



FONDAZIONE
PER LO SVILUPPO
SOSTENIBILE

Sustainable Development Foundation

in collaborazione con



con il patrocinio di



CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI INGEGNERI



LE STRADE AL BIVIO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA

Verso linee guida nazionali per una gestione sostenibile delle pavimentazioni stradali

16 novembre 2021 | dalle 10:30 alle 12:30

Webinar online su piattaforma Zoom

Un'occasione di dibattito rivolta all'attenzione di decisori e stakeholder sull'opportunità di elaborare linee guida nazionali che, a partire da considerazioni sul ruolo dell'innovazione, di un quadro normativo organico, di competenze diffuse, di politiche pubbliche orientate a sostenere investimenti green, favoriscano la transizione del settore verso una gestione sostenibile delle pavimentazioni stradali.

Soluzioni innovative e circolari per le pavimentazioni stradali

Il ponte San Giorgio - Genova

Prof. Ing. Lorenzo Domenichini

lorenzo.domenichini@unifi.it

Inquadramento

Il “Viadotto Morandi” costituisce il tratto terminale dell’autostrada A10 limitato, lato Est, dallo svincolo con la A7 (Denominato Genova Ovest) e, lato Ovest, dagli imbocchi delle gallerie che conducono allo svincolo denominato Aeroporto o alla tratta di Ponente dell’Autostrada A10 verso Ventimiglia.

Costituisce un tassello strategico per il collegamento stradale fra il Nord Italia e il Sud della Francia

Congiunge i traffici provenienti da Livorno e Roma sull’A12 e Milano sull’A7 con quelli provenienti da Torino attraverso l’A26 e da Ventimiglia con l’A10

Costituisce il principale asse stradale fra il centro-levante di Genova, il porto di Voltri-Prà, l’aeroporto Cristoforo Colombo e le aree industriali della zona genovese.



Il Ponte Morandi

Il Ponte Morandi, all'epoca della sua realizzazione, costituiva una sorta di "monumento" che era stato eletto a celebrazione della "Grande Genova"

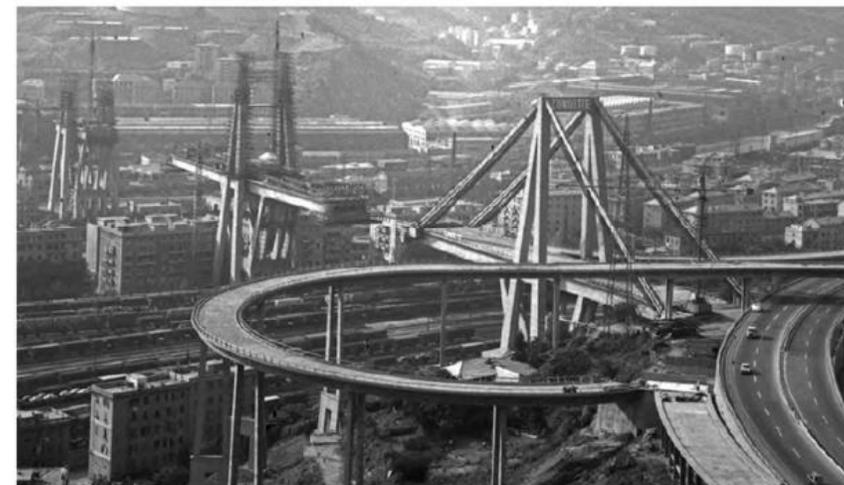


«Potenza industriale»

«Modernizzazione del paese»

«Eccellenza della Scuola italiana di ingegneria e abilità costruttiva delle imprese italiane»

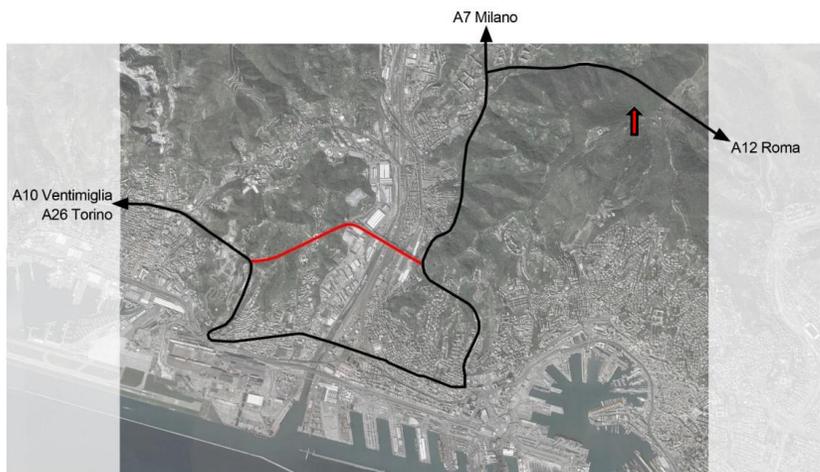
«Miracolo economico nel triangolo industriale ToMiGe»



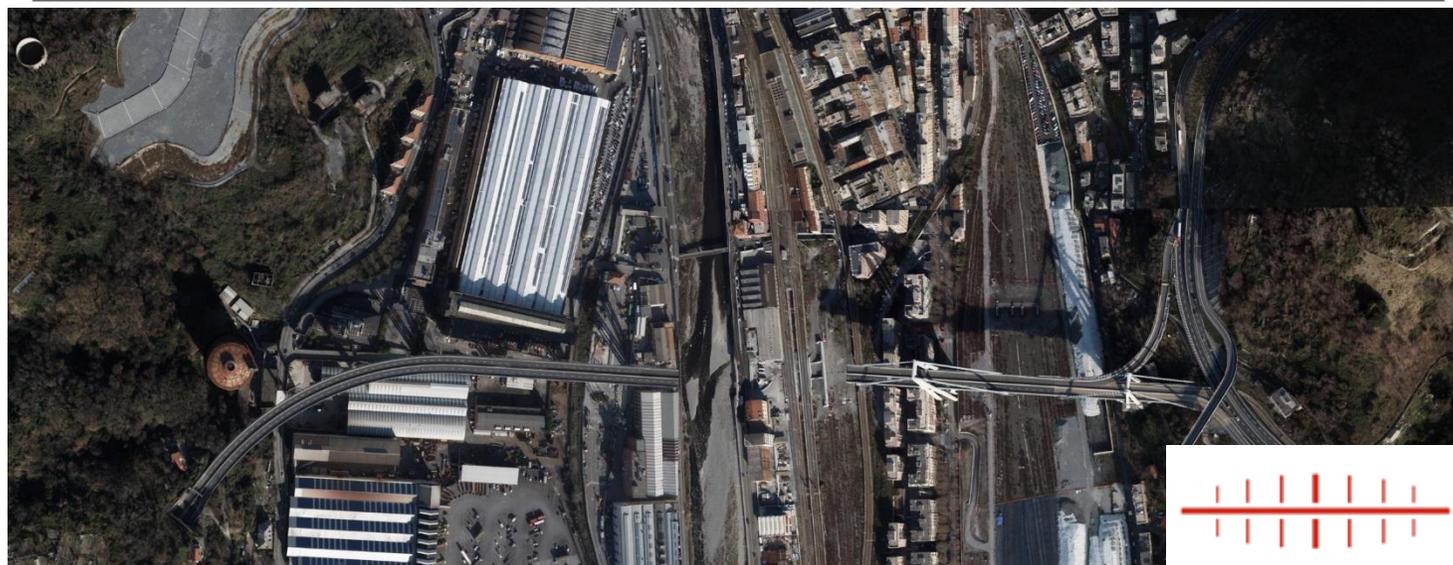
Ponte Morandi: la costruzione



- Il crollo del ponte ha determinato una vera e propria cesura tra il ponente e il levante genovese provocando una fortissima situazione di crisi con enormi disagi sia per i flussi autostradali sia per la viabilità cittadina.
- Ogni attività produttiva e sociale risente in modo significativo di questa situazione.



(Viadotto Polcevera – Progetto Esecutivo di 1° Livello – Relazione Generale)



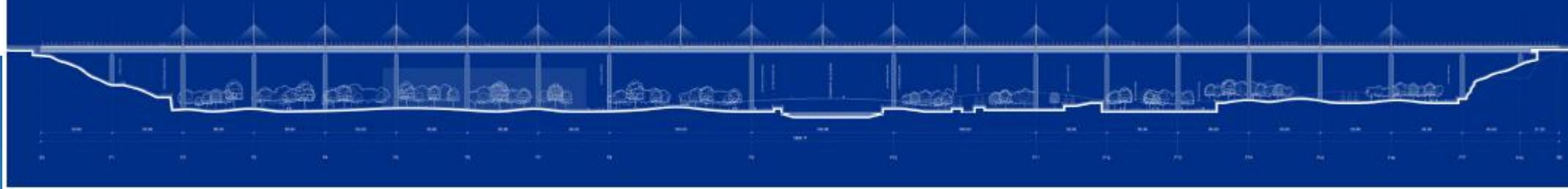


Le strade al bivio della transizione ecologica

Webinar on line – 16 novembre 2021



Idea di ponte - Alberi



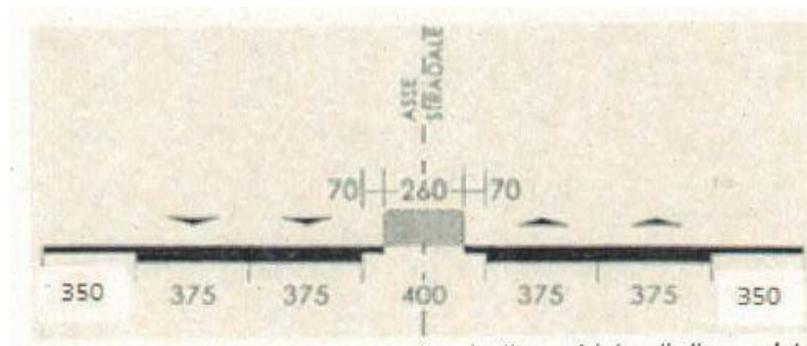
Il ponte San Giorgio oggi



Progetto Esecutivo del ponte San Giorgio: i vincoli

La progettazione del nuovo Ponte ha dovuto rispettare importanti vincoli e ciò ha sostanzialmente impedito l'adeguamento della geometria del tratto autostradale su cui insiste il Ponte alle normative oggi in vigore:

- rispetto dei limiti di intervento
- Interferenza con importanti sottoservizi presente nell'area tra cui dei gasdotti.
- salvaguardia dell'edificio storico di proprietà Ansaldo lato Nord Ovest.
- riconnessione allo svincolo lato Est
- impiego di raggi planimetrici non inferiori agli attuali
- massimo contenimento dei tempi di realizzazione dell'opera con soluzioni semplici e lineari
- applicazione della Sezione Tipologica come da decreto Commissariale n°5 del 15/11/2018



Progetto Esecutivo : il progetto stradale

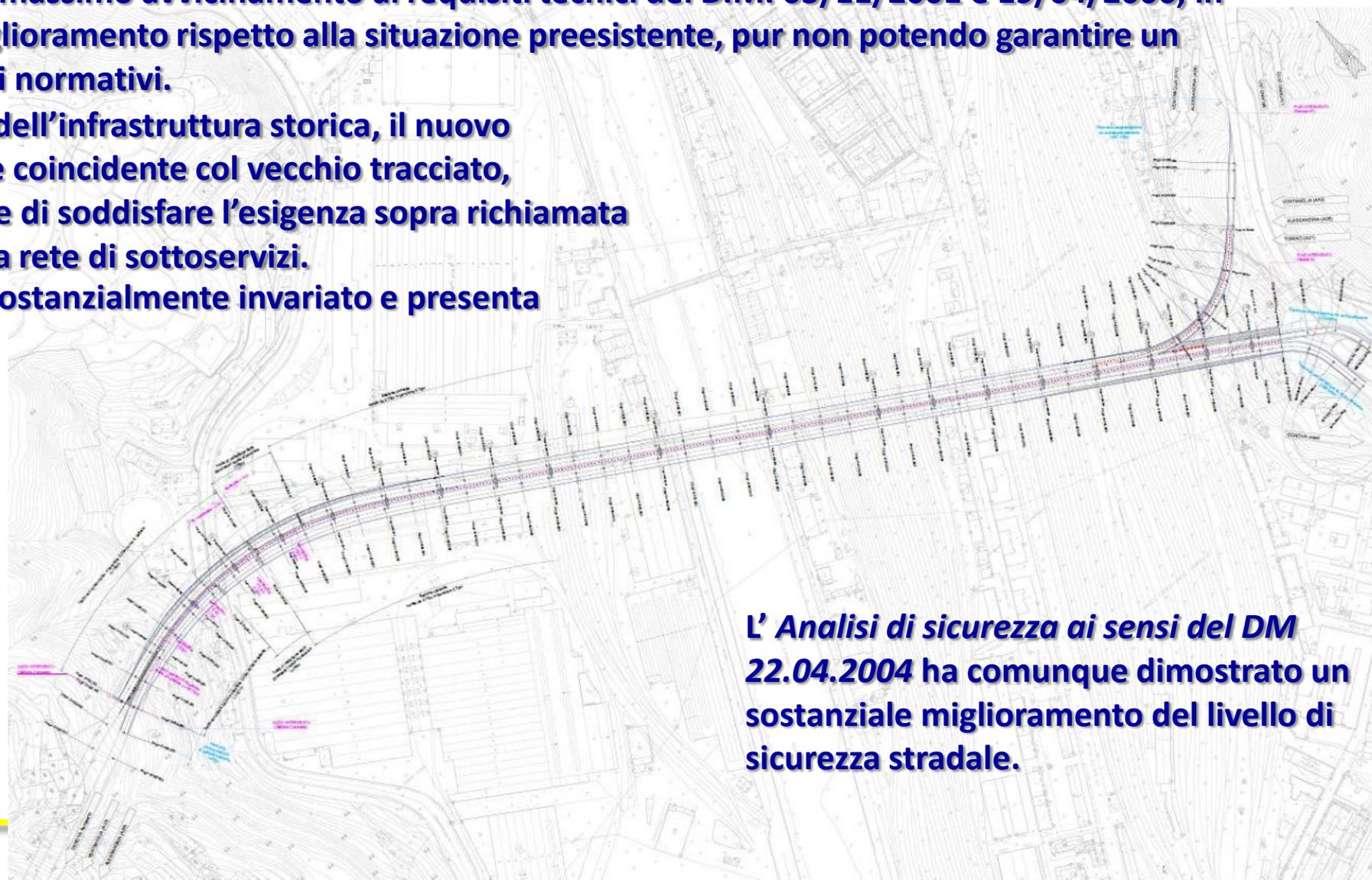
Il progetto ha seguito il principio del massimo avvicinamento ai requisiti tecnici dei D.M. 05/11/2001 e 19/04/2006, in modo da conseguire un generale miglioramento rispetto alla situazione preesistente, pur non potendo garantire un puntuale rispetto di tutti i riferimenti normativi.

Rispetto all'ubicazione planimetrica dell'infrastruttura storica, il nuovo tracciato si presenta sostanzialmente coincidente col vecchio tracciato, leggermente ruotato verso sud al fine di soddisfare l'esigenza sopra richiamata di evitare le interferenze con la densa rete di sottoservizi.

L'andamento altimetrico è rimasto sostanzialmente invariato e presenta andamento pressocchè orizzontale.

Particolare rilevanza è stata data al rispetto del progetto architettonico redatto dallo studio "Renzo Piano Building Workshop".

L'Analisi di sicurezza ai sensi del DM 22.04.2004 ha comunque dimostrato un sostanziale miglioramento del livello di sicurezza stradale.



Progetto Esecutivo : il progetto stradale

Sintesi prestazionale del progetto geometrico

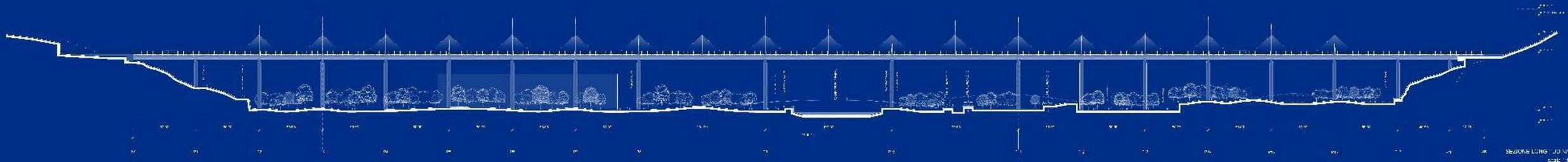
- **Norme di riferimento D.M. 05/11/2001, D.M. 19/04/2006, D.M. 22/04/2004, D.M. 02/05/2012**
- **N°2 corsie da 3,75m**
- **Banchina in destra da 3,50m**
- **Banchina in sinistra da 0,70m**
- **Inserimento di curve di transizione clotoidiche**
- **Inserimento allargamento interno curva per visibilità**
- **Spartitraffico da 2,60m protetto da barriere bifilari**
- **Limite di velocità imposto sul ponte: 80 km/h**

Progetto Esecutivo: il progetto strutturale

Il progetto risulta basato sul concetto architettonico sviluppato dallo “Studio Renzo Piano Building Workshop” prevede:

- **pile in calcestruzzo armato di sezione ellittica;**
- **impalcato principale costituito da una travata continua di lunghezza totale pari a 1067.17 m, formata da un totale di 19 campate, di diverse lunghezze, in struttura mista acciaio-calcestruzzo.**

Sezione longitudinale del “Viadotto Polcevera” (Progetto Esecutivo di 2° Livello - Relazione generale)





Progetto Esecutivo: Le pavimentazioni

Principi che hanno ispirato e indirizzato la progettazione esecutiva delle pavimentazioni:

- elevata durabilità;
- elevata capacità di proteggere le superfici di supporto;
- resistenza alle azioni tangenziali indotte dal traffico;
- bassa emissione acustica;
- ridotto consumo di materie prime non rinnovabili;
- efficace smaltimento dell'acque meteoriche sul piano viabile.

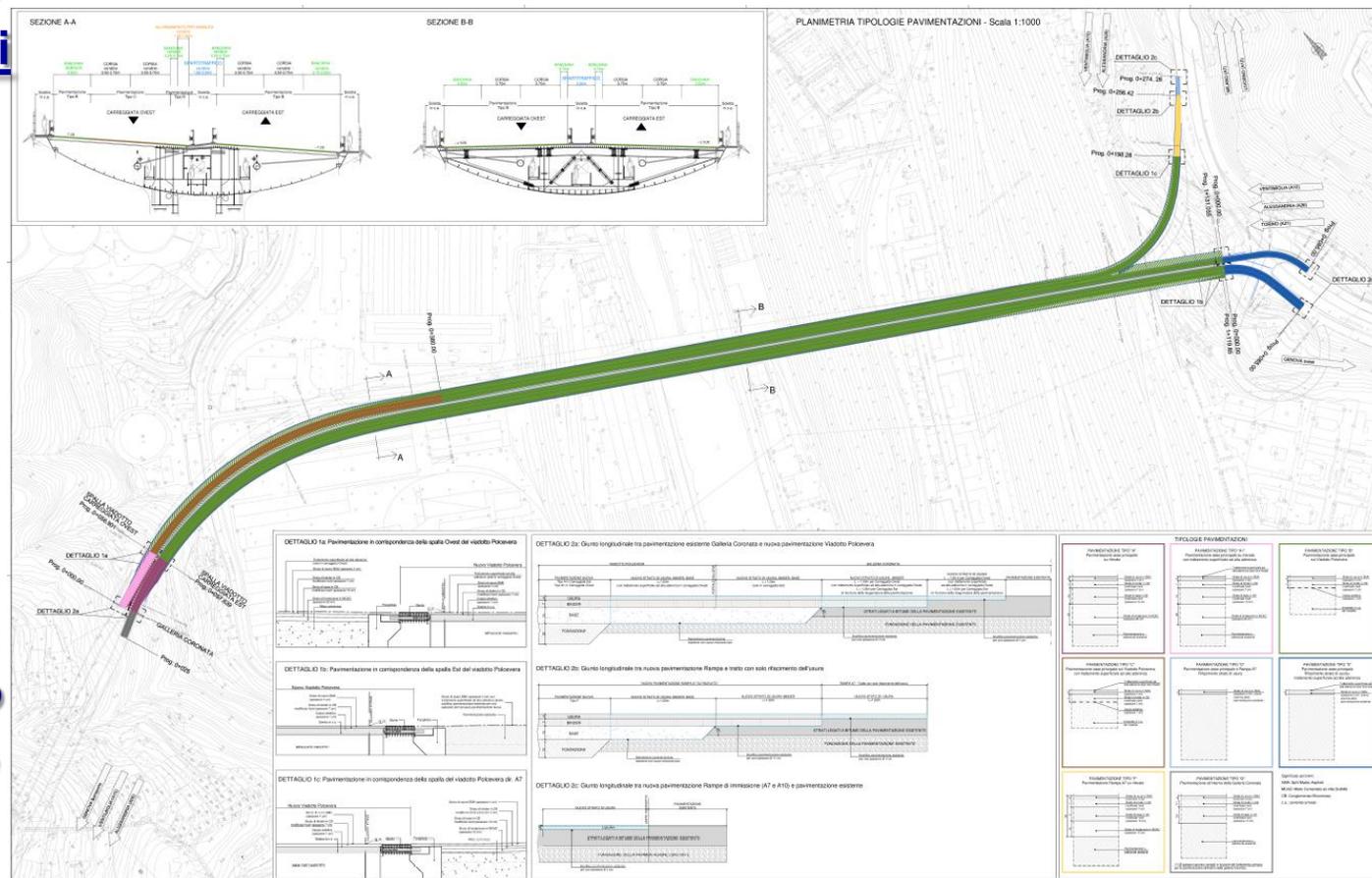
Commissario:							
Contraente:							
Progettista:	Project & Construction Management & Quality Assurance: Rina Consulting SpA						
<p>VIADOTTO POLCEVERA PROGETTO ESECUTIVO di 2° LIVELLO PROGETTO STRADALE Elaborati di dettaglio Pavimentazioni - Relazione specialistica illustrativa e di dimensionamento</p>							
Contraente	Project & Construction Management & Quality Assurance	Direttore Lavori					
Data: _____	Data: _____	Data: _____					
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPODOC	OPERA/DESCRIZIONE	PROGR	REV
NG12	00	E	ZZ	RH	IF0005	C05	C
PROGETTAZIONE							IL PROGETTISTA
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data
A	Emissione esecutiva di 1° livello	M. Nardocchi	19/03/2019	V. Contorni	19/03/2019	A. Nardocchi	19/03/2019
B	Emissione esecutiva di 2° livello	M. Nardocchi	15/04/2019	V. Contorni	15/04/2019	A. Nardocchi	15/04/2019
C	Emissione a seguito istruttoria RINA	M. Nardocchi	Maggio 2019	V. Contorni	Maggio 2019	A. Nardocchi	Maggio 2019
File: NG1200EZRHF0005C05C							

Progetto Esecutivo: Pavimentazioni

Lungo lo sviluppo del nuovo asse autostradale si alternano diverse tipologie di pavimentazioni in relazione alle diverse esigenze e condizioni presenti nei vari tratti e quindi alle prestazioni richieste.

L'asse principale e buona parte della rampa di interconnessione con la A7 si sviluppano in viadotto, mentre, le restanti parti in rilevato.

In alcuni tratti è prevista la realizzazione sulla sommità del tappeto di usura di un trattamento superficiale ad elevata aderenza per migliorare la sicurezza della circolazione.



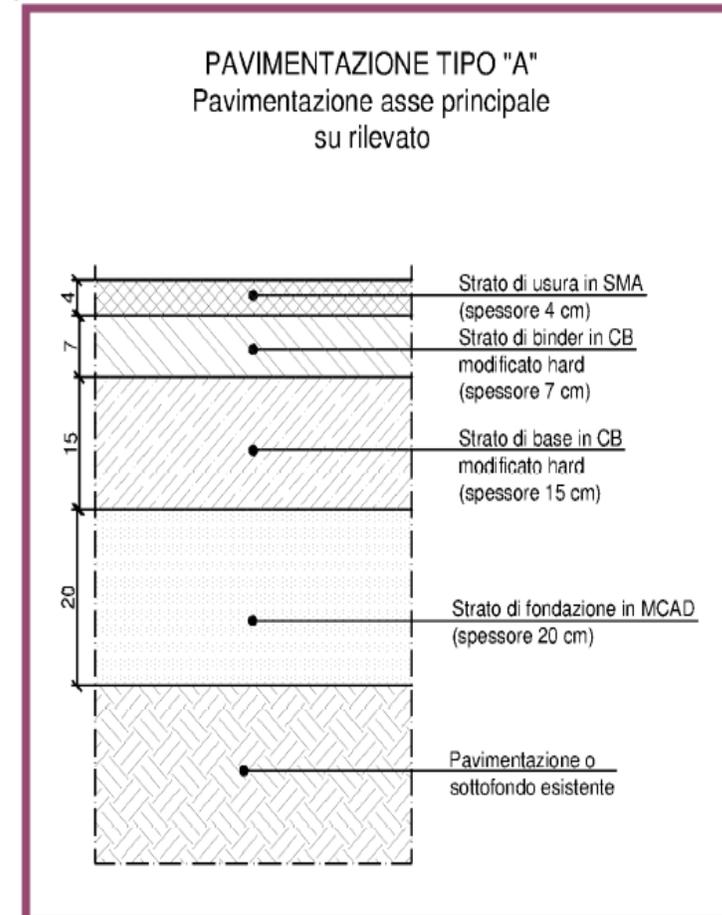
(Progetto Esecutivo di 2° Livello – Pavimentazioni – Planimetria e dettagli)

Progetto: le pavimentazioni

Le sezioni in rilevato risultano caratterizzate dalla seguente successione stratigrafica:

- strato di usura in conglomerato bituminoso (modificato) tipo SMA (spessore 4 cm);
- strato di binder in conglomerato bituminoso modificato hard (spessore 7 cm);
- strato di base in conglomerato bituminoso modificato hard (spessore 13-15 cm);
- strato di fondazione in misto cementato ad alta duttilità (spessore 15-20 cm).

(Progetto Esecutivo di 2° Livello – Pavimentazioni – Planimetria e dettagli)

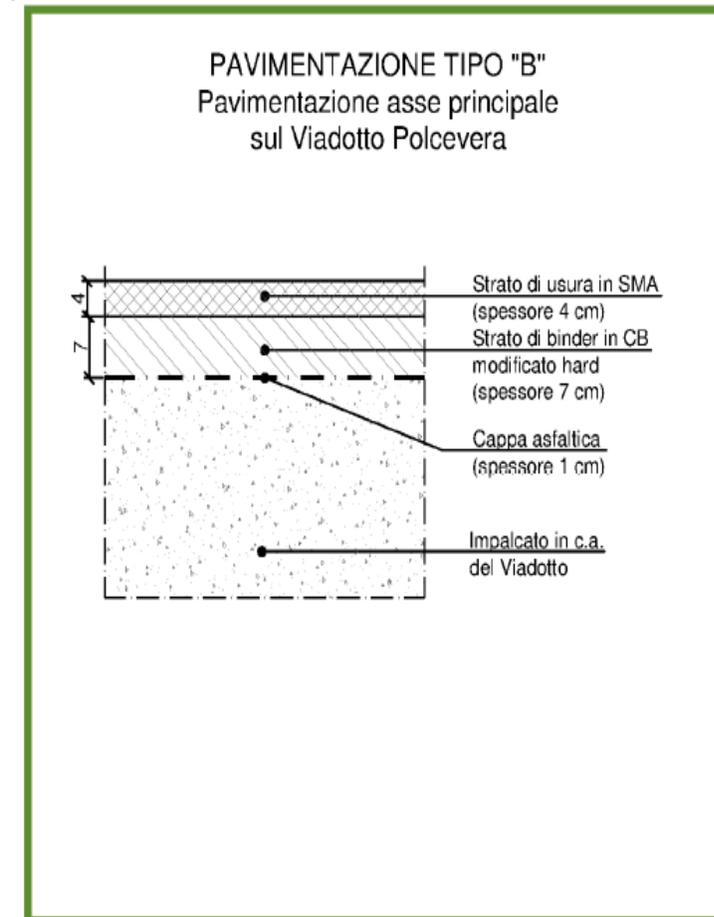


Progetto Esecutivo di 2° Livello: Pavimentazioni

L'asse principale e gran parte della rampa di interconnessione con l'autostrada A7 "Milano-Genova" si sviluppano in viadotto e presentano la seguente stratigrafia:

- strato di usura in conglomerato bituminoso (modificato) tipo SMA (spessore 4 cm);
- strato di binder in conglomerato bituminoso modificato hard (spessore 7 cm).

(Progetto Esecutivo di 2° Livello – Pavimentazioni – Planimetria e dettagli)

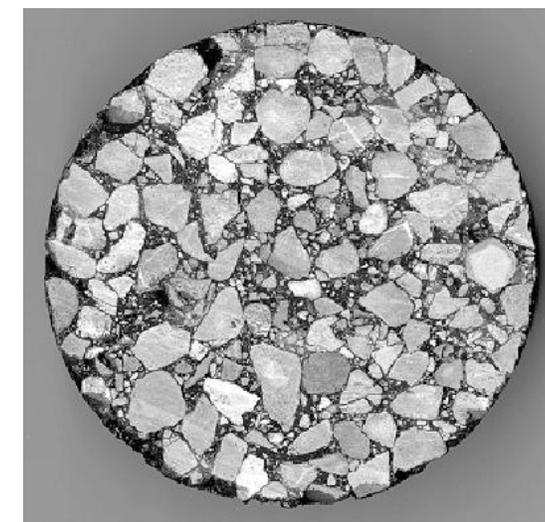
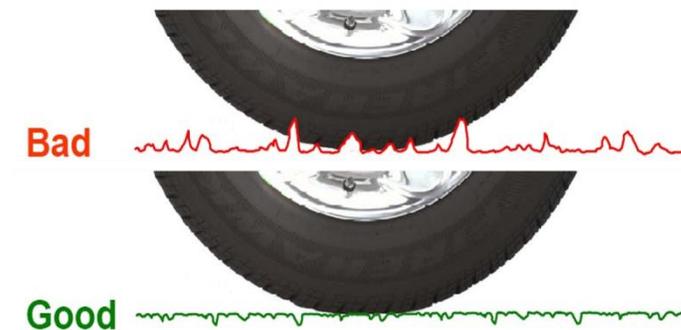


Progetto Esecutivo: Lo strato di usura

Il tappeto di usura tipo SMA presenta la particolare configurazione della macrotestitura (tessitura negativa) che consente di abbattere l'emissione acustica riducendo i fenomeni di compressione e laminazione dell'aria tra le scolpiture del pneumatico e il piano viabile grazie al sistema di asperità e micro-avvallamenti che lo caratterizza.

Come supportato anche dal progetto SILVIA - Silenda Via, “*Sustainable Road Surfaces for Traffic Noise Control*”, che ha prodotto le linee guida “*Guidance Manual for the Implementation of Low-Noise Road Surfaces*” e dall'EAPA “European Asphalt Pavement Association” in “*Asphalt pavement on bridge decks*”:

la scelta progettuale di adottare il tappeto di usura tipo SMA garantisce la migliore combinazione possibile tra resistenza alle deformazioni permanenti e a fatica.

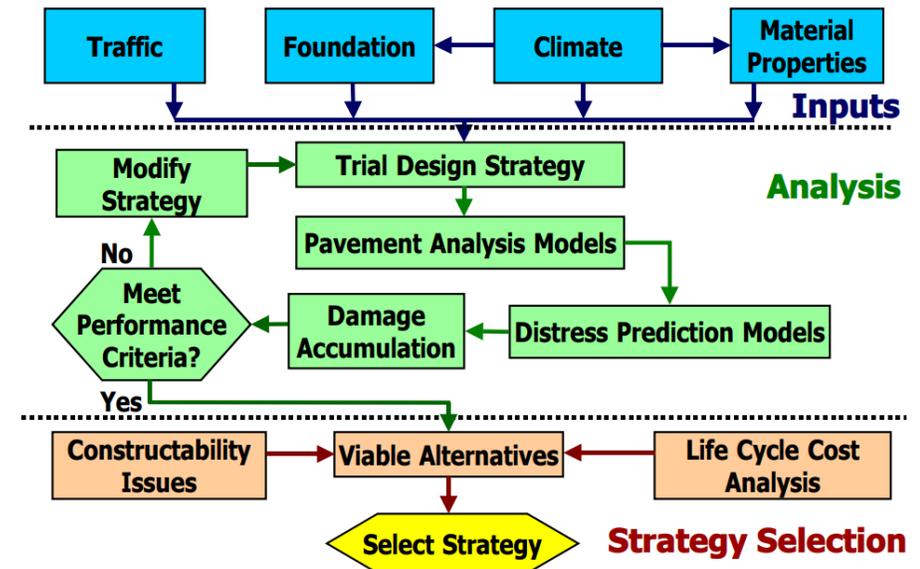


Progetto Esecutivo: l'analisi prestazionale delle pavimentazioni

Le pavimentazioni sono state verificate valutando le prestazioni che potranno offrire nel tempo quando soggette alle condizioni di traffico previste in progetto e nelle condizioni climatiche della zona di sedime dell'opera utilizzando il metodo M-E PDG, la procedura di analisi empirico-razionale studiata dall'NCHRP per l'AASHTO.

Il metodo M-E PDG consente di passare dalla tradizionale valutazione del comportamento nel tempo della pavimentazione per mezzo di correlazioni empiriche ed indici sintetici di stato ad una valutazione del progredire nel tempo delle diverse tipologie di ammaloramento (fessurazione, deformazione permanente dei diversi strati costituenti la pavimentazione e regolarità superficiale) determinando poi il danno complessivo atteso nella struttura nel corso di tutto il periodo di analisi.

Guide for Mechanistic-Empirical Design
Guide
Overall design process for flexible pavements





La principale caratteristica del metodo adottato è quella di poter calcolare il danno incrementale (danno cumulato nel tempo) sulla base della risposta delle pavimentazioni (tensioni, deformazioni, deflessioni prodotte dai carichi del traffico) a partire da:

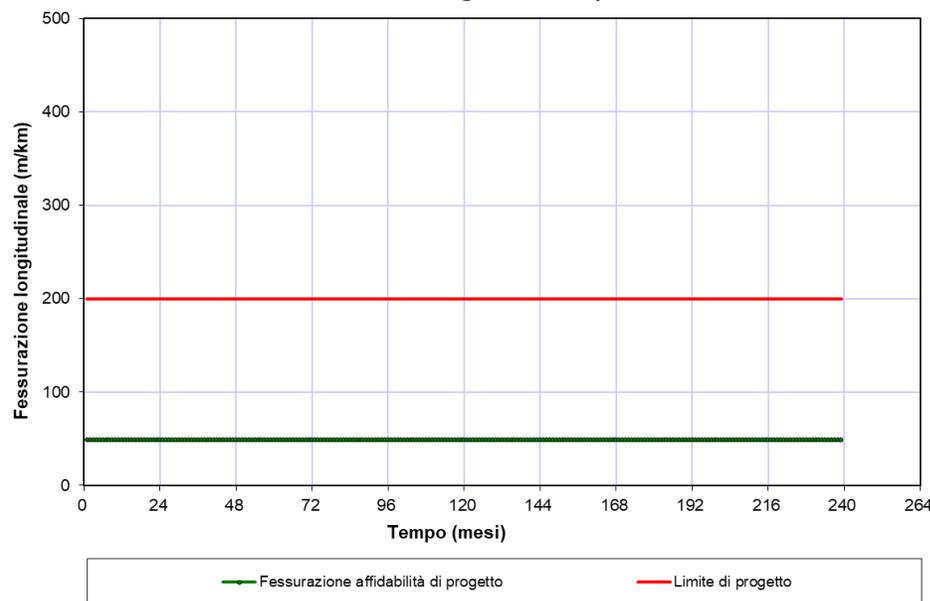
- **le caratteristiche prestazionali dei materiali dei diversi strati costituenti la pavimentazione;**
- **le specifiche condizioni ambientali del sito, sia in termini climatici che di traffico;**
- **la possibilità di analizzare l'evoluzione nel tempo di diverse tipologie di degrado.**

Gli output del processo di progettazione della pavimentazione sono i livelli di prestazione e non gli spessori: la progettazione viene ottimizzata in modo da avere la certezza che tutti gli ammaloramenti ai quali può essere soggetta la pavimentazione rimarranno al disotto dei valori limite per tutto l'arco della vita utile della struttura.

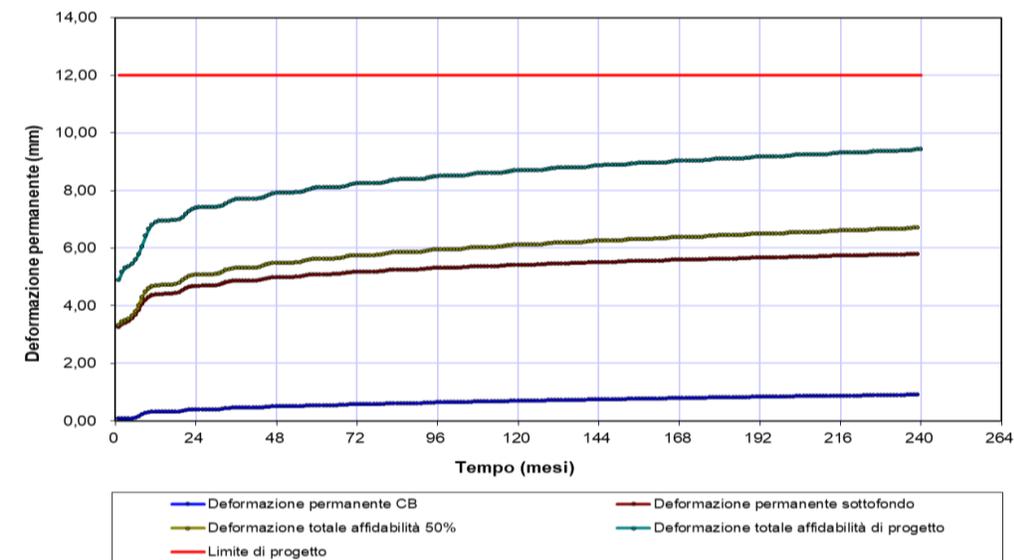
Pavimentazione in rilevato

INDICATORE DI PRESTAZIONE	VALORE	LIMITE
Fessurazione di tipo “bottom-up” (%)	1.45	25.00
Fessurazione di tipo “top-down” (m/km)	49	200
Danno per fatica (Bottom-up)	$8.5 \cdot 10^{-9}$	0.5
Profondità ormaie (mm)	9.5	12.0
IRI (mm/m)	2.4	2.00

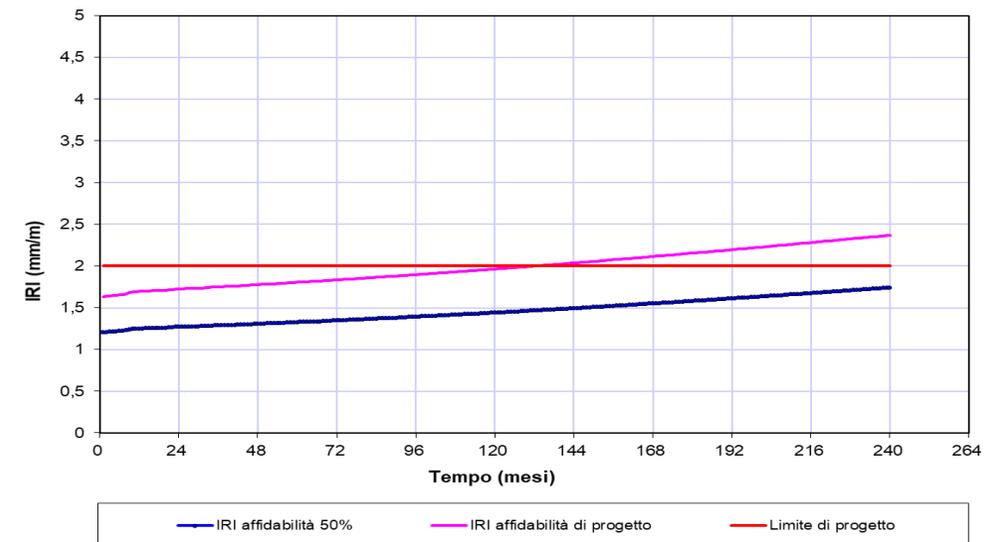
Fessurazione longitudinale Top Down



Deformazione Permanente

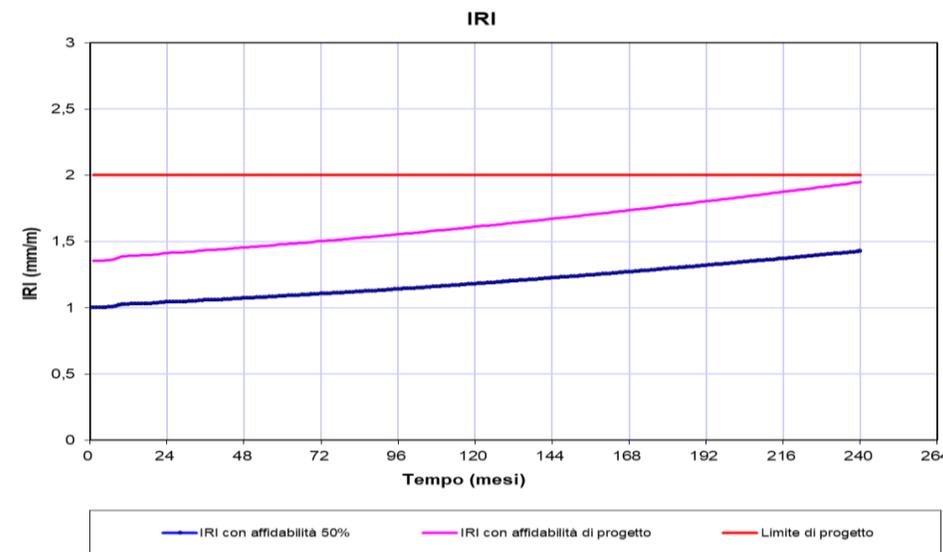
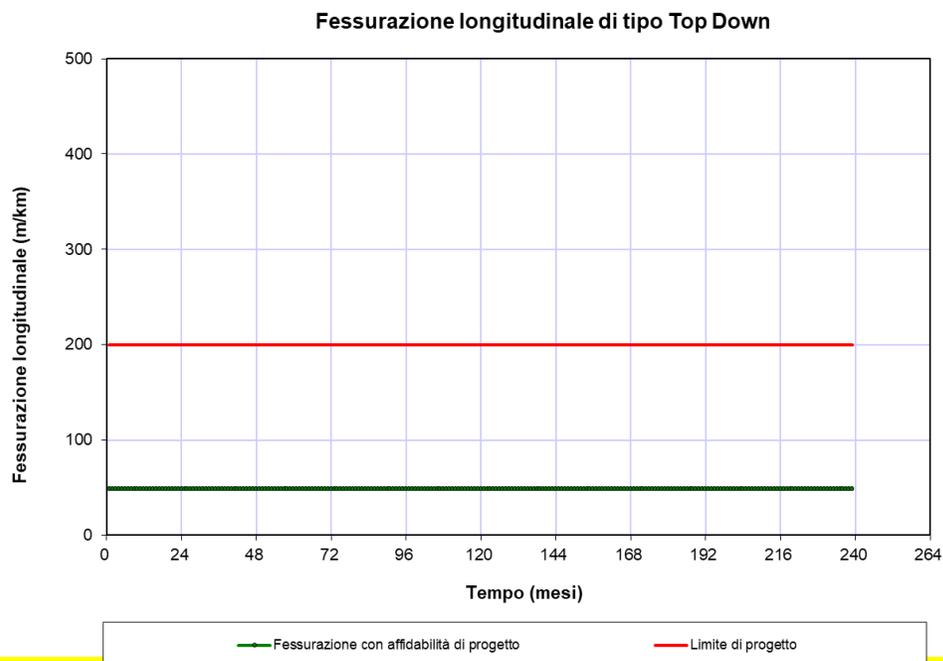
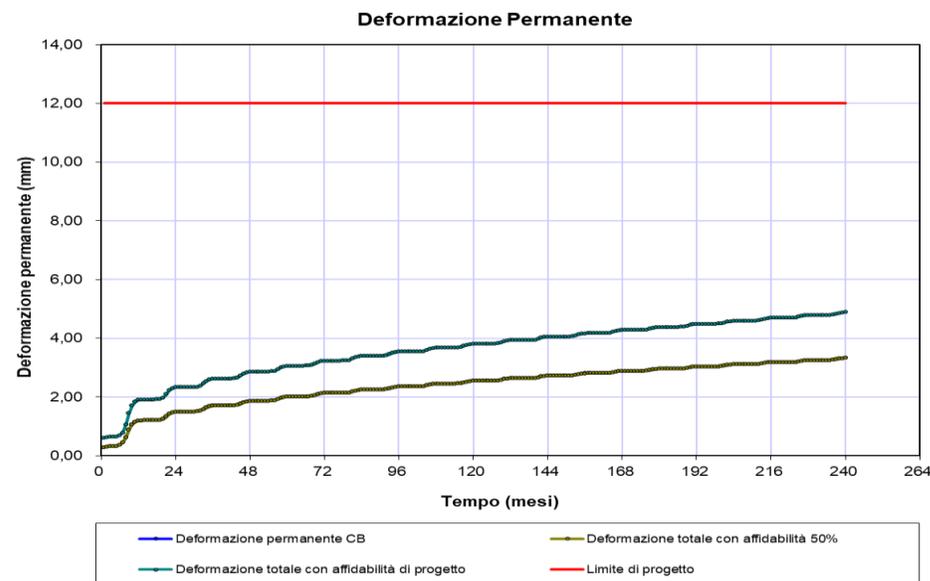


IRI



Pavimentazione in viadotto

INDICATORE DI PRESTAZIONE	VALORE	LIMITE
Fessurazione di tipo “bottom-up” (%)	1.45	25
Fessurazione di tipo “top-down” (m/km)	49	200
Danno per fatica (Bottom-up)	trascurabile	0.5
Profondità ormaie (mm)	5.0	12.0
IRI (mm/m)	1.95	2.00

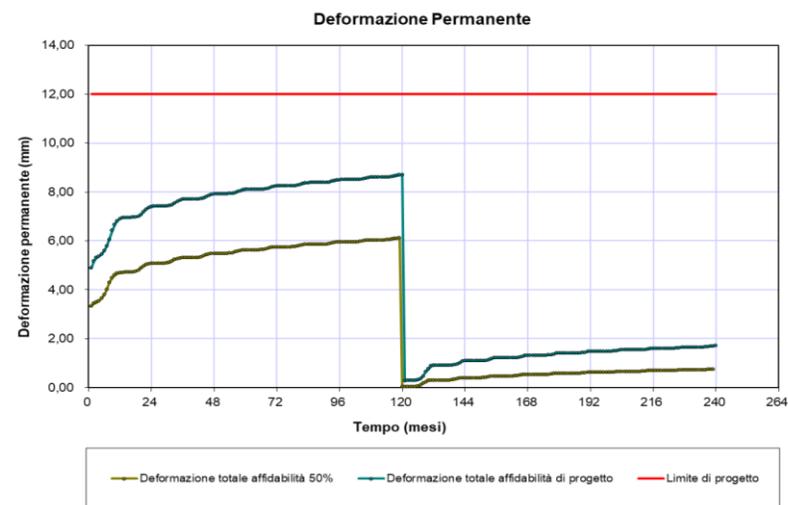
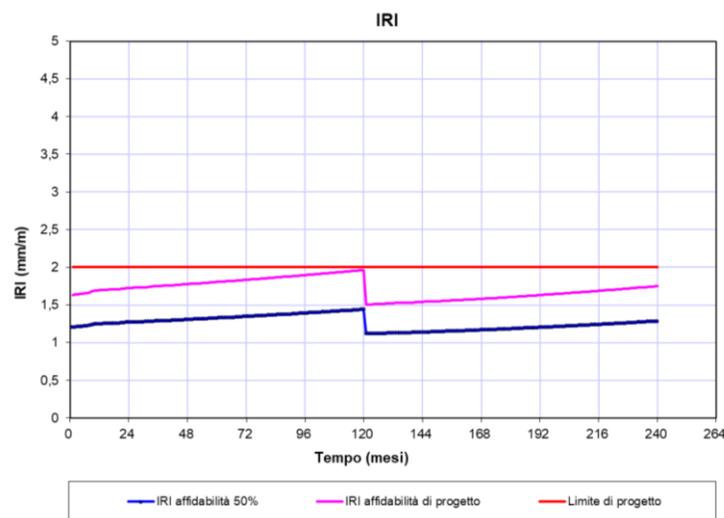


Progetto Esecutivo: programma di manutenzione delle pavimentazioni

Le verifiche effettuate hanno mostrato:

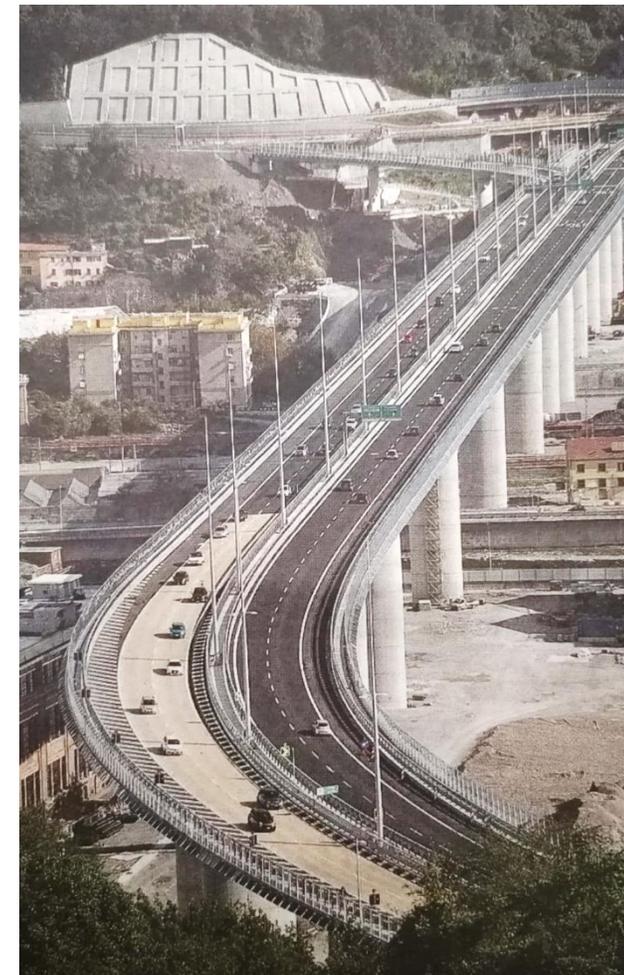
- un ottimo comportamento nel tempo con riferimento alla **fatica** dei materiali;
- un ottimo comportamento nel tempo con riferimento all'evoluzione della **deformazione permanente**, che nell'intero periodo di analisi assume valori inferiori al limite di progetto.
- una crescita nel tempo della **irregolarità longitudinale (indice IRI)** che, per i tratti in viadotto, si mantiene all'interno dei limiti previsti per tutta la durata del periodo di analisi, mentre per i tratti in rilevato raggiunge il limite previsto tra l'11° e il 12° anno

Sarà quindi necessario il rifacimento dello strato di usura in corrispondenza del 10° anno di esercizio, al fine di ripristinare la regolarità superficiale della sovrastruttura.





**GRAZIE
PER LA
VOSTRA
ATTENZIONE**



(Corriere della Sera 14.11.2020)