



Consulenza Tecnico-Scientifica:
Calibrazione mediante “Reverse Engineering” del
metodo di calcolo semplificato di pavimentazioni
stradali rinforzate con geocomposito
Autotene Asphaltico Antipumping HE/TVP

Relazione Finale

Committente: INDEX S.p.A.

Consulente: Prof. Ing. Francesco Canestrari
Ordinario di Strade, Ferrovie e Aeroporti

Maggio 2023

Indice

1. Premessa	3
2. Caso studio 1: Via Unità d'Italia (Verona)	5
2.1 PARAMETRI DI CALCOLO	5
2.1.1 <i>Condizioni di carico e posizioni di calcolo</i>	5
2.1.2 <i>Proprietà dei materiali</i>	6
2.1.3 <i>Dati di traffico</i>	7
2.2 RISULTATI	7
3. Caso studio 2: Interporto di Verona – Via Sommacampagna (Quadrante Europa)	9
3.1 PARAMETRI DI CALCOLO	10
3.1.1 <i>Condizioni di carico e posizioni di calcolo</i>	10
3.1.2 <i>Proprietà dei materiali</i>	11
3.1.3 <i>Dati di traffico</i>	11
3.2 RISULTATI	12
4. Caso studio 3: Raccordo Autostradale ANAS RA11 (Ascoli Piceno)	14
4.1 PARAMETRI DI CALCOLO	14
4.1.1 <i>Condizioni di carico e posizioni di calcolo</i>	14
4.1.2 <i>Proprietà dei materiali</i>	15
4.1.3 <i>Dati di traffico</i>	16
4.2 RISULTATI	16
5. Aggiornamento del catalogo delle pavimentazioni rinforzate	18
6. Conclusioni	23
Bibliografia	25
Allegati	26

1. Premessa

Il presente documento è incentrato sulla calibrazione del metodo di calcolo semplificato di pavimentazioni stradali rinforzate con geocomposito Autotene Asfaltico Antipumping HE/TVP mediante "Reverse Engineering".

Per "Reverse Engineering" (o "ingegneria inversa") si intende un processo atto a identificare le proprietà di un oggetto fisico attraverso l'analisi completa di struttura, funzioni e operatività di tale elemento. Tale approccio risulta sempre più applicato nel campo dell'ingegneria civile, in particolare per validare le ipotesi considerate nelle fasi progettuali di un'opera attraverso l'osservazione del comportamento effettivo dell'opera stessa in esercizio. Appare pertanto evidente che la Reverse Engineering può trovare un'utile applicazione anche nell'ambito delle pavimentazioni stradali.

A tale proposito, nello studio in oggetto è stato analizzato il comportamento in opera di 3 pavimentazioni reali rinforzate con il geocomposito Autotene Asfaltico Antipumping HE/TVP:

1. Via Unità d'Italia a Verona;
2. Interporto di Verona – Via Sommacampagna, all'interno del Quadrante Europa (caso già esaminato nel Rapporto Finale *Dimensionamento di pavimentazioni stradali rinforzate con geocomposito Index "Autotene Asfaltico Antipumping HE/TVP"* del 2017, nel seguito indicato per semplicità come Rapporto Finale 2017);
3. Raccordo Autostradale ANAS RA11 in provincia di Ascoli Piceno (caso già esaminato nel Rapporto Finale 2017).

Da un punto di vista teorico, la resistenza di tali pavimentazioni è stata quantificata in termini di assi standard da 80 kN, modellando la pavimentazione come un multistrato elastico e trascurando cautelativamente la presenza del rinforzo nella definizione del quadro tenso-deformativo.

Il contributo del geocomposito, infatti, è stato considerato solamente nelle successive fasi di verifica a rottura degli strati della pavimentazione attraverso un coefficiente che amplifica il numero di cicli necessari per la propagazione della fessurazione in superficie e un coefficiente che riduce la deformazione verticale agente sulla sommità del sottofondo (entrambi determinabili sperimentalmente). Per quantificare la vita utile dei casi studio esaminati, è stato inoltre necessario valutare i carichi di traffico agenti su ciascuna pavimentazione. In particolare, i dati di traffico sono stati ricavati sulla base di rilievi diretti e quindi opportunamente convertiti in assi standard da 80 kN.

La calibrazione del metodo è consistita nella scelta accurata dei due coefficienti legati alle prestazioni del geocomposito, sulla base del confronto tra la vita utile da calcolo (teorica) e la durata in esercizio della pavimentazione rinforzata effettivamente osservata.

Alla luce di quanto emerso dall'analisi di tali casi studio, è stato quindi proposto un aggiornamento del catalogo delle pavimentazioni rinforzate già introdotto nel Rapporto Finale del 2017, che include un totale di 8 tipologie di sovrastrutture rappresentative delle pavimentazioni italiane tipicamente adottate in ambito urbano, extra-urbano ed autostradale.

Il documento è articolato dunque in due parti principali:

1. i Capitoli §2, 3 e 4 sono relativi ai 3 casi studio (Via Unità d'Italia, Via Sommacampagna e Raccordo Autostradale RA11, rispettivamente) e presentano per ciascun caso studio i parametri di calcolo (condizioni di calcolo, proprietà meccaniche dei materiali, dati di traffico) e i risultati ottenuti;
2. il Capitolo §5 presenta l'aggiornamento del catalogo delle pavimentazioni rinforzate (v. Rapporto Finale 2017) sulla base delle risultanze emerse dall'analisi dei suddetti casi reali.

Infine, le principali conclusioni dello studio sono riassunte nel Capitolo §6.

Per quanto non espressamente richiamato nel presente documento, si rimanda al Rapporto Finale 2017 e ai precedenti Rapporti relativi all'ottimizzazione e all'analisi di laboratorio del geocomposito Autotene Asfaltico Antipumping HE/TVP.

2. Caso studio 1: Via Unità d'Italia (Verona)

Il primo caso studio esaminato è quello in Via Unità d'Italia a Verona. Come mostrato in Figura 2.1, la stratigrafia dello stato attuale ante intervento prevede uno strato di usura di 4 cm ed uno strato di base di 11 cm (entrambi in conglomerato bituminoso tradizionale), al di sopra di una fondazione in misto granulare dello spessore di 30 cm.

Prima dell'impiego del geocomposito, la pavimentazione necessitava di interventi di manutenzione con periodicità di circa 4 anni, che prevedevano la fresatura dello strato di usura di 4 cm e la posa in opera di un nuovo strato di usura di 4 cm (stato modificato non rinforzato "N" in Figura 2.1).

Nel 2012, si è intervenuti con la fresatura dello strato di usura, l'applicazione del geocomposito ad una profondità di 4 cm e la posa in opera di un nuovo strato di usura di usura (stato modificato rinforzato "R" in Figura 2.1).

Attualmente, a distanza di circa 11 anni, la pavimentazione rinforzata è ancora in esercizio e non presenta particolari dissesti.

Occorre sottolineare che il successo dell'applicazione relativamente superficiale del geocomposito ($z = 4$ cm) è da ascrivere alle particolari condizioni al contorno per la pavimentazione in esame, e.g., tratto pianeggiante, in rettilo e distante da intersezioni, traffico pesante molto limitato (v. paragrafo §2.1.3).

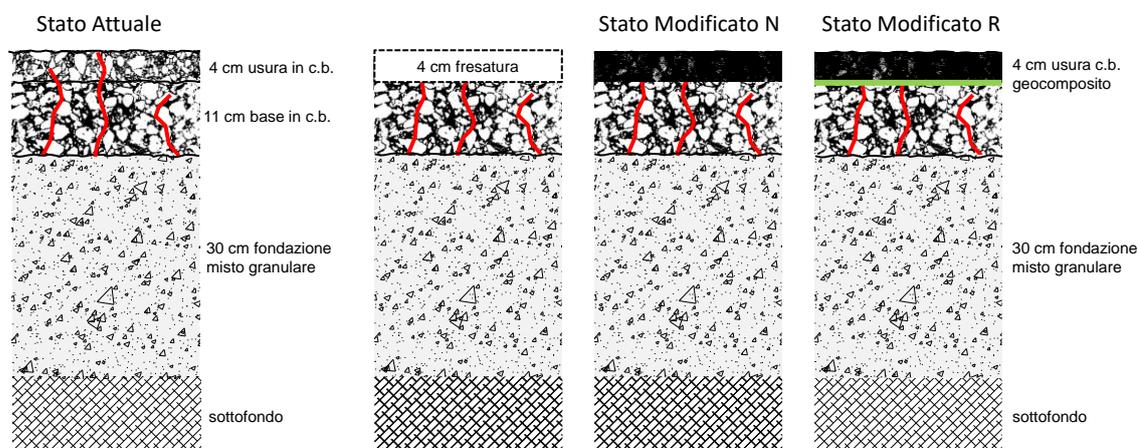


Figura 2.1 Via Unità d'Italia: stato attuale, stato modificato non rinforzato e stato modificato rinforzato

2.1 PARAMETRI DI CALCOLO

2.1.1 Condizioni di carico e posizioni di calcolo

Per quanto riguarda la definizione delle condizioni di carico, l'asse standard adottato per determinare il numero di passaggi che provoca il collasso strutturale della pavimentazione è quello da 80 kN con ruote gemellate, carico ripartito uniformemente sulle singole impronte circolari e pressione di gonfiaggio degli pneumatici di 700 kPa (Figura 2.2).

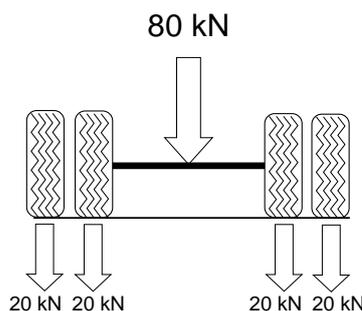


Figura 2.2 Asse di carico standard adottato per la verifica della pavimentazione

Il software di calcolo utilizzato per eseguire la valutazione dello stato tenso-deformativo (KENPAVE – A Computer Package for Pavement Analysis and Design) ha consentito di scegliere le posizioni all'interno del multistrato elastico per la restituzione delle sollecitazioni da utilizzare in fase di verifica. In particolare, sono state indagate le profondità relative alle posizioni critiche per ciascuno strato come nel seguito specificato:

- alla base dello strato in conglomerato bituminoso di nuova realizzazione ($z = 4$ cm);
- a metà dello strato di fondazione ($z = 30$ cm);
- in sommità dello strato che rappresenta il terreno di sottofondo ($z = 45$ cm).

Per ognuna di queste profondità critiche si è calcolato lo stato tenso-deformativo al di sotto della singola ruota gemellata, in quanto tale verticale risulta la più critica per pavimentazioni sottili (si ricorda che per Via Unità d'Italia il nuovo strato in conglomerato bituminoso ha uno spessore di soli 4 cm, v. Figura 2.1).

2.1.2 Proprietà dei materiali

Le proprietà meccaniche considerate per i materiali in fase di calcolo sono riassunte in Tabella 2.1.

Analogamente a quanto assunto nel Rapporto Finale del 2017, le temperature medie dell'aria nelle quattro stagioni dell'anno fanno riferimento alla zona climatica della Regione Veneto (stazione meteorologica di San Pietro in Cariano, dati relativi all'anno 2015).

Per il conglomerato bituminoso tradizionale e per il sottofondo, sono stati considerati gli stessi valori del modulo di Young E e del coefficiente di Poisson ν assunti nel Rapporto Finale del 2017.

Invece, per il conglomerato bituminoso fessurato e per la fondazione, sono stati considerati valori di modulo di Young incrementati rispetto al 2017 alla luce del comportamento in opera della pavimentazione rinforzata.

In particolare, i valori di modulo assunti (900 MPa per il conglomerato fessurato e 500 MPa per la fondazione) sono giustificati dagli elevati spessori degli strati interessati (11 cm per lo strato in conglomerato fessurato, 30 cm per lo strato di fondazione, v. Figura 2.1), che garantiscono una migliore distribuzione degli sforzi dovuti ai carichi di traffico.

Tabella 2.1 Proprietà meccaniche dei materiali assunte in fase di calcolo

MATERIALE	E [MPa]				ν [-]
	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO	
	T = 0.4°C	T = 8.5°C	T = 18.5°C	T = 8.8°C	
Conglomerato bituminoso tradizionale	11552	6941	2966	6779	0.35
Conglomerato bituminoso fessurato			900		0.30
Fondazione in misto granulare			500		0.35
Sottofondo			150		0.40

2.1.3 Dati di traffico

I dati di traffico sono stati ricavati sulla base di rilievi diretti effettuati ad Aprile 2023, che hanno confermato i dati forniti dal Comune di Verona.

Come si evince dalla Tabella 2.2, la strada in esame è caratterizzata da una bassa percentuale di mezzi pesanti (< 5%), che si traduce in un valore molto basso di assi standard da 80 kN, i.e., 0.33 milioni/anno.

Si precisa che, per il calcolo degli ESAL, sono stati considerati dei coefficienti di equivalenza del carico che hanno permesso di tener conto del tipo di dissesto in esame (fatica o ormaiamento), delle caratteristiche dell'asse, delle caratteristiche degli pneumatici e della pressione di gonfiaggio, come dettagliatamente documentato in un precedente studio [1].

Tabella 2.2 Dati di traffico Via Unità d'Italia

Dati di traffico Via Unità d'Italia	
TGM veicoli leggeri	7980
TGM veicoli pesanti	390
TGM totale	8370
% traffico pesante marcia lenta	66%
ESAL 80 kN	0.33 milioni/anno

2.2 RISULTATI

La Tabella 2.3 riporta il confronto dei risultati ottenuti per la pavimentazione rinforzata R e la pavimentazione non rinforzata N (v. Figura 2.1).

Si può osservare che, in termini di assi standard da 80 kN, la pavimentazione non rinforzata ha una vita utile di 1.45 milioni di assi, mentre la pavimentazione rinforzata ha una vita utile di 4 milioni di assi, ed in entrambi i casi la crisi della pavimentazione è determinata dalla crisi per fatica del nuovo conglomerato bituminoso. Tenuto conto del traffico agente (corrispondente a 0.33 milioni di assi standard da 80 kN), la vita utile è pari a 4.4 anni e 12.1 anni per la pavimentazione non rinforzata e quella rinforzata, rispettivamente.

La vita utile ottenuta per la pavimentazione non rinforzata è perfettamente in linea con la periodicità degli interventi di manutenzione precedenti all'applicazione del geocomposito (circa 4 anni).

Anche la vita utile ottenuta per la pavimentazione rinforzata è perfettamente coerente con la durata in opera della pavimentazione (11 anni). Occorre evidenziare che, in presenza del geocomposito, è stato adottato un coefficiente di prestazione k (che quantifica il contributo del geocomposito nel ritardare la propagazione delle fessure verso l'alto) pari a 5, in luogo del valore di 3.5 cautelativamente assunto nel Rapporto Finale del 2017 in presenza di conglomerato bituminoso tradizionale.

La coerenza tra i risultati ottenuti e il comportamento in opera della pavimentazione (rinforzata e non) conferma la bontà delle proprietà meccaniche assunte per i materiali (v. Tabella 2.1).

Inoltre, va sottolineato che, a parità di spessori, l'impiego del geocomposito determina un incremento della vita utile pari al 170%. Tale valore, peraltro, non tiene conto dell'ulteriore beneficio in termini di vita utile derivante dall'effetto impermeabilizzante e antipumping fornito dal geocomposito.

Per i dettagli relativi allo stato tenso-deformativo e alle singole verifiche si rimanda alla sezione §Allegati.

Tabella 2.3 Confronto tra pavimentazione rinforzata e non rinforzata

	Pavimentazione N	Pavimentazione R
Traffico annuo (ESAL 80 kN)	0.33×10^6	0.33×10^6
Coeff. prestazione k	–	5.0
Coeff. attenuazione α	–	1.0
Crisi pavimentazione	c.b.	c.b.
Vita utile (ESAL 80 kN)	1.45×10^6	4.00×10^6
Vita utile (anni)	4.4	12.1
Variazione vita utile	+170%	
Variazione fresatura (cm)	0	
Variazione nuovo c.b. (cm)	0	

3. Caso studio 2: Interporto di Verona – Via Sommacampagna (Quadrante Europa)

Il secondo caso studio analizzato è quello dell'Interporto di Verona – Via Sommacampagna, che ricade all'interno del Quadrante Europa (caso già esaminato nel Rapporto Finale del 2017). Come richiamato in Figura 3.1, la stratigrafia dello stato attuale include uno strato di usura di 3 cm ed uno strato di binder di 6 cm (entrambi in conglomerato bituminoso tradizionale), al di sopra di una fondazione in misto granulare dello spessore di 25 cm.

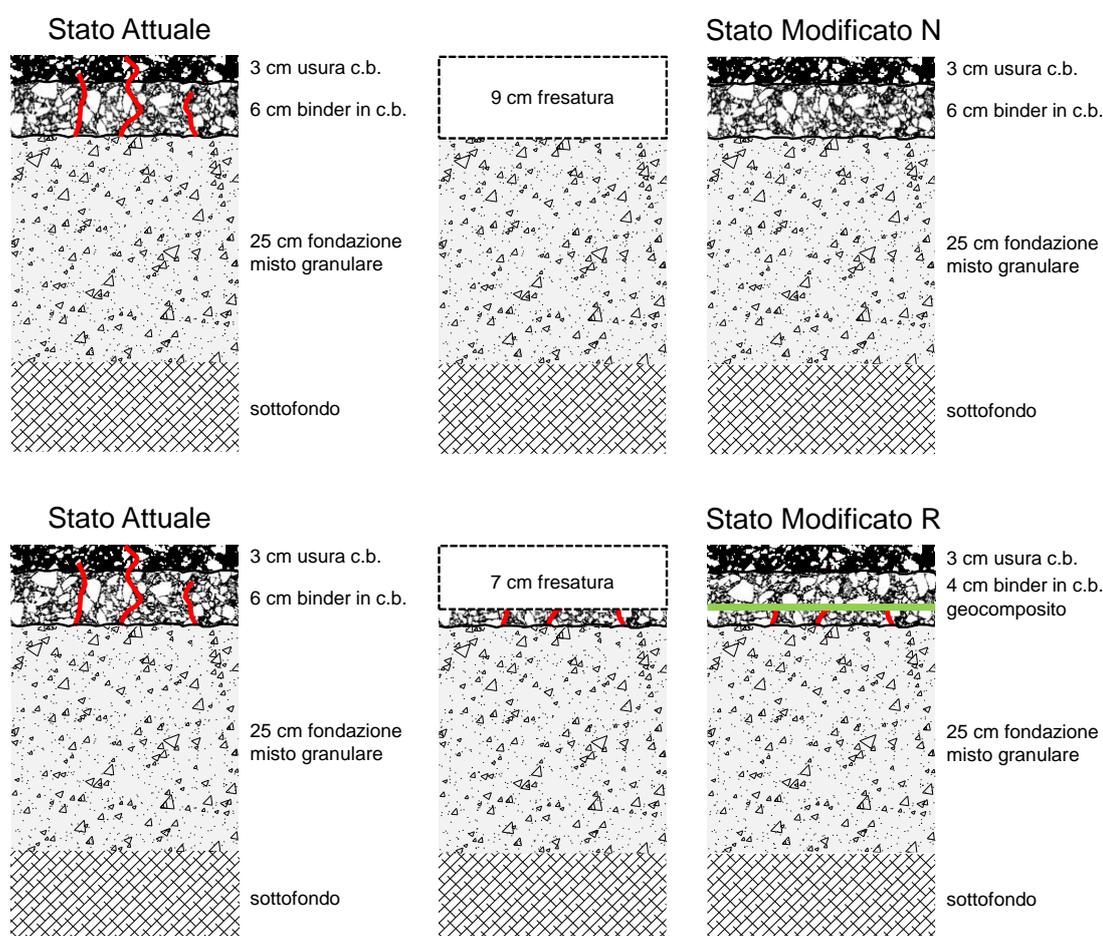


Figura 3.1 Via Sommacampagna: stato attuale, stato modificato non rinforzato e stato modificato rinforzato

Prima dell'impiego del geocomposito, la pavimentazione necessitava di interventi di manutenzione con periodicità di circa 2 anni, che prevedevano la fresatura di tutti gli strati in conglomerato bituminoso (spessore complessivo 9 cm) e la posa in opera di un nuovo strato di binder ed un nuovo strato di usura (stato modificato non rinforzato "N" in Figura 3.1).

Nel 2013, si è intervenuti con la fresatura di 7 cm di conglomerato bituminoso, l'applicazione del geocomposito a tale profondità e la successiva posa in opera di 7 cm complessivi di nuovo conglomerato bituminoso (stato modificato rinforzato "R" in Figura 3.1). **Attualmente, a distanza di circa 10 anni, la pavimentazione rinforzata è ancora in esercizio e non presenta particolari dissesti.**

3.1 PARAMETRI DI CALCOLO

3.1.1 Condizioni di carico e posizioni di calcolo

Per quanto riguarda la definizione delle condizioni di carico, l'asse di carico standard adottato per determinare il numero di passaggi che provoca il collasso strutturale della pavimentazione è quello da 80 kN con ruote gemellate, carico ripartito uniformemente sulle singole impronte circolari e pressione di gonfiaggio degli pneumatici di 700 kPa (Figura 3.2).

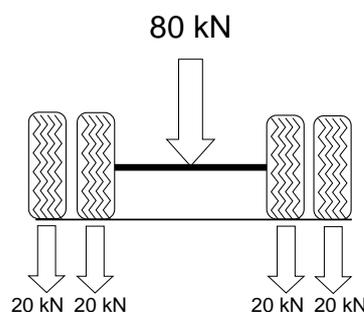


Figura 3.2 Asse di carico standard adottato per la verifica della pavimentazione

Il software di calcolo utilizzato per eseguire la valutazione dello stato tenso-deformativo (KENPAVE – A Computer Package for Pavement Analysis and Design) ha consentito di scegliere le posizioni all'interno del multistrato elastico per la restituzione delle sollecitazioni da utilizzare in fase di verifica. In particolare, sono state indagate le profondità relative alle posizioni critiche per ciascuno strato come nel seguito specificato:

- alla base dello strato in conglomerato bituminoso di nuova realizzazione ($z = 9$ cm per la pavimentazione non rinforzata, $z = 7$ cm per la pavimentazione rinforzata);
- a metà dello strato di fondazione ($z = 21.5$ cm);
- in sommità dello strato che rappresenta il terreno di sottofondo ($z = 34$ cm).

Per ognuna di queste profondità critiche si è calcolato lo stato tenso-deformativo in corrispondenza del punto baricentrico tra le ruote gemellate per tener conto del fenomeno del *traffic wander*.

3.1.2 Proprietà dei materiali

Le proprietà meccaniche considerate per i materiali in fase di calcolo sono riassunte in Tabella 3.1.

Analogamente a quanto assunto nel Rapporto Finale del 2017, le temperature medie dell'aria nelle quattro stagioni dell'anno fanno riferimento alla zona climatica della Regione Veneto (stazione meteorologica di San Pietro in Cariano, dati relativi all'anno 2015).

Per il conglomerato bituminoso (tradizionale e fessurato) e per la fondazione, sono stati considerati gli stessi valori del modulo di Young E e del coefficiente di Poisson ν assunti nel Rapporto Finale del 2017.

Per lo strato di sottofondo, invece, è stato adottato un modulo di Young incrementato rispetto al 2017 in virtù del comportamento in opera della pavimentazione rinforzata. In particolare, tale valore (200 MPa) è verosimile in presenza di sottofondi sabbiosi privi di sostanze plastiche (come nel caso in esame).

Tabella 3.1 Proprietà meccaniche dei materiali assunte in fase di calcolo

MATERIALE	E [MPa]				ν [-]
	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO	
	T = 0.4°C	T = 8.5°C	T = 18.5°C	T = 8.8°C	
Conglomerato bituminoso tradizionale	11552	6941	2966	6779	0.35
Conglomerato bituminoso fessurato			750		0.30
Fondazione in misto granulare			500		0.35
Sottofondo			200		0.40

3.1.3 Dati di traffico

I dati di traffico sono stati ricavati sulla base di rilievi diretti effettuati nel 2017, che hanno confermato i dati forniti dal Comune di Verona.

Come si evince dalla Tabella 3.2, la strada in esame è caratterizzata da una significativa percentuale di mezzi pesanti (43%), che si traduce in un valore molto elevato di assi standard da 80 kN, i.e., 1.8 milioni/anno. In particolare, oltre il 50% dei mezzi pesanti è rappresentato da veicoli a 5 assi (particolarmente dannosi per la pavimentazione).

Si precisa che, per il calcolo degli ESAL, sono stati considerati dei coefficienti di equivalenza del carico che hanno permesso di tener conto del tipo di dissesto in esame (fatica o ormaiamento), delle caratteristiche dell'asse, delle caratteristiche degli pneumatici e della pressione di gonfiaggio [1].

Tabella 3.2 Dati di traffico Via Sommacampagna

Dati di traffico Via Sommacampagna	
TGM veicoli leggeri	3100
TGM veicoli pesanti	2340
TGM totale	5440
ESAL 80 kN	1.8 milioni/anno

3.2 RISULTATI

La Tabella 3.3 riporta il confronto dei risultati ottenuti per la pavimentazione rinforzata R e la pavimentazione non rinforzata N (v. Figura 3.1).

Si può osservare che, in termini di assi standard da 80 kN, la pavimentazione non rinforzata ha una vita utile di 3.5 milioni di assi, mentre la pavimentazione rinforzata ha una vita utile di 14.5 milioni di assi, ed in entrambi i casi la crisi della pavimentazione è determinata dalla crisi per fatica del nuovo conglomerato bituminoso. Tenuto conto del traffico agente (corrispondente a 1.8 milioni di assi standard da 80 kN), la vita utile è pari a 1.9 anni e 8.1 anni per la pavimentazione non rinforzata e quella rinforzata, rispettivamente.

La vita utile ottenuta per la pavimentazione non rinforzata è perfettamente in linea con la periodicità degli interventi di manutenzione precedenti all'applicazione del geocomposito (circa 2 anni).

Anche la vita utile ottenuta per la pavimentazione rinforzata, seppur lievemente conservativa, è coerente con la durata in esercizio della pavimentazione (10 anni), soprattutto se si tiene conto della significativa riduzione di traffico registrata nei due anni più critici della pandemia da COVID-19. Occorre evidenziare che, in presenza del geocomposito, **è stato adottato un coefficiente di prestazione k** (che quantifica il contributo del geocomposito nel ritardare la propagazione delle fessure verso l'alto) **pari a 5, in luogo del valore di 3.5 cautelativamente assunto nel Rapporto Finale del 2017** in presenza di conglomerato bituminoso tradizionale. È stato inoltre considerato un coefficiente di attenuazione α (riduttivo dello stato deformativo sulla sommità del sottofondo) pari a 0.9, sulla base di precedenti evidenze sperimentali [1].

Tabella 3.3 Confronto tra pavimentazione rinforzata e non rinforzata

	Pavimentazione N	Pavimentazione R
Traffico annuo (ESAL 80 kN)	1.80×10^6	1.80×10^6
Coeff. prestazione k	—	5.0
Coeff. attenuazione α	—	0.9
Crisi pavimentazione	c.b.	c.b.
Vita utile (ESAL 80 kN)	3.50×10^6	14.50×10^6
Vita utile (anni)	1.9	8.1
Variazione vita utile		+300%
Variazione fresatura (cm)		– 2
Variazione nuovo c.b. (cm)		– 2

La coerenza tra i risultati ottenuti e il comportamento in opera della pavimentazione (rinforzata e non) conferma la bontà delle proprietà meccaniche assunte per i materiali (v. Tabella 3.1).

Inoltre, va sottolineato che l'impiego del geocomposito determina un incremento della vita utile pari al 300%, a fronte di una riduzione di 2 cm dello spessore di fresatura e del nuovo strato in conglomerato bituminoso (v. Figura 3.1). Tale valore, peraltro, non tiene conto dell'ulteriore beneficio in termini di vita utile derivante dall'effetto impermeabilizzante e antipumping fornito dal geocomposito. Per i dettagli relativi allo stato tenso-deformativo e alle singole verifiche si rimanda alla sezione §Allegati.

4. Caso studio 3: Raccordo Autostradale ANAS RA11 (Ascoli Piceno)

Il terzo caso studio preso in esame è quello del Raccordo Autostradale ANAS RA11 in provincia di Ascoli Piceno (caso già analizzato nel Rapporto Finale del 2017). Come richiamato in Figura 4.1, la stratigrafia dello stato attuale prevede uno strato di usura di 3 cm, uno strato di binder di 4 cm ed uno strato di base di 10 cm (tutti in conglomerato bituminoso tradizionale), al di sopra di una fondazione in misto granulare dello spessore di 30 cm.

Nel 2013, si è intervenuti con la fresatura di 7 cm di conglomerato bituminoso, l'applicazione del geocomposito a tale profondità e la successiva posa in opera di 7 cm complessivi di nuovo conglomerato bituminoso, stavolta contenente bitume modificato (stato modificato rinforzato "R" in Figura 4.1). Il tratto di pavimentazione rinforzata è stato rimosso in parte nel 2020 ed in parte nel 2021, ovvero dopo 7÷8 anni di esercizio.

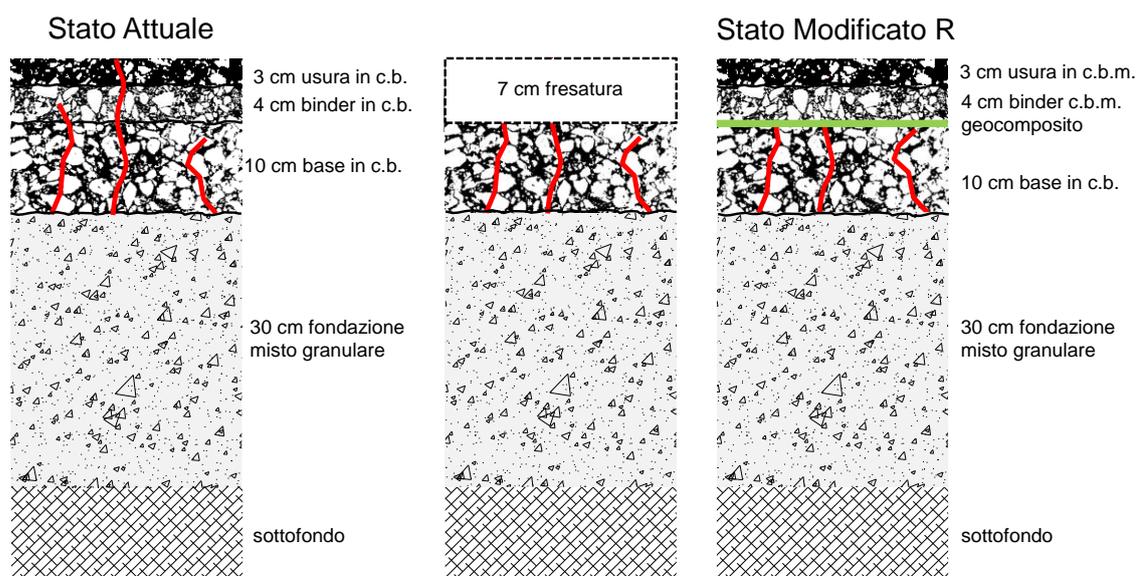


Figura 4.1 RA11: stato attuale, stato modificato non rinforzato e stato modificato rinforzato

4.1 PARAMETRI DI CALCOLO

4.1.1 Condizioni di carico e posizioni di calcolo

Per quanto riguarda la definizione delle condizioni di carico, l'asse di carico standard adottato per determinare il numero di passaggi che provoca il collasso strutturale della pavimentazione è quello da 80 kN con ruote gemellate, carico ripartito uniformemente sulle singole impronte circolari e pressione di gonfiaggio degli pneumatici di 700 kPa (Figura 4.2).

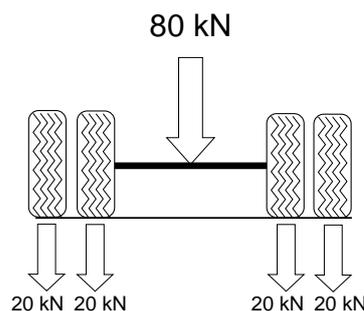


Figura 4.2 Asse di carico standard adottato per la verifica della pavimentazione

Il software di calcolo utilizzato per eseguire la valutazione dello stato tenso-deformativo (KENPAVE – A Computer Package for Pavement Analysis and Design) ha consentito di scegliere le posizioni all'interno del multistrato elastico per la restituzione delle sollecitazioni da utilizzare in fase di verifica. In particolare, sono state indagate le profondità relative alle posizioni critiche per ciascuno strato come nel seguito specificato:

- alla base dello strato in conglomerato bituminoso di nuova realizzazione ($z = 7$ cm);
- a metà dello strato di fondazione ($z = 32$ cm);
- in sommità dello strato che rappresenta il terreno di sottofondo ($z = 47$ cm).

Per ognuna di queste profondità critiche si è calcolato lo stato tenso-deformativo in corrispondenza del punto baricentrico tra le ruote gemellate per tener conto del fenomeno del *traffic wander*.

4.1.2 Proprietà dei materiali

Le proprietà meccaniche considerate per i materiali in fase di calcolo sono riassunte in Tabella 4.1.

Analogamente a quanto assunto nel Rapporto Finale del 2017, le temperature medie dell'aria nelle quattro stagioni, in assenza di dati provenienti da centraline ambientali limitrofe, sono le stesse utilizzate nei casi precedenti.

Per il conglomerato bituminoso modificato, per la fondazione e per il sottofondo, sono stati considerati gli stessi valori del modulo di Young E e del coefficiente di Poisson ν assunti nel Rapporto Finale del 2017.

Per il conglomerato bituminoso fessurato, invece, è stato considerato un modulo di Young incrementato rispetto al 2017 alla luce del comportamento in opera della pavimentazione rinforzata. In particolare, il valore adottato (900 MPa) è giustificato dall'elevato spessore dello strato in conglomerato fessurato (10 cm, v. Figura 4.1), che garantisce una migliore distribuzione degli sforzi dovuti ai carichi di traffico.

Tabella 4.1 Proprietà meccaniche dei materiali assunte in fase di calcolo

MATERIALE	E [MPa]				ν [-]
	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO	
	T = 0.4°C	T = 8.5°C	T = 18.5°C	T = 8.8°C	
Conglomerato bituminoso modificato	12806	10531	6678	10415	0.35
Conglomerato bituminoso fessurato			900		0.30
Fondazione in misto granulare			300		0.35
Sottofondo			150		0.40

4.1.3 Dati di traffico

I dati di traffico sono stati ricavati sulla base di rilievi diretti effettuati ad Aprile 2023, che hanno confermato i dati forniti da ANAS.

Come si evince dalla Tabella 4.2, la strada in esame è caratterizzata da un traffico moderato (0.9 milioni/anno di assi standard da 80 kN). In particolare, anche in questo caso, oltre il 50% dei mezzi pesanti è rappresentato da veicoli a 5 assi (particolarmente dannosi per la pavimentazione).

Si precisa che, per il calcolo degli ESAL, sono stati considerati dei coefficienti di equivalenza del carico che hanno permesso di tener conto del tipo di dissesto in esame (fatica o ormaimento), delle caratteristiche dell'asse, delle caratteristiche degli pneumatici e della pressione di gonfiaggio [1].

Tabella 4.2 Dati di traffico RA11

Dati di traffico RA11	
TGM veicoli leggeri	11910
TGM veicoli pesanti	450
TGM totale	12360
% traffico pesante marcia lenta	85%
ESAL 80 kN	0.9 milioni/anno

4.2 RISULTATI

La Tabella 4.3 riporta il confronto dei risultati ottenuti per la pavimentazione rinforzata R (v. Figura 4.1) e la pavimentazione non rinforzata N. A titolo di confronto, per la pavimentazione non rinforzata è stata considerata la stessa stratigrafia della pavimentazione rinforzata (senza il geocomposito).

Si può osservare che, in termini di assi standard da 80 kN, la pavimentazione non rinforzata ha una vita utile di 1.6 milioni di assi, mentre la pavimentazione rinforzata ha una vita utile di 6 milioni di assi, ed in entrambi i casi la crisi della pavimentazione è determinata dalla crisi per fatica del nuovo conglomerato bituminoso. Tenuto conto del traffico agente (corrispondente a 0.9 milioni di assi standard da 80 kN), la vita utile è pari a 1.8 anni e 6.7 anni per la pavimentazione non rinforzata e quella rinforzata, rispettivamente.

La vita utile ottenuta per la pavimentazione rinforzata, seppur lievemente conservativa, è in linea con la durata in esercizio della pavimentazione (7÷8 anni), confermando la bontà delle proprietà meccaniche assunte per i materiali (v. Tabella 4.1). Inoltre, a parità di spessori, l'impiego del geocomposito determina un incremento della vita utile pari al 275% rispetto alla pavimentazione non rinforzata. Tale valore, peraltro, non tiene conto dell'ulteriore beneficio in termini di vita utile derivante dall'effetto impermeabilizzante e antipumping fornito dal geocomposito.

Occorre evidenziare che, in presenza del geocomposito, **è stato adottato un coefficiente di prestazione k** (che quantifica il contributo del geocomposito nel ritardare la propagazione delle fessure verso l'alto) **pari a 6, in luogo del valore di 5 cautelativamente assunto nel Rapporto Finale del 2017** per la medesima pavimnetazione.

Per i dettagli relativi allo stato tenso-deformativo e alle singole verifiche si rimanda alla sezione §Allegati.

Tabella 4.3 Confronto tra pavimentazione rinforzata e non rinforzata

	Pavimentazione N	Pavimentazione R
Traffico annuo (ESAL 80 kN)	0.90×10^6	0.90×10^6
Coeff. prestazione k	–	6.0
Coeff. attenuazione α	–	1.0
Crisi pavimentazione	c.b.	c.b.
Vita utile (ESAL 80 kN)	1.60×10^6	6.00×10^6
Vita utile (anni)	1.8	6.7
Variazione vita utile		+275%
Variazione fresatura (cm)		0
Variazione nuovo c.b. (cm)		0

5. Aggiornamento del catalogo delle pavimentazioni rinforzate

In questo Capitolo viene presentato un aggiornamento del catalogo delle pavimentazioni rinforzate già proposto nel Rapporto Finale del 2017.

In particolare, le soluzioni progettuali considerate (la cui stratigrafia è sinteticamente riportata nelle Tabelle 5.1–5.8) sono dettagliatamente descritte nel Capitolo §1 del Rapporto Finale 2017.

La principale differenza tra i calcoli effettuati nel 2017 ed i nuovi calcoli consiste nei valori del coefficiente di prestazione k adottati, che sono stati incrementati alla luce di quanto emerso dall'osservazione del comportamento in opera dei casi studio presentati nei Capitoli §2, 3 e 4.

Nello specifico, **il coefficiente k è stato incrementato da 3.5 a 5 in presenza di conglomerato bituminoso tradizionale e da 5.5 a 6 in presenza di conglomerato bituminoso modificato**. Inoltre, in virtù di quanto osservato relativamente al caso studio 2 (Via Sommacampagna), è stato assunto un coefficiente di attenuazione α pari a 0.9 per le pavimentazioni meno robuste, la cui crisi può dipendere dalla portanza del sottofondo (soluzioni progettuali 5 e 8, v. Tabelle 5.5 e 5.8).

In aggiunta a quanto sopra riportato, si precisa che la soluzione progettuale 6 corrisponde al caso studio del Raccordo Autostradale ANAS RA11 (Capitolo §4), mentre la soluzione progettuale 8 corrisponde al caso studio di Via Sommacampagna (Capitolo §3). Diversamente dal Rapporto Finale 2017, nel caso del Raccordo Autostradale RA11, la pavimentazione non rinforzata ha la medesima stratigrafia della pavimentazione rinforzata, e in entrambi i casi è stato considerato un modulo di Young incrementato per il conglomerato fessurato pari a 900 MPa (v. paragrafo §4.1.2).

Nel caso di Via Sommacampagna, invece, la stratigrafia della pavimentazione non rinforzata e della pavimentazione rinforzata è quella mostrata in Figura 3.1, e in entrambi i casi è stato considerato un modulo di Young incrementato per il sottofondo pari a 200 MPa (v. paragrafo §3.1.2).

I risultati ottenuti per le diverse soluzioni progettuali, espressi in termini di vita utile complessiva della pavimentazione e parziale di ciascuno strato (in assi standard da 80 kN), sono riassunti nelle Tabelle 5.1–5.8. In tali tabelle, le principali differenze rispetto al Rapporto Finale 2017 sono evidenziate in grassetto.

Tabella 5.1 Cicli di carico a rottura in termini di assi standard da 80 kN per la soluzione progettuale 1: pavimentazione non rinforzata (sopra) e rinforzata (sotto)

Soluzione 1N				
Materiale	Spessore (cm)	Cicli di carico a rottura		
		Fase 1	Fase 2	Tot
Conglomerato bituminoso drenante	4	-	-	1.2E+08
Conglomerato bituminoso modificato	19	5.0E+08	4.4E+07	
Riciclato a freddo	25	8.3E+07	1.4E+08	
Misto granulare	5	3.7E+24	3.0E+20	
Sottofondo	-	2.1E+09	7.2E+08	
Soluzione 1R				
Materiale	Spessore (cm)	Cicli di carico a rottura		
		Fase 1	Fase 2	Tot
Conglomerato bituminoso drenante	4	-	-	1.7E+08
Conglomerato bituminoso modificato (k = 6)	18	9.6E+08	1.3E+08	
Riciclato a freddo	20	4.9E+07	1.6E+08	
Misto granulare	11	3.1E+22	4.5E+19	
Sottofondo	-	1.4E+09	6.1E+08	

Tabella 5.2 Cicli di carico a rottura in termini di assi standard da 80 kN per la soluzione progettuale 2: pavimentazione non rinforzata (sopra) e rinforzata (sotto)

Soluzione 2N			
Materiale	Spessore (cm)	Cicli di carico a rottura	
		Fase unica	Tot
Conglomerato bituminoso drenante	4	-	1.1E+07
Conglomerato bituminoso modificato	16	1.1E+07	
Misto granulare	25	7.8E+15	
Sottofondo	-	2.4E+08	
Soluzione 2R			
Materiale	Spessore (cm)	Cicli di carico a rottura	
		Fase unica	Tot
Conglomerato bituminoso drenante	4	-	1.3E+07
Conglomerato bituminoso modificato (k = 6)	10	1.3E+07	
Conglomerato fessurato	6	-	
Misto granulare	25	5.6E+12	
Sottofondo	-	7.4E+07	

Tabella 5.3 Cicli di carico a rottura in termini di assi standard da 80 kN per la soluzione progettuale 3: pavimentazione non rinforzata (sopra) e rinforzata (sotto)

Soluzione 3N				
Materiale	Spessore (cm)	Cicli di carico a rottura		
		Fase 1	Fase 2	Tot
Conglomerato bituminoso drenante	4	-	-	1.4E+08
Conglomerato bituminoso modificato	21	6.8E+08	6.7E+07	
Riciclato a freddo	25	8.3E+07	4.3E+08	
Misto granulare	-	-	-	
Sottofondo	-	2.4E+09	8.3E+08	
Soluzione 3R				
Materiale	Spessore (cm)	Cicli di carico a rottura		
		Fase 1	Fase 2	Tot
Conglomerato bituminoso drenante	4	-	-	1.5E+08
Conglomerato bituminoso modificato (k = 6)	16	6.7E+08	7.3E+07	
Riciclato a freddo	20	8.3E+07	1.3E+08	
Misto granulare	10	5.0E+20	6.4E+17	
Sottofondo	-	9.0E+08	3.5E+08	

Tabella 5.4 Cicli di carico a rottura in termini di assi standard da 80 kN per la soluzione progettuale 4: pavimentazione non rinforzata (sopra) e rinforzata (sotto)

Soluzione 4N				
Materiale	Spessore (cm)	Cicli di carico a rottura		
		Fase 1	Fase 2	Tot
Conglomerato bituminoso drenante	4	-	-	1.3E+08
Conglomerato bituminoso modificato	20	4.7E+08	5.7E+07	
Riciclato a freddo	20	8.3E+07	1.8E+08	
Misto granulare	20	1.0E+27	9.7E+23	
Sottofondo	-	1.2E+10	5.8E+09	
Soluzione 4R				
Materiale	Spessore (cm)	Cicli di carico a rottura		
		Fase 1	Fase 2	Tot
Conglomerato bituminoso drenante	4	-	-	1.4E+08
Conglomerato bituminoso modificato 5+10 (k = 6)	15	6.1E+08	6.0E+07	
Riciclato a freddo	20	8.3E+07	1.0E+08	
Misto granulare	20	2.4E+22	2.2E+19	
Sottofondo	-	5.0E+09	1.9E+09	

Tabella 5.5 Cicli di carico a rottura in termini di assi standard da 80 kN per la soluzione progettuale 5: pavimentazione non rinforzata (sopra) e rinforzata (sotto)

Soluzione 5N			
Materiale	Spessore (cm)	Cicli di carico a rottura	
		Fase unica	Tot
Conglomerato bituminoso non modificato	13	3.3E+06	3.3E+06
Misto granulare	20	2.8E+09	
Sottofondo	-	1.2E+07	
Soluzione 5R			
Materiale	Spessore (cm)	Cicli di carico a rottura	
		Fase unica	Tot
Conglomerato bituminoso non modificato (k = 5)	8	7.5E+06	7.5E+06
Conglomerato fessurato	5	-	
Misto granulare	20	3.0E+08	
Sottofondo (α = 0.9)	-	8.4E+06	

Tabella 5.6 Cicli di carico a rottura in termini di assi standard da 80 kN per la soluzione progettuale 6: pavimentazione non rinforzata (sopra) e rinforzata (sotto)

Soluzione 6N (RA11)			
Materiale	Spessore (cm)	Cicli di carico a rottura	
		Fase unica	Tot
Conglomerato bituminoso modificato	7	1.6E+06	1.6E+06
Conglomerato fessurato E = 900 MPa	10	-	
Misto granulare	30	9.2E+10	
Sottofondo	-	4.1E+07	
Soluzione 6R (RA11)			
Materiale	Spessore (cm)	Cicli di carico a rottura	
		Fase unica	Tot
Conglomerato bituminoso modificato (k = 6)	7	6.0E+06	6.0E+06
Conglomerato fessurato E = 900 MPa	10	-	
Misto granulare	30	9.2E+10	
Sottofondo	-	4.1E+07	

Tabella 5.7 Cicli di carico a rottura in termini di assi standard da 80 kN per la soluzione progettuale 7: pavimentazione non rinforzata (sopra) e rinforzata (sotto)

Soluzione 7N			
Materiale	Spessore (cm)	Cicli di carico a rottura Fase unica	Tot
Conglomerato bituminoso non modificato	9	9.2E+05	9.2E+05
Misto granulare	25	2.3E+08	
Sottofondo	-	5.9E+06	
Soluzione 7R			
Materiale	Spessore (cm)	Cicli di carico a rottura Fase unica	Tot
Conglomerato bituminoso non modificato (k = 5)	7	3.4E+06	3.4E+06
Conglomerato fessurato	2	-	
Misto granulare	25	9.7E+07	
Sottofondo	-	4.4E+06	

Tabella 5.8 Cicli di carico a rottura in termini di assi standard da 80 kN per la soluzione progettuale 8: pavimentazione non rinforzata (sopra) e rinforzata (sotto)

Soluzione 8N (Via Sommacampagna)			
Materiale	Spessore (cm)	Cicli di carico a rottura Fase unica	Tot
Conglomerato bituminoso non modificato	9	3.5E+06	3.5E+06
Misto granulare	25	7.2E+07	
Sottofondo E = 200 MPa	-	1.8E+07	
Soluzione 8R (Via Sommacampagna)			
Materiale	Spessore (cm)	Cicli di carico a rottura Fase unica	Tot
Conglomerato bituminoso non modificato (k = 5)	7	1.4E+07	1.4E+07
Conglomerato fessurato	2	-	
Misto granulare	25	3.8E+07	
Sottofondo E = 200 MPa ($\alpha = 0.9$)	-	2.2E+07	

Tabella 5.9 Confronto tra soluzioni rinforzate e non rinforzate

Soluzione		Cicli di carico ($\times 10^6$)	Variazione vita utile (%)	Variazione spessore fresatura (cm/cm)	Variazione HMA tradizionale (cm/cm)	Variazione HMA modificato (cm/cm)	Variazione riciclato a freddo (cm/cm)
		ESAL 80 kN					
1	N	120.0	+ 42%	- 6 su 48	-	- 1 su 23	- 5 su 25
	R	170.0					
2	N	11.0	+ 18%	- 6 su 20	-	- 6 su 20	-
	R	13.0					
3	N	140.0	+ 7%	- 5 su 25	-	- 5 su 25	- 5 su 25
	R	150.0					
4	N	130.0	+ 8%	-	-	- 5 su 24	-
	R	140.0					
5	N	3.3	+ 127%	- 5 su 13	- 5 su 13	-	-
	R	7.5					
6	N	1.6	+ 275%	-	-	-	-
	R	6.0					
7	N	0.9	+ 278%	- 2 su 9	- 2 su 9	-	-
	R	3.4					
8	N	3.5	+ 300%	- 2 su 9	- 2 su 9	-	-
	R	14.5					

Il confronto diretto tra pavimentazione rinforzata e non rinforzata per ciascuna soluzione progettuale in termini di vita utile (assi standard da 80 kN) e spessori (fresatura e nuovi materiali da porre in opera) è riportato nella Tabella 5.9.

Come atteso, l'incremento dei valori del coefficiente di prestazione k e l'adozione del coefficiente di attenuazione α determina un aumento della vita utile stimata per le pavimentazioni rinforzate rispetto alle stime effettuate nel 2017.

Come si evince dai risultati in Tabella 5.9, l'incremento della vita utile in presenza del rinforzo rispetto alla pavimentazione non rinforzata varia da un minimo del 7÷8% (soluzioni progettuali 3 e 4) fino ad un massimo del 300% (soluzione progettuale 8 – Via Sommacampagna). In particolare, tali risultati confermano che la presenza del rinforzo risulta particolarmente efficace per pavimentazioni meno robuste, ovvero con spessori contenuti e/o in presenza di conglomerato tradizionale. È utile, inoltre, osservare come tutti gli incrementi di vita utile sono accompagnati da riduzioni degli spessori per gli strati della pavimentazione.

Occorre sottolineare che il numero di cicli di carico a rottura determinati per le soluzioni rinforzate tramite l'applicazione del coefficiente di prestazione k e del coefficiente di attenuazione α può ritenersi conservativo, in quanto i valori assunti derivano da analisi prettamente meccaniche e non tengono in considerazione i benefici derivanti dall'effetto impermeabilizzante e antipumping fornito dal geocomposito.

6. Conclusioni

Il principale scopo del lavoro descritto nel presente documento è consistito nella calibrazione del metodo di calcolo semplificato di pavimentazioni stradali rinforzate con geocomposito Autotene Asfaltico Antipumping HE/TVP mediante "Reverse Engineering", ovvero mediante l'osservazione ex-post del comportamento in opera di pavimentazioni reali.

A tale proposito, sono stati analizzati 3 casi studio, i.e., Via Unità d'Italia a Verona, Via Sommacampagna a Verona (Interporto, Quadrante Europa) e il Raccordo Autostradale ANAS RA11 in provincia di Ascoli Piceno.

Per il calcolo della resistenza (valutata in termini di assi standard da 80 kN), ciascuna pavimentazione è stata modellata come un multistrato elastico e lo stato tenso-deformativo è stato determinato trascurando la presenza del rinforzo. Cautelativamente, il contributo del geocomposito è stato considerato solamente nelle successive fasi di verifica a rottura degli strati della pavimentazione, in particolare amplificando il numero di cicli necessari per la propagazione della fessura in superficie attraverso un coefficiente di prestazione k e riducendo la deformazione verticale agente sulla sommità del sottofondo attraverso un coefficiente di attenuazione α (i cui valori possono essere determinati sperimentalmente).

Per quantificare la vita utile dei casi studio esaminati, i dati di traffico sono stati ricavati sulla base di rilievi diretti e quindi opportunamente convertiti in assi standard da 80 kN.

Rispetto alla vita utile stimata ex-ante (v. Rapporto Finale 2017), l'osservazione delle pavimentazioni rinforzate in opera ha suggerito **l'adozione di coefficienti di prestazione k incrementati (5 in presenza di conglomerato bituminoso tradizionale e 6 in presenza di conglomerato bituminoso modificato)** rispetto ai valori cautelativi adottati in precedenza (3.5 in presenza di conglomerato bituminoso tradizionale e 5.5 in presenza di conglomerato bituminoso modificato), nonché l'introduzione di un coefficiente di attenuazione α pari a 0.9 per le pavimentazioni meno robuste la cui crisi può dipendere dalla portanza del sottofondo. I valori di vita utile così ottenuti sono risultati coerenti con il comportamento osservato in opera (o al massimo lievemente conservativi), confermando l'affidabilità dell'approccio di calcolo adottato e la bontà delle ipotesi fatte.

Inoltre, **per i 3 casi studio analizzati**, l'impiego del geocomposito determina un **incremento della vita utile compreso tra il 170% e il 300% rispetto alla pavimentazione non rinforzata**.

A vantaggio di sicurezza, peraltro, tali valori non tengono conto degli ulteriori benefici in termini di vita utile derivanti dall'effetto impermeabilizzante e antipumping fornito dal geocomposito.

Alla luce di quanto emerso dall'analisi di tali casi studio, è stato quindi proposto un aggiornamento del catalogo delle pavimentazioni rinforzate già introdotto nel Rapporto Finale del 2017, prevedendo valori del coefficiente di prestazione k pari a 5.0 o 6.0 rispettivamente nel caso di conglomerato bituminoso tradizionale o modificato e un coefficiente di attenuazione α pari a 0.9 per le pavimentazioni meno robuste (i.e. con spessori limitati degli strati legati).

Come atteso, tali modifiche hanno portato ad un aumento della vita utile stimata per le pavimentazioni rinforzate rispetto alle stime effettuate nel 2017. Per le 8 soluzioni progettuali considerate, l'incremento della vita utile in presenza del rinforzo rispetto alla pavimentazione non rinforzata varia da un minimo del 7÷8% fino ad un massimo del 300% (stime che possono comunque ritenersi conservative, tenuto conto che non tengono in considerazione i benefici derivanti dall'effetto impermeabilizzante e antipumping).

In particolare, i valori ottenuti confermano che la presenza del rinforzo risulta particolarmente efficace per pavimentazioni meno robuste, ovvero con spessori contenuti e/o in presenza di conglomerato tradizionale.

In definitiva, l'osservazione del comportamento in opera di pavimentazioni rinforzate conferma che l'impiego del geocomposito Autotene Asfaltico Antipumping HE/TVP risulta molto efficace per interventi di risanamento (o nuova costruzione) di pavimentazioni flessibili. In tutti i casi studio esaminati e le soluzioni progettuali considerate, l'impiego del rinforzo comporta un incremento della vita utile e/o una riduzione degli spessori di fresatura e dei nuovi strati da porre in opera, generando dunque una diminuzione degli oneri manutentivi (in termini di costi, tempi e periodicità della manutenzione) e notevoli benefici ambientali (e.g., minori quantitativi di materiale di scarto, minor sfruttamento delle risorse, riduzione delle emissioni inquinanti).

Il Responsabile Scientifico
Prof. Ing. Francesco Canestrari

Bibliografia

- [1] Ingrassia, L.P., Virgili, A., Canestrari, F., 2020. Effect of geocomposite reinforcement on the performance of thin asphalt pavements: Accelerated pavement testing and laboratory analysis. *Case Studies in Construction Materials*, 12, e00342, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00342>.

Allegati

Risultati di calcolo: stato tenso-deformativo e verifiche per ciascun caso studio

Caso studio 1 – Pavimentazione non rinforzata

Punto	z [cm]	Cedimento verticale [cm]	Deformazione orizzontale		Tensione		Deformazione verticale		Tensione max principale (verticale)		Deformazione min principale (orizzontale)		Tensione min principale (orizzontale)		Tensione max principale (verticale)		Tensione min principale (orizzontale)			
			[µε]	[µε]	[kPa]	[kPa]	[µε]	[µε]	[kPa]	[kPa]	[µε]	[µε]	[kPa]	[kPa]						
INVERNO	1	3.9	2.56E-02	-9.79E-05	4.79E-02	1.23E-04	4.79E-02	1.23E-04	-1.41E+03	-9.79E-05	-1.41E+03	-9.79E-05	-1.41E+03	-9.79E-05	4.79E-02	1.23E-04	4.79E-02	1.23E-04	-1.41E+03	-9.79E-05
	2	14.9	2.18E-02	-1.52E-04	1.73E-02	2.49E-04	1.76E+02	2.53E-04	1.76E+02	2.53E-04	-1.05E+02	-1.52E-04	-1.05E+02	-1.52E-04	1.76E+02	2.49E-04	1.76E+02	2.49E-04	-1.05E+02	-1.52E-04
	3	30	1.83E-02	-8.61E-05	6.06E-01	1.60E-04	7.00E+01	3.20E-01	7.00E+01	3.20E-01	-1.98E+03	-8.61E-05	-1.98E+03	-8.61E-05	6.06E-01	1.60E-04	6.06E-01	1.60E-04	-1.98E+03	-8.61E-05
PRIMAVERA	1	3.9	2.66E-02	-9.70E-05	5.37E-02	1.47E-04	5.37E+02	1.47E-04	5.37E+02	1.47E-04	-7.17E+02	-9.70E-05	-7.17E+02	-9.70E-05	5.37E-02	1.47E-04	5.37E-02	1.47E-04	-7.17E+02	-9.70E-05
	2	14.9	2.25E-02	-1.60E-04	1.88E-02	2.66E-04	1.90E+02	2.71E-04	1.90E+02	2.71E-04	-1.09E+02	-1.60E-04	-1.09E+02	-1.60E-04	1.88E-02	2.66E-04	1.88E-02	2.66E-04	-1.09E+02	-1.60E-04
	3	30	1.88E-02	-8.81E-05	6.98E-01	1.65E-04	7.35E+01	3.35E-01	7.35E+01	3.35E-01	-2.43E+01	-8.81E-05	-2.43E+01	-8.81E-05	6.98E-01	1.65E-04	6.98E-01	1.65E-04	-2.43E+01	-8.81E-05
ESTATE	1	3.9	2.89E-02	-7.21E-05	6.07E-02	2.08E-04	6.07E+02	2.05E-04	6.07E+02	2.05E-04	-1.10E+03	-7.21E-05	-1.10E+03	-7.21E-05	6.07E-02	2.08E-04	6.07E-02	2.08E-04	-1.10E+03	-7.21E-05
	2	14.9	2.38E-02	-1.67E-04	2.11E-02	2.93E-04	2.13E+02	2.96E-04	2.13E+02	2.96E-04	-1.08E+02	-1.67E-04	-1.08E+02	-1.67E-04	2.11E-02	2.93E-04	2.11E-02	2.93E-04	-1.08E+02	-1.67E-04
	3	30	1.98E-02	-9.05E-05	7.57E-01	1.78E-04	8.00E+01	3.61E-01	8.00E+01	3.61E-01	-2.25E+01	-9.05E-05	-2.25E+01	-9.05E-05	7.57E-01	1.78E-04	7.57E-01	1.78E-04	-2.25E+01	-9.05E-05
AUTUNNO	1	3.9	2.07E-02	-9.68E-05	5.48E-02	1.48E-04	5.40E+02	1.48E-04	5.40E+02	1.48E-04	-6.50E+02	-9.68E-05	-6.50E+02	-9.68E-05	5.48E-02	1.48E-04	5.48E-02	1.48E-04	-6.50E+02	-9.68E-05
	2	14.9	2.26E-02	-1.61E-04	1.88E-02	2.69E-04	1.91E+02	1.72E-04	1.91E+02	1.72E-04	-1.01E+04	-1.61E-04	-1.01E+04	-1.61E-04	1.88E-02	2.69E-04	1.88E-02	2.69E-04	-1.01E+04	-1.61E-04
	3	30	1.85E-02	-8.61E-05	6.98E-01	1.65E-04	7.37E+01	3.37E-01	7.37E+01	3.37E-01	-2.43E+01	-8.61E-05	-2.43E+01	-8.61E-05	6.98E-01	1.65E-04	6.98E-01	1.65E-04	-2.43E+01	-8.61E-05
4	45.1	1.97E-02	-1.01E-04	3.24E-01	2.17E-04	3.34E+01	2.27E-04	3.34E+01	2.27E-04	-1.03E+03	-1.01E-04	-1.03E+03	-1.01E-04	3.24E-01	2.17E-04	3.24E-01	2.17E-04	-1.03E+03	-1.01E-04	

VERIFICA A FATICA (STRATI LEGATI)															
Periodo	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO											
λ	1.25E-04	0.111	0.05	0.05	V _v	ε	N _b	α'	α''	β'	β''	γ'	γ''	ΔN _b	N _{Nett}
H _{equiv}	1.16E+05	6.94E+04	7.17E+00	6.94E+04	1.41E+01	5	2.48827	-3.28339	-3.28339	-2.241807	-2.241807	-2.241807	-2.241807	2.73E+05	8.11E+06
λ	1.25E-04	0.111	0.05	0.05	V _v	ε	N _b	α'	α''	β'	β''	γ'	γ''	ΔN _b	N _{Nett}
H _{equiv} <td>6.94E+04</td> <td>7.17E+00</td> <td>6.94E+04</td> <td>7.17E+00</td> <td>σ</td> <td>n</td> <td>5</td> <td>2.48827</td> <td>-3.28339</td> <td>-3.28339</td> <td>-2.241807</td> <td>-2.241807</td> <td>-2.241807</td> <td>7.26E+05</td> <td>1.29E+06</td>	6.94E+04	7.17E+00	6.94E+04	7.17E+00	σ	n	5	2.48827	-3.28339	-3.28339	-2.241807	-2.241807	-2.241807	7.26E+05	1.29E+06

VERIFICA A SFONDAMENTO (STRATI LEGATI)															
Periodo	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO											
λ	1.25E-04	0.111	0.05	0.05	V _v	ε	N _b	α'	α''	β'	β''	γ'	γ''	ΔN _b	N _{Nett}
H _{equiv}	1.16E+05	6.94E+04	7.17E+00	6.94E+04	1.41E+01	5	2.48827	-3.28339	-3.28339	-2.241807	-2.241807	-2.241807	-2.241807	2.73E+05	8.11E+06
λ	1.25E-04	0.111	0.05	0.05	V _v	ε	N _b	α'	α''	β'	β''	γ'	γ''	ΔN _b	N _{Nett}
H _{equiv} <td>6.94E+04</td> <td>7.17E+00</td> <td>6.94E+04</td> <td>7.17E+00</td> <td>σ</td> <td>n</td> <td>5</td> <td>2.48827</td> <td>-3.28339</td> <td>-3.28339</td> <td>-2.241807</td> <td>-2.241807</td> <td>-2.241807</td> <td>7.26E+05</td> <td>1.29E+06</td>	6.94E+04	7.17E+00	6.94E+04	7.17E+00	σ	n	5	2.48827	-3.28339	-3.28339	-2.241807	-2.241807	-2.241807	7.26E+05	1.29E+06

VERIFICA A SFONDAMENTO (FONDAZIONE)															
Periodo	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO											
λ	1.25E-04	0.111	0.05	0.05	V _v	ε	N _b	α'	α''	β'	β''	γ'	γ''	ΔN _b	N _{Nett}
H _{equiv}	1.16E+05	6.94E+04	7.17E+00	6.94E+04	1.41E+01	5	2.48827	-3.28339	-3.28339	-2.241807	-2.241807	-2.241807	-2.241807	2.73E+05	8.11E+06
λ	1.25E-04	0.111	0.05	0.05	V _v	ε	N _b	α'	α''	β'	β''	γ'	γ''	ΔN _b	N _{Nett}
H _{equiv} <td>6.94E+04</td> <td>7.17E+00</td> <td>6.94E+04</td> <td>7.17E+00</td> <td>σ</td> <td>n</td> <td>5</td> <td>2.48827</td> <td>-3.28339</td> <td>-3.28339</td> <td>-2.241807</td> <td>-2.241807</td> <td>-2.241807</td> <td>7.26E+05</td> <td>1.29E+06</td>	6.94E+04	7.17E+00	6.94E+04	7.17E+00	σ	n	5	2.48827	-3.28339	-3.28339	-2.241807	-2.241807	-2.241807	7.26E+05	1.29E+06

VERIFICA A SFONDAMENTO (SOTTOGONDI)															
Periodo	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO											
λ	1.25E-04	0.111	0.05	0.05	V _v	ε	N _b	α'	α''	β'	β''	γ'	γ''	ΔN _b	N _{Nett}
H _{equiv}	1.16E+05	6.94E+04	7.17E+00	6.94E+04	1.41E+01	5	2.48827	-3.28339	-3.28339	-2.241807	-2.241807	-2.241807	-2.241807	2.73E+05	8.11E+06
λ	1.25E-04	0.111	0.05	0.05	V _v	ε	N _b	α'	α''	β'	β''	γ'	γ''	ΔN _b	N _{Nett}
H _{equiv} <td>6.94E+04</td> <td>7.17E+00</td> <td>6.94E+04</td> <td>7.17E+00</td> <td>σ</td> <td>n</td> <td>5</td> <td>2.48827</td> <td>-3.28339</td> <td>-3.28339</td> <td>-2.241807</td> <td>-2.241807</td> <td>-2.241807</td> <td>7.26E+05</td> <td>1.29E+06</td>	6.94E+04	7.17E+00	6.94E+04	7.17E+00	σ	n	5	2.48827	-3.28339	-3.28339	-2.241807	-2.241807	-2.241807	7.26E+05	1.29E+06

N _{Nett} di passaggi	
INVERNO	5.41E+07
PRIMAVERA	4.75E+07
ESTATE	3.73E+07
AUTUNNO	4.73E+07
Totale	1.84E+08

Caso studio 1 – Pavimentazione rinforzata

Punto	z [cm]	Cedimento verticale [cm]		Deformazione orizzontale [µε]		Tensione orizzontale [kPa]		Deformazione verticale [µε]		Tensione min principale (orizzontale) [kPa]		Deformazione min principale (orizzontale) [µε]		Tensione max principale (verticale) [kPa]		Deformazione max principale (verticale) [µε]		Tensione min principale (orizzontale) [kPa]		Deformazione min principale (orizzontale) [µε]		
		V _y	V _x	ε	α'	β'	γ'	ΔN ₀	N _{net}	σ	ε	α'	β'	γ'	ΔN ₀	N _{net}	σ _{xy, max+05}	σ _{xy, max+15}	σ _{xy, max+25}	σ _{xy, max+35}	σ _{xy, max+45}	σ _{xy, max+55}
INVERNO	1	3.9	2.98E-02	-9.79E-05	4.79E-02	1.23E-04	4.79E-02	1.23E-04	1.23E-04	-1.41E+03	-9.79E-05	-9.79E-05	-1.41E+03	4.79E-02	1.23E-04	1.23E-04	4.79E-02	1.23E-04	-1.41E+03	-9.79E-05	-9.79E-05	-1.41E+03
	2	14.9	2.88E-02	-1.52E-04	1.73E-02	2.49E-04	1.76E+02	2.53E-04	2.53E-04	-1.05E+02	-1.05E-04	-1.05E-04	-1.05E+02	1.76E+02	2.53E-04	2.53E-04	1.76E+02	2.53E-04	-1.05E+02	-1.05E-04	-1.05E-04	-1.05E+02
	3	30	1.83E-02	-8.61E-05	6.60E-01	1.60E-04	7.00E-01	1.70E-04	7.00E-01	2.19E-04	-1.98E+00	-1.98E-00	-1.98E+00	2.19E-04	2.19E-04	2.19E-04	2.19E-04	2.19E-04	-1.98E+00	-1.98E-00	-1.98E-00	-1.98E+00
	4	45.1	1.63E-02	-9.79E-05	3.10E-01	2.10E-04	3.20E-01	3.20E-01	3.20E-01	2.19E-04	-1.98E+00	-1.98E-00	-1.98E+00	2.19E-04	2.19E-04	2.19E-04	2.19E-04	2.19E-04	-1.98E+00	-1.98E-00	-1.98E-00	-1.98E+00
PRIMAVERA	1	3.9	2.66E-02	-9.79E-05	5.37E-02	1.47E-04	5.37E-02	1.47E-04	1.47E-04	-1.09E+02	-1.09E-04	-1.09E-04	-1.09E+02	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04	1.47E-04	-1.09E+02	-1.09E-04	-1.09E-04	-1.09E+02
	2	14.9	2.55E-02	-1.60E-04	1.88E-02	2.68E-04	1.90E+02	2.71E-04	2.71E-04	-1.09E+02	-1.09E-04	-1.09E-04	-1.09E+02	1.90E+02	2.71E-04	2.71E-04	1.90E+02	2.71E-04	-1.09E+02	-1.09E-04	-1.09E-04	-1.09E+02
	3	30	1.88E-02	-8.81E-05	6.98E-01	1.65E-04	7.35E-01	1.76E-04	7.35E-01	2.26E-04	-2.43E+01	-2.43E+01	-2.43E+01	2.26E-04	2.26E-04	2.26E-04	2.26E-04	2.26E-04	-2.43E+01	-2.43E+01	-2.43E+01	-2.43E+01
	4	45.1	1.67E-02	-1.01E-04	3.23E-01	2.17E-04	3.33E-01	3.33E-01	3.33E-01	2.26E-04	-2.43E+01	-2.43E+01	-2.43E+01	2.26E-04	2.26E-04	2.26E-04	2.26E-04	2.26E-04	-2.43E+01	-2.43E+01	-2.43E+01	-2.43E+01
ESTATE	1	3.9	2.88E-02	-1.67E-04	6.07E-02	2.08E-04	6.07E-02	2.08E-04	2.08E-04	-1.10E+00	-1.10E-00	-1.10E-00	-1.10E+00	2.08E-04	2.08E-04	2.08E-04	2.08E-04	2.08E-04	-1.10E+00	-1.10E-00	-1.10E-00	-1.10E+00
	2	14.9	2.88E-02	-1.67E-04	6.07E-02	2.08E-04	6.07E-02	2.08E-04	2.08E-04	-1.10E+00	-1.10E-00	-1.10E-00	-1.10E+00	2.08E-04	2.08E-04	2.08E-04	2.08E-04	2.08E-04	-1.10E+00	-1.10E-00	-1.10E-00	-1.10E+00
	3	30	1.98E-02	-9.05E-05	7.57E-01	1.78E-04	8.00E-01	1.80E-04	8.00E-01	4.23E+01	4.23E+01	4.23E+01	4.23E+01	1.78E-04	1.78E-04	1.78E-04	1.78E-04	1.78E-04	4.23E+01	4.23E+01	4.23E+01	4.23E+01
	4	45.1	1.78E-02	-1.08E-04	3.49E-01	2.38E-04	3.01E-01	3.01E-01	3.01E-01	4.23E+01	4.23E+01	4.23E+01	4.23E+01	2.38E-04	2.38E-04	2.38E-04	2.38E-04	2.38E-04	4.23E+01	4.23E+01	4.23E+01	4.23E+01
AUTUNNO	1	3.9	2.97E-02	-9.68E-05	5.48E-02	1.48E-04	5.48E-02	1.48E-04	1.48E-04	-9.30E+02	-9.30E-02	-9.30E-02	-9.30E+02	1.48E-04	1.48E-04	1.48E-04	1.48E-04	1.48E-04	-9.30E+02	-9.30E-02	-9.30E-02	-9.30E+02
	2	14.9	2.88E-02	-1.61E-04	1.88E-02	2.68E-04	1.90E+02	2.71E-04	2.71E-04	-1.09E+02	-1.09E-04	-1.09E-04	-1.09E+02	1.90E+02	2.71E-04	2.71E-04	1.90E+02	2.71E-04	-1.09E+02	-1.09E-04	-1.09E-04	-1.09E+02
	3	30	1.83E-02	-8.81E-05	6.98E-01	1.65E-04	7.35E-01	1.76E-04	7.35E-01	2.26E-04	-2.43E+01	-2.43E+01	-2.43E+01	2.26E-04	2.26E-04	2.26E-04	2.26E-04	2.26E-04	-2.43E+01	-2.43E+01	-2.43E+01	-2.43E+01
	4	45.1	1.67E-02	-1.01E-04	3.24E-01	2.17E-04	3.34E-01	3.34E-01	3.34E-01	2.27E-04	-2.43E+01	-2.43E+01	-2.43E+01	2.27E-04	2.27E-04	2.27E-04	2.27E-04	2.27E-04	-2.43E+01	-2.43E+01	-2.43E+01	-2.43E+01

VERIFICA A FATICA (ESTRATTEGGI)

Periodo: INVERNO	V _y	V _x	ε	N ₀	σ	n	α'	β'	γ'	ΔN ₀	N _{net}
1.25E-04	0.11	0.05	9.79E-05	5.38E+05	2.456827	-3.283539	-2.241807	-2.241807	-2.241807	1.37E+06	1.90E+06
H _{equiv} E _{equiv} 4 1.18E+05 1.41E+01 5 2.456827 -3.283539 -2.241807 1.37E+06 1.90E+06											
Periodo: PRIMAVERA	V _y	V _x	ε	N ₀	σ	n	α'	β'	γ'	ΔN ₀	N _{net}
1.25E-04	0.11	0.05	9.79E-05	5.61E+05	2.456827	-3.283539	-2.241807	-2.241807	-2.241807	3.65E+06	4.19E+06
H _{equiv} E _{equiv} 4 6.98E+04 7.17E+00 5 2.456827 -3.283539 -2.241807 3.65E+06 4.19E+06											
Periodo: ESTATE	V _y	V _x	ε	N ₀	σ	n	α'	β'	γ'	ΔN ₀	N _{net}
1.25E-04	0.11	0.05	7.21E-05	2.31E+06	2.456827	-3.283539	-2.241807	-2.241807	-2.241807	9.87E+14	9.87E+14
H _{equiv} E _{equiv} 4 2.97E+04 1.03E-02 5 2.456827 -3.283539 -2.241807 9.87E+14 9.87E+14											
Periodo: AUTUNNO	V _y	V _x	ε	N ₀	σ	n	α'	β'	γ'	ΔN ₀	N _{net}
1.25E-04	0.11	0.05	9.68E-05	5.69E+05	2.456827	-3.283539	-2.241807	-2.241807	-2.241807	3.49E+06	4.48E+06
H _{equiv} E _{equiv} 4 6.78E+04 6.90E+00 5 2.456827 -3.283539 -2.241807 3.49E+06 4.48E+06											

k 5

N_{net} di passaggi 4.05E+06

VERIFICA A SFONDAMENTO (FONDAZIONE)

Periodo: INVERNO	σ _{xy, max+05}	σ _{xy, max+15}	σ _{xy, max+25}	σ _{xy, max+35}	σ _{xy, max+45}	σ _{xy, max+55}	C _{adm}	N _{net}
6.60E+01	2.30E+01	7.02E+01	2.68E+01	2.68E+01	2.68E+01	2.68E+01	200	1.88E+08
F 2.058820502								
Periodo: PRIMAVERA	σ _{xy, max+05}	σ _{xy, max+15}	σ _{xy, max+25}	σ _{xy, max+35}	σ _{xy, max+45}	σ _{xy, max+55}	C _{adm}	N _{net}
6.94E+01	2.43E+01	7.32E+01	2.68E+01	2.68E+01	2.68E+01	2.68E+01	200	8.77E+08
F 2.09585724								
Periodo: ESTATE	σ _{xy, max+05}	σ _{xy, max+15}	σ _{xy, max+25}	σ _{xy, max+35}	σ _{xy, max+45}	σ _{xy, max+55}	C _{adm}	N _{net}
7.57E+01	2.25E+01	7.89E+01	2.44E+01	2.44E+01	2.44E+01	2.44E+01	200	5.08E+08
F 1.936663357								
Periodo: AUTUNNO	σ _{xy, max+05}	σ _{xy, max+15}	σ _{xy, max+25}	σ _{xy, max+35}	σ _{xy, max+45}	σ _{xy, max+55}	C _{adm}	N _{net}
6.96E+01	2.43E+01	7.34E+01	2.63E+01	2.63E+01	2.63E+01	2.63E+01	200	8.68E+08
F 2.00758088								

N_{net} di passaggi 8.14E+08

VERIFICA A SFONDAMENTO (SOTTOFONDO)

Periodo: INVERNO	ε _t	N _{net}
2.10E-04	5.41E+07	
Periodo: PRIMAVERA	ε _t	N _{net}
2.17E-04	4.79E+07	
Periodo: ESTATE	ε _t	N _{net}
2.30E-04	3.79E+07	
Periodo: AUTUNNO	ε _t	N _{net}
2.17E-04	4.79E+07	

α 1

N_{net} di passaggi 4.57E+07

Caso studio 2 – Pavimentazione non rinforzata

Punto	z [cm]	Cedimento verticale [cm]	Deformazione orizzontale [µε]		Tensione principale orizzontale [kPa]	Deformazione verticale [µε]	Tensione principale verticale [kPa]	Deformazione principale (verticale) [µε]		Tensione max principale (verticale) [kPa]	Tensione min principale (orizzontale) [kPa]
			Deformazione orizzontale	Tensione orizzontale				max principale (verticale)	min principale (orizzontale)		
INVERNO	1	8.9	2.08E-02	-9.77E-05	1.30E+02	5.97E-05	1.30E+02	5.97E-05	-9.77E-05	-1.22E+03	-9.77E-05
	2	9	2.08E-02	-1.00E-04	1.30E+02	6.09E-05	1.30E+02	6.09E-05	-1.00E-04	-1.22E+03	-1.00E-04
	3	21.5	1.82E-02	-8.98E-05	8.33E+01	1.81E-04	8.33E+01	1.81E-04	-8.98E-05	8.33E+01	-1.59E+01
PRIMAVERA	1	8.9	1.61E-02	-1.08E-04	4.97E+01	2.43E-04	4.97E+01	2.43E-04	-1.08E-04	-1.08E-04	-1.08E-04
	2	9	2.22E-02	-1.21E-04	1.47E+02	6.79E-05	1.47E+02	6.79E-05	-1.21E-04	-1.21E-04	-1.21E-04
	3	21.5	1.93E-02	-1.05E-04	9.50E+01	2.05E-04	9.50E+01	2.05E-04	-1.05E-04	-1.05E-04	-1.05E-04
ESTATE	1	8.9	1.69E-02	-1.23E-04	5.51E+01	2.70E-04	5.51E+01	2.70E-04	-1.23E-04	-1.23E-04	-1.23E-04
	2	9	2.41E-02	-1.54E-04	1.61E+02	7.52E-05	1.61E+02	7.52E-05	-1.54E-04	-1.54E-04	-1.54E-04
	3	21.5	2.09E-02	-1.38E-04	1.12E+02	5.36E-04	1.12E+02	5.36E-04	-1.38E-04	-1.38E-04	-1.38E-04
AUTUNNO	1	8.9	1.82E-02	-1.44E-04	6.31E+01	3.08E-04	6.31E+01	3.08E-04	-1.44E-04	-1.44E-04	-1.44E-04
	2	9	2.22E-02	-1.22E-04	1.47E+02	6.83E-05	1.47E+02	6.83E-05	-1.22E-04	-1.22E-04	-1.22E-04
	3	21.5	1.93E-02	-1.06E-04	9.55E+01	2.06E-04	9.55E+01	2.06E-04	-1.06E-04	-1.06E-04	-1.06E-04
4	34.1	1.70E-02	-1.23E-04	5.59E+01	2.71E-04	5.59E+01	2.71E-04	-1.23E-04	-1.23E-04	-1.23E-04	

VERIFICA A FATICA (STRATI LEGATI)										
Periodo: INVERNO	V_y	V_x	ϵ	N_0	α'	β'	γ'	ΔN_0	N_{net}	N_{net}
λ	1.25E-04	0.11	9.77E-05	5.43E+05						7.07E+06
$H_{conglomerato}$	9	1.18E+05	1.22E+01	5	2.488827	-3.283539	-2.241807	2.69E+06	2.09E+06	3.24E+06
Periodo: PRIMAVERA										
λ	1.25E-04	0.11	1.21E-04	1.96E+05						1.98E+06
$H_{conglomerato}$	9	6.94E+04	8.25E+00	5	2.488827	-3.283539	-2.241807	2.79E+06	2.99E+06	2.99E+06
Periodo: ESTATE										
λ	1.25E-04	0.11	1.54E-04	6.24E+04						2.43E+07
$H_{conglomerato}$	9	2.97E+04	3.42E+00	5	2.488827	-3.283539	-2.241807	6.33E+06	6.39E+06	6.39E+06
Periodo: AUTUNNO										
λ	1.25E-04	0.11	1.22E-04	1.88E+05						1.48E+06
$H_{conglomerato}$	9	6.78E+04	8.08E+00	5	2.488827	-3.283539	-2.241807	2.82E+06	3.01E+06	3.01E+06

VERIFICA A SFONDAMENTO (FONDAZIONE)									
Periodo: INVERNO	$G_{z,y,z,max,y,z}$	$G_{z,y,z,min,y,z}$	$G_{z,y,z,max,y,z}$	$G_{z,y,z,min,y,z}$	C_{term}	N_{net}			
λ	8.33E+01	1.71E+01	8.33E+01	1.39E+01	200	3.03E+07			
$H_{conglomerato}$	9	1.99153572	F	F					
Periodo: PRIMAVERA									
λ	9.50E+01	2.00E+01	9.50E+01	1.83E+01	200	1.97E+07			
$H_{conglomerato}$	9	1.72392971	F	F					
Periodo: ESTATE									
λ	1.12E+02	2.30E+01	1.12E+02	2.10E+01	200	1.16E+07			
$H_{conglomerato}$	9	1.411960719	F	F					
Periodo: AUTUNNO									
λ	9.55E+01	2.02E+01	9.82E+01	1.86E+01	200	1.94E+07			
$H_{conglomerato}$	9	1.71290712	F	F					

VERIFICA A SFONDAMENTO (SOTTOGONDO)	
Periodo: INVERNO	N_{net}
λ	2.43E+04
$H_{conglomerato}$	9
Periodo: PRIMAVERA	
λ	2.70E+04
$H_{conglomerato}$	9
Periodo: ESTATE	
λ	3.08E+04
$H_{conglomerato}$	9
Periodo: AUTUNNO	
λ	2.71E+04
$H_{conglomerato}$	9

Numero di passaggi	
INVERNO	3.03E+07
PRIMAVERA	1.97E+07
ESTATE	1.16E+07
AUTUNNO	1.94E+07
Totale	7.21E+07

Caso studio 2 – Pavimentazione rinforzata

Punto	z [cm]	Cedimento verticale [cm]		Deformazione orizzontale [µε]		Tensione orizzontale [kPa]		Deformazione verticale [µε]		Tensione principale (verticale) [kPa]		Deformazione principale (verticale) [µε]		Tensione max principale (verticale) [kPa]		Tensione min principale (orizzontale) [kPa]			
		V _g	V _v	ε	n	α'	β'	γ'	ΔN _g	ΔN _v	N _g	N _v	ε	n	α'	β'	γ'	ΔN _g	ΔN _v
INVERNO	1	6.9	2.25E-02	-1.04E-04	1.55E+02	5.11E+05	1.95E+02	5.11E+05	-1.18E+03	-1.04E-04	1.95E+02	5.11E+05	-1.18E+03	-1.04E-04	9.59E+01	-1.98E+01			
	2	8.9	2.21E-02	-1.29E-04	1.51E+02	2.01E+04	1.51E+02	2.01E+04	-3.89E+01	-1.29E-04	1.51E+02	2.01E+04	-3.89E+01	-1.29E-04	9.59E+01	-1.98E+01			
	3	21.5	1.91E-02	-1.06E-04	9.48E+01	2.08E+04	9.48E+01	2.08E+04	-2.14E+01	-1.06E-04	9.48E+01	2.08E+04	-2.14E+01	-1.06E-04	9.59E+01	-1.98E+01			
	4	34.1	1.67E-02	-1.23E-04	5.45E+01	2.69E+04	5.45E+01	2.69E+04	-1.44E+00	-1.23E-04	5.45E+01	2.69E+04	-1.44E+00	-1.23E-04	9.59E+01	-1.98E+01			
PRIMAVERA	1	6.9	2.35E-02	-1.21E-04	1.63E+02	5.04E+05	1.62E+02	5.04E+05	-7.17E+02	-1.21E-04	1.62E+02	5.04E+05	-7.17E+02	-1.21E-04	1.08E+02	-2.16E+01			
	2	8.9	2.31E-02	-1.50E-04	1.62E+02	2.09E+04	1.62E+02	2.09E+04	-4.53E+01	-1.50E-04	1.62E+02	2.09E+04	-4.53E+01	-1.50E-04	1.08E+02	-2.16E+01			
	3	21.5	1.99E-02	-1.19E-04	1.04E+02	2.25E+04	1.04E+02	2.25E+04	-2.35E+01	-1.19E-04	1.04E+02	2.25E+04	-2.35E+01	-1.19E-04	1.08E+02	-2.16E+01			
	4	34.1	1.74E-02	-1.34E-04	5.87E+01	2.90E+04	5.87E+01	2.90E+04	-1.87E+00	-1.34E-04	5.87E+01	2.90E+04	-1.87E+00	-1.34E-04	1.08E+02	-2.16E+01			
ESTATE	1	6.9	2.49E-02	-1.33E-04	1.56E+02	3.95E+05	3.94E+02	1.20E+04	-2.22E+02	-1.33E-04	3.94E+02	1.20E+04	-2.22E+02	-1.33E-04	1.26E+02	-2.23E+01			
	2	8.9	2.45E-02	-1.73E-04	1.66E+02	1.95E+04	1.66E+02	1.95E+04	-4.59E+01	-1.73E-04	1.66E+02	1.95E+04	-4.59E+01	-1.73E-04	1.26E+02	-2.23E+01			
	3	21.5	2.12E-02	-1.34E-04	1.16E+02	2.45E+04	1.16E+02	2.45E+04	-2.49E+01	-1.34E-04	1.16E+02	2.45E+04	-2.49E+01	-1.34E-04	1.26E+02	-2.23E+01			
	4	34.1	1.86E-02	-1.59E-04	6.48E+01	3.17E+04	6.48E+01	3.17E+04	-1.68E+01	-1.59E-04	6.48E+01	3.17E+04	-1.68E+01	-1.59E-04	1.26E+02	-2.23E+01			
AUTUNNO	1	6.9	2.36E-02	-1.21E-04	1.63E+02	5.03E+05	1.62E+02	5.03E+05	-6.99E+02	-1.21E-04	1.62E+02	5.03E+05	-6.99E+02	-1.21E-04	1.08E+02	-2.17E+01			
	2	8.9	2.32E-02	-1.51E-04	1.63E+02	2.09E+04	1.62E+02	2.09E+04	-4.53E+01	-1.51E-04	1.62E+02	2.09E+04	-4.53E+01	-1.51E-04	1.08E+02	-2.17E+01			
	3	21.5	2.05E-02	-1.15E-04	1.04E+02	2.25E+04	1.04E+02	2.25E+04	-2.35E+01	-1.15E-04	1.04E+02	2.25E+04	-2.35E+01	-1.15E-04	1.08E+02	-2.17E+01			
	4	34.1	1.74E-02	-1.35E-04	5.88E+01	2.91E+04	5.88E+01	2.91E+04	-1.88E+00	-1.35E-04	5.88E+01	2.91E+04	-1.88E+00	-1.35E-04	1.08E+02	-2.17E+01			

VERIFICA A FATICA (STRATI LEGATI)

Periodo: INVERNO	V _g	V _v	ε	n	α'	β'	γ'	ΔN _g	N _g	N _v
1.25E-04	0.11	1.04E-04	3.96E+05	5	2.456827	-3.283539	-2.241807	8.02E+06	3.96E+05	9.07E+06
Rendimento Ecogeno: 1.18E+05										

Periodo: PRIMAVERA	V _g	V _v	ε	n	α'	β'	γ'	ΔN _g	N _g	N _v
1.25E-04	0.11	1.21E-04	1.98E+05	5	2.456827	-3.283539	-2.241807	1.26E+07	1.98E+05	1.28E+07
Rendimento Ecogeno: 6.98E+04										

Periodo: ESTATE	V _g	V _v	ε	n	α'	β'	γ'	ΔN _g	N _g	N _v
1.25E-04	0.11	1.33E-04	1.27E+05	5	2.456827	-3.283539	-2.241807	7.48E+07	1.27E+05	7.49E+07
Rendimento Ecogeno: 2.97E+04										

Periodo: AUTUNNO	V _g	V _v	ε	n	α'	β'	γ'	ΔN _g	N _g	N _v
1.25E-04	0.11	1.21E-04	1.93E+05	5	2.456827	-3.283539	-2.241807	1.30E+07	1.93E+05	1.32E+07
Rendimento Ecogeno: 6.78E+04										

Numero di passaggi: 1.44E+07

VERIFICA SFONDAMENTO (FONDAZIONE)

Periodo: INVERNO	G _{z,z+0}	G _{z,z+0.15}	G _{z,z+0.30}	G _{z,z+0.45}	G _{z,z+0.60}	G _{z,z+0.75}	G _{z,z+0.90}	G _{z,z+1.05}	G _{z,z+1.20}	G _{z,z+1.35}	G _{z,z+1.50}	G _{z,z+1.65}	G _{z,z+1.80}	G _{z,z+1.95}	G _{z,z+2.10}	G _{z,z+2.25}	G _{z,z+2.40}	G _{z,z+2.55}	G _{z,z+2.70}	G _{z,z+2.85}	G _{z,z+3.00}	N _{net}	
9.48E+01	2.14E+01	9.36E+01	1.98E+01	200																			1.58E+08
F																							

Periodo: PRIMAVERA	G _{z,z+0}	G _{z,z+0.15}	G _{z,z+0.30}	G _{z,z+0.45}	G _{z,z+0.60}	G _{z,z+0.75}	G _{z,z+0.90}	G _{z,z+1.05}	G _{z,z+1.20}	G _{z,z+1.35}	G _{z,z+1.50}	G _{z,z+1.65}	G _{z,z+1.80}	G _{z,z+1.95}	G _{z,z+2.10}	G _{z,z+2.25}	G _{z,z+2.40}	G _{z,z+2.55}	G _{z,z+2.70}	G _{z,z+2.85}	G _{z,z+3.00}	N _{net}	
1.04E+02	2.35E+01	1.08E+02	2.18E+01	200																			5.58E+07
F																							

Periodo: ESTATE	G _{z,z+0}	G _{z,z+0.15}	G _{z,z+0.30}	G _{z,z+0.45}	G _{z,z+0.60}	G _{z,z+0.75}	G _{z,z+0.90}	G _{z,z+1.05}	G _{z,z+1.20}	G _{z,z+1.35}	G _{z,z+1.50}	G _{z,z+1.65}	G _{z,z+1.80}	G _{z,z+1.95}	G _{z,z+2.10}	G _{z,z+2.25}	G _{z,z+2.40}	G _{z,z+2.55}	G _{z,z+2.70}	G _{z,z+2.85}	G _{z,z+3.00}	N _{net}	
1.16E+02	2.45E+01	1.26E+02	2.23E+01	200																			1.02E+07
F																							

Periodo: AUTUNNO	G _{z,z+0}	G _{z,z+0.15}	G _{z,z+0.30}	G _{z,z+0.45}	G _{z,z+0.60}	G _{z,z+0.75}	G _{z,z+0.90}	G _{z,z+1.05}	G _{z,z+1.20}	G _{z,z+1.35}	G _{z,z+1.50}	G _{z,z+1.65}	G _{z,z+1.80}	G _{z,z+1.95}	G _{z,z+2.10}	G _{z,z+2.25}	G _{z,z+2.40}	G _{z,z+2.55}	G _{z,z+2.70}	G _{z,z+2.85}	G _{z,z+3.00}	N _{net}	
1.04E+02	2.36E+01	1.08E+02	2.17E+01	200																			5.58E+07
F																							

Numero di passaggi: 3.80E+07

VERIFICA SFONDAMENTO (SOTTOFONDO)

Periodo: INVERNO	ε _z	N _{net}
2.42E-04	3.04E+07	

Periodo: PRIMAVERA	ε _z	N _{net}
2.61E-04	2.27E+07	

Periodo: ESTATE	ε _z	N _{net}
2.62E-04	1.68E+07	

Periodo: AUTUNNO	ε _z	N _{net}
2.62E-04	2.24E+07	

α: 0.9

Numero di passaggi: 2.16E+07

Caso studio 3 – Pavimentazione non rinforzata

Punto	z [cm]	Cedimento verticale [cm]	Deformazione orizzontale		Tensione		Deformazione verticale		Tensione principale (verticale)		Deformazione principale (verticale)		Tensione min principale (orizzontale)		Tensione max principale (verticale)		Tensione min principale (orizzontale)		
			[µε]	[kPa]	[µε]	[kPa]	[µε]	[kPa]	[µε]	[kPa]	[µε]	[kPa]	[µε]	[kPa]	[µε]	[kPa]	[µε]	[kPa]	
INVERNO	1	6.9	2.51E-02	-8.92E-05	1.41E+02	4.48E+05	1.41E+02	4.48E+05	-8.92E-05	-1.13E+03	8.92E-05	1.41E+02	4.48E+05	-1.13E+03	-8.92E-05	1.41E+02	4.48E+05	-1.13E+03	8.92E-05
	2	36.9	2.35E-02	-1.62E-04	9.89E+01	1.81E+04	9.89E+01	1.81E+04	-1.62E-04	-1.38E+02	1.62E-04	9.89E+01	1.81E+04	-1.38E+02	-1.62E-04	9.89E+01	1.81E+04	-1.38E+02	1.62E-04
	3	32	1.95E-02	-9.98E-05	5.46E+01	2.08E+04	5.46E+01	2.08E+04	-9.98E-05	-1.37E+01	9.98E-05	5.46E+01	2.08E+04	-1.37E+01	-9.98E-05	5.46E+01	2.08E+04	-1.37E+01	9.98E-05
PRIMAVERA	1	47.1	1.68E-02	-9.54E-05	3.19E+01	2.17E+04	3.19E+01	2.17E+04	-9.54E-05	-1.59E+03	9.54E-05	3.19E+01	2.17E+04	-1.59E+03	-9.54E-05	3.19E+01	2.17E+04	-1.59E+03	9.54E-05
	2	6.9	2.56E-02	-9.34E-05	1.44E+02	4.41E+05	1.44E+02	4.41E+05	-9.34E-05	-9.29E+02	9.34E-05	1.44E+02	4.41E+05	-9.29E+02	-9.34E-05	1.44E+02	4.41E+05	-9.29E+02	9.34E-05
	3	36.9	2.39E-02	-1.70E-04	1.03E+02	1.87E+04	1.03E+02	1.87E+04	-1.70E-04	-1.49E+02	1.70E-04	1.03E+02	1.87E+04	-1.49E+02	-1.70E-04	1.03E+02	1.87E+04	-1.49E+02	1.70E-04
ESTATE	1	47.1	1.70E-02	-9.81E-05	3.27E+01	2.23E+04	3.27E+01	2.23E+04	-9.81E-05	-1.62E+03	9.81E-05	3.27E+01	2.23E+04	-1.62E+03	-9.81E-05	3.27E+01	2.23E+04	-1.62E+03	9.81E-05
	2	6.9	2.65E-02	-9.94E-05	1.44E+02	3.95E+05	2.01E+02	5.11E+05	-9.94E-05	-5.43E+02	9.94E-05	1.44E+02	3.95E+05	-5.43E+02	-9.94E-05	1.44E+02	3.95E+05	-5.43E+02	9.94E-05
	3	36.9	2.48E-02	-1.88E-04	1.11E+02	1.99E+04	1.11E+02	1.99E+04	-1.88E-04	-1.57E+02	1.88E-04	1.11E+02	1.99E+04	-1.57E+02	-1.88E-04	1.11E+02	1.99E+04	-1.57E+02	1.88E-04
AUTUNNO	1	47.1	1.72E-02	-1.09E-04	3.46E+01	2.34E+04	3.46E+01	2.34E+04	-1.09E-04	-1.67E+03	1.09E-04	3.46E+01	2.34E+04	-1.67E+03	-1.09E-04	3.46E+01	2.34E+04	-1.67E+03	1.09E-04
	2	6.9	2.58E-02	-9.38E-05	1.44E+02	4.40E+05	1.44E+02	4.40E+05	-9.38E-05	-9.18E+02	9.38E-05	1.44E+02	4.40E+05	-9.18E+02	-9.38E-05	1.44E+02	4.40E+05	-9.18E+02	9.38E-05
	3	36.9	2.35E-02	-1.71E-04	1.03E+02	1.86E+04	1.03E+02	1.86E+04	-1.71E-04	-1.49E+02	1.71E-04	1.03E+02	1.86E+04	-1.49E+02	-1.71E-04	1.03E+02	1.86E+04	-1.49E+02	1.71E-04
4	47.1	1.70E-02	-9.82E-05	3.28E+01	2.23E+04	3.28E+01	2.23E+04	-9.82E-05	-1.62E+03	9.82E-05	3.28E+01	2.23E+04	-1.62E+03	-9.82E-05	3.28E+01	2.23E+04	-1.62E+03	9.82E-05	

VERIFICA A FATICA (STRATI LEGATI)

Periodo	V_y	V_x	σ	ϵ	N_0	α'	β'	γ'	ΔN_0	N_{net}
INVERNO	0.05	0.11	1.13E+01	8.92E-05	8.30E+05				7.04E+05	1.50E+06
H_{cong}	7	1.28E+05	4.5	2.1931443	-2.955185	-1.9329263				
PRIMAVERA	0.05	0.11	9.29E+00	9.34E-05	6.72E+05				8.18E+05	1.49E+06
H_{cong}	7	1.05E+05	4.5	2.1931443	-2.955185	-1.9329263				
ESTATE	0.05	0.11	9.29E+00	9.94E-05	4.99E+05				1.47E+06	1.97E+06
H_{cong}	7	6.68E+04	5.43E+00	4.5	2.1931443	-2.955185	-1.9329263			
AUTUNNO	0.05	0.11	9.18E+00	9.36E-05	6.66E+05				8.26E+05	1.49E+06
H_{cong}	7	1.04E+05	4.5	2.1931443	-2.955185	-1.9329263				

VERIFICA A SFONDAMENTO (FONDAZIONE)

Periodo	$G_{z,y}$	$G_{z,y,max,y}$	$G_{z,y,min,y}$	$G_{z,y,max,y,15}$	$G_{z,y,min,y,15}$	C_{term}	N_{net}
INVERNO	5.46E+01	1.37E+01	5.23E+01	1.28E+01	200	200	2.18E+11
F	2.928948323						
PRIMAVERA	5.64E+01	1.41E+01	5.43E+01	1.31E+01	200	200	1.26E+11
F	2.827161317						
ESTATE	6.05E+01	1.47E+01	5.84E+01	1.38E+01	200	200	4.98E+10
F	2.661804437						
AUTUNNO	5.65E+01	1.41E+01	5.44E+01	1.31E+01	200	200	1.22E+11
F	2.832295444						

VERIFICA A SFONDAMENTO (SOTTOGONDO)

Periodo	f_c	N_{net}
INVERNO	2.17E+04	4.73E+07
PRIMAVERA	2.23E+04	4.28E+07
ESTATE	2.30E+04	3.48E+07
AUTUNNO	2.29E+04	4.26E+07

N_{net} di passaggi: 4.14E+07

N_{net} di passaggi: 9.18E+10

N_{net} di passaggi: 1.60E+06

Caso studio 3 – Pavimentazione rinforzata

Punto	z [cm]	Cedimento verticale [cm]	Deformazione orizzontale [µε]		Tensione principale verticale [MPa]		Deformazione principale verticale [µε]		Tensione min principale (orizzontale) [MPa]		Deformazione min principale (orizzontale) [µε]		Tensione max principale (verticale) [MPa]		Tensione min principale (orizzontale) [MPa]	
			ε	α'	σ	β'	γ	σ _{z,z=0}	σ _{z,z=15}	σ _{z,z=30}	σ _{z,z=45}	σ _{z,z=60}	σ _{z,z=75}	σ _{z,z=90}	σ _{z,z=105}	σ _{z,z=120}
INVERNO	1	6.9	2.51E-02	-8.92E-05	1.41E+02	4.48E-05	1.13E+03	-8.92E-05	-1.13E+03	-1.13E+03	-8.92E-05	-1.13E+03	4.48E-05	1.41E+02	4.48E-05	-8.92E-05
	2	16.9	2.35E-02	-1.62E-04	9.89E+01	1.81E-04	9.89E+01	1.81E-04	1.81E-04	-1.38E+02	-1.62E-04	-1.38E+02	1.81E-04	9.89E+01	1.81E-04	-1.62E-04
	3	32	1.95E-02	-9.98E-05	5.46E+01	2.08E-04	1.37E+01	2.08E-04	2.08E-04	-1.37E+01	-9.98E-05	-1.37E+01	2.08E-04	5.46E+01	2.08E-04	-9.98E-05
PRIMAVERA	1	47.1	1.68E-02	-9.54E-05	3.19E+01	2.17E-04	3.19E+01	2.17E-04	2.17E-04	-1.55E+00	-9.54E-05	-1.55E+00	2.17E-04	3.19E+01	2.17E-04	-9.54E-05
	2	6.9	2.58E-02	-9.34E-05	1.44E+02	4.41E-05	1.44E+02	4.41E-05	4.41E-05	-9.34E-05	-9.34E-05	-9.34E-05	4.41E-05	1.44E+02	4.41E-05	-9.34E-05
	3	16.9	2.39E-02	-1.70E-04	1.03E+02	1.87E-04	1.03E+02	1.87E-04	1.87E-04	-1.45E+02	-1.70E-04	-1.45E+02	1.87E-04	1.03E+02	1.87E-04	-1.70E-04
ESTATE	1	47.1	1.70E-02	-9.81E-05	3.27E+01	2.23E-04	3.27E+01	2.23E-04	2.23E-04	-1.62E+00	-9.81E-05	-1.62E+00	2.23E-04	3.27E+01	2.23E-04	-9.81E-05
	2	6.9	2.65E-02	-9.94E-05	1.44E+02	3.95E-05	2.01E+02	3.11E-05	5.43E+02	-9.94E-05	-9.94E-05	-9.94E-05	3.11E-05	5.43E+02	3.95E-05	-9.94E-05
	3	16.9	2.48E-02	-1.88E-04	1.11E+02	1.95E-04	1.11E+02	1.95E-04	1.95E-04	-1.38E+02	-1.88E-04	-1.38E+02	1.95E-04	1.11E+02	1.95E-04	-1.88E-04
AUTUNNO	1	47.1	1.72E-02	-1.01E-04	3.04E+01	2.28E-04	3.04E+01	2.28E-04	2.28E-04	-1.11E-04	-1.01E-04	-1.11E-04	2.28E-04	3.04E+01	2.28E-04	-1.01E-04
	2	6.9	2.58E-02	-9.36E-05	1.44E+02	4.46E-05	1.44E+02	4.46E-05	4.46E-05	-9.36E-05	-9.36E-05	-9.36E-05	4.46E-05	1.44E+02	4.46E-05	-9.36E-05
	3	16.9	2.38E-02	-1.01E-04	1.03E+02	1.88E-04	1.03E+02	1.88E-04	1.88E-04	-1.45E+02	-1.01E-04	-1.45E+02	1.88E-04	1.03E+02	1.88E-04	-1.01E-04
4	47.1	1.78E-02	-9.82E-05	3.28E+01	2.23E-04	3.28E+01	2.23E-04	2.23E-04	-1.62E+00	-9.82E-05	-1.62E+00	2.23E-04	3.28E+01	2.23E-04	-9.82E-05	

VERIFICA A FATICA (STRATI LEGATI)

Periodo	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
V_y	0.05	0.05	0.05	0.05
V_x	0.11	0.11	0.11	0.11
ϵ	8.92E-05	9.34E-05	9.94E-05	9.36E-05
α'	8.36E+05	6.72E+05	4.99E+05	6.66E+05
n	4.5	4.5	4.5	4.5
β'	-2.955185	-2.955185	-2.955185	-2.955185
γ'	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263
ΔN_0	4.22E+06	4.91E+06	8.83E+06	4.98E+06
N_{net}	5.06E+06	5.98E+06	9.33E+06	5.62E+06
σ	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00
ϵ	8.92E-05	9.34E-05	9.94E-05	9.36E-05
α'	8.36E+05	6.72E+05	4.99E+05	6.66E+05
n	4.5	4.5	4.5	4.5
β'	-2.955185	-2.955185	-2.955185	-2.955185
γ'	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263
ΔN_0	4.22E+06	4.91E+06	8.83E+06	4.98E+06
N_{net}	5.06E+06	5.98E+06	9.33E+06	5.62E+06
σ	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00
ϵ	8.92E-05	9.34E-05	9.94E-05	9.36E-05
α'	8.36E+05	6.72E+05	4.99E+05	6.66E+05
n	4.5	4.5	4.5	4.5
β'	-2.955185	-2.955185	-2.955185	-2.955185
γ'	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263
ΔN_0	4.22E+06	4.91E+06	8.83E+06	4.98E+06
N_{net}	5.06E+06	5.98E+06	9.33E+06	5.62E+06
σ	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00
ϵ	8.92E-05	9.34E-05	9.94E-05	9.36E-05
α'	8.36E+05	6.72E+05	4.99E+05	6.66E+05
n	4.5	4.5	4.5	4.5
β'	-2.955185	-2.955185	-2.955185	-2.955185
γ'	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263
ΔN_0	4.22E+06	4.91E+06	8.83E+06	4.98E+06
N_{net}	5.06E+06	5.98E+06	9.33E+06	5.62E+06
σ	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00
ϵ	8.92E-05	9.34E-05	9.94E-05	9.36E-05
α'	8.36E+05	6.72E+05	4.99E+05	6.66E+05
n	4.5	4.5	4.5	4.5
β'	-2.955185	-2.955185	-2.955185	-2.955185
γ'	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263
ΔN_0	4.22E+06	4.91E+06	8.83E+06	4.98E+06
N_{net}	5.06E+06	5.98E+06	9.33E+06	5.62E+06
σ	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00
ϵ	8.92E-05	9.34E-05	9.94E-05	9.36E-05
α'	8.36E+05	6.72E+05	4.99E+05	6.66E+05
n	4.5	4.5	4.5	4.5
β'	-2.955185	-2.955185	-2.955185	-2.955185
γ'	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263
ΔN_0	4.22E+06	4.91E+06	8.83E+06	4.98E+06
N_{net}	5.06E+06	5.98E+06	9.33E+06	5.62E+06
σ	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00
ϵ	8.92E-05	9.34E-05	9.94E-05	9.36E-05
α'	8.36E+05	6.72E+05	4.99E+05	6.66E+05
n	4.5	4.5	4.5	4.5
β'	-2.955185	-2.955185	-2.955185	-2.955185
γ'	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263
ΔN_0	4.22E+06	4.91E+06	8.83E+06	4.98E+06
N_{net}	5.06E+06	5.98E+06	9.33E+06	5.62E+06
σ	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00
ϵ	8.92E-05	9.34E-05	9.94E-05	9.36E-05
α'	8.36E+05	6.72E+05	4.99E+05	6.66E+05
n	4.5	4.5	4.5	4.5
β'	-2.955185	-2.955185	-2.955185	-2.955185
γ'	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263
ΔN_0	4.22E+06	4.91E+06	8.83E+06	4.98E+06
N_{net}	5.06E+06	5.98E+06	9.33E+06	5.62E+06
σ	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00
ϵ	8.92E-05	9.34E-05	9.94E-05	9.36E-05
α'	8.36E+05	6.72E+05	4.99E+05	6.66E+05
n	4.5	4.5	4.5	4.5
β'	-2.955185	-2.955185	-2.955185	-2.955185
γ'	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263
ΔN_0	4.22E+06	4.91E+06	8.83E+06	4.98E+06
N_{net}	5.06E+06	5.98E+06	9.33E+06	5.62E+06
σ	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00
ϵ	8.92E-05	9.34E-05	9.94E-05	9.36E-05
α'	8.36E+05	6.72E+05	4.99E+05	6.66E+05
n	4.5	4.5	4.5	4.5
β'	-2.955185	-2.955185	-2.955185	-2.955185
γ'	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263
ΔN_0	4.22E+06	4.91E+06	8.83E+06	4.98E+06
N_{net}	5.06E+06	5.98E+06	9.33E+06	5.62E+06
σ	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00
ϵ	8.92E-05	9.34E-05	9.94E-05	9.36E-05
α'	8.36E+05	6.72E+05	4.99E+05	6.66E+05
n	4.5	4.5	4.5	4.5
β'	-2.955185	-2.955185	-2.955185	-2.955185
γ'	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263
ΔN_0	4.22E+06	4.91E+06	8.83E+06	4.98E+06
N_{net}	5.06E+06	5.98E+06	9.33E+06	5.62E+06
σ	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00
ϵ	8.92E-05	9.34E-05	9.94E-05	9.36E-05
α'	8.36E+05	6.72E+05	4.99E+05	6.66E+05
n	4.5	4.5	4.5	4.5
β'	-2.955185	-2.955185	-2.955185	-2.955185
γ'	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263
ΔN_0	4.22E+06	4.91E+06	8.83E+06	4.98E+06
N_{net}	5.06E+06	5.98E+06	9.33E+06	5.62E+06
σ	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00
ϵ	8.92E-05	9.34E-05	9.94E-05	9.36E-05
α'	8.36E+05	6.72E+05	4.99E+05	6.66E+05
n	4.5	4.5	4.5	4.5
β'	-2.955185	-2.955185	-2.955185	-2.955185
γ'	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263
ΔN_0	4.22E+06	4.91E+06	8.83E+06	4.98E+06
N_{net}	5.06E+06	5.98E+06	9.33E+06	5.62E+06
σ	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00
ϵ	8.92E-05	9.34E-05	9.94E-05	9.36E-05
α'	8.36E+05	6.72E+05	4.99E+05	6.66E+05
n	4.5	4.5	4.5	4.5
β'	-2.955185	-2.955185	-2.955185	-2.955185
γ'	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263
ΔN_0	4.22E+06	4.91E+06	8.83E+06	4.98E+06
N_{net}	5.06E+06	5.98E+06	9.33E+06	5.62E+06
σ	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00	9.29E+00
ϵ	8.92E-05	9.34E-05	9.94E-05	9.36E-05
α'	8.36E+05	6.72E+05	4.99E+05	6.66E+05
n	4.5	4.5	4.5	4.5
β'	-2.955185	-2.955185	-2.955185	-2.955185
γ'	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263	-1.9329263
ΔN_0	4.22E+06	4.91E+06	8.83E+06	4.98E+06
N_{net}	5.06E+06	5.98E+06		