

Committente:



AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.P.A.

Via Camboara 26/A - Frazione Ponte Taro - 43015 NOCETO (PR)

Impresa Esecutrice:



**AUTOSTRADA DELLA CISA A15
RACCORDO AUTOSTRADALE A15/A22
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-BRENNERO
RACCORDO AUTOSTRADALE FRA L' AUTOSTRADA DELLA CISA-FONTEVIVO (PR)
E L' AUTOSTRADA DEL BRENNERO-NOGAROLE ROCCA (VR). I LOTTO.**

C.U.P. G61B04000060008

C.I.G. 307068161E

PROGETTO ESECUTIVO

AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.p.A.

Il Direttore TIBRE:

Il Responsabile del Procedimento:

Il Presidente:

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.
Il Direttore Tecnico:

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.
Il Responsabile di Progetto
Dott. Ing. Luca Bondanelli

Il Geologo:

PROGETTAZIONE DI:



Il Progettista:

Ing. Fabio Nigrelli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo n. 3581



A.T.I.:



Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione:

Ing. Giovanni Maria Cepparotti

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo n. 392

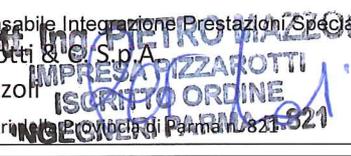
Consulenza specialistica a cura di:

Progettista Responsabile Integrazione Prestazioni Specialistiche:

Impresa Pizzarotti & C. S.p.A.

Ing. Pietro Mazzoli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 821



Titolo Elaborato:

**GENERALE
GENERALE
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO
DELLE PAVIMENTAZIONI**

Data Emissione Progetto:

18/03/2014

Scala:

Identif. Elaborato:

N.RO IDENTIFICATIVO	CODICE COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	AMBITO	CAT OPERA	N OPERA	PARTE OP	TIPO DOC	N PROGR. DOC.	REV.
	RAAA	1	E	I	GE	XX	01	G	RE	004	B
B	10/10/2014	ISTRUTTORIA RINA PROT. N°730 DEL 08/09/2014				A.ZANELLATO	F.NIGRELLI	MAZZOLI			
A	16/06/2014	RIEMMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO				A.ZANELLATO	F.NIGRELLI	MAZZOLI			
Rev.	Data	DESCRIZIONE REVISIONE				Redatto	Controllato	Approvato			

INDICE

1	PREMESSA	3
2	CRITERI ASSUNTI NELLE VERIFICHE DELLE PRESTAZIONI DELLE PAVIMENTAZIONI	3
2.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
2.2	MODELLO DI CALCOLO ADOTTATO NELLA VERIFICA NEL TEMPO DELLE PAVIMENTAZIONI: IL METODO DI ANALISI M-E PDG	3
3	DATI DI PROGETTO	5
3.1	PERIODO DI ANALISI	5
3.2	DATI DI TRAFFICO	5
3.3	PORTANZA DEL TERRENO DI SOTTOFONDO	6
3.4	CONDIZIONI CLIMATICHE	6
3.5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DELLA PAVIMENTAZIONE PREVISTA	6
3.6	AFFIDABILITÀ DI RIFERIMENTO PER LE VERIFICHE	7
3.7	CRITERI DI VERIFICA DELLE PRESTAZIONI OFFERTE DALLE PAVIMENTAZIONI	7
3.7.1	Indicatori prestazionali	7
3.7.2	Limiti di ammissibilità assunti nelle verifiche	8
4	VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DELLE PAVIMENTAZIONI DEL PE	9
5	CONCLUSIONI	11
6	ALLEGATO 1: TRANSIZIONE TRA LA PAVIMENTAZIONE ESISTENTE TIPO "A15" E LA NUOVA PAVIMENTAZIONE TIPO "A"	11

1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo è relativa al dimensionamento ed alla verifica funzionale delle pavimentazioni di nuova realizzazione relative al Progetto Esecutivo (PE) del Corridoio Plurimodale Tirreno-Brennero nel tratto tra Fontevivo (PR) e lo svincolo di Trecasali-Terre Verdiane.

Il progetto di riferimento di questo lavoro è costituito dal Progetto Definitivo (PD) del dimensionamento della pavimentazione autostradale dello stesso tratto oggetto di studio.

Anche i dati di traffico presi come riferimento sono quelli utilizzati per la verifica delle pavimentazioni del PD dello stesso tratto.

2 CRITERI ASSUNTI NELLE VERIFICHE DELLE PRESTAZIONI DELLE PAVIMENTAZIONI

2.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Ai fini delle analisi e delle valutazioni sviluppate nella presente relazione si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

NCHRP "Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures", Ed. 2004 (Metodo M-E PDG);

CNR B.U. 178/95 "Catalogo delle pavimentazioni stradali".

2.2 MODELLO DI CALCOLO ADOTTATO NELLA VERIFICA NEL TEMPO DELLE PAVIMENTAZIONI: IL METODO DI ANALISI M-E PDG

Le pavimentazioni previste nel PE sono state verificate valutando le prestazioni che la sovrastruttura potrà offrire nel tempo quando soggetta alle condizioni di traffico previste in progetto e nelle condizioni climatiche della zona di sedime dell'opera utilizzando la nuova procedura di analisi basata sull'impiego di metodi di tipo "empirico-razionale" prodotta dall'NCHRP per l'AASHTO Statunitense (metodo M-E PDG). La versione del codice di calcolo adottata è la 1.1 del 31 agosto 2009.

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, irregolarità longitudinale) determinando poi il danno complessivo per fatica che ci si può attendere nella struttura nel corso di tutto il periodo di analisi.

Tra i principali elementi di innovazione del metodo di calcolo adottato si registrano:

- la possibilità di caratterizzare i diversi strati costituenti la pavimentazione in funzione delle reali caratteristiche compositive delle miscele;
- la possibilità di tener conto delle specifiche condizioni ambientali in cui la pavimentazione andrà ad operare (con particolare riguardo all'andamento delle temperature, delle condizioni di pioggia e di irraggiamento nel tempo);
- la possibilità di analizzare separatamente l'andamento nel tempo dei diversi tipi di degrado e di comprendere quindi ove si concentrano eventuali deficienze strutturali, potendo di conseguenza pianificare in modo ottimizzato gli interventi di manutenzione che possono essere quindi focalizzati alla risoluzione dello specifico problema rilevato (cosa non possibile quando si ragiona solo in termini di danno per fatica o di indicatori sintetici di stato);
- la possibilità di schematizzare una qualunque mix di traffico, sia essa costituita da un asse standard equivalente (di qualunque peso) o da una complessa mix di veicoli pesanti, e di tener conto degli effetti di crescita del traffico del tempo. Il modello, nel calcolare il numero di ripetizioni che transita effettivamente in un dato punto della pavimentazione, tiene inoltre conto del naturale effetto di dispersione delle traiettorie all'interno della corsia di marcia lenta;
- la possibilità di progettare tenendo conto di diversi livelli di affidabilità per tipologia di strada.

In questa fase di progetto si è fatto riferimento, per la definizione dei dati di input, al livello III previsto dal nuovo metodo di calcolo (dati di input prevalentemente tratti da letteratura o di default). I dati di input necessari per il Livello III sono riportati in Tabella 1.

PARAMETRO	SIGNIFICATO
Dati caratterizzanti i materiali con presenza di bitume nel legante	
$\rho_{3/4}$	Trattenuto cumulativo al setaccio ASTM 3/4 (corrispondente ad un diametro nominale di 19.1 mm)
$\rho_{3/8}$	Trattenuto cumulativo al setaccio ASTM 3/8 (corrispondente ad un diametro nominale di 9.52 mm)
ρ_4	Trattenuto cumulativo al setaccio ASTM 4 (corrispondente ad un diametro nominale di 4.76 mm)
ρ_{200}	passante al setaccio ASTM 200 (corrispondente ad un diametro nominale di 0.074 mm)
Va	Volume dei vuoti residui (%)
Vb	Volume effettivo di bitume (%)
A, VTS	parametri caratterizzanti il comportamento del legante
H	spessore dello strato (cm)
Dati caratterizzanti i misti cementati tradizionali	
H	spessore dello strato (cm)
Ein	modulo elastico dello strato integro (MPa)
Ef	modulo elastico dello strato fessurato (MPa)
F	Resistenza a trazione per flessione (MPa)
Dati caratterizzanti le fondazioni in misto granulare non legato	
MAT	Tipo di materiale (secondo classificazione AASHTO/CNR-UNI 10006 o in base al tipo di materiale – di frantumazione, naturale alluvionale, da riciclaggio di conglomerato bituminoso etc)
H	spessore dello strato (cm)
E	modulo elastico dello strato (MPa)
Dati caratterizzanti il sottofondo (per ciascuno strato caratterizzante il sottofondo)	
MAT	Tipo di materiale (secondo classificazione AASHTO/CNR-UNI 10006 o secondo la classificazione Unified Soil Classification)
H	spessore dello strato, se non si tratta dell'ultimo (cm)
Dati caratterizzanti il traffico	
TGM	Traffico Giornaliero Medio di mezzi pesanti per carreggiata
CMIX	composizione della mix (% per ogni tipo di mezzo)
-	Descrizione dei mezzi che compongono la mix (percentuale di assi di un dato tipo e con un dato carico per asse)
CC	percentuale di mezzi transitanti sulla corsia più caricata
Dati caratterizzanti le condizioni climatiche (per ogni ora e giorno dell'anno)	
Ta	Temperatura dell'aria
V	Velocità del vento
P	Pioggia
S	% sole
U	umidità %
PF	profondità della falda dalla quota pavimentazione (in m)

Tabella 1 - Sintesi dei dati di input necessari per l'impiego del metodo M-E PDG al livello III

Essendo previsti leganti non convenzionali (come ad esempio i bitumi modificati) i parametri A, VTS devono essere determinati a partire dalle prove di caratterizzazione meccanica delle miscele con particolare riguardo al valore assunto dal modulo elastico della miscela alle diverse temperature.

Nella fase di studio finale delle miscele in fase costruttiva dovranno essere comunque eseguite le prove di laboratorio di Livello I (prove reologiche per la determinazione del modulo dinamico E^* a diverse temperature e con diverse condizioni di carico) al fine di consentire la caratterizzazione di dettaglio delle specifiche miscele adottate.

3 DATI DI PROGETTO

3.1 PERIODO DI ANALISI

Le pavimentazioni sono state verificate con riferimento ad un periodo di analisi di 20 anni che va dall'anno 2016 al 2035 compresi.

3.2 DATI DI TRAFFICO

Il traffico adottato per il PE delle pavimentazioni dell'asse autostradale, degli svincoli e delle viabilità interferita è stato desunto dal PD con riferimento agli orizzonti temporali 2012 e 2042.

Per l'asse principale i flussi di traffico sono espressi tramite il Traffico Giornaliero Medio (TGM) annuo e la percentuale dei veicoli pesanti transitanti. I volumi di traffico sono cumulativi di entrambe le direzioni di marcia.

In Tabella 2 riportati i dati di traffico l'Asse Principale del Corridoio Plurimodale Tirreno-Brennero.

<i>Anno</i>	<i>Direzione</i>	<i>VTOT</i>	<i>% VP</i>
2012	bidirezionale	21400	37%
2042	bidirezionale	35000	43%

Tabella 2: dati di traffico Corridoio Plurimodale Tirreno-Brennero agli anni 2012 - 2042

Attraverso questi dati è stata desunta il tasso di crescita cumulato (a) per i 30 anni dell'orizzonte temporale considerato:

$$VP_i = VP_0(1 + a)^i$$

$$a = \sqrt[i]{\frac{VP_i}{VP_0}} - 1$$

da cui inserendo i dati in tabella:

- $VP_0 = 21400 \times 0.37 = 7918$;
- $VP_i = 35000 \times 0.43 = 15050$;
- $i = 30$ (orizzonte temporale);

si ottiene $a = 2.16\%$.

I valori di calcolo che vengono utilizzati nel programma M-E PDG sono riportati in Tabella 3. Il TGM sulla corsia di marcia, corsia più caricata, è preso pari al 90% del TGM che equivale a dire che su quella corsia passa il 90% dei veicoli pesanti per la direzione di marcia. Il dato di traffico bidirezionale è stato ripartito equamente tra le due carreggiate.

TGM 2012 (solo VP)	Tasso di crescita 2012-2032	VP cumulati 2016-2035 (corsia di marcia)
3600	2.16 %	17.5 milioni

Tabella 3: dati di calcolo per M-E PDG

3.3 PORTANZA DEL TERRENO DI SOTTOFONDO

Il PD prevedeva sottofondo costituito da un rilevato di tipo "ordinario" con Modulo Resiliente (M_r) = 90 MPa. Nel PE è prevista la stabilizzazione dello strato superficiale del rilevato associabile ad ottime caratteristiche di portanza. Come sottofondo si è quindi assunto un terreno avente M_r pari a 150 MPa, a cui può esser associato un valore di Modulo di Deformazione (M_d) di 75 MPa in fase di controllo. Tale materiale è conforme a quanto indicato al capitolo 6.3.2. dell'elaborato RAAA1EIGEXX01WRE001A "Addendum al Capitolato Speciale d'Appalto – Norme Tecniche Opere Civili".

Trattandosi di una struttura stratificata non omogenea, occorrerà comunque valutare in fase di esecuzione gli interventi necessari per ottenere $M_r \geq 150$ MPa sul piano di appoggio della fondazione e prevedere una diffusa campagna di prove con Light Weight deflectometer (LWD) con massa da 20 kg e 3 geofoni per verificare l'effettivo raggiungimento di $M_r \geq 150$ MPa prima della stesa della pavimentazione.

3.4 CONDIZIONI CLIMATICHE

Per le verifiche delle pavimentazioni sono state considerate condizioni climatiche specifiche della zona in esame. La stazione climatica assunta a riferimento è quella di Parma.

Nelle verifiche svolte con il software M-E PDG le condizioni meteo sono caratterizzate mediante i valori orari delle seguenti entità:

- Temperatura;
- Velocità del vento;
- Umidità relativa dell'aria;
- Altezza di pioggia;
- Percentuale di insolazione.

I valori richiamati sono riferiti ad un arco temporale minimo di due anni.

I dati relativi alle entità sopracitate sono stati estratti dal sito internet www.wunderground.com.

3.5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DELLA PAVIMENTAZIONE PREVISTA

In Tabella 4 sono rappresentate le principali caratteristiche fisico meccaniche necessarie alla schematizzazione, nel software di calcolo utilizzato, dei materiali costituenti la stratigrafia delle pavimentazioni di PE.

PARAMETRO	$\rho_{3/4}$ [%]	$\rho_{3/8}$ [%]	ρ_4 [%]	ρ_{200} [%]	Va [%]	Vb [%]	A	VTS	E (*) (MPa)
USURA in CB Drenante	0.00	10.2	60.0	4.0	18.0	10.3	10.6508	-3.5537	4000
BINDER con bitume modificato tipo hard	4.3	27.2	43.9	7.0	4.5	11.4	10.6508	-3.5537	9000
BASE in CB con bitume modificato tipo hard	26.0	43.9	56.8	5.0	5.0	10.2	10.6508	-3.5537	8500
Misto cementato	-	-	-	-	-	-	-	-	1000

(*) Per i conglomerati bituminosi è riportato, a titolo meramente indicativo, il modulo elastico calcolato a 20°C a bassa frequenza (4 Hz) rappresentativo di un modulo di laboratorio. Il calcolo è fatto sulla base delle proprietà fisiche dei materiali; per i materiali legati a cemento è riportato il modulo elastico del materiale in condizione microfessurata.

Tabella 4 - Parametri utilizzati per l'analisi con il metodo M-E PDG delle pavimentazioni di PE

I valori di A e VTS per le miscele tradizionali sono calcolati direttamente dall'M-EPDG per un dato tipo

di bitume a partire dal valore della penetrazione.

Lo strato di usura dell'asse della principale è previsto in conglomerato bituminoso di tipo drenante.

Per gli strati di binder e base sono previsti conglomerati bituminosi (CB) con bitume modificato di tipo hard.

La sottobase stradale nell'asse autostradale è realizzata con misto cementato.

Tutte le quantità utilizzate nel calcolo sono coerenti con quanto riportato nelle Norme Tecniche del CSA. In Tabella 5 è riportato il confronto tra i dati utilizzati in progetto e quelli riportati nel CSA, in particolare nel Cap. 38.

Quantità relative allo strato di base	fonte	minimo	massimo	progetto
trattenuto setaccio 3/4in = 20 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	18	36	26.0
trattenuto setaccio 3/8in = 10 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	34	52	43.9
trattenuto setaccio #4 = 5 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	47	65	56.8
passante setaccio #200 = 0.063 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	2	8	5.0
vuoti residui	Par.38.4.10	4	8	5.0
Quantità relative allo strato di collegamento	fonte	minimo	massimo	progetto
trattenuto setaccio 3/4in = 20 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	0	14	4.3
trattenuto setaccio 3/8in = 10 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	17	35	27.2
trattenuto setaccio #4 = 5 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	33	51	43.9
passante setaccio #200 = 0.063 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	3	9	7
vuoti residui	Par.38.4.11	4	7	4.5
Quantità relative allo strato di usura	fonte	minimo	massimo	progetto
trattenuto setaccio 3/4in = 20 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	0	0	0.0
trattenuto setaccio 3/8in = 10 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	0	13	10.2
trattenuto setaccio #4 = 5 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	51	65	60.0
passante setaccio #200 = 0.063 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	2	6	4.0
vuoti residui	Par.38.4.13	18	-	18

Tabella 5: Confronto dati di progetto con dati di CSA

I valori di A e VTS per le miscele tradizionali sono calcolati direttamente dall'M-EPDG per un dato tipo di bitume a partire dal valore della penetrazione.

3.6 AFFIDABILITÀ DI RIFERIMENTO PER LE VERIFICHE

Il metodo empirico-razionale utilizzato per il dimensionamento della pavimentazione consente di tener conto dell'affidabilità delle soluzioni, definita come la probabilità che le prestazioni offerte dalle pavimentazioni siano superiori a quelle calcolate.

Il valore di affidabilità previsto dal Catalogo delle Pavimentazioni del CNR (BU 178/95) per Autostrade Extraurbane (tipo A) ed adottato nelle verifiche effettuate per l'asse della principale e per le rampe degli svincoli, è pari al 90%, che rappresenta una condizione in cui il rischio di dover effettuare interventi di manutenzione prima di quanto desumibile dalle verifiche effettuate è limitato al solo 10%.

3.7 CRITERI DI VERIFICA DELLE PRESTAZIONI OFFERTE DALLE PAVIMENTAZIONI

3.7.1 INDICATORI PRESTAZIONALI

Le prestazioni delle pavimentazioni sono state valutate per mezzo dei seguenti indicatori:

- L'estensione della fessurazione in superficie dovuta a lesioni che si propagano dal basso verso l'alto (fessure di tipo "bottom-up") al termine del periodo di analisi della pavimentazione;
- La fessurazione superficiale dovuta a lesioni che si propagano dall'alto verso il basso (fessure

- di tipo “top-down”) al termine del periodo di analisi della pavimentazione;
- Danno cumulato a fatica al termine del periodo di analisi;
- La profondità delle ormaie al termine del periodo di analisi, valutata con riferimento al valore di affidabilità assunto come riferimento per il progetto della sezione considerata;
- La regolarità longitudinale, rappresentata mediante l'indice IRI, misurato su una base di almeno 100 metri di sviluppo longitudinale, al termine del periodo di analisi con riferimento al valore di affidabilità di progetto assunto come riferimento per il progetto delle diverse sezioni stradali considerate.

3.7.2 LIMITI DI AMMISSIBILITÀ ASSUNTI NELLE VERIFICHE

In Tabella 6 sono riportati i valori limite assunti per ciascun indice prestazionale considerato nella verifica delle sovrastrutture del progetto definitivo al di sopra del quale si ritiene necessario un intervento di riqualifica delle pavimentazioni.

INDICATORE PRESTAZIONALE	UNITÀ DI MISURA	LIMITE MASSIMO	NOTE
Fessurazione “bottom up”	%	25	A
Fessurazione “top down”	m/km	200	B
Danno a fatica	-	0.5	C
Profondità di ormaie	mm	12.0	D
IRI	mm/m	2.1 (Autostrade)	E

Tabella 6 - Limiti di ammissibilità per gli indicatori prestazionali

Note:

- A. Il valore è riferito alla % di superficie di pavimentazione interessata da fessurazione. Il limite del 25% rappresenta il raggiungimento di un ammaloramento tale da provocare, in relazione al livello di affidabilità assunto nel progetto, la perdita di funzionalità per la sovrastruttura, rilevata in base al comfort di marcia.
- B. Il valore rappresenta lo sviluppo complessivo di fessure longitudinali presenti in 1 km di strada. Il valore limite di 200 m/km rappresenta il raggiungimento del livello di fessurazione superficiale che provoca, in relazione al livello di affidabilità considerato, un grave decadimento delle caratteristiche di portanza della pavimentazione nel suo complesso a causa di eccessive infiltrazioni di acqua all'interno della struttura e ad una maggiore frequenza di condizioni di carico al bordo.
- C. Il valore rappresenta il valore complessivo del danno cumulato per fenomeni di fessurazione di tipo “bottom up” calcolato secondo la legge di Miner. Il limite di Miner teorico di rottura per fatica di tipo “bottom up” è rappresentato dal valore 1.0. Nell'applicazione del criterio al dimensionamento delle pavimentazioni stradali l'esperienza evidenzia che al di sopra di valori del rapporto di Miner di $0.1 \div 0.5$ la progressione nel tempo delle rotture per fatica della pavimentazione aumenta in modo esponenziale.
- D. Il valore limite rappresenta la massima profondità delle ormaie accettabile per cui con riferimento ad una pendenza trasversale del 2.5%, è possibile evitare ristagni di acqua in carreggiata.
- E. Il valore 2.1 rappresenta la soglia di irregolarità superficiale corrispondente al valore di PSI=3 previsto dal Catalogo delle Pavimentazioni del CNR al termine della vita utile di strade di tipo A.

Gli indicatori che regolano il comportamento a fatica della pavimentazione sono la fessurazione “bottom up”, la fessurazione “top down” ed il danno a fatica di tipo “bottom up” mentre gli indicatori relativi alla formazione delle ormaie e delle irregolarità longitudinali caratterizzano il comportamento delle pavimentazioni in termini deformativi.

4 VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DELLE PAVIMENTAZIONI DEL PE

Per l'asse della principale il progetto esecutivo (PE), prevede una pavimentazione semirigida confezionata con materiali ad alte prestazioni. Il manto di usura previsto è di tipo drenante. La stratigrafia della pavimentazione prevista in PE è rappresentata in Tabella 7.

Strato	Spessore	
Usura in Conglomerato Bituminoso Drenante	cm	4
Strato di collegamento in CB con bitume modificato tipo hard	cm	5
Strato di base in CB con bitume modificato tipo hard	cm	20
Strato di sottobase in Misto Cementato	cm	26
TOTALE	cm	55

Tabella 7 - Pavimentazioni previste nel PE per l'asse dell'autostrada

Questa pavimentazione, verificata mediante il metodo M-E PDG con i dati di progetto esplicitati nel paragrafo 3.5 hanno fornito i risultati riportati in Tabella 8 da cui si osserva che nessuno degli indicatori di fatica supera i limiti di cui al paragrafo 3.7. Si osserva invece un leggero superamento del limite di ormaiamento.

TRAFFICO DI PE	
Traffico	17.5 milioni di VC
Affidabilità	R = 90%
INDICATORE DI PRESTAZIONE	
Fessurazione di tipo "bottom-up" (%)	1.45
Fessurazione di tipo "top-down" (m/km)	8.15
Danno per fatica (Bottom-up)	2.257×10^{-8}
Profondità ormaie (mm)	12.61
IRI (mm/m)	1.65

Tabella 8 - Risultati delle verifiche effettuate con il metodo M-E PDG sulla pavimentazione prevista nel PE

La Figura 1, la Figura 2 e la Figura 3 mettono in evidenza come la struttura di PE mantiene un basso stato fessurativo e di irregolarità superficiale per tutti i 20 anni di esercizio della pavimentazione.

Dal punto di vista funzionale si ravvisa la necessità di un intervento di sostituzione del manto di usura entro il 15° anno di esercizio delle pavimentazioni (v. Figura 2).

Considerando che è presente uno strato di usura che necessita di periodica pulitura con aria compressa e, tipicamente, di una sostisuzione ogni 10-12 anni, i due interventi potranno esser coordinati in modo da raggiungere la fine del periodi di analisi con un solo intervento di sostituzione dell'usura.

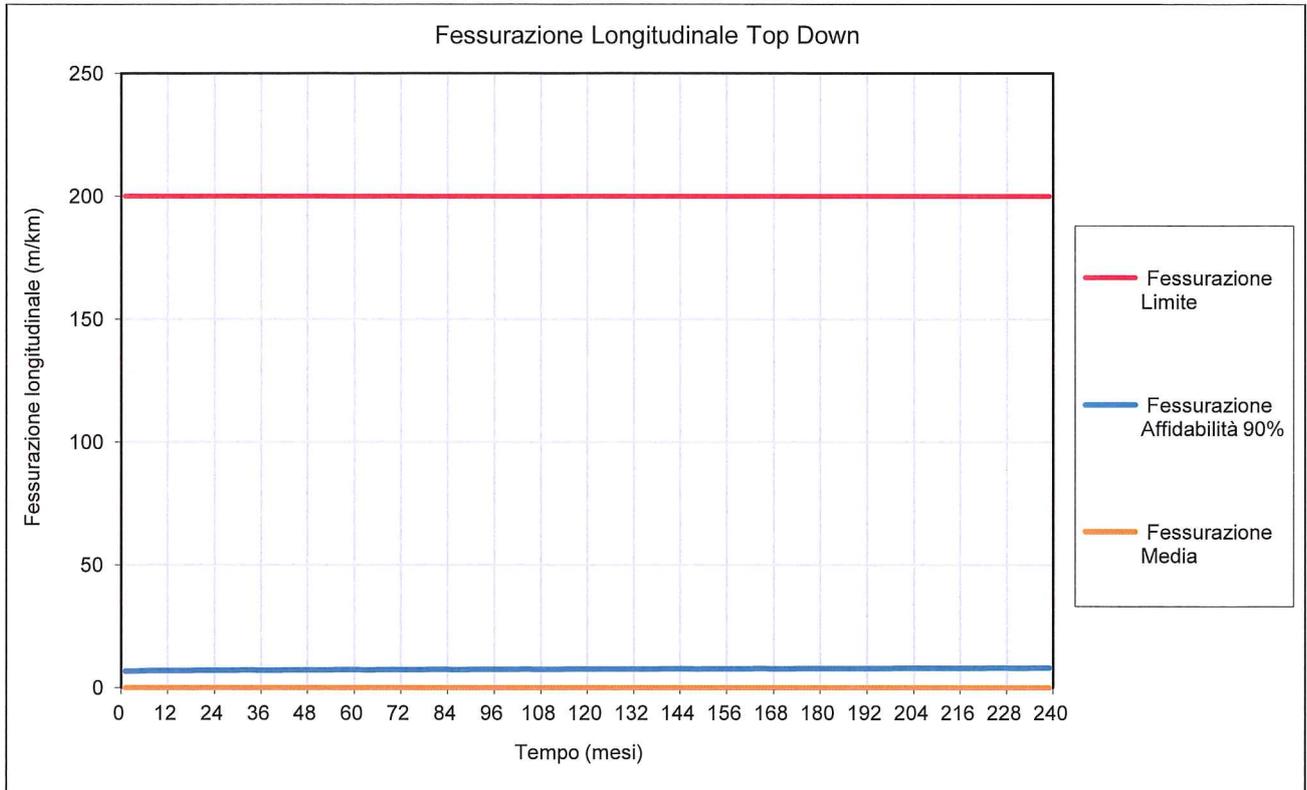


Figura 1 - Andamento della fessurazione longitudinale "top-down" nella pavimentazione di PE

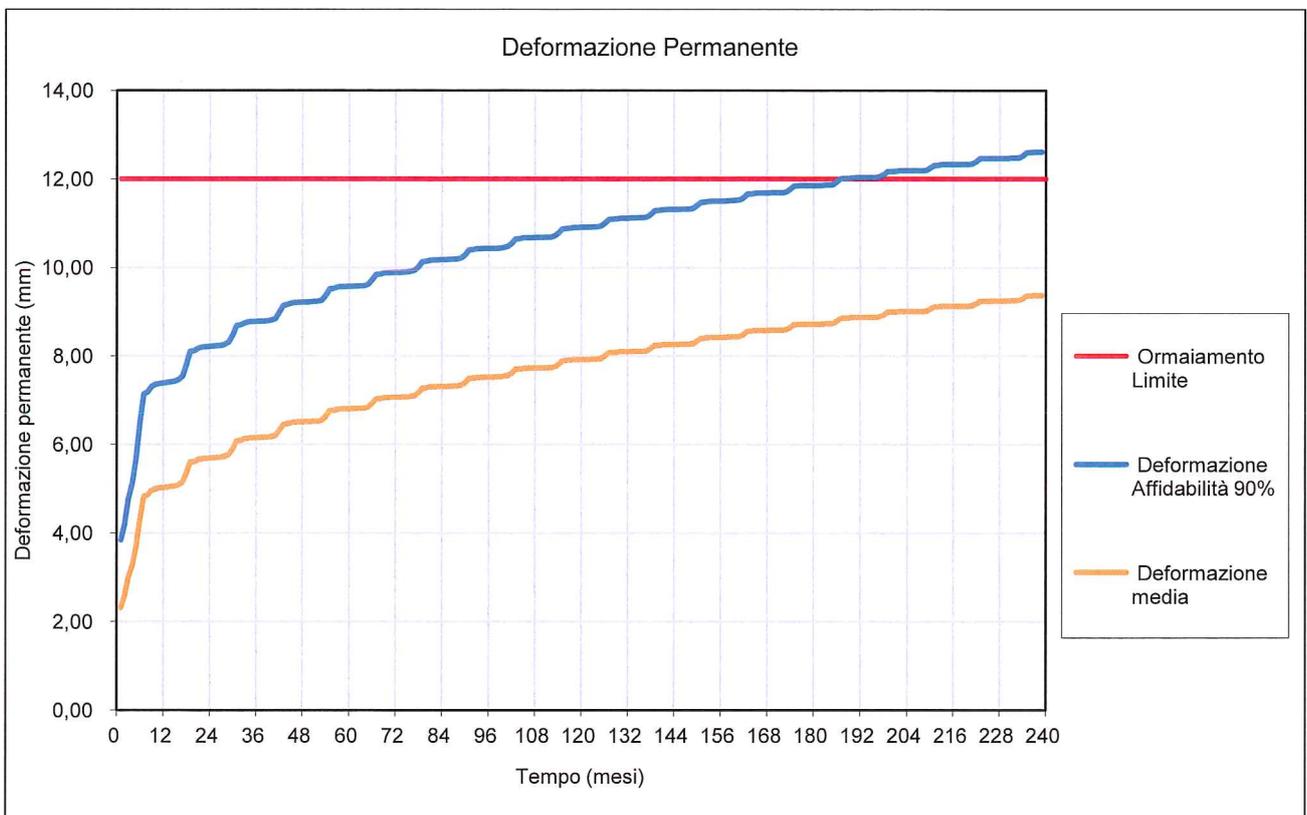


Figura 2 - Andamento della deformazione permanente nella pavimentazione di PE

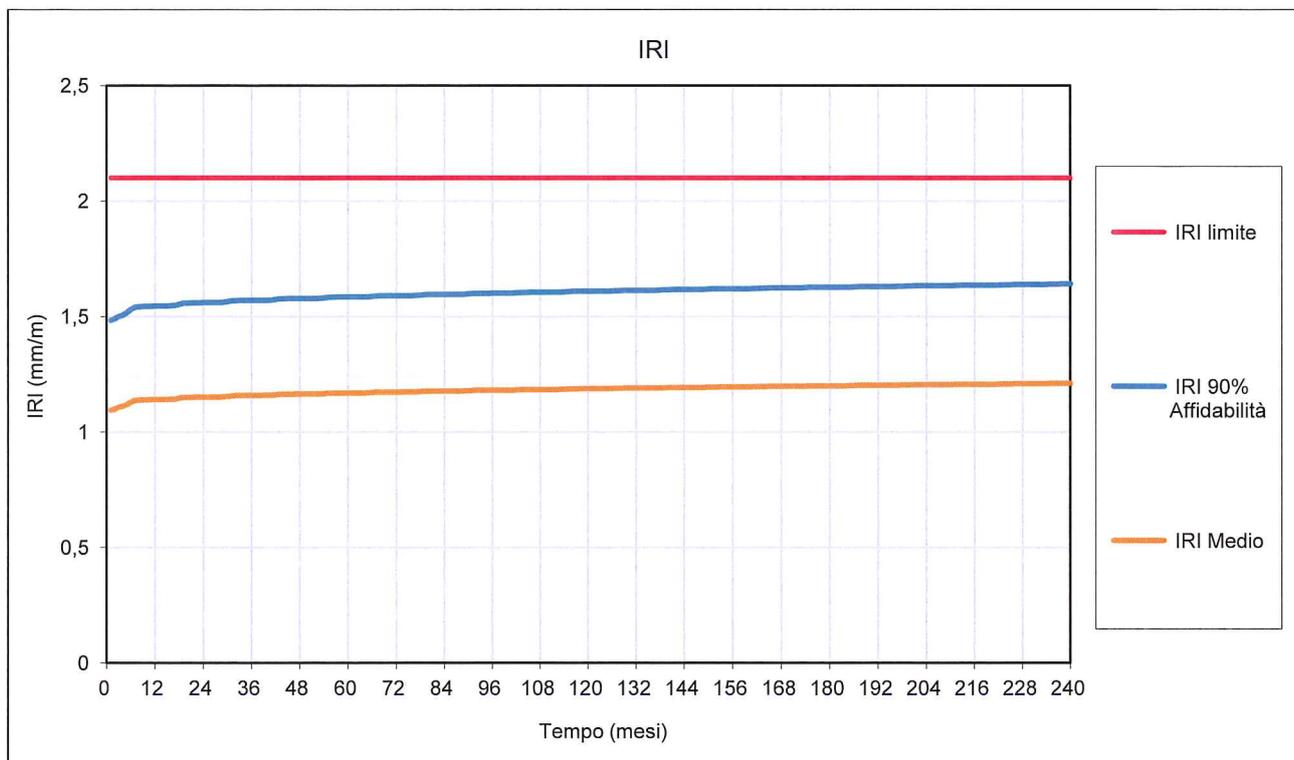


Figura 3 - Andamento della irregolarità longitudinale (indice IRI) nella pavimentazione di PE

5 CONCLUSIONI

Le pavimentazioni dell'Asse Principale del Corridoio Plurimodale Tirreno-Brennero considerando un periodo di analisi di 20 anni risultano ampiamente verificate per quanto riguarda le fessurazioni longitudinali e la regolarità superficiale.

Per quanto concerne l'ormaiamento con affidabilità al 90% si verifica un superamento del livello massimo considerato in progetto di 12 mm dopo circa 15 anni. Trattandosi di una pavimentazione con usura in conglomerato bituminoso drenante che tipicamente ha una vita utile di circa 10-12 anni, la sovrastruttura potrà mantenere gli standard prestazionali previsti con un solo rifacimento dell'usura verso la metà del periodo di analisi di progetto.

6 ALLEGATO 1: TRANSIZIONE TRA LA PAVIMENTAZIONE ESISTENTE TIPO "A15" E LA NUOVA PAVIMENTAZIONE TIPO "A"

La sovrastruttura stradale dell'asse principale della attuale Autostrada A15 è costituita dalla pavimentazione tipo "A15". Il pacchetto strutturale, di spessore complessivo pari a 58 cm e rappresentato in Figura 4, è definito come segue:

- strato di usura: 3 cm;
- strato di binder: 5 cm;
- strato di base in conglomerato bituminoso: 15 cm;
- strato di fondazione: 35 cm.

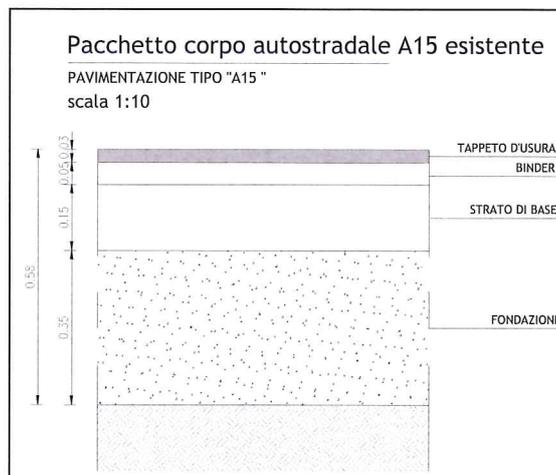


Figura 4: Pavimentazione esistente tipo "A15"

Il nuovo collegamento A15-A22 prevede invece per l'asse principale una pavimentazione semirigida (Pavimentazione Tipo "A") dello spessore complessivo di 55 cm, rappresentata in Figura 5, definita come segue:

- strato di usura: 4 cm;
- strato di binder: 5 cm;
- strato di base in conglomerato bituminoso: 20 cm;
- strato di sottobase in misto cementato: 26 cm.

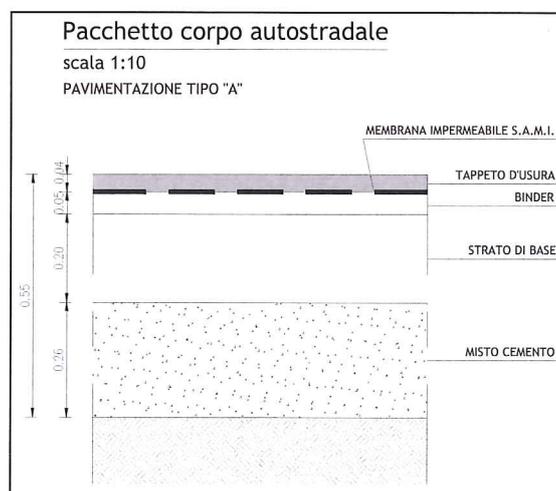


Figura 5: Pavimentazione nuova tipo "A"

Per poter garantire la continuità strutturale e per evitare fessurazioni localizzate lungo il giunto verticale dovute al cedimento differenziale tra la pavimentazione "A15" (già in esercizio da anni) la "A" (nuova), le due sovrastrutture stradali sono raccordate sovrapponendo gli strati per una lunghezza, $L_{\text{sovrapposizione}}$, definita come segue:

$$L_{\text{sovrapposizione}} \geq 25 + H_{\text{strato}}$$

Il dettaglio della transizione tra le due pavimentazioni è riportato in Figura 6.

Pacchetto corpo autostradale A15 esistente

PAVIMENTAZIONE TIPO "A15"
scala 1:10

Pacchetto corpo autostradale

PAVIMENTAZIONE TIPO "A"
scala 1:10

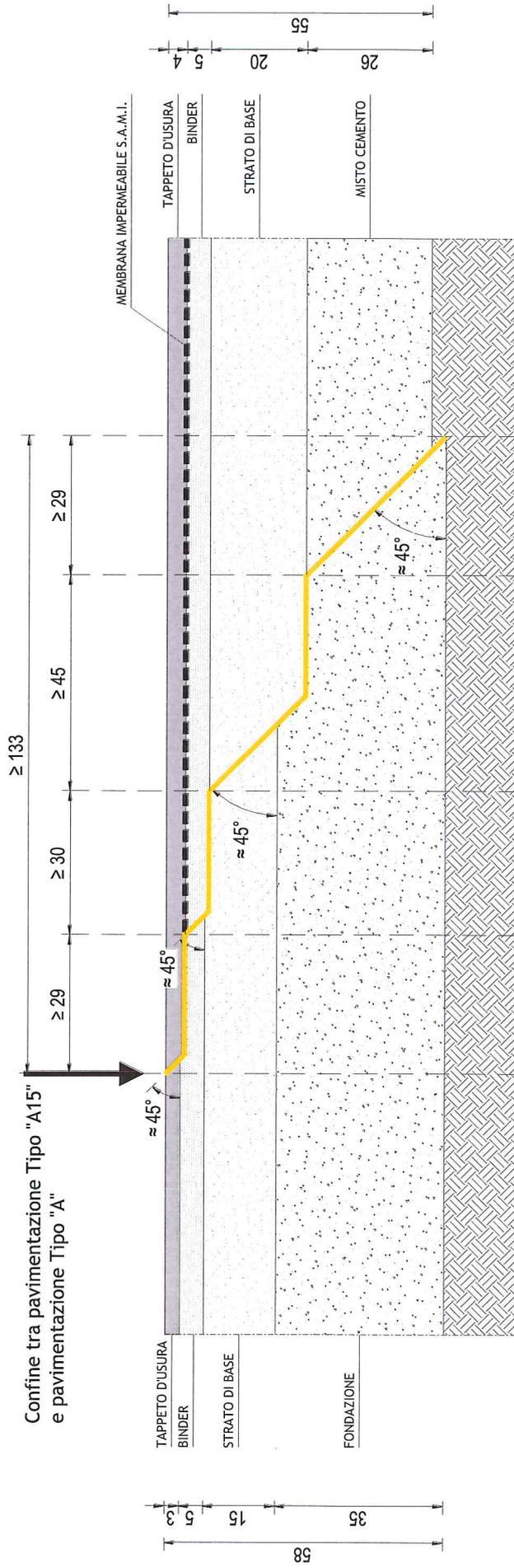


Figura 6: dettaglio della transizione tra pavimentazione tipo "A15" e tipo "A"