



COMUNE DI PARMA
SETTORE OPERE PUBBLICHE



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. Michele Simonetti

con studio in strada della Repubblica 77, Parma

coord. della sicurezza in fase esecutiva
Geom. Michele Simonetti

con studio in strada della Repubblica 77, Parma

progettista
Ing. Valerio Filiberti

Parma Infrastrutture S.p.a.

PROGETTO ESECUTIVO

ACCORDO QUADRO MANUTENZIONE STRAORDINARIA E ORDINARIA RETE STRADALE DEL COMUNE DI PARMA 2026

CUI L02346630342202400003 - CUP D97H26000040005

titolo elaborato:

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

TAVOLA:

serie	numero
G	1.0
formato	
scala	
file:	

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.

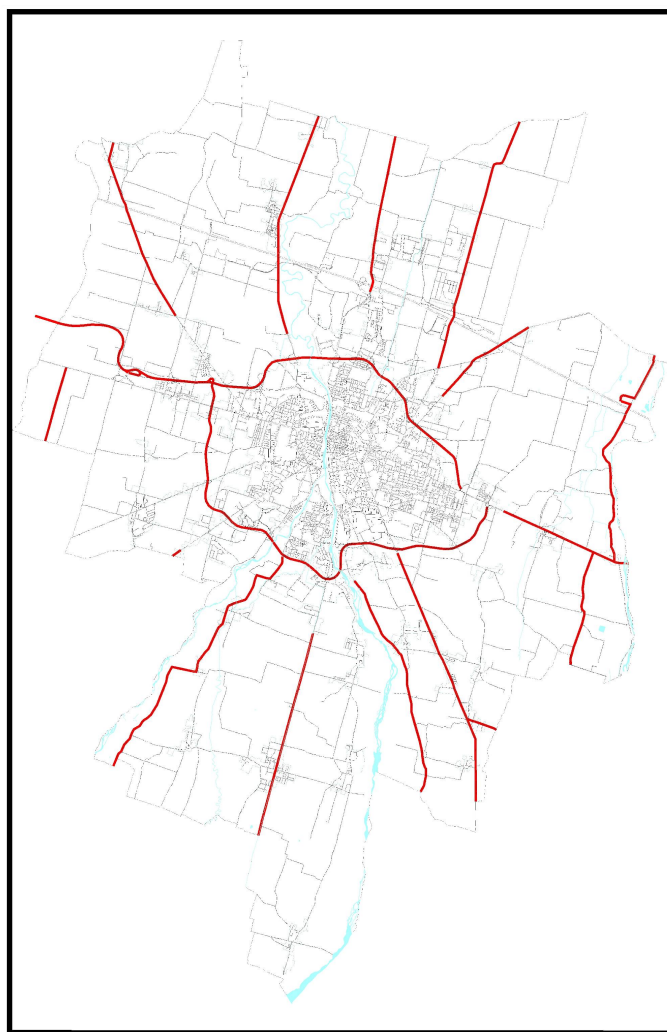
La gestione dell'intera rete stradale ha come principale scopo quello di preservare le caratteristiche minime di sicurezza per l'utenza, ciò implica che debbano essere messi in atto interventi quotidiani di manutenzione ordinaria e straordinaria. La Società per far fronte a questi obblighi ha conferito, 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 questo disparità, ed è proprio in questo ambito che si inserisce il presente Accordo Quadro. Secondo quanto emerge dall'ultimo piano di monitoraggio stradale consegnatoci all'inizio dell'anno, servirebbero circa 27.000.000,00 € 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; interventi che sarebbero più funzionali se attuati in un medesimo

momento, o che necessitano l'intervento su ampie porzioni, sono spesso frammentati in più anni per questi motivi, non raggiungendo così il massimo beneficio.

L'evoluzione delle condizioni di manutenzione delle strade ha un andamento variabile e repentino che segue il cambiamento degli eventi metereologici e la tipologia di appalto di Accordo Quadro permette di far fronte alle necessità che si presentano di volta in volta e che in fase di stesura del progetto non sono ipotizzabili.

2. Consistenza dei beni e stato manutentivo

La consistenza dei beni facenti parte della rete stradale del Comune di Parma è desumibile dal catasto delle strade in cui sono riportate, per singola via, le caratteristiche tecniche, geometriche e materiche. Per dar modo alle imprese partecipanti di capire l'abito di intervento del presente Accordo Quadro si riportano di seguito le caratteristiche generali del territorio comunale di Parma:



- Il Comune di Parma si sviluppa in un territorio prevalentemente pianeggiante ed ha una estensione da Nord a Sud di circa 26km, mentre da Est a Ovest è di circa 18km. L'area più densamente urbanizzata si sviluppa prevalentemente per un raggio di 3km circa dal centro, ossia la porzione di città interna alla tangenziale, ma esternamente ad essa ha ampi spazi di campagna con strade lunghe e tortuose ed alcune aree artigianali.
- Le caratteristiche peculiari della rete stradale sono di seguito riportate:
 - Rete stradale di estensione pari a circa 930 km di strade (circa 6.000.000 mq di superficie complessiva di cui 5.650.000 mq in conglomerato bituminoso il restante in materiale lapideo o autobloccante). All'interno del patrimonio infrastrutturale si differenziano le strade in base alla loro patrimonialità:
 - 830 km di strade appartenenti al demanio stradale comunale.
 - 55 km di strade Private con Servitù di Pubblico Passaggio sottoscritta dal Comune di Parma.
 - 45 km di strade Private (sia chiuse che di collegamento).
 - Piste ciclabili: circa 150 km (375.000 mq di superficie complessiva)
 - Marciapiedi aree pedonali: circa 500 km (1.200.000 mq di cui circa 700.000 mq in conglomerato bituminoso il restante in materiale lapideo o autobloccante).
 - 408 opere d'arte tra ponti, viadotti o opere d'arte minori.
 - Le strade facenti parte del patrimonio stradale sono circa 2250;
 - Gli svincoli della Tangenziale rientrano in parte nelle competenze manutentorie Comunali ed in parte nelle competenze di ANAS (vedi allegato C), ma è in corso un dialogo tra Comune di Parma ed ANAS affinché la loro competenza manutentoria rientri in capo al Gestore Principale in modo da non avere alcuna interferenza tra enti, così come successo per la Tangenziale a SUD con il DM del 2021 (le aree di svincolo sono delimitate con apposita segnaletica di inizio/fine competenza ANAS)

3. Tipologie di intervento e possibili aree di intervento

A titolo esemplificativo e non esaustivo, l'Accordo Quadro comprende le seguenti tipologie di intervento:

1. interventi di manutenzione su strade con pavimentazione bitumata e/o in pietra o pavimentazione speciale;



Esempio di strada su cui intervenire

2. interventi di manutenzione su marciapiedi e piste ciclabili con pavimentazione bitumata e/o in pietra o pavimentazione speciale;
3. interventi di manutenzione su piste ciclabili in sede propria, su marciapiedi e su carreggiate stradali;



Esempio di intervento su marciapiedi con asfalto colato

4. interventi su piazze;



Esempio di intervento su piazze esistenti

5. risezionamento e intubamento fossi stradali;
6. sistemazione di banchine stradali;
7. cordolature ed abbattimento di barriere architettoniche;
8. interventi di manutenzione su strade sterrate.

Come evidenziato all'interno del presente paragrafo le tipologie di lavorazione rientranti nel presente accordo quadro sono svariate, ma allo stato attuale è ipotizzabile che gli interventi possano riguardare la manutenzione di strade in conglomerato bituminoso, sia per interventi di tipo superficiale che di risanamento profondo.

Le aree di territorio che necessitano di manutenzione sono molteplici, ma in questa fase preliminare possono essere previsti interventi nei seguenti quartieri:

- quartiere SPIP: nel corso degli ultimi anni sono state eseguite attività manutentive sulla viabilità principale del comparto, ma restano da completare alcune porzioni di via Forlanini, nonché alcune aree interne, come via Nobel;

- quartiere Fognano: sono necessari interventi in prossimità del centro sportivo (strada chiesa di Fognano), su strade di quartiere limitrofe a piazzale Martin Luther King, nonché su tratti di via Cremonese;
- quartiere Lubiana: sono ipotizzabili interventi su via Picasso e limitrofe nonché su ampie porzioni di via Budellungo.

Questo sono ad oggi priorità manutentive che potrebbero mutare con l'evolvere dello stato manutentivo delle strade facenti parte del patrimonio viabilistico Comunale.

4. Scelta delle attività manutentive da eseguire e modalità operative di studio e controllo delle caratteristiche tecniche delle infrastrutture stradali

In questo paragrafo verrà analizzato nel dettaglio il processo di studio e analisi della manutenzione delle strade in conglomerato bituminoso che rappresentano la parte principale dell'appalto.

Il Consiglio Nazionale delle Ricerche, con il Bollettino Ufficiale n° 125/88, definisce la manutenzione (stradale) "quel complesso di operazioni e attività che ha lo scopo di conservare le caratteristiche funzionali e strutturali delle pavimentazioni nell'arco del periodo di vita utile dell'infrastruttura viaria".

Dal punto di vista operativo risulta ancora più esplicita la definizione generale adottata dalla norma UNI 9910 che definisce la manutenzione quale "combinazione di tutte le azioni tecniche ed amministrative incluse le azioni di supervisione, volte a mantenere o a riportare una entità in uno stato in cui possa eseguire a funzione richiesta".

I passi attraverso cui deve necessariamente passare un piano operativo di manutenzione sono i seguenti:

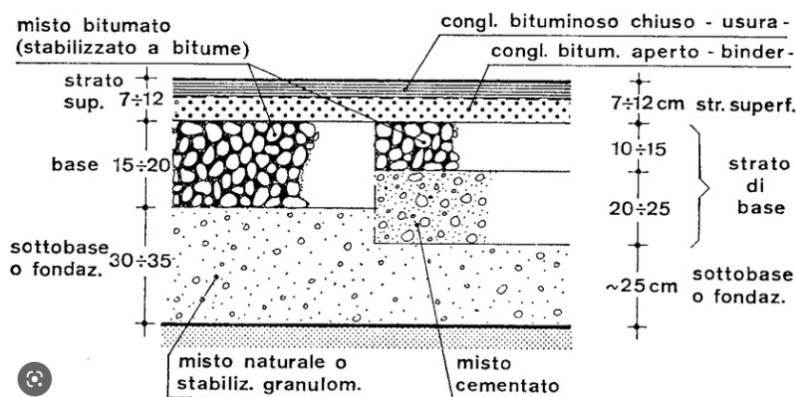
- rilievo dei dati caratteristici;
- esame ed elaborazione dati;
- analisi dei possibili interventi;
- programmazione degli interventi;
- esecuzione degli interventi;
- controlli esecutivi.

Esaminiamo nel dettaglio i passaggi procedurali alla base dello studio di progettazione dei lavori stradali:

4.1 Conoscenza delle caratteristiche dell'infrastruttura stradale

La pavimentazione stradale, in ogni fase di esercizio e nel tempo, deve mantenere inalterata la sua funzionalità. Gli interventi manutentivi devono pertanto consistere nel recupero della sua funzionalità, sia in termini di resistenza strutturale, sia di regolarità e sicurezza del piano viabile. Tali interventi devono essere proposti con l'obiettivo di operare mantenendo i livelli di sicurezza della strada sempre al di sopra dei valori minimi, impegnando le risorse economiche nel modo migliore (più durabilità, minor costo).

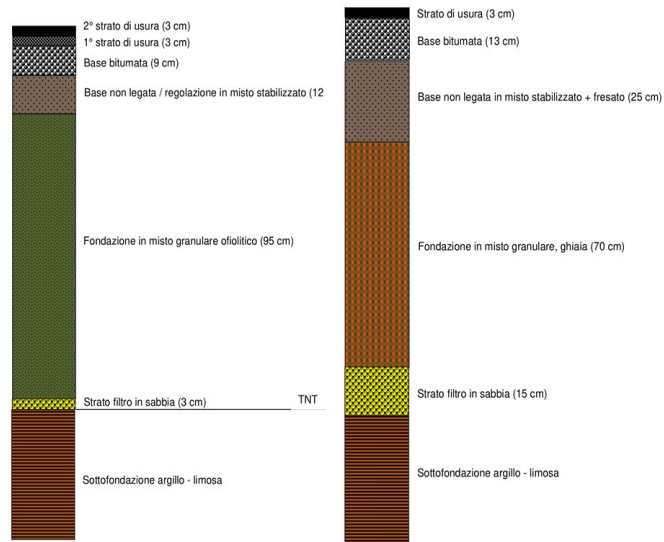
Prima di affrontare qualunque processo decisionale, che ha importanti riflessi gestionali, con implicazioni di carattere economico e sociale, non si può non conoscere lo stato della rete viaria sulla quale si dovrà intervenire, inquadrando correttamente gli obiettivi da raggiungere e disponendo, allo stesso tempo, di tutti gli "input" necessari. Ciò comporta uno studio e un'analisi precisi della situazione esistente, a partire dai quali devono successivamente essere definite le soluzioni tecniche più indicate e specifiche per il tipo di ammaloramento rilevato. Occorre disporre, cioè, del maggior numero di informazioni possibili in merito alla costituzione del corpo stradale, la sua storia, i fattori che hanno influenzato il comportamento nel tempo della sovrastruttura, la composizione e la distribuzione del traffico ed i mutamenti climatici.



Sezione tipologica di una piattaforma stradale

Nell'immagine soprastante è illustrata una sezione tipologica di una piattaforma stradale in cui sono ben evidenti i vari strati che la costituiscono e le varie funzioni che ciascuno di essi hanno: sotto questo punto di vista nel territorio cittadino non abbiamo un archivio dati che ci permetta di conoscere la perfetta stratigrafia delle infrastrutture stradali, pertanto ogni volta che ci troviamo di fronte ad interventi manutentivi di estensioni considerevoli è

necessario uno studio preventivo che passi dalla realizzazione di campagne di indagini in sito (carotaggi, realizzazione di pozzetti ispettivi, ecc.).



Tipico pozzetto ispettivo di una strada di campagna e rappresentazione grafica di carotaggi

Le principali difficoltà riscontrate sul territorio sono:

- totale mancanza di criterio utilizzata per la costruzione delle strade, si riscontrano spesso sottili strati bituminosi (7-8cm) “appoggiati” sopra l'originario strato di terreno, con conseguente ammaloramento diffuso per mancanza di portanza del sottofondo;
- sovrapposizione di più strati consecutivi di usura apposti in anni successivi per livellare la superficie della strada che ha portato alla costruzione di pacchetti bituminosi di 30-40cm senza un corpo coerente e portante.

Non avendo a disposizione elementi progettuali delle strade che compongono la rete stradale del Comune di Parma a seguito della realizzazione di pozzetti ispettivi e carotaggi devono seguire accurate indagini di laboratorio che generalmente si traducono nelle seguenti analisi:

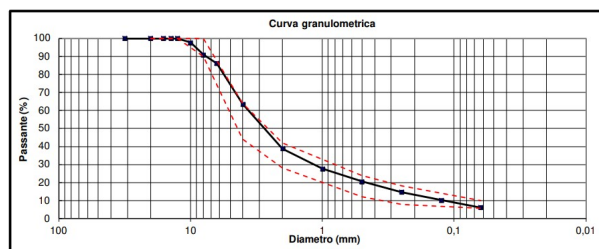
- contenuto d'acqua e classificazione secondo CNR UNI 10006 del terreno di sottofondazione;
- analisi della capacità portante del terreno di sottofondazione al variare dell'energia di costipamento per la determinazione dell'indice CBR al 95% dell'energia Proctor Standard AASHTO T99;

- contenuto d'acqua e classificazione secondo CNR UNI 10006 dei misti granulari costituenti gli strati di fondazione e base non legata;
- analisi della capacità portante al variare dell'energia di costipamento per la determinazione dell'indice CBR al 95% dell'energia Proctor Modificata AASHTO T180 dei misti granulari costituenti gli strati di fondazione e base non legata;
- analisi composizionale e determinazione della percentuale dei vuoti residui degli strati costituenti la parte superiore bituminosa della sovrastruttura.

Stacchi mm	Passante %
31,5	100%
20	100%
16	100%
14	100%
12,5	100%
10	98%
8	91%
6,3	86%
4	64%
2	39%
1	28%
0,5	21%
0,25	15%
0,125	10%
0,063	6,1%

Prescrizioni CSA		
Setacci (mm)	Passante %	
	min	max
20	100	100
16	100	100
12,5	100	100
8	90	100
4	44	64
2	28	42
0,5	12	24
0,25	8	18
0,063	6	10

Analisi	Norma di riferimento	Risultato prova	Prescrizioni CSA
Percentuale di bitume (rif. inerte)	UNI EN 12697-1	6,2	-
Percentuale di bitume (rif. miscela)	UNI EN 12697-1	5,8	4,5 - 6,1



Risultati delle prove inerenti alle analisi sopra descritte sui materiali bituminosi

4.2 Scelte progettuali

Le scelte progettuali condizionano pesantemente i processi di degrado delle pavimentazioni e quindi i criteri di manutenzione. La progettazione di una sovrastruttura stradale, in linea di principio, è simile a quella di una qualsiasi struttura d'ingegneria: noti i carichi trasmessi dai veicoli, in relazione alle caratteristiche dei materiali da utilizzare e del sottofondo, bisogna dimensionare lo spessore dei diversi strati.

I criteri di dimensionamento si possono schematicamente distinguere in empirici e razionali.

- metodi empirici derivano dalle osservazioni sperimentali del comportamento di strutture appositamente realizzate e forniscono i dati relativamente agli spessori dei singoli strati.
- metodi razionali prevedono l'analisi dello stato tensionale e di deformazione prodotto negli strati e nel sottofondo dai carichi di traffico. Consentono la verifica

strutturale di una ipotesi di pacchetto schematizzata come multistrato elastico lineare.

Il tipo e lo spessore degli strati costituenti la sovrastruttura, nonché le caratteristiche di portanza del terreno di sottofondo, condizionano la risposta della struttura alle sollecitazioni indotte dal traffico. Basilare, già in fase di progettazione della sovrastruttura, è adottare gli standard geometrici e costruttivi più appropriati per rispondere adeguatamente ad esigenze di sicurezza e funzionalità.

Altrettanto importante è la partecipazione diretta dei tecnici e degli esperti, che dovranno seguire la manutenzione dell'infrastruttura, ai processi decisionali della progettazione iniziale dell'opera.

Nel territorio in cui ci troviamo ad operare quotidianamente le strade che sono state progettate con l'iter sopra descritto sono molto rare, pertanto, prima di ogni intervento è necessaria un'attenta analisi della situazione in sito ed una progettazione ad hoc dell'infrastruttura. Analizzando le risultanze delle analisi di laboratorio sui materiali prelevati in sito vengono vagliate le varie opzioni di intervento e scelta quella ritenuta migliore come rapporto costi-benefici.

Il processo di studio può essere riassunto con i seguenti passi:

1. analisi della composizione stratigrafica dei pozzetti e/o carote;
2. ricerca di eventuali anomalie strutturali imputabili alle caratteristiche dei materiali utilizzati o alla loro non corretta posa in opera;
3. Analisi del sottofondo e della sua portanza;
4. Ricerca di eventuali singolarità legate a presenza di sottoservizi e infrastrutture;
5. Ricerca delle varie alternative progettuali e analisi del rapporto costi-benefici di ciascuna di esse;
6. Scelta dell'intervento da eseguire.

Nel caso di strade di alta frequentazione e percorrenza nel corso degli ultimi anni è stato proposto il progetto della infrastruttura seguente:

- a) fresatura e completa rimozione degli strati di conglomerato bituminoso costituenti l'attuale pavimentazione flessibile.
- b) fresatura di almeno 35 cm di materiale granulare costituente base non legata e fondazione superiore sulla corsia lenta e trattamento con un dosaggio di cemento 32,5R pari al 3/4% in massa sulla massa secca degli inerti asciutti e l'eventuale

aggiunta di acqua al fine di ottenere il massimo grado di compattazione del nuovo piano di appoggio della pavimentazione flessibile.

- c) rullatura della nuova base in misto granulare cementato con idonei mezzi di compattazione e stesura di mano di impermeabilizzazione in emulsione bituminosa rapida ER50 in ragione di 1,5 kg/m²; dopo almeno 24 ore dalla posa in opera verranno eseguite verifiche della capacità portante con piastra (CNR BU 146) e si dovrà conseguire, sul piano di appoggio del bitumato, modulo md nell'intervallo 0,35 / 0,25 MPa superiore 120 MPa;

posa in opera di tout venant bitumato per la formazione di uno strato di base per uno spessore compreso di 9 cm costituito da un impasto progettato in laboratorio utilizzando bitume modificato tipo soft. Il Tout Venant bitumato dovrà avere composizione granulometrica costituita da aggregati naturali (Resistenza alla frammentazione L.A. < 30 secondo UNI EN 1097-2) e tenore di bitume tali da garantire una percentuale di vuoti ottimale. Lo strato di base MODIFICATO SOFT posto in opera dovrà essere dotato di una percentuale di vuoti residui al termine della rullatura inferiori al 9% (UNI EN 12697-8). Di seguito sono riportati i risultati che l'aggregato dovrà garantire una volta sottoposto alla prova della pressa giratoria:

	Rotazioni	% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
N1	10	11-15
N2	120	4-7
N3	200	>2

- d) posa in opera di binder per la formazione di uno strato di collegamento di spessore compreso di 5 cm costituito da un impasto progettato in laboratorio utilizzando bitume modificato tipo soft, previa stesa di mano d'attacco con emulsione rapida ER 50 in ragione di 0,4 kg/m². Il binder dovrà avere composizione granulometrica costituita da aggregati naturali (Resistenza alla frammentazione L.A. < 25 secondo UNI EN 1097-2) e tenore di bitume tali da garantire percentuali di vuoti ottimali.

	Rotazioni	% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
N1	10	11-15
N2	100	3-6
N3	180	>2

lo strato di collegamento posto in opera dovrà essere dotato di una percentuale di vuoti residui al termine della rullatura inferiori al 8% (UNI EN 12697-8);

- e) posa in opera di manto d'usura dello spessore compreso di 30 mm costituito da una miscela di aggregati naturali (L.A. <25 secondo UNI EN 1097-2) e tenore di bitume tale da garantire percentuale di vuoti ottimale. Le determinazioni con pressa giratoria sul materiale destinato alla formazione dello strato di usura dovranno essere effettuate in fase di progettazione da parte dell'Impresa ed in fase di controllo in corso d'opera da parte della Direzione Lavori corredate da percentuali di bitume ed analisi granulometriche in modo da consentire una valutazione completa del prodotto.

Il manto di usura posto in opera dovrà essere dotato di una percentuale di vuoti residui al termine della rullatura inferiori al 8% (UNI EN 12697-8);

	Rotazioni	% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
N1	10	11-15
N2	120	3-6
N3	210	>2

Per quanto concerne invece le strade di campagna è stato studiato un sistema differente che ha il vantaggio di portarne in discarica limitati quantitativi di materiale, o nel caso in cui le quote altimetriche della strada lo permettano, addirittura non prevede alcun conferimento, ed è quello della riabilitazione in sito dell'infrastruttura con l'impiego di macchinari per la stabilizzazione delle terre. La progettazione di tipo razionale è eseguita con il software Alize LCPC 1.4: utilizzando i dati ricavati dall'analisi dei materiali in sito si

elaborano dei modelli di pavimentazioni, la strada è rappresentata mediante una struttura multistrato avente un comportamento elastico lineare isotropo. In tale modello i vari strati di materiale che costituiscono la struttura hanno spessore costante; solo lo spessore dello strato di appoggio della struttura è assunto come infinito.

Nello sviluppo del progetto del pacchetto stradale ogni strato deve essere necessariamente caratterizzato da tre parametri fondamentali ovvero lo spessore H (espresso in metri), il modulo E di Young o modulo dinamico ed il coefficiente di Poisson (in Alize LCPC indicato come “ ν ”).

Il software utilizzato rende possibile progettare pacchetti stradali con un numero di strati che va da 1 a 15 ed apportare su ogni singolo strato fino a 25 modifiche inerenti spessori e moduli dinamici e prevede la possibilità di inserire varie tipologie di carico, che in questa progettazione è stato lo standard di 13 ton asse (doppie ruote gemellate da 6,5 ton), in modo da avvicinarsi il più possibile i carichi maggiormente penalizzanti indotti dai mezzi agricoli transitanti sulle strade in esame.

La soluzione riabilitativa profonda consiste nella posa in opera di una nuova fondazione superiore, da realizzare attraverso la fresatura degli strati bituminosi profondi da trattare con cemento (ragionevolmente il 4% in peso sul peso secco del materiale fresato). In termini cautelativi, è stato esaminato un modello in cui gli spessori degli strati sono quelli minimi riscontrabili in sito.



Mezzo utilizzato per la stabilizzazione in sito

Il dettaglio stratigrafico e relativi parametri progettuali della soluzione scelta sono i seguenti:

- **sottofondazione** di spessore assunto come infinito, **ν 0,35, Y_g 20 MPa;**

- **fondazione inferiore** in misto ghiaioso, **spessore 15 cm**, **nu 0,35** e **Yg 360 MPa**;
- **nuovo strato di fondazione superiore** in misto granulare cementato **spessore 25 cm**, **nu 0,35** e **Yg 1500 MPa**;
- **nuovo strato di usura (tappetone o binder chiuso)** di **spessore 8 cm**, **nu 0,35** e **Yg 5000 MPa**;

Una volta ricostruita la stratigrafia della sezione indagata, attraverso il software è stato possibile calcolare i valori di stress e tensione sul piano orizzontale ed i valori massimi di deformazione e stress nella direzione ZZ ottenendo così valore di deflessione sul piano viabile (espresso come mm/100) riportato nella tabella seguente:

Alize-Lcpc - Design of pavement structures according to the French Lcpc-Setra rational method					
Description of the calculation - data Structure : direct input - file origin : \\...\\...\\modifica_cem.pesante.dat - title of the study : no title					
- load data : - standard 65 kN dual-wheel axle - vertical pressure : 0,6620 MPa - contact radius : 0,1250 m - dual-wheel spacing : 0,3750 m					
units: m, MN and MPa; strains in μ strain; deflection in mm/100					
Table 1 (synthesis): major main traction stresses in the horizontal plane XoY and major main compression stresses along the vertical ZZ axis; maximal deflection					
level comput.	EpsilonT horizontal	SigmaT horizontal	EpsilonZ vertical	SigmaZ vertical	
th= 0,080 m Yg= 5000,0 MPa nu= 0,350	0,000m	41,6	0,492	-48,6	0,658
surface (z=0,000)					
th= 0,250 m Yg= 3000,0 MPa nu= 0,350	0,080m	-3,5	0,246	66,7	0,506
bonded (z=0,080m)					
th= 0,150 m Yg= 360,0 MPa nu= 0,350	0,330m	-131,2	0,190	108,7	0,506
bonded (z=0,330m)					
th= 0,150 m Yg= 360,0 MPa nu= 0,350	0,480m	-190,4	-0,550	126,7	0,025
unbond. (z=0,480m)					
th infinite Yg= 20,0 MPa nu= 0,350	0,480m	82,6	-0,055	162,3	0,025
unbond. (z=0,480m)					
			-0,096	204,8	0,009
			0,007	180,0	0,009
Maximum deflection = 99,9 mm/100 (dual-wheel center)					
Curvature radius = 552,3 m (dual-wheel center)					

L'elaborato mostra un valore di deflessione prossimo a 100 mm/100, risultato che, facendo riferimento ai valori ammissibili indicativi di deflessione ricavati da esperienze e sperimentazioni condotte su vari tipi di strade (fonte Rivista SITEB 32/99 – Il dimensionamento delle pavimentazioni stradali), pone la struttura in esame tra quelle con capacità portante “discreta”, adatte a sostenere traffici pesanti “modesti”.

TIPO DI TRAFFICO	DEFLESSIONE AMMESSA (mm/100)	GRADO DI PORTANZA
Molto intenso	< 50	Ottima
Intenso	50 / 70	Buona
Medio	60 / 80	Media
Modesto	80 / 100	Discreta
Scarso	100 / 130	Scarsa

L'attuale stato delle pavimentazioni esaminate risulta chiaramente compromesso in senso di fruibilità delle strutture e di sicurezza per i veicoli in transito. Come già accennato la tipologia di struttura in esame mostra criticità di tipo geometrico (larghezza molto ridotta della carreggiata, assenza di banchina, scarpate ripide ecc.) e costruttive (fondazione ghiaiosa di limitato spessore, eccessivo accumulo di strati bituminosi posti in opera senza fresatura e con scarso impiego di emulsione per mani d'attacco) che rendono complicata l'operazione riabilitativa prevista. Ciò nonostante, la proposta di riabilitazione profonda, con la realizzazione di una fondazione cementata tramite miscelazione in sito, può essere considerata un buon compromesso tecnico-economico; in termine di deflessione, le verifiche di calcolo elaborate con software Alizé, consentono di collocare le strade in oggetto tra quelle con discreto grado di portanza, capaci di accogliere il traffico pesante modesto previsto ed il normale traffico di veicoli leggeri.



Le tre fasi del processo di lavorazioni: studio, stabilizzazione, finitura

4.3 Caratteristiche del traffico

Le caratteristiche del traffico intese come quantità, frequenza e velocità di percorrenza determinano le condizioni di sollecitazione della pavimentazione. I degradi e gli ammaloramenti sono riconducibili in maniera diretta alle caratteristiche di traffico. Un corretto e continuo monitoraggio della strada permette di conoscere lo sviluppo nel tempo della composizione del traffico, le ripetizioni di un certo tipo di carico, la distribuzione del traffico sulle varie corsie ed i comportamenti dell'utenza. Ogni volta che

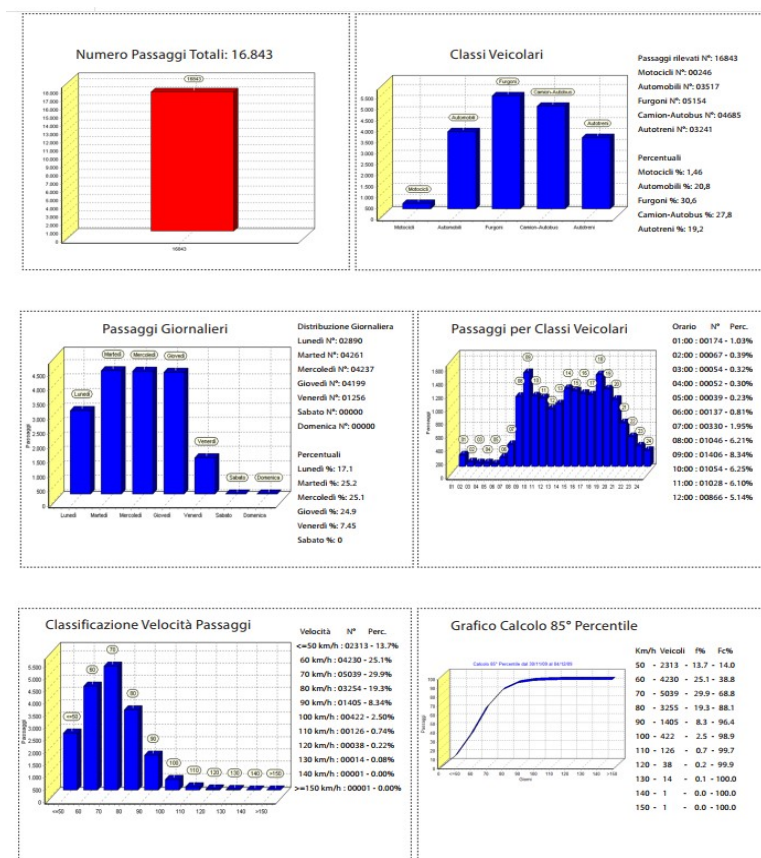
ci troviamo a dover affrontare la progettazione della manutenzione di particolari arterie viabilistiche è imprescindibile partire da un accurato rilievo del traffico.

Con l'avvento di nuove tecnologie a infrarossi e delle reti wireless sono stati messi in commercio numerosi sistemi compatti e funzionali che possono essere usati con facilità in ambito cittadino e riescono a fornire indicazioni accurate e discretizzate delle varie caratteristiche del traffico a cui una arteria è soggetta.



Tipico strumento compatto moderno

Attraverso software gestibili anche da smartphone si riescono ad estrapolare diagrammi e tabelle che sono alla base della buona progettazione stradale.



Diagrammi e tabulazioni dei dati estrapolati

4.4 Condizioni climatico ambientali

La situazione climatica tipica della zona, le precipitazioni e la sensibilità del terreno di sottofondo all'azione del gelo o di periodi torridi condizionano la resistenza della sovrastruttura. L'insieme di questi condizionamenti ambientali comporta alcune scelte obbligate già in fase di progettazione iniziale, in assenza delle quali sarà necessario ricorrere ad interventi manutentivi progressivamente più onerosi.

I terreni in cui ci troviamo generalmente ad operare nel territorio parmense sono di natura argillosa; quindi, molto sensibili alle variazioni di umidità; negli ultimi anni abbiamo riscontrato che l'assenza prolungata di precipitazioni piovose provoca danni analoghi a quelli osservati dopo periodi particolarmente umidi, con interessamento degli strati più profondi dell'infrastruttura stradale.

Per le strade di campagna riscontriamo inoltre problemi legati alla presenza di canali irrigui ai piedi della piattaforma con ripide scarpate, assenza di banchine, notevoli carichi di picco dovuti a mezzi agricoli sempre più pesanti: l'acqua sempre presente crea effetti di rigonfiamento nocivi per tutta la strada.

4.5 Importanza del monitoraggio

La capacità di una pavimentazione stradale di assolvere alle sue funzioni nel tempo non è costante, ma destinata a ridursi in funzione dei condizionamenti prima descritti. Solo un monitoraggio continuo e pianificato permetterà di rilevare con precisione tutte le informazioni sullo stato della pavimentazione e, di conseguenza, di programmare in anticipo gli interventi.

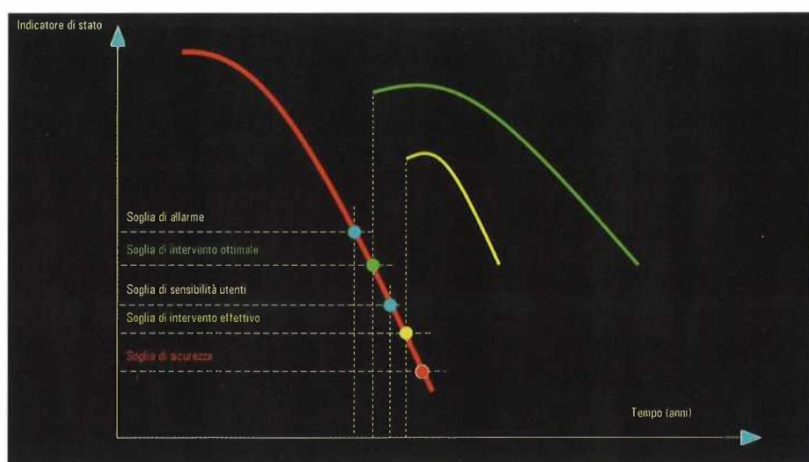
La valutazione della struttura, un'analisi degli interventi compiuti nel tempo e l'esame dei degradi sono i passi fondamentali per la corretta gestione di un programma di manutenzione. Queste fasi successive consentiranno di ottimizzare le tecniche d'intervento e i relativi materiali e prodotti da utilizzare, evitando un dispendio di risorse e limitando all'indispensabile anche le interferenze con l'utenza.

Esistono diversi approcci per esaminare i difetti delle pavimentazioni; all'esame visivo effettuato da tecnici competenti è opportuno affiancare anche sistemi cosiddetti ad "alto rendimento", in grado di affinare le valutazioni con un supporto oggettivo.

Queste indagini, se effettuate con regolarità, consentono di controllare in continuo lo stato delle pavimentazioni. Ciò permette di intervenire nel momento più opportuno e, allo stesso tempo, di pianificare, in anticipo gli interventi necessari. La raccolta organica di

tutti i dati delle indagini effettuate permette anche di disporre di una utilissima "banca dati" delle pavimentazioni.

Un approccio particolareggiato per una corretta pianificazione è garantito dallo studio e dall'interpretazione delle curve di decadimento che dovranno essere sviluppate per ciascun parametro fondamentale (aderenza, regolarità, portanza, rumorosità). L'osservazione nel tempo di una serie di parametri di valutazione della funzionalità, attraverso l'utilizzo congiunto di opportuni livelli di soglia, permette di tenere sotto controllo lo stato di degrado della pavimentazione. È noto, infatti, che le caratteristiche funzionali, strutturali e superficiali si modificano dal momento dell'apertura al traffico, con tempi diversi l'una dall'altra, ma in maniera strettamente connessa tra loro. L'analisi temporale dell'evoluzione degli ammaloramenti permette di individuare convenientemente il momento in corrispondenza del quale deve essere eseguito l'intervento di manutenzione, ottimizzando i costi e limitando i disagi agli utenti.



Esempio di curva di decadimento

Assodato che le caratteristiche della pavimentazione subiscono un progressivo decadimento sino a raggiungere valori tali da essere considerati "soglia di allarme", in corrispondenza di questo valore deve essere presa in considerazione la necessità di intervenire in tempi brevi pianificando concretamente (economicamente e tecnicamente) la manutenzione.

Quando l'indicatore di stato ha raggiunto valori prossimi a quello che individua la "soglia di intervento ottimale", esso deve essere attuato affinché si realizzi la migliore economia, sia in rapporto all'investimento richiesto, sia per limitare ulteriori e più gravi danni alla sovrastruttura. Occorre notare che la soglia di intervento ottimale, nella maggioranza dei casi, si colloca al di sopra della "soglia di sensibilità utenti" che individua invece il valore

dell'indicatore in corrispondenza del quale i danni alla pavimentazione vengono avvertiti dagli automobilisti. Ciò significa che non si deve aspettare di avvertire il danno sulla pavimentazione prima di prendere in considerazione l'ipotesi di un risanamento!

Nell'esempio è indicata la "soglia di intervento effettivo" che individua il momento in cui, purtroppo, spesso avviene concretamente l'intervento manutentivo: è chiaro che la pavimentazione, nel frattempo ha subito danni ulteriori, non altrimenti riparabili, con la certezza che, a parità di intervento, l'investimento necessario sarà sicuramente superiore rispetto a quello necessario al momento ideale individuato della soglia ottimale.

Effettuando la manutenzione quando si è già al di sotto della "soglia ottimale", il successivo decadimento della pavimentazione avviene, per i motivi precedentemente richiamati, in maniera più rapida e accentuata rispetto al caso in cui si decida di intervenire in corrispondenza del valore di soglia ottimale.

Il livello di "soglia di sicurezza" rappresenta la situazione limite. Se non si pensa di procedere al risarcimento dell'ammaloramento, si compromette irrimediabilmente l'integrità dell'intera struttura.

Purtroppo i fondi disponibili per la manutenzione stradale non sono adeguati per permettere di intervenire sulle infrastrutture nel momento in cui si ha il miglior rapporto tra costi e benefici, perciò spesso ci si trova ad intervenire in situazioni già emergenziali. In una situazione territoriale di questo tipo è facile comprendere che il monitoraggio e la tempestività di una manutenzione ordinaria siano ancor più importanti.

4.6 Fase Esecutiva

La fase operativa del processo di manutenzione stradale è certamente importante al pari delle fasi che la precedono, ma di tutte è sicuramente la più importante e necessita di tempestività decisionale ed esecutiva.

Diversi sono i passaggi attraverso cui, nel tempo, si esplica tale fase. Si inizia dal pronto intervento, per passare alla quotidiana gestione di esercizio (pulizia delle pavimentazioni, delle banchine, delle cunette, dei tombini...), all'effettuazione dei rappezzi, per arrivare al risanamento delle strutture, al rifacimento della segnaletica; si prosegue con gli interventi di ordinaria manutenzione, con il ripristino delle caratteristiche funzionali, sino a giungere alla manutenzione straordinaria volta a migliorare e modificare le caratteristiche strutturali in funzione delle mutate esigenze di quel tratto stradale. In questa fase rivestono un'importanza molto rilevante l'utilizzo di mezzi e materiali idonei e l'applicazione di tutte le tecniche di buona esecuzione. L'ambito cittadino a causa delle numerose interferenze

con i sottoservizi, il traffico veicolare privato e pubblico pone molte limitazioni e molti ostacoli alla corretta esecuzione delle opere, quindi l'utilizzo di mezzi e maestranze efficienti è fondamentale per mitigare queste difficoltà.

4.7 Importanza dei controlli in fase di lavorazione

Il controllo dell'esecuzione dei lavori rappresenta una fase fondamentale durante un intervento di manutenzione. Il ripristino dei parametri di funzionalità della sovrastruttura deve essere accertato, con rilievi e misure, dal raggiungimento delle soglie degli indicatori di stato prescritte nei Capitolati Speciali di Appalto. Tali soglie, per ciascun tipo di parametro di controllo, avranno valori diversi in relazione al tipo di strada (velocità, tipo e frequenza di traffico) oggetto dell'intervento. Il monitoraggio continuo, successivo all'intervento, servirà a controllare l'evolvere dello stato dell'infrastruttura e permetterà di individuare quelle situazioni di allarme generate da circostanze non altrimenti prevedibili in fase di programmazione degli interventi (es. aumenti imprevisti del volume o dell'entità del traffico veicolare, smottamenti localizzati causati da fenomeni atmosferici eccezionali ecc.).

L'esecuzione di prove di laboratorio sui materiali per la verifica del rispetto dei parametri progettuali è un elemento essenziale per la buona riuscita di una manutenzione: all'interno del Capitolato Speciale di Appalto sono stati inseriti tutti i criteri di accettazione dei materiali e definite le modalità operative di posa degli stessi, ma la stesura di un buon piano di campionatura è fondamentale per raggiungere lo scopo di massimizzazione del risultato.

L'obiettivo che è stato perseguito in questi ultimi anni di lavoro è stato quello di individuare le prove che avessero un buon grado di precisione, ma che al tempo stesso fossero di facile esecuzione ed avessero un impatto economico compatibile con quanto corrisposto all'impresa in fase di contabilizzazione dei lavori (i costi delle prove sono compresi nelle voci di elenco prezzi).

Le caratteristiche dei materiali da costruzione stradali che sono risultate più significative per l'accertamento della buona qualità degli stessi sono:

- percentuale di cemento nei materiali di sottofondazione e loro umidità relativa
- portanza degli strati di fondazione
- percentuale di bitume dei conglomerati bituminosi
- percentuale dei vuoti relativi delle pavimentazioni stradali

- studio della miscela dei conglomerati bituminosi sia come assortimento granulometrico che come resistenza degli inerti.

Il rispetto dei limiti di capitolato dei parametri sopra indicati è indice di buona riuscita del lavoro, quindi la metodica applicazione del sistema di controllo in sito con laboratori abilitati e qualificati riveste un ruolo di primaria importanza nel cantiere

Di seguito riportiamo le rappresentazioni grafiche delle prove di laboratorio precedentemente elencate ed alcune foto esplicative delle metodologie operative di realizzazione.



Esempio di prove di portanza dei sottofondi (piastra dinamica e piastra statica)



Strumentazione per la misurazione della portanza dei sottofondi e della quantità di cemento da utilizzabili in sito

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA SULL'INERTE ESTRATTO (UNI EN 12697-2)

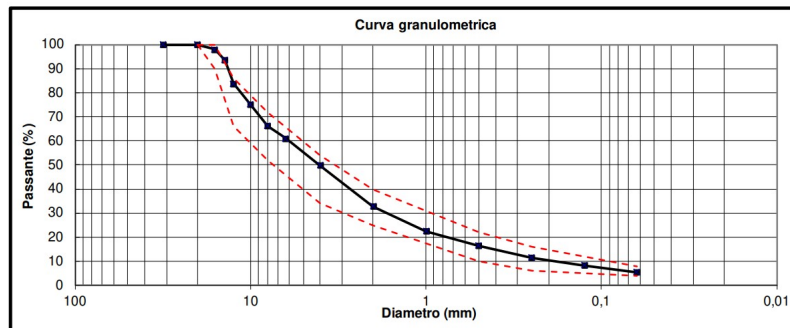
Rapporto di prova N° EMC_848-2022/1

Data esecuzione 25/07/2022

Campione esaminato Binder, Strada Martinella, DDT 1863/LL del 27/05/2022

Stacci mm	Passante %
31,5	100%
20	100%
16	98%
14	94%
12,5	84%
10	75%
8	66%
6,3	61%
4	50%
2	33%
1	22%
0,5	16%
0,25	12%
0,125	8%
0,063	5,5%

Setacci (mm)	Passante %	
	min	max
20	100	100
16	90	100
12,5	66	86
8	52	72
4	34	54
2	25	40
0,5	10	22
0,25	6	16
0,063	4	8



Verifica della granulometria di un campione di conglomerato bituminoso ritirato al momento della posa in sacchi

Analisi utile per capire la qualità del materiale fornito prima della posa in opera

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI LEGANTE (UNI EN 12697 - 1)

Rapporto di prova N° EMC_848-2022/1

Data esecuzione 22/07/2022

Campione esaminato Binder, Strada Martinella, DDT 1863/LL del 27/05/2022

Analisi	Norma di riferimento	Risultato prova	Prescrizioni CSA
Percentuale di bitume (rif. inerte)	UNI EN 12697-1	5,2	-
Percentuale di bitume (rif. miscela)	UNI EN 12697-1	5,0	4,1 -5,5

Verifica della percentuale di bitume di un campione di conglomerato bituminoso ritirato al momento della posa in sacchi

Analisi utile per capire la qualità del materiale fornito prima della posa in opera

**DETERMINAZIONE DEGLI SPESSORI DI PAVIMENTAZIONI BITUMINOSE
(UNI EN 12697-36:2006)**

Rapporto di prova N°	SIP_552-2022/1
Data esecuzione	11/05/2022
Campione esaminato	Carote cong. bituminoso, usura

Identificazione campione	H1	H2	H3	H4	Spessore medio H
	mm	mm	mm	mm	mm
C1 A, Usura, Via Reggio, fronte civ. 45/a, corsia sud.	59	61	59	61	60
C1 B, Usura, Via Reggio, fronte civ. 45/a, corsia sud.	60	61	61	61	61
Spessore medio delle 2 carote					60



Verifica degli spessori di un campione di conglomerato bituminoso prelevato con carotatrice in sito
Analisi utile per capire la qualità del materiale posato, quindi valutando anche il lavoro dell'impresa

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI LEGANTE (UNI EN 12697 - 1)

Rapporto di prova N°	SIP_522-2022/1
Data esecuzione	12/05/2022
Campione esaminato	Usura, Via Reggio, Fronte Civ. 45/a Corsia Sud

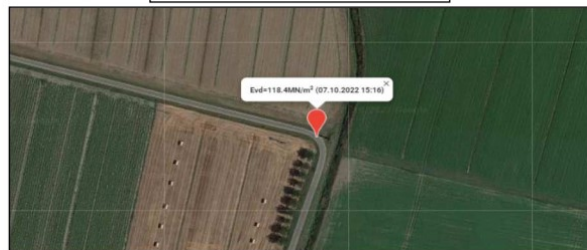
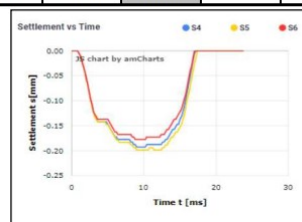
Analisi	Norma di riferimento	Risultato prova	Note
Percentuale di bitume	UNI EN 12697-1	5,7	Riferita all'inerte
Percentuale di bitume	UNI EN 12697-1	5,4	Riferita all'impasto

Verifica della percentuale di bitume di un campione di conglomerato bituminoso prelevato con carotatrice in sito
Analisi utile per capire la qualità del materiale posato, quindi valutando anche il lavoro dell'impresa

DETERMINAZIONI SU CAROTE DI CONGLOMERATO BITUMINOSO		
Rapporto di prova N°	SIP_552-2022/1	
Data esecuzione	13/05/2022	
Campione esaminato	Usura, Via Reggio, Fronte Civ. 45/a Corsia Sud	
Massa volumica inerti estratti (g/cm³) (UNI EN 1097-6)	2,690	
Massa volumica della carota* (g/cm³) (UNI EN 12697-6)	2,296	
Prescrizioni CSA		
% vuoti residui* (UNI EN 12697-8)	7,1	> 4 < 8

Verifica della percentuale di vuoti residui di un campione di conglomerato bituminoso prelevato con carotatrice in sito
 Analisi utile per valutare il lavoro dell'impresa che ha posato il materiale

PROVA DI PORTANZA CON PIASTRA DINAMICA (ASTM E2835-11)								
Cliente	Asfalti Piacenza S.r.l.			Materiale sottofondo	-			
Cantiere / Opera	Strada Commenda, Parma			Gruppo	-			
Ubicazione test	Prova 3			Consistenza	-			
Data e ora test	07.10.2022 15:16			Tempo / temperatura	sereno			
Strato	Base cementata			Produttore strumento	TERRATEST GmbH			
Note	Misto cem. Maturazione 24h			Numero di serie	20620154821			
Coordinate GPS	44° 51.9618N , 010° 17.8845E			Coordinate UTM	E 32 602546 N 4968888			
cedimento S4 (mm)	cedimento S5 (mm)	cedimento S6 (mm)	Valore medio (mm)	Evd (MN/m ²)	Evd richiesto (MN/m ²)	Differenza Evd (MN/m ²)	s/v (ms)	Evd 2 richiesto (MN/m ²)
0.193	0.199	0.178	0.190	118.4	-	-	2.619	-



Elaborazione delle prove su piastra in sito per l'individuazione della portanza del sottofondo

5. Conclusioni

Il processo di studio, controllo, monitoraggio, progettazione e realizzazione della manutenzione di una infrastruttura stradale è complesso ed in ambito urbano è soggetto ad interferenze che non permettono l'immediata applicazione delle pratiche di buona costruzione, pertanto la presenza di tecnici preparati in cantiere, che sappia adattare le corrette metodologie di lavoro alle condizioni riscontrate in sito, influenza in modo significativo la buona realizzazione dell'opera.

La scelta delle strade su cui intervenire è guidata da principi di massimizzazione dei risultati e sicurezza dell'utenza, pertanto la flessibilità dell'Accordo Quadro permette di gestire meglio le eventuali emergenze che potrebbero nascere sul territorio.