizzato il trasferimento in dotazione di beni patrimoniali comunali a Parma Infrastrutture Spa; tale elenco è stato ridefinito dapprima con deliberazione di C.C. n. 108 del 30/11/2010 e quindi perfezionato a seguito della convenzione tra Comune di Parma e Parma Infrastrutture S.p.A., stipulata in data 30/11/2010 e successivamente modificata, in ultimo in data 21/12/2012, rep. n. 42793.

La Società si occupa quindi, sulla base di quanto definito in convenzione, della manutenzione ordinaria, straordinaria e della valorizzazione del patrimonio comunale, tra il quale figura in particolare tutta la rete viabilistica con le proprie pertinenze.

La gestione dell'intera rete stradale ha come principale scopo quello di preservare le caratteristiche minime di sicurezza per l'utenza, ciò implica che debbano essere messi in atto interventi quotidiani di manutenzione ordinaria e straordinaria. La Società per far fronte a questi obblighi ha conferito, attraverso un appalto di Global Service, ad un consorzio di imprese la custodia, la vigilanza, l'esecuzione continuativa e giornaliera di manutenzione ordinaria, la programmazione e la realizzazione di interventi di manutenzione straordinaria, ecc.: i report dell'appaltatore sullo stato manutentivo delle strade ha fatto emergere il problema dello scompenso tra fondi a disposizione per l'esecuzione della manutenzione straordinaria e la quantificazione economica delle attività di cui la rete necessita, per questo motivo la Società con una serie di appalti di manutenzione ordinaria e straordinaria sta cercando di colmare questa disparità. Secondo quanto emerge dall'ultimo piano di monitoraggio stradale consegnatoci all'inizio dell'anno, servirebbero circa 31.000.000,00 € per riuscire a ripristinare le condizioni di normale sicurezza alla circolazione sull'intera rete stradale del comune. Come è facilmente capibile il divario tra fondi a disposizione e reali necessità manutentive è molto elevato, perciò è fondamentale un accurato screening dello stato di fatto ed una corretta valutazione delle priorità; all'interno del report manutentivo le porzioni di strade in condizioni manutentive omogenee vengono categorizzate secondo dei colori:

- Verde: stato manutentivo buono
- Giallo: stato manutentivo accettabile
- Rosso: stato manutentivo critico, necessità di intervento

Una delle strade che ha bisogno di più investimenti è strada Forlanini, pertanto sono stati previsti tre lotti di intervento suddivisi in altrettante annualità in modo da aiutare il processo di miglioramento ed efficientamento delle infrastrutture stradali. I lotti presenti nei piani triennali dei lavori pubblici sono di seguito elencati:

- Lotto 1 – 2023: 1.000.000,00€
- Lotto 2 – 2024: 1.000.000,00€
- Lotto 3 -2026: 500.000,00€

2. Normativa di riferimento

Nel redigere il presente elaborato si è tenuto conto delle normative e raccomandazioni tecniche riportate di seguito:

- UNI EN 13108 – Specifiche per le miscele bituminose;
- UNI EN 13242:2008 – Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade;
- UNI EN UNI 11531-1:2024 - Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture - Criteri per l'impiego dei materiali;
- Direttiva 89/106/CEE;
- CNR – B.U. 178/95 "Catalogo delle pavimentazioni stradali";
- DM n.63 del 11 marzo 2020;
- D.M. 5 agosto 2024 "Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento del servizio di progettazione ed esecuzione dei lavori di costruzione, manutenzione e adeguamento delle infrastrutture stradali" (G.U. Serie Generale n. 197 del 23-8-2024) e ss.mm.ii.

3. Oggetto dell'appalto e stato manutentivo

Come precedentemente indicato nell'ambito delle attività di monitoraggio sulla rete stradale eseguite dal Global Strade, sono emerse diverse criticità sugli ambiti più periferici della città: una delle strade che presenta particolari problemi è via Forlanini-Franklin. La strada è l'asse centrale del quartiere artigianale SPIP ed è soggetta ad un elevato volume di traffico pesante che nel corso degli anni ha provocato evidenti danneggiamenti

dell'infrastruttura stradale, mettendo in risalto l'inadeguatezza degli strati più profondi di fondazione.

La strada può essere suddivisa funzionalmente in 5 tratti:

1. Tratto 1: compreso tra la rotatoria con via Colorno (Asolana) e la rotatoria con via Paradigna: la strada ha una larghezza media di circa 12.5mt ed una lunghezza di 400 metri. Il tratto è caratterizzato dalla presenza di accessi alle attività artigianali di forte attrattività che convogliano un numero enorme di veicoli pesanti destinati al trasporto merci, questi flussi hanno causato nel tempo forti ammaloramenti diffusi che sono accentuati dalla presenza di molti chiusini per sottoservizi;
2. Tratto 2: compreso tra la rotatoria con via Paradigna e la rotatoria con via dell'Artigianato: carreggiata di larghezza media di circa 11.5mt ed una lunghezza di 600 metri. Il tratto è caratterizzato da un sovrappasso ferroviario che ne limita la visibilità, mentre la larghezza minima delle corsie fa sì che i mezzi pesanti occupino l'intera porzione di carreggiata destinata al loro senso di marcia anziché transitare su di una corsia;
3. Tratto 3: compreso tra la rotatoria via dell'Artigianato e quella con via del Commercio: carreggiata di larghezza media di circa 12mt ed una lunghezza di 250 metri. Il tratto è di più recente costruzione rispetto ai precedenti ma presenta comunque problemi di ammaloramento diffuso;
4. Tratto 4: compreso tra la rotatoria con via del Commercio e strada Ugozzolo: carreggiata di larghezza media di circa 12mt ed una lunghezza di 500 metri. Anche questo tratto è di più recente costruzione rispetto ai precedenti ma presenta comunque problemi di ammaloramento diffuso, inoltre la presenza di civili abitazioni e del cimitero provoca maggiori disagi al traffico leggero e alla qualità della vita quotidiana;
5. Tratto 5: è il tratto che cambia denominazione e diviene via Franklin ed arriva fino a strada Burla: carreggiata di larghezza media di circa 11mt ed una lunghezza di 700 metri. Anche questo tratto presenta notevoli problematiche ed è la strada di accesso a molte attività artigianali presenti nel quartiere SPIP (comparto la "Cittadella" e comparto di via Nobel);
6. In quest'asse stradale si rileva quindi la presenza di 4 rotatorie di competenza manutentoria Comunale che necessiteranno di una manutenzione ancor più

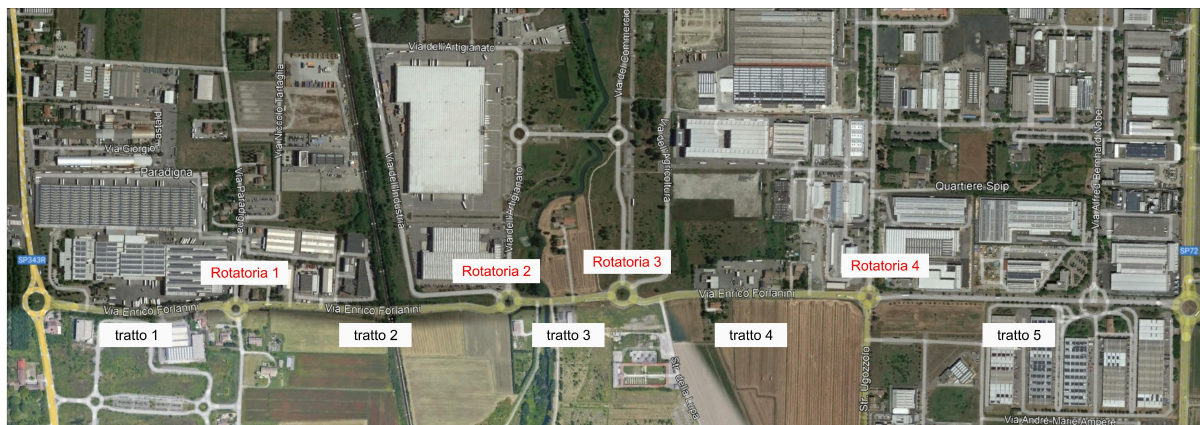
**MANUTENZIONE STRADALE STRAORDINARIA: FONDAZIONE E PAVIMENTAZIONI STRADA
FORLANINI E STRADE LIMITROFE – LOTTO 3**

Progetto Esecutivo

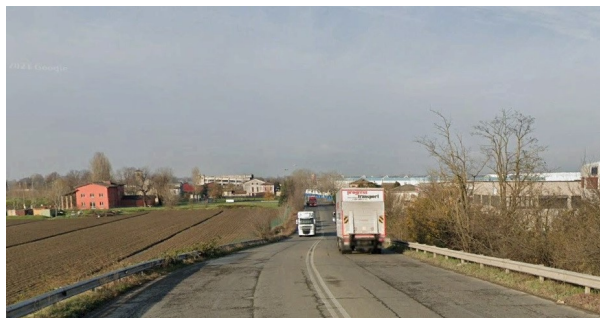
Relazione Tecnico Illustrativa

accurata, visto che le spinte tangenziali a cui sono soggette provocano scivolamenti e refluimenti degli strati bituminosi.

Nell mappa sottostante sono indicati i tratti precedentemente descritti:



La strada ha una lunghezza di circa 2.500mt una sezione stradale variabile tra 11,5m e 13m; il Piano Urbano del Traffico del Comune di Parma classifica la strada come urbana di scorrimento, tipo D. La sezione è divisa in 4 corsie di 2,75mt, che sono insufficienti ad accogliere correttamente il traffico a cui è soggetta, per questo motivo non si ha una distribuzione dei flussi ordinata, ma gli assi dei veicoli transitano a cavallo della linea di mezzera provocando ammaloramenti nel centro delle corsie e non sui margini come succede abitualmente;



Il tratto di strada che verrà preso in esame nel presente appalto identificato come lotto 3 – annualità 2026 è il **n. 5 ossia quello che va da via Ugozzolo a via Burla (SP72)**, tratto in cui la strada cambia denominazione e diviene via Franklin, sarà interessato anche un tratto di via Nobel che conduce ad importanti attività artigianali e logistiche.

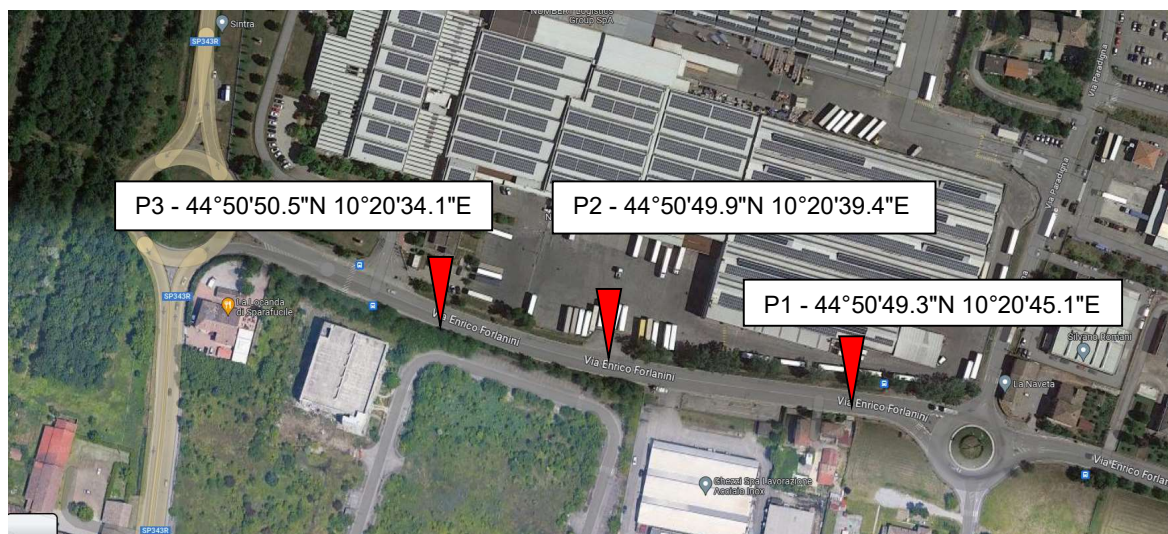


Il tratto di strada oggetto di indagine (circa 700 m) è il tronco compreso tra Strada Ugozzolo sul lato ovest e la rotatoria di intersezione con via Burla (SP 72) sul lato ovest, con andamento sostanzialmente est - ovest; la strada è classificata dal PGU come categoria D, ossia strada urbana di scorrimento, ha una carreggiata costituita da 2 corsie per senso di marcia, con una larghezza totale del piano viabile tra i 11,00 ed i 11,25 m. Sul lato nord è presente un marciapiede separato dalla carreggiata da una aiuola larga circa 3m in cui sono alloggiati i pali di illuminazione pubblica, mentre sul lato sud è presente una aiuola che divide la strada dal comparto artigianale "Cittadella" il cui ingresso è posto in corrispondenza dell'intersezione con via Nobel. Non sono presenti altri accessi con strade o carrai e considerato che il precedente lotto ha interessato una parte di strada prospiciente alla rotatoria con strada Ugozzolo e che la rotatoria con via Burla non fa parte del demanio stradale comunale, sarà possibile gestire la viabilità del cantiere con minori disagi e maggiore efficienza. Il piano viabile risulta a prima vista interessato da fenomeni degenerativi piuttosto estesi, che vanno dalle fessure leggere a quelle pesanti, ma rispetto ai tratti relativi ai precedenti interventi non si riscontrano sfondamenti estesi. I fondi stanziati per l'esecuzione di quest'ultimo lotto sono inferiori a quanto destinato alle medesime attività negli anni precedenti, inoltre l'entrata in vigore della normativa CAM stradali ha imposto nuovi limiti e obblighi in merito all'utilizzo di materiali da costruzione

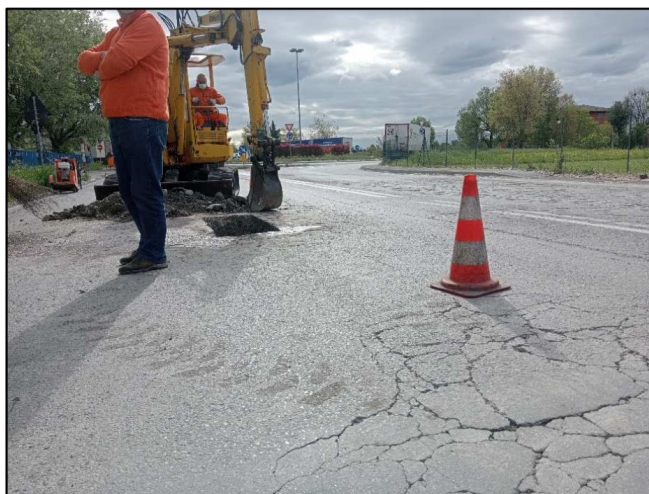
che influenzano notevolmente la fase progettuale, pertanto è necessario descrivere in modo accurato la fase di studio e progettazione della piattaforma.

4. Indagine conoscitiva in sito

Per definire le attività manutentive necessarie alla corretta riqualificazione della strada è stata condotta un'indagine conoscitiva per valutare nel dettaglio la tipologia di fenomeni degenerativi presenti tramite l'esecuzione di 3 pozzetti esplorativi.



Si è deciso di distribuire in maniera omogenea i tre siti di indagine lungo la tratta oggetto dello studio in modo da avere una panoramica più attendibile possibile dello stato di fatto. Il primo pozzetto esplorativo, come indicato nella mappa precedentemente riportata, è stato realizzato a pochi metri dall'incrocio con Via Paradigna, in direzione Strada Asolana. In questo tratto di strada è possibile osservare diffuse fessurazioni pesanti, soprattutto in corrispondenza della corsia "lenta".



La struttura viaria osservata è costituita, partendo con la descrizione dal piano viabile da:

- 10 cm in conglomerato bituminoso, suddiviso in almeno 2 strati, riconducibili all'ultimo intervento di manutenzione straordinaria effettuato;
- 7 cm circa di vecchio conglomerato bituminoso, in strati ormai irriconoscibili, dall'aspetto poco coerente;
- 65 cm di materiale ghiaioso in matrice limo sabbiosa, con granulometria eterometrica e diametro massimo dei grani decimetrico;
- 10 cm circa di sabbia fine, probabilmente impiegata in fase costruttiva con funzione "anticapillare" (non proprio lo spessore adeguato in tal senso);
- terreno naturale argilloso, molto umido;



Le verifiche di laboratorio eseguite sul materiale granulare prelevato hanno evidenziato, come già osservato in situ, una curva granulometrica eterogenea con diametro massimo dei grani maggiore di 80 mm ed un contenuto in finissimi (frazione < 63 micron) al di sotto del 5%. La frazione fine (< 0,4 mm) presenta una plasticità ridotta (Indice plastico pari a 6), che consente di classificare il materiale come A1a.

Il materiale terroso di sottofondazione è invece il caratteristico terreno argilloso ad elevata plasticità caratteristico di quest'area, classificabile come A7-6: interessante infine osservare come il contenuto d'acqua misurato su questa argilla sia piuttosto vicino al

valore che ne determina il passaggio dallo stato plastico a quello liquido (umidità riscontrata = 23,4%, limite plastico = 27%).

Anche il secondo pozzetto è stato eseguito nella corsia nord, a circa 150 m dal primo in direzione di Strada Asolana, perché il piano viabile in quel punto risulta affetto da fessurazioni pesanti diffuse su tutta la superficie, con principi di sfondamento localizzati nella zona in adiacenza della banchina, in prossimità di un'area interessata da scavi per sottoservizi.



A livello stratigrafico è stato possibile osservare la seguente struttura:

- 10 cm in conglomerato bituminoso, suddiviso in almeno 2 strati;
- 7 cm circa di vecchio conglomerato bituminoso, in strati ormai irriconoscibili, dall'aspetto poco coerente;
- 66 cm di materiale ghiaioso in matrice limo sabbiosa, con granulometria eterometrica e diametro massimo dei grani decimetrico;
- 10 cm circa di sabbia fine;
- terreno naturale argilloso, molto umido;

In questo caso non si osservano infiltrazioni d'acqua a fondo scavo.

È stato inoltre aperto un pozzetto adiacente a quello appena descritto, spostato verso il ciglio della strada; lo scavo è stato eseguito in un'area interessata da precedenti lavori sui sottoservizi, e, come atteso, presenta una stratigrafia differente. Al disotto della pavimentazione bituminosa (circa 10 cm) abbiamo un riempimento costituito prevalentemente da materiale sabbioso che va a ricoprire direttamente una tubazione.



Le analisi di laboratorio condotte sui materiali prelevati ricalcano quanto già acclarato nel pozzetto n° 1; il materiale ghiaioso costituente la fondazione stradale ha granulometria eterometrica con dimensione decimetrica dei clasti maggiori, la matrice è prevalentemente sabbiosa con ridotta plasticità (materiale classificabile come A1a). Anche qui la sottofondazione è costituita da materiale argilloso molto plastico.

Il terzo pozzetto di ispezione è stato aperto nella semicarreggiata sud in direzione opposta ai precedenti, a circa 100 m dalla rotatoria che interseca Strada Asolana. I fenomeni

degenerativi osservati sono sostanzialmente i medesimi osservati nei precedenti punti di indagine, così come a livello stratigrafico vengono riconosciuti i medesimi orizzonti:

- 10 cm circa in conglomerato bituminoso, suddiviso in almeno 2 strati;
- 9 cm circa di vecchio conglomerato bituminoso, dall'aspetto poco coerente;
- 72 cm di materiale ghiaioso in matrice limo sabbiosa, con granulometria eterometrica e diametro massimo dei grani decimetrico;
- 10 cm circa di sabbia fine;
- terreno naturale argilloso, molto umido;

Così come nel pozzetto 1, anche in questo caso la base dello scavo si è rapidamente riempita di acqua, che permea la struttura già dallo strato ghiaioso.



Se a livello stratigrafico la situazione osservata ricalca quanto evidenziato dai 2 pozzetti esplorativi precedentemente descritti, in questo caso le analisi di laboratorio hanno evidenziato una certa differenza nella tipologia di ghiaia impiegata, sempre di grossa pezzatura, ma con una matrice fine meno sabbiosa e leggermente più plastica, tanto da qualificare il materiale non più come A1a, ma come A 2-4 (parliamo comunque di differenze minime in termini di indice plastico, che passa dal 6% al 9%). Nessuna differenza per quanto concerne il materiale della sottofondazione, sempre argilloso e molto plastico (classificabile ancora come A 7-6), ancora molto bagnato (W 27%).

Nel corso delle lavorazioni eseguite nel corso del 2025, inerenti al secondo lotto di interventi realizzatesi nel tratto tra strada Ugozzolo e strada dell'Agricoltura, si è riscontrato un cambiamento delle condizioni del sottofondo:



durante lo svolgimento delle lavorazioni è stata riscontrata la presenza di scavi relativi a sottoservizi sotto la strada, il cui riempimento era stato eseguito con un buon materiale legato, ciò a permesso di ottenere delle economie che sono state utilizzate per eseguire la manutenzione nel primo tratto di via Franklin. Lo strato bituminoso di circa 15/18 cm era poggiato su una fondazione non legata di ghiaia di granulometria variabile e caratteristiche di portanza migliori di quanto identificato nel primo tratto. Inoltre non sono stati identificati strati bagnati o soggetti ad azione costante di acqua di falda o meteorica di infiltrazione.

Queste caratteristiche pongono le basi per uno studio differente rispetto a quanto previsto nei tratti riferiti ai precedenti interventi.

5. Ipotesi di intervento

Il tratto di strada esaminato come già specificato in precedenza presenta fenomeni di fessurazione della superficie bituminosa e le indagini eseguite confermano che gli strati bituminosi non sono più idonei ad assolvere alle funzioni per cui sono stati realizzati.

La strada è classificata come urbana di scorrimento, tipo D.

Tab.1 - Classificazione delle strade secondo il Nuovo Codice della Strada e le Norme CNR

NUOVO CODICE DELLA STRADA	NORME CNR
A) Autostrade extraurbane " urbane	Strade tipo I e II " primarie
B) Strade extraurbane principali	Strada tipo III
C) " " secondarie	" " IV, A, V, VI e B
D) " urbane di scorrimento	Strade urbane di scorrimento
E) " " di quartiere	" " " quartiere
F) " extraurbane locali " urbane locali	Strada tipo C Strade urbani locali

MANUTENZIONE STRADALE STRAORDINARIA: FONDAZIONE E PAVIMENTAZIONI STRADA FORLANINI E STRADE LIMITROFE – LOTTO 3

Progetto Esecutivo

Relazione Tecnico Illustrativa

Per procedere al corretto dimensionamento della piattaforma è necessario definire il numero di assi standard equivalenti da 120kN che transiteranno durante il corso della vita utile dell'infrastruttura, ossia 20 anni (limite minimo stabilito dal Decreto CAM).

Per la determinazione del numero di assi standard equivalenti da 120 kN si procede alla quantificazione dei singoli coefficienti di equivalenza rispetto alle tipologie di veicoli previsti nello spettro di traffico per la tipologia di strada di riferimento di cui al Catalogo italiano delle pavimentazioni stradali (Bollettino Ufficiale CNR n.178 del 1995). I coefficienti di equivalenza per le singole tipologie di veicoli vengono successivamente pesati sulla base dello spettro di traffico al fine della determinazione del coefficiente di equivalenza complessivo.

Sulla base dei dati di traffico disponibili, il traffico nell'ora di punta è pari a 750 veicoli per direzione di marcia.

Per determinare il TGM il traffico giornaliero medio si applica la formula empirica:

$$TGM = \frac{\text{Traffico Ora di Punta}}{0.15}$$

E si ottiene una **TGM pari a 5000 veicoli giorno** per direzione di marcia.

Se si considera una percentuale di incidenza cautelativa di mezzi pesanti pari al 20% si ottiene un TGM di soli veicoli pesanti pari a 1000 veicoli per direzione di marcia.

I veicoli vengono differenziati dalla norma come di seguito indicato in tabella:

Tab. 2 - Tipi di veicoli commerciali, numero di assi, distribuzione dei carichi per asse.

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
12) " " "	"	↓60	↓110		↓90
13) mezzi d'opera	"	↓50	↓120		↓130
14) autobus	2	↓40	↓80		
15) " "	2	↓60	↓100		
16) " "	2	↓50	↓80		

Per definire la distribuzione percentuale di dette tipologie di veicoli all'interno del TGM dei soli veicoli commerciali basta applicare i dati riportati nella tabella sottostante, inserita

MANUTENZIONE STRADALE STRAORDINARIA: FONDAZIONE E PAVIMENTAZIONI STRADA FORLANINI E STRADE LIMITROFE – LOTTO 3

Progetto Esecutivo

Relazione Tecnico Illustrativa

sempre nella norma, che differenzia gli spettri di traffico in base alla tipologia di strada, nel nostro caso deve essere considerata la riga relativa a strade urbane di scorrimento (tipo 6).

Tab. 3 - Tipici spettri di traffico di veicoli commerciali per ciascun tipo di strada.

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	---

Per il calcolo degli N_{ESAL} da 120 kN si considera la seguente formula:

$$N_{ESAL} = EF_j \cdot \left(\sum_{i=0}^n (365 \cdot TGM \cdot p \cdot p_d \cdot d \cdot (1+R)^n) \right)$$

in cui: TGM è il traffico giornaliero medio, p è la percentuale di mezzi pesanti, p_d il fattore di distribuzione del traffico per senso di marcia, d il fattore correttivo per dispersione delle traiettorie, R è il tasso di incremento assunto pari all'2% e n rappresenta la vita utile ipotizzata. La somma di tutti i numeri di assi equivalenti standard relativi ai singoli veicoli consente di ricavare $N_{ESA, TOT} = N_{MAX}$, ovvero, il numero di ESA che si prevede la pavimentazione sia in grado di sopportare durante la sua vita utile.

Nella tabella sottostante è rappresentato il calcolo $N_{ESA, TOT}$ calcolato applicando le indicazioni rappresentate alla formula sovrastante:

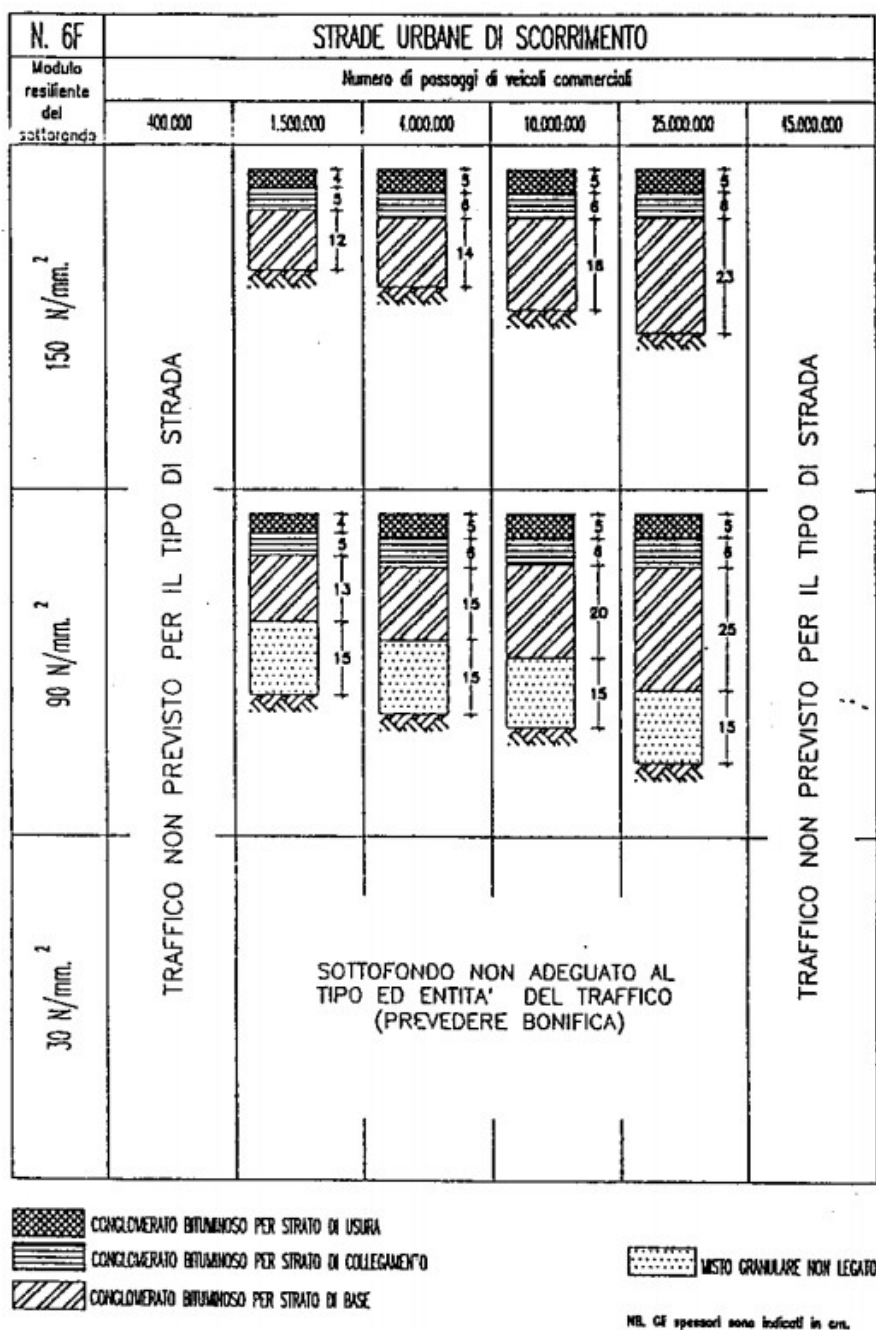
calcolo traffico cumulato in vita utile							
TGM	5000	p	20%	pd	1	d	1
R	2%	n	20				
spettro di traffico	1	2	3	13	14	15	tot
%	18,20%	18,20%	16,50%	1,60%	18,20%	27,30%	100,00%
traffico	182	182	165	16	182	273	1000
Assi (kN)	10	15	40	50	40	60	
				120			
	20	30	80	130	80	100	
				130			
				130			
Fattore di equivalenza							
120kN	0,0022	0,0042	0,2099	3,8606	0,2099	0,7362	
N _{esal, veic}	217,1653	414,5882	18784,2	33502,03	20719,54	109007,1	
N _{esal, Tot 120kN}	182644,6142						

MANUTENZIONE STRADALE STRAORDINARIA: FONDAZIONE E PAVIMENTAZIONI STRADA FORLANINI E STRADE LIMITROFE – LOTTO 3

Progetto Esecutivo

Relazione Tecnico Illustrativa

Il Numero totale passaggi di veicoli commerciali durante la vita utile è di circa 550.000,00 che corrispondono ad un numero di assi equivalenti veicolo da 120 kN pari a 182.645: questo dato di partenza è necessario per l'utilizzo del Catalogo italiano delle pavimentazioni stradali (Bollettino Ufficiale CNR n.178 del 1995) per definire le caratteristiche minime della pavimentazione da realizzare.



La tabella soprastante è relativa alle strade urbane di scorrimento, ed utilizzando i dati di input relativi ad ogni caso oggetto di studio, vengono indicate le sezioni idonee per

sopportare i relativi carichi di traffico. Considerando che stiamo agendo sulla manutenzione di una strada esistente e che non possiamo considerare il tipo di traffico che realmente è presente sulla strada perché la norma non lo prevede, è necessario prendere in esame la colonna relativa a 1.500.000 di veicoli commerciali e la riga relativa al modulo resiliente del sottofondo pari a 90N/mm²: in queste condizioni il Catalogo indica come soluzione progettuale idonea il pacchetto costituito da:

- 15 cm di misto granulare non legato;
- 13 conglomerato bituminoso per strato di base;
- 5 conglomerato bituminoso per strato di binder;
- 3 conglomerato bituminoso per strato di usura.

Di seguito è necessario procedere ad un'analisi in merito a quanto definito dal D.M. n. 279 del 5 agosto 2024 e ss.mm.ii., tra cui il D.M. 11 settembre 2025, (Decreto CAM) in cui sono stati individuati per le pavimentazioni stradali materiali, geometrie e lavorazioni compatibili con i criteri ambientali minimi delle infrastrutture stradali di cui alle suddette norme.

Uno dei criteri cardine della norma è relativo alla Temperatura di posa degli strati in conglomerato bituminoso (CRITERIO 2.2.3), questo ci impone di prendere in esame per la realizzazione delle opere Strati di usura, binder e base tipo warm.

L'utilizzo di tecniche "warm" negli strati di usura, binder e base comporta una riduzione di emissione di CO₂ e altri inquinanti grazie alle minori temperature operative, di miscelazione e compattazione, che possono ridursi di diverse decine di gradi rispetto alle miscele tradizionali; tale criterio è soddisfatto grazie alla presenza di riduttori di viscosità all'interno della matrice bituminosa. L'utilizzo di miscele "warm" implica che la miscela in fase di esercizio possa essere soggetta a problematiche di ormaiamento che possono generarsi alle alte temperature a causa della presenza di riduttori di viscosità, per far fronte a tale problematica è consigliato l'uso simultaneo di polimeri elastomeri termoplastici che incrementando le prestazioni del bitume ovviano a questa problematica. Gli elastomeri termoplastici SBS sono attualmente i polimeri più utilizzati nella modifica dei bitumi, grazie alla loro capacità di conferire ottima lavorabilità alle alte temperature, migliore resistenza alle sollecitazioni meccaniche ed un buon comportamento elastico. La sigla stessa indica la configurazione dell'elastomero, un copolimero a blocchi stirene-butadiene-stirene. Ad elevate concentrazioni del polimero

(tipicamente del 5-6% per modifica tipo HARD) si forma una matrice polimerica continua nella quale il bitume funge da agente plastificante; le proprietà di questo sistema dipendono principalmente da quelle del polimero.

Il bitume così ottenuto consente alla miscela in c.b. di avere un'elevata elasticità e flessibilità con conseguente recupero delle deformazioni, maggiore flessibilità a freddo, resistenza alle variazioni termiche e conseguentemente maggiore durabilità e vita utile.

Il minore impatto ambientale di questa tecnologia è evidente sia in termini di risparmio di risorse energetiche sia in termini di riduzione delle emissioni inquinanti in atmosfera come visibile dalla figura sottostante.



Figura 5-1. Lavorazione a) temperature ridotte "warm" b) lavorazione standard $T > 160^{\circ}\text{C}$

Un altro sistema per rispettare la norma è quello di considerare conglomerati bituminosi posati a freddo: un sistema ritenuto molto utile per gli strati di base è il conglomerato bituminoso fresato stabilizzato con emulsione bituminosa modificata e cemento, che permette di irrigidire il pacchetto aumentandone la resistenza a fatica oltre a costituire un valido supporto per gli strati superficiali. Un'emulsione è composta da due liquidi, uno disperso nell'altro sotto forma di goccioline o di piccoli globuli. Le più comuni emulsioni bituminose sono formate da goccioline di bitume disperse in fase acquosa continua, nella quale le particelle di bitume non possono coagularsi a causa della presenza di una sostanza attiva in superficie (un emulsionante) che forma una pellicola protettiva intorno alle particelle. Dopo aver realizzato la miscela con il materiale, l'acqua viene eliminata e le particelle di bitume si accorpano, formando una pellicola ininterrotta che si deposita sulla superficie dell'aggregato. Si dice comunemente che l'emulsione "rompe"; questo fenomeno è provocato da:

- perdita di acqua attraverso l'evaporazione o l'assorbimento da parte del materiale che viene miscelato;

- coagulazione chimica dovuta ad un processo di reazione tra l'emulsione e l'aggregato;
- disturbi meccanici provocati da eccessive pressioni di pompaggio, processi di miscelatura e sforzo di costipamento;
- composizione chimica dell'emulsione.

L'uso di emulsioni bituminose permette al bitume di ricoprire le particelle di aggregato e di materiale riciclato e permette altresì di compattare la miscela a freddo. Idealmente, una volta che la miscela di conglomerato bituminoso è stata compattata in uno strato, il bitume viene a formare un'unica fase continua con le particelle di aggregato, il sistema, quindi, si comporta in modo del tutto identico ad un conglomerato messo in opera e compattato a caldo. Per migliorare le proprietà dei conglomerati a freddo si utilizzeranno i leganti idraulici come il cemento Portland. La qualità del materiale risultante, le sue proprietà meccaniche e la sua lavorabilità non dipendono solamente dal tipo di emulsione e di aggregato utilizzati ma anche dal processo di idratazione del cemento. È quindi importante considerare come si comporta l'emulsione bituminosa in presenza di cemento. È possibile descrivere la serie di reazioni che nascono nel sistema "emulsione bituminosa (acqua + bitume) - cemento" mediante un sistema a tre fasi:

- fase 1: idratazione del cemento (reazione tra cemento e acqua) con formazione di idrati;
- fase 2: "rottura" dell'emulsione per consumo dell'acqua;
- fase 3: il bitume prodotto dal processo di "rottura" dell'emulsione si deposita sui cristalli di cemento idrato, a questa fase segue immediatamente il processo di coesione fra le particelle di bitume.

Per aumentare i benefici ambientali del prodotto si può prevedere l'utilizzo di fresato d'asfalto, pertanto, durante la fase 3 il bitume rivestirà le particelle di aggregato insieme ai cristalli di cemento idrato. Ci sarà quindi una "rottura" tradizionale dell'emulsione bituminosa dopo la "rottura" chimica indotta dal processo di idratazione del cemento. La matrice legante si irrigidisce grazie alla presenza dei cristalli di cemento migliorando le caratteristiche meccaniche della miscela e la sua resistenza a fatica anche grazie all'azione combinata del bitume modificato contenuto nell'emulsione. Il legante idraulico favorisce la rottura dell'emulsione bituminosa e genera un più rapido indurimento della miscela ed un irrigidimento del materiale grazie agli idrati di cemento che si sono formati.

Quella che si viene a formare è una miscela con caratteristiche intermedie tra un conglomerato bituminoso ed un misto cementato tradizionale.



Foto A. materiale appena posato

Foto B. materiale umido

Foto C. materiale asciutto

L'innescio e la corretta evoluzione dei fenomeni sopra illustrati che avvengono all'interno della miscela è fondamentale per la buona riuscita delle lavorazioni per tale motivo è fondamentale l'attuazione delle corrette operazioni di posa:

- posa con vibrofinitrice con piani riscaldati ad un massimo di 70 gradi, vibrazione inferiore al 30% e velocità di 4 metri al minuto;
- rullatura con tre differenti rulli, ferro-ferro da 16ton, ferro-gomma da 19ton e gomma-gomma da 22ton;
- finita la rullatura ed innescato il processo si deve attendere l'asciugatura del prodotto.



Rulli per esecuzione lavori

Le attività progettuali scelte per soddisfare le disposizioni del Decreto CAM sia dal punto di vista ambientale che dal punto di vista della durata minima delle pavimentazioni possono essere così riassunte:

- fresatura dei 15cm medi di conglomerato bituminoso danneggiato
- scarifica meccanica di ulteriori 10cm di massicciata stradale
- posa di uno strato di 15 cm di Ecobase a freddo;
- posa di 7cm di Binder tipo WARM con bitume modificato HARD
- posa di 4cm di Usura ANAS fuso B tipo WARM con bitume modificato HARD

Con il budget disponibile saranno eseguite le lavorazioni relative a:

- Intera carreggiata del tratto stradale compreso tra via Uguzzolo e via Nobel (esclusa) quindi per circa 400m

Nell'immagine sottostante è riportata con il colore rosso l'area di intervento.



Il cantiere sarà suddiviso in più fasi realizzative in modo da consentire il transito veicolare parzializzando la carreggiata.

6. Opere Opzionali

Come precedentemente analizzato la strada oggetto del presente progetto ha necessità manutentive urgenti e molto impattanti dal punto di vista economico, che riguardano l'intera estensione dell'infrastruttura, per tale ragione sarebbe necessario procedere all'esecuzione delle lavorazioni, individuate come idonee al ripristino della portanza stradale di questa importante arteria, in più ampie porzioni di strada rispetto a quanto previsto in questo e nel precedente lotto, in modo da ripristinare su tali aree l'ordinaria sicurezza alla transitabilità della stessa.

MANUTENZIONE STRADALE STRAORDINARIA: FONDAZIONE E PAVIMENTAZIONI STRADA FORLANINI E STRADE LIMITROFE – LOTTO 3

Progetto Esecutivo

Relazione Tecnico Illustrativa

A tale scopo si prevedono alcune opere opzionali che saranno affidate all'impresa, successivamente all'aggiudicazione, solamente se saranno reperiti ulteriori fondi da investire nel progetto:

- Si procederà alla manutenzione superficiale della restante parte di strada (fino al collegamento con la rotatoria di via Burla) in modo da garantire una durata di vita utile pari a 5 anni, che permetterà di reperire i fondi necessari per procedere al completamento dell'attività manutentiva dell'arteria. Le attività previste saranno:
 - fresatura di 3cm medi di conglomerato bituminoso danneggiato per una estensione di 215m;
 - fresatura di ulteriori 7cm medi di conglomerato bituminoso nelle zone più ammalorate per una estensione di circa 65m;
 - posa di 7cm di Binder tipo WARM con bitume modificato HARD nelle zone più ammalorate;
 - posa di 4cm di Usura ANAS fuso B tipo WARM con bitume modificato HARD in tutti i 215m.

