

S.S.291 "Della Nurra"

Lavori di costruzione del Lotto 1 da Alghero ad Olmedo, in località bivio cantoniera di Rudas (completamento collegamento Alghero-Sassari) e del Lotto 4 tra bivio Olmedo e l'aeroporto di Alghero -Fertilia (bretella per l'aeroporto)

PROGETTO ESECUTIVO

COD. CA29

PROGETTAZIONE: ATI: VIA - SERING - VDP - BRENG

PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma A27296)

RESPONSABILE D'AREA

Responsabile Tracciato stradale: *Dott. Ing. Massimo Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma 26031)*
 Responsabile Strutture: *Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)*
 Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: *Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)*
 Responsabile Ambiente: *Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*

GEOLOGO:

Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)

COORDINATORE ATTIVITA' DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. MariaAntonietta Merendino (Ord. Ing. Prov. Roma A28481)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Salvatore Frasca

MANDATARIA:



MANDANTE:



MANDANTE:



MANDANTE:



PROGETTO STRADALE

Relazione pavimentazioni stradali



CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	CA29_T00PS00TRARE02_A			
DPCA00029	E 21	CODICE ELAB.	T00PS00TRARE02	A	-
D		-	-	-	-
C		-	-	-	-
B		-	-	-	-
A	EMISSIONE	Giug. 2021	V.FIMIANI	V.FIMIANI	G.PIAZZA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	

INDICE

1	PREMESSA	2
2	TRAFFICO DI PROGETTO	3
	2.1 ASSE B.....	5
	2.2 ASSE D	7
	2.3 ASSE C.....	8
3	PAVIMENTAZIONI DI PROGETTO.....	10
	3.1 DESCRIZIONE DEI PACCHETTI DI PAVIMENTAZIONE PREVISTI.....	10
	3.1.1 Assi B/D	10
	3.1.2 Asse C.....	10
	3.2 CONDIZIONI CLIMATICHE.....	11
	3.3 MATERIALI.....	12
	3.3.1 Sottofondo.....	12
	3.3.2 Fondazione in misto granulare stabilizzato granulometricamente	12
	3.3.3 Sottobase in misto cementato	13
	3.3.4 Strati in conglomerato bituminoso.....	13
	3.3.5 Sintesi delle caratteristiche meccaniche dei materiali	17
4	VERIFICA DELLE PAVIMENTAZIONI	18
	4.1 VERIFICA DEGLI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO	19
	4.2 VERIFICA A FATICA DELLO STRATO IN MISTO CEMENTATO	21
	4.3 VERIFICA A FATICA DELLO STRATO DI FONDAZIONE IN MG.....	22
	4.4 VERIFICA DEL SOTTOFONDO	24
5	ANALISI PRESTAZIONALE.....	27
	5.1 FESSURAZIONE A FATICA DEGLI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO	27
	5.2 ORMAIAMENTO	29
6	ALLEGATI.....	32
	6.1 PUNTI DI CONTROLLO	32
	6.2 PAVIMENTAZIONE TIPO B-D	33
	6.3 PAVIMENTAZIONE TIPO C	45

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	

1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo sviluppa il dimensionamento delle pavimentazioni previste per i seguenti tratti:

- completamento della SS291 (strada extraurbana principale di tipo B);
- nuovo tracciato in ingresso all'abitato di Alghero (strada urbana di scorrimento di tipo D);
- bretella di collegamento con l'aeroporto di Fertilia (strada extraurbana secondaria di tipo C).

Il dimensionamento è stato eseguito valutando le prestazioni che le sovrastrutture potranno offrire nel tempo quando soggette alle condizioni di traffico previste in progetto e nelle condizioni climatiche della zona di sedime dell'opera.

In conformità con quanto previsto nel Progetto Definitivo, per ognuna delle viabilità è stata prevista un pacchetto di pavimentazione **semirigido**.

La procedura di analisi si basa sull'impiego del **metodo razionale (multistrato elastico)**, ai cui risultati sono state applicate, in successione, alcune delle più note e utilizzate leggi per la fatica e per l'ormaiamento, al fine di verificare la vita utile e il livello prestazionale delle pavimentazioni in esame.

Le performance delle pavimentazioni sono state valutate con riferimento ai volumi veicolari previsti nello studio di traffico contenuto nel Progetto Definitivo, utilizzando le mix di traffico previste nel Catalogo delle Pavimentazioni del CNR (BU 178/95) per la determinazione del numero di assi equivalenti al termine della vita utile, posta pari a 25 anni.

Le condizioni climatiche del sito sono state caratterizzate utilizzando le temperature dell'aria di Alghero Fertilia, località baricentrica rispetto all'intero progetto. I dati rilevati hanno riguardato le temperature medie mensili per gli anni dal 2011 al 2020 compresi.

Per le caratteristiche fisico-meccaniche e reologiche dei materiali è stato fatto riferimento a quanto prescritto nel CSA ANAS (IT.PRL.05.21 Rev 1). Si precisa a tal proposito che, per gli strati in conglomerato bituminoso, è stato sempre previsto l'utilizzo di bitumi modificati, in particolare HD per lo strato d'usura drenante e fonoassorbente e SF per l'usura ordinaria, il binder e la base.

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	

2 TRAFFICO DI PROGETTO

Il progetto di una pavimentazione stradale si basa sul confronto del numero di applicazioni di carico “ammissibili” con il numero di applicazioni di carico “previste”.

I carichi che insistono sulla sovrastruttura derivano dai veicoli in transito e sono di entità variabile in funzione di:

- tipologia di veicoli;
- configurazione degli assi e delle ruote;
- distribuzione dei carichi sugli assi;
- area di contatto ruota-pavimentazione;
- velocità dei veicoli;
- posizione trasversale.

Alla luce della vasta eterogeneità dei carichi, ai fini del calcolo delle sovrastrutture è necessario riferirsi ad un carico di riferimento nel quale dover convertire tutti gli altri.

Gli effetti prodotti dagli assi sono espressi in termini di danno e il danno unitario è associato all'asse standard (ESAL 80 KN). Con l'omogeneizzazione dei carichi, il traffico nel suo complesso è trasformato in un equivalente numero di passaggi dell'asse standard.

I danni prodotti da ciascun asse si sommano sino a quando la sovrastruttura raggiunge condizioni d'inservibilità (ipotesi di accumulo lineare del danno).

I dati di traffico sono stati dedotti dalla relazione trasportistica allegata al Progetto Definitivo, di seguito riportati:

ASSE B

Tra lo svincolo Stazione Mamuntanas e la fine della sezione tipo B:

Anni	leggeri	pesanti	TGM (veic/giorno)	% veicoli commerciali
2023	9481	348	9829	3.50%
2033	11299	425	11724	3.60%

Dai dati di cui sopra si evince un tasso medio annuo d'incremento del traffico pari allo 1,78%.

ASSE D

Tra la rotonda 1 e l'intersezione a livelli sfalsati con via Ungias:

Anni	leggeri	pesanti	TGM (veic/giorno)	% veicoli commerciali
2023	2705	183	2888	6.30%
2033	3235	223	3458	6.50%

Dai dati di cui sopra si evince un tasso medio annuo d'incremento del traffico pari allo 1,82%.

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	

Tra l'intersezione a livelli sfalsati con via Ungias e la rotatoria 3:

Anni	leggeri	pesanti	TGM (veic/giorno)	% veicoli commerciali
2023	4805	478	5283	9.00%
2033	5727	583	6310	9.23%

Dai dati di cui sopra si evince un tasso medio annuo d'incremento del traffico pari allo 1,79%.

ASSE C

Sulla bretella di collegamento con l'aeroporto di Fertilia:

Anni	leggeri	pesanti	TGM (veic/giorno)	% veicoli commerciali
2023	811	20	831	2.40%
2033	968	21	989	2.10%

Dai dati di cui sopra si evince un tasso medio annuo d'incremento del traffico pari allo 1,80%.

Ai fini del dimensionamento delle diverse pavimentazioni, è stato considerato un margine ulteriore di incremento del traffico, pari al 25%, per tener conto dell'indeterminatezza insita nelle previsioni di cui sopra. Per tutte le viabilità di progetto è stato inoltre utilizzato un tasso di crescita del traffico commerciale pari al 2% annuo.

Il traffico di progetto sarà quindi calcolato in base ai seguenti dati d'ingresso:

	TGM _{tot} (veic/giorno)	% veicoli commerciali
Tipo B	12286	3.50%
Tipo D	6604	10.00%
Tipo C	1039	2.50%

La stagionalità è stata presa in considerazione nei calcoli di dimensionamento considerando la seguente ripartizione del traffico annuo:

Stagione	Ripartizione traffico
Estate	40%
Autunno	15%
Inverno	15%
Primavera	30%

Il numero di passaggi cumulati di veicoli commerciali alla fine della Vita utile è fornito dalla seguente espressione:

$$T^N = N_{vca} \cdot \frac{(1 + R)^N - 1}{R}$$

in cui:

N è la vita utile della sovrastruttura espressa in anni;

R è il tasso di incremento annuo del traffico commerciale;

N_{vca} è il numero dei passaggi di veicoli commerciali che si prevede transiterà durante il primo anno successivo all'apertura della strada, definito da:

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	

$$N_{vca} = TGM_{tot} \cdot p_c \cdot p_{sm} \cdot p_{corsia} \cdot d \cdot gg_{comm}$$

in cui:

TGM_{tot} = il traffico giornaliero medio TGM in veicoli/giorno, che transita o si presume transiterà nell'infrastruttura nel primo anno di vita utile;

p_c = percentuale di veicoli commerciali di peso non inferiore a 3 ton sul traffico totale;

p_{sm} = aliquota di traffico nella direzione più carica;

p_{corsia} = percentuale dei veicoli commerciali sulla corsia di marcia normale;

d = coefficiente di dispersione delle traiettorie;

gg_{comm} = numero di giorni commerciali per anno.

Nel seguito sono riportati i dati di cui sopra:

Categoria di strada	B	D	C
TGM al primo anno di apertura della strada (veic/giorno)	12286	6604	1039
Numero giorni commerciali per settimana	7	7	7
Numero settimane commerciali per anno	52	52	52
Aliquota di traffico per direzione più carica	50%	50%	60%
Percentuale veicoli commerciali	3.50%	10.00%	2.50%
Aliquota veicoli commerciali sulla corsia di marcia normale	90%	90%	100%
Coefficiente di dispersione delle traiettorie	0.80	0.80	0.80
Numero medio di assi per veicolo commerciale	2.53	2.05	2.12
Tasso di crescita annuale traffico durante la vita utile	2.00%	2.00%	2.00%
Vita utile (anni)	25	25	25

Il numero di assi standard equivalenti da **80 KN** è stato eseguito utilizzando gli spettri di traffico suggeriti nel Catalogo delle Pavimentazioni Stradali.

In definitiva, si pone:

$$N_{80} = T^N \cdot C_{SN} \cdot n_a$$

in cui:

N_{80} è il numero di assi equivalenti da 80 KN;

n_a è il numero medio di assi per veicolo commerciale;

C_{SN} è un coefficiente di equivalenza tra il generico asse reale, di peso P_i e tipologia T_i , e l'asse singolo standard da 80 KN, ed è definito dalla seguente espressione:

$$C_{SN} = \left(\frac{x}{y}\right)^4$$

in cui $y = 80$ KN ed x è il peso dell'asse generico. Per mezzo di essa si passa, quindi, dalle frequenze dei singoli assi a quelle dell'asse standard.

2.1 ASSE B

Lo spettro di traffico previsto nel Catalogo delle pavimentazioni per una strada extraurbana principale (tipo B) è il seguente:

Tipologie di veicoli commerciali			Numero totale assi	Tipi di veicoli commerciali, numero d'assi, distribuzione dei carichi per asse													
				Peso assi (kN)													
			Numero di assi distribuiti per peso	10	20	20	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
1	Autocarri leggeri	2		1	1												
2	Autocarri leggeri	2			1		1										
3	Autocarri medi e pesanti	2						1				1					
4	Autocarri medi e pesanti	2							1						1		
5	Autocarri pesanti	3						1				2					
6	Autocarri pesanti	3								1				2			
7	Autotreni e autoarticolati	4						1				2	1				
8	Autotreni e autoarticolati	4								1				3			
9	Autotreni e autoarticolati	5						1				4					
10	Autotreni e autoarticolati	5								1			2	2			
11	Autotreni e autoarticolati	5						1				3		1			
12	Autotreni e autoarticolati	5								1			3		1		
13	Mezzi d'opera	5							1							1	
14	Autobus	2						1				1					3
15	Autobus	2								1				1			
16	Autobus	2						1			1						

Tipologie di veicoli commerciali			Spettro di traffico	Frequenze degli assi di differente peso per la tipologia di strada prescelta													
				Peso assi (kN)													
			Distribuzione percentuale dei carichi per asse in funzione della tipologia di strada	10	20	20	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
1	Autocarri leggeri	0.00%															
2	Autocarri leggeri	13.10%			13.10%												
3	Autocarri medi e pesanti	39.50%					39.50%					39.50%					
4	Autocarri medi e pesanti	10.50%						10.50%							10.50%		
5	Autocarri pesanti	7.90%						7.90%				15.80%					
6	Autocarri pesanti	2.60%								2.60%				5.20%			
7	Autotreni e autoarticolati	2.60%						2.60%				5.20%	2.60%				
8	Autotreni e autoarticolati	2.50%								2.50%				7.50%			
9	Autotreni e autoarticolati	2.60%						2.60%				10.40%					
10	Autotreni e autoarticolati	2.50%								2.50%			5.00%	5.00%			
11	Autotreni e autoarticolati	2.60%						2.60%				7.80%		2.60%			
12	Autotreni e autoarticolati	2.60%								2.60%			7.80%		2.60%		
13	Mezzi d'opera	0.50%														0.50%	1.50%
14	Autobus	0.00%															
15	Autobus	0.00%															
16	Autobus	10.50%						10.50%			10.50%						

Per la mix di traffico prevista, il passaggio di 100 veicoli commerciali determina il transito di circa 253 assi di differente peso, che corrispondono a 233.48 passaggi di assi da 80 KN, con un corrispondente C_{SN} ponderale pari a 2,335.

Peso asse (KN)	Frequenza asse	Coefficienti di Equivalenza	Frequenze assi da 80 KN
10	0.00%	0.00024	0.00%
20	13.10%	0.00391	0.05%
30	13.10%	0.01978	0.26%
40	55.20%	0.06250	3.45%
50	21.50%	0.15259	3.28%
60	10.20%	0.31641	3.23%
70	0.00%	0.58618	0.00%
80	89.20%	1.00000	89.20%
90	15.40%	1.60181	24.67%
100	20.30%	2.44141	49.56%
110	13.10%	3.57446	46.83%
120	0.50%	5.06250	2.53%
130	1.50%	6.97290	10.46%
Totale	253.10%	Totale	233.51%

Da quanto sopra riportato, si evince quindi che, al termine della vita utile, la domanda di traffico di progetto, espressa in numero di assi da 80 KN, è pari a:

$$N_{80} = 10.667.091 \quad \text{assi equivalenti da 80 KN}$$

2.2 ASSE D

Lo spettro di traffico previsto nel Catalogo delle pavimentazioni per una strada urbana di scorrimento (tipo D) è il seguente:

Tipologie di veicoli commerciali		Numero totale assi	Numero di assi distribuiti per peso	Tipi di veicoli commerciali, numero d'assi, distribuzione dei carichi per asse											
				Peso assi (kN)											
			10	20	20	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
1	Autocarri leggeri	2	1	1											
2	Autocarri leggeri	2		1	1										
3	Autocarri medi e pesanti	2				1				1					
4	Autocarri medi e pesanti	2					1						1		
5	Autocarri pesanti	3						1		2					
6	Autocarri pesanti	3							1			2			
7	Autotreni e autoarticolati	4				1				2	1				
8	Autotreni e autoarticolati	4							1				3		
9	Autotreni e autoarticolati	5				1				4					
10	Autotreni e autoarticolati	5						1			2	2			
11	Autotreni e autoarticolati	5				1				3		1			
12	Autotreni e autoarticolati	5						1			3		1		
13	Mezzi d'opera	5					1							1	3
14	Autobus	2				1				1					
15	Autobus	2						1				1			
16	Autobus	2						1		1					

Tipologie di veicoli commerciali		Spettro di traffico	Distribuzione percentuale dei carichi per asse in funzione della tipologia di strada	Frequenze degli assi di differente peso per la tipologia di strada prescelta											
				Peso assi (kN)											
			10	20	20	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
1	Autocarri leggeri	18.20%	18.20%	18.20%											
2	Autocarri leggeri	18.20%		18.20%											
3	Autocarri medi e pesanti	16.50%				16.50%				16.50%					
4	Autocarri medi e pesanti	0.00%													
5	Autocarri pesanti	0.00%													
6	Autocarri pesanti	0.00%													
7	Autotreni e autoarticolati	0.00%													
8	Autotreni e autoarticolati	0.00%													
9	Autotreni e autoarticolati	0.00%													
10	Autotreni e autoarticolati	0.00%													
11	Autotreni e autoarticolati	0.00%													
12	Autotreni e autoarticolati	0.00%													
13	Mezzi d'opera	1.60%					1.60%							1.60%	4.80%
14	Autobus	18.20%				18.20%				18.20%					
15	Autobus	27.30%						27.30%				27.30%			
16	Autobus	0.00%													

Per la mix di traffico prevista, il passaggio di 100 veicoli commerciali determina il transito di circa 204.80 assi di differente peso, che corrispondono a 154.48 passaggi di assi da 80 KN, con un corrispondente C_{SN} ponderale pari a 1.545.

Peso asse (KN)	Frequenza asse	Coefficienti di Equivalenza	Frequenze assi da 80 KN
10	18.20%	0.00024	0.00%
20	36.40%	0.00391	0.14%
30	18.20%	0.01978	0.36%
40	34.70%	0.06250	2.17%
50	1.60%	0.15259	0.24%
60	27.30%	0.31641	8.64%
70	0.00%	0.58618	0.00%
80	34.70%	1.00000	34.70%
90	0.00%	1.60181	0.00%
100	27.30%	2.44141	66.65%
110	0.00%	3.57446	0.00%
120	1.60%	5.06250	8.10%
130	4.80%	6.97290	33.47%
Totale	204.80%	Totale	154.48%

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	

Da quanto sopra riportato, si evince quindi che, al termine della vita utile, la domanda di traffico di progetto, espressa in numero di assi da 80 KN, è pari a:

$$N_{80} = 8.769.352 \quad \text{assi equivalenti da 80 KN}$$

2.3 ASSE C

Lo spettro di traffico previsto nel Catalogo delle pavimentazioni per una strada extraurbana secondaria (tipo C) è il seguente:

Tipologie di veicoli commerciali			Numero totale	Tipi di veicoli commerciali, numero d'assi, distribuzione dei carichi per asse													
				Peso assi (kN)													
				10	20	20	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
1	Autocarri leggeri	2	Numero di assi distribuiti per peso	1	1												
2	Autocarri leggeri	2			1	1											
3	Autocarri medi e pesanti	2					1				1						
4	Autocarri medi e pesanti	2						1							1		
5	Autocarri pesanti	3					1				2						
6	Autocarri pesanti	3							1					2			
7	Autotreni e autoarticolati	4					1				2	1					
8	Autotreni e autoarticolati	4							1					3			
9	Autotreni e autoarticolati	5					1				4						
10	Autotreni e autoarticolati	5							1				2	2			
11	Autotreni e autoarticolati	5					1				3		1				
12	Autotreni e autoarticolati	5							1				3		1		
13	Mezzi d'opera	5							1							1	3
14	Autobus	2					1				1						
15	Autobus	2							1					1			
16	Autobus	2							1		1						

Tipologie di veicoli commerciali			Spettro di	Frequenze degli assi di differente peso per la tipologia di strada prescelta													
				Peso assi (kN)													
				10	20	20	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
1	Autocarri leggeri	0.00%	Distribuzione percentuale dei carichi per asse in funzione della tipologia di strada														
2	Autocarri leggeri	0.00%															
3	Autocarri medi e pesanti	58.80%					58.80%				58.80%						
4	Autocarri medi e pesanti	29.40%						29.40%							29.40%		
5	Autocarri pesanti	0.00%															
6	Autocarri pesanti	5.90%							5.90%					11.80%			
7	Autotreni e autoarticolati	0.00%															
8	Autotreni e autoarticolati	2.80%							2.80%					8.40%			
9	Autotreni e autoarticolati	0.00%															
10	Autotreni e autoarticolati	0.00%															
11	Autotreni e autoarticolati	0.00%															
12	Autotreni e autoarticolati	0.00%															
13	Mezzi d'opera	0.20%							0.20%							0.20%	0.60%
14	Autobus	0.00%															
15	Autobus	0.00%															
16	Autobus	2.90%							2.90%		2.90%						

Per la mix di traffico prevista, il passaggio di 100 veicoli commerciali determina il transito di circa 212.10 assi di differente peso, che corrispondono a 232.7 passaggi di assi da 80 KN, con un corrispondente C_{SN} ponderale pari a 2.327.

Peso asse (KN)	Frequenza asse	Coefficienti di Equivalenza	Frequenze assi da 80 KN
10	0.00%	0.00024	0.00%
20	0.00%	0.00391	0.00%
30	0.00%	0.01978	0.00%
40	58.80%	0.06250	3.68%
50	32.50%	0.15259	4.96%
60	8.70%	0.31641	2.75%
70	0.00%	0.58618	0.00%
80	61.70%	1.00000	61.70%
90	0.00%	1.60181	0.00%
100	20.20%	2.44141	49.32%
110	29.40%	3.57446	105.09%
120	0.20%	5.06250	1.01%
130	0.60%	6.97290	4.18%
Totale	212.10%	Totale	232.69%

Da quanto sopra riportato, si evince quindi che, al termine della vita utile, la domanda di traffico di progetto, espressa in numero di assi da 80 KN, è pari a:

$$N_{80} = 717.423 \text{ assi equivalenti da 80 KN}$$

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	

3 PAVIMENTAZIONI DI PROGETTO

3.1 DESCRIZIONE DEI PACCHETTI DI PAVIMENTAZIONE PREVISTI

3.1.1 Assi B/D

Le strade di tipo B e D avranno il medesimo pacchetto di pavimentazione, di tipo **semirigido**, che avrà uno spessore totale di 60 cm., così articolato:

Strato	Sp. (cm)	Materiale
Usura	4	Conglomerato bituminoso dren. Fonoass.- Bitume modificato HD
Binder	6	Conglomerato bituminoso - Bitume modificato SF
Base	10	Conglomerato bituminoso - Bitume modificato SF
Sottobase	20	Misto cementato
Fondazione	20	Misto granulare stabilizzato granulometricamente

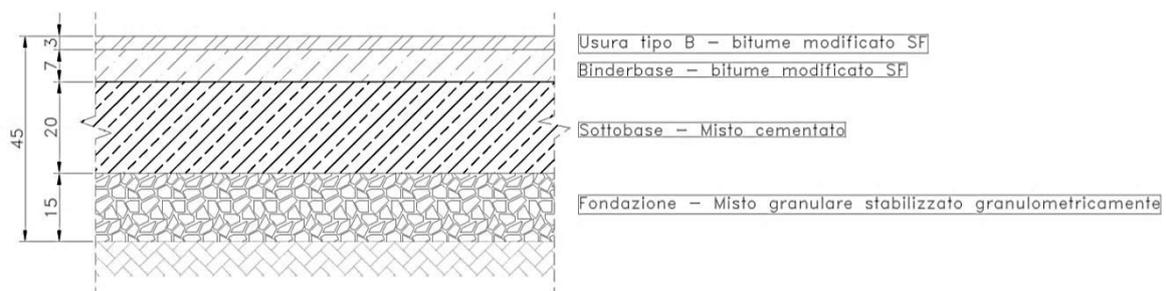
Tra lo strato d'usura e il binder è prevista una mano d'attacco con bitume modificato HD, mentre tra binder e base la mano d'attacco sarà costituita da bitume tal quale.



3.1.2 Asse C

La nuova viabilità di collegamento con l'aeroporto di Alghero Fertilia sarà una extraurbana secondaria (tipo C). Il pacchetto di pavimentazione sarà ancora di tipo **semirigido**, con uno spessore totale di 45 cm., così articolato:

Strato	Spessore (cm)	Materiale
Usura	3	Usura tipo B - Bitume modificato SF
Binder-base	7	Conglomerato bituminoso - Bitume modificato SF
Sottobase	20	Misto cementato
Fondazione	15	Misto granulare stabilizzato granulometricamente



Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	

3.2 CONDIZIONI CLIMATICHE

Le proprietà meccaniche dei conglomerati bituminosi risentono fortemente delle variazioni di temperatura, poiché essa influenza i valori del modulo complesso E^* (parametro meccanico rappresentativo degli strati legati a bitume). E' pertanto necessario suddividere l'anno in periodi caratterizzati da una temperatura media dell'aria pressoché uniforme (tipicamente 4 periodi della durata di 3 mesi ciascuno, corrispondenti alle 4 stagioni).

Nel caso in esame, come accennato in premessa, ci si è riferiti alle temperature medie mensili rilevate dal 2011 al 2020 nella località di Alghero Fertilia. Queste sono riportate nel prospetto seguente, in cui è individuata la temperatura media T_m sui 10 anni per ognuna delle quattro stagioni:

Mese	Temperatura media dell'aria										T_m sui 10 anni
	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	
GENNAIO	10.7	8.7	12.5	8.8	11.2	10.2	11.1	10.4	9.8	9.5	
FEBBRAIO	11.9	9.7	8.9	11.6	12	9.1	11.3	8.1	6.4	8.9	
MARZO	12.3	12.2	12.4	12.7	11.4	11.6	11.6	12.4	11.6	10.9	
INVERNO	11.63	10.20	11.27	11.03	11.53	10.30	11.33	10.30	9.27	9.77	10.66
APRILE	15.1	13.8	15.9	14.4	15.1	14	14.7	14.7	14.4	14.7	
MAGGIO	19.5	15.7	17.8	19.1	17.6	18.6	16.9	16.2	17.2	18.2	
GIUGNO	21.7	23.5	22.1	24.5	21.7	23	22.5	20.4	23.2	21.2	
PRIMAVERA	18.77	17.67	18.60	19.33	18.13	18.53	18.03	17.10	18.27	18.03	18.25
LUGLIO	25.6	26.2	25.8	26.2	24.5	26.8	23.5	25.3	24.3	23.2	
AGOSTO	26.1	26.1	25.2	27	24	25.2	23.8	24.9	25.9	24.6	
SETTEMBRE	22	23.3	22.9	20.4	22.2	22.1	22.4	21.3	21.3	21.8	
ESTATE	24.57	25.20	24.63	24.53	23.57	24.70	23.23	23.83	23.83	23.20	24.13
OTTOBRE	16.7	19.5	19.4	18.1	18	17.8	19.7	20.2	18.7	17.9	
NOVEMBRE	14	14.6	14.4	12.9	14.6	14.4	16.4	13.4	14.7	14.8	
DICEMBRE	11.5	13.2	11.6	10	11.4	10.3	11.6	10.5	11.1	12.7	
AUTUNNO	14.07	15.77	15.13	13.67	14.67	14.17	15.90	14.70	14.83	15.13	14.80

Sulla base delle temperature medie mensili dell'aria, è stata poi determinata la temperatura del conglomerato bituminoso nei diversi strati alla profondità z secondo la formula di Witczak:

$$T_z = (1,467 + 0,043 \cdot z) + (1,362 - 0,005 \cdot z) \cdot T_a$$

dove T_z è la temperatura alla profondità z (espressa in centimetri) e T_a è la temperatura media dell'aria, espressa in °C. In base alla suddetta formula risulta quindi:

Assi tipo B/D

Usura dricante fonoassorbente				Binder				Base			
Stagione	T_{media}	z	T_{strato}	Stagione	T_{media}	z	T_{strato}	Stagione	T_{media}	z	T_{strato}
	°C				cm				°C		
estate	24.13	2.00	34.18	estate	24.13	7.00	33.79	estate	24.13	15.00	33.17
autunno	14.80	2.00	21.57	autunno	14.80	7.00	21.41	autunno	14.80	15.00	21.16
inverno	10.66	2.00	15.97	inverno	10.66	7.00	15.92	inverno	10.66	15.00	15.84
primavera	18.25	2.00	26.22	primavera	18.25	7.00	25.98	primavera	18.25	15.00	25.60

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	

Asse tipo C

Usura				Binderase			
Stagione	T _{media}	z	T _{strato}	Stagione	T _{media}	z	T _{strato}
	°C				cm		
estate	24.13	1.50	34.22	estate	24.13	6.50	33.83
autunno	14.80	1.50	21.58	autunno	14.80	6.50	21.43
inverno	10.66	1.50	15.97	inverno	10.66	6.50	15.92
primavera	18.25	1.50	26.25	primavera	18.25	6.50	26.01

3.3 MATERIALI

3.3.1 Sottofondo

La “portanza” di un terreno è la sua capacità di sopportare i carichi senza che si verifichino eccessive deformazioni, che risultano essere di tipo elasto – plastico - viscoso.

Il parametro d’interesse da impiegare nel calcolo della pavimentazione con il metodo empirico è il Modulo Resiliente M_R . Per la sua valutazione sono state utilizzate le seguenti correlazioni, suggerite dal TRRL (Transport and Road Research Laboratory), che coinvolgono, inoltre, un ulteriore indice di portanza del sottofondo, il CBR (California Bearing Ratio):

$$Md = \frac{CBR_{LAB}}{0.20}$$

$$M_R = 2555 \cdot (CBR_{LAB})^{0.64} \text{ (psi)}$$

in cui:

M_d - Modulo di deformabilità, ottenuto attraverso prove di carico su piastra di 300 mm;

CBR - Indice di CBR del sottofondo.

Tenuto conto che le Norme Tecniche prescrivono che: “L'ultimo strato di 30 cm, costituente il piano di posa della fondazione della pavimentazione, dovrà, invece, presentare un grado di costipamento pari, o superiore, al 95%; il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) dovrà risultare non inferiore a 50 MPa, nell'intervallo compreso tra 50÷150 kPa (0.15 - 0.25 N/mm²) sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale in rilevato”, nei calcoli si è assunto un valore del Modulo di deformazione del sottofondo pari a:

$$M_d = 50 \text{ MPa}$$

Il modulo resiliente ricavato è pari a **76,83 MPa**. Il coefficiente di Poisson è stato posto pari a $\nu = 0,45$.

3.3.2 Fondazione in misto granulare stabilizzato granulometricamente

Il materiale costituente lo strato di fondazione sarà conforme alle prescrizioni del CSA ANAS (IT.PRL.05.21 Rev 1 – D.01.001: “Fondazione stradale in misto granulare stabilizzato”).

Il modulo dello strato di fondazione in misto granulare E_{MG} è stato calcolato utilizzando la relazione proposta da Shell Institute, secondo cui esso è influenzato dallo spessore dello strato stesso e dal modulo del sottofondo:

$$E_{MG} = 0.2 \cdot h_{MG}^{0.45} \cdot E_{sf}$$

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	

dove:

E_{MG} = modulo elastico dello strato in misto granulare (MPa);

h_{MG} = spessore dello strato in misto granulare (in mm);

E_{sf} = modulo resiliente del sottofondo (MPa).

Nel caso in esame, dato il modulo resiliente del sottofondo, uguale per tutte le viabilità e pari a 76,83 MPa, risulta:

Strada	Spessore misto granulare	E_{sf}
	mm	MPa
Assi B/D	200	166,73
Asse C	150	146,48

Per il coefficiente di Poisson è stato adottato il valore $\nu = 0,40$.

3.3.3 Sottobase in misto cementato

Le caratteristiche del misto cementato saranno conformi alle prescrizioni del CSA ANAS (IT.PRL.05.21 Rev 1 – D.01.003: “*Fondazione stradale in misto cementato*”). Esso sarà costituito da una miscela di aggregati lapidei (naturali o di riciclo) e legante idraulico (i.e. cemento, in quantità solitamente compresa tra il 3 e il 5% in peso) miscelati con un’opportuna dose di acqua, le cui caratteristiche meccaniche saranno:

- Resistenza a compressione a 7 giorni di maturazione $\sigma_c = 2,5 - 5,0$ MPa;
- Resistenza a trazione indiretta a 7 giorni di maturazione $\sigma_t > 0,25$ MPa;
- $E_c = 2000$ MPa;
- Coefficiente di Poisson $\nu = 0,35$.

Si precisa che il valore del modulo elastico E_c di cui sopra corrisponde ad un misto cementato diffusamente fessurato, corrispondente al valore equivalente medio della rigidità dello strato nel corso della vita utile della pavimentazione.

3.3.4 Strati in conglomerato bituminoso

Si prevede l’impiego estensivo dei bitumi modificati (Polymer Modified Bitumens, PMB), poiché essi conferiscono alla miscela una migliore resa alle alte e basse temperature, diminuendone inoltre la suscettibilità all’invecchiamento (IT.PRL.05.21 Rev 1 – Capitolo 6: “*Leganti bituminosi e loro modificati*”).

I conglomerati bituminosi avranno altresì caratteristiche aderenti alle prescrizioni del CSA (IT.PRL.05.21 Rev 1 – Capitolo 7: “*Conglomerati bituminosi a caldo*”).

La determinazione dei moduli complessi degli strati in conglomerato bituminoso è stata eseguita utilizzando la relazione di Franken e Vanelstraete (1996):

$$|E^*| = E_\infty \cdot R^*(T, f)$$

E_∞ è il modulo vetroso puramente elastico che caratterizza il comportamento della miscela per bassissime temperature e/o per elevate frequenze. Esso è stimato tramite una formulazione sperimentale, frutto di studi di vari autori e adeguata per ottenere una migliore regressione dei dati sperimentali:

$$E_{\infty} = 14360 \cdot \left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{0.55} \cdot e^{-0.0584 \cdot v} \quad [MPa]$$

dove:

- V_A = volume di aggregati (%);
- V_B = volume di bitume (%);
- v = volume di vuoti (%).

$R^*(T, f)$ è il modulo ridotto, ovvero un coefficiente adimensionale funzione della temperatura e della frequenza ($0 < R^* < 1$). Esso è calcolato tramite la seguente relazione:

$$\log|R^*| = \log|F^*| \cdot \left\{ 1 - 1.35 \cdot \left[1 - e^{\left(-0.13 \cdot \frac{V_A}{V_B}\right)} \right] \cdot (1 + 0.11 \cdot \log|F^*|) \right\}$$

in cui $|F^*|$ è il modulo residuo di taglio, pari al rapporto tra il modulo a taglio $G^*(T, f)$ ed il modulo a taglio ultimo del legante per bassissime temperature $G^*_{rif} \approx 1000$ MPa.

$G^*(T, f)$ è pari a:

$$|G^*(T, f)| = \frac{S_b}{2(1+v)} \cong \frac{S_b}{3} = \frac{1}{3} \cdot [1.57 \cdot 10^{-7} \cdot t^{-0.368} \cdot e^{-IP} \cdot (T_{PA} - T)^5]$$

- t = tempo di carico, pari a $\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f}$, con f è la frequenza, adottata pari a 10 Hz;
- IP = indice di penetrazione del bitume, calcolabile come $\frac{20-500\alpha}{50\alpha+1}$;
- α = suscettibilità termica del bitume, pari a $\frac{\log(800) - \log(\text{pen}T2)}{T_{PA} - 25}$;
- T_{PA} = temperatura di Palla-Anello (°C);
- T = temperatura a cui vengono valutate le caratteristiche del legante (°C).

Nelle tabelle seguenti sono riportati i dati di input utilizzati per la determinazione del modulo complesso E^* .

Strato	Bitume	Pen.	TPA
		dmm	°C
Usura drenante con argilla espansa	Bitume modificato HD	50-70	70-90
Usura drenante	Bitume modificato HD	50-70	70-90
Usura	Bitume modificato SF	50-70	60-80
Binder	Bitume modificato SF	50-70	60-80
Base	Bitume modificato SF	50-70	60-80
Basebinder	Bitume modificato SF	50-70	60-80

La tabella di cui sopra costituisce un estratto della tabella 6.B del CSA (cap. 6), in cui sono indicati gli intervalli accettati per la penetrazione a 25° e il punto di rammollimento per i bitumi modificati.

Nella tabella successiva, oltre ai valori di riferimento utilizzati nelle formule per la penetrazione e il punto di rammollimento, sono indicati anche i valori minimi e massimi ammessi dal CSA per il mix design dei conglomerati bituminosi, cui è stato associato il relativo valore medio adoperato per la determinazione del modulo complesso E^* .

Strato	Bitume	Pen.	TPA	V _B			v _v		
		dmm	°C	min	max	media	min	max	media
Usura drenante con argilla espansa	Bitume modificato HD	50	80	5.50%	6.30%	5.90%	15.00%	26.00%	20.50%
Usura drenante	Bitume modificato HD	50	80	4.80%	5.80%	5.30%	16.00%	27.00%	21.50%
Usura	Bitume modificato SF	60	70	4.50%	6.10%	5.30%	3.00%	8.00%	5.50%
Binder	Bitume modificato SF	60	70	4.10%	6.10%	5.10%	3.00%	8.00%	5.50%
Base	Bitume modificato SF	60	70	3.80%	5.20%	4.50%	3.00%	9.00%	6.00%
Basebinder	Bitume modificato SF	60	70	4.00%	5.30%	4.65%	3.00%	9.00%	6.00%

Dato il comportamento reologico dei conglomerati bituminosi, sensibile alle variazioni di temperatura, i calcoli sono stati eseguiti per ognuna delle quattro stagioni, calcolando la temperatura di ogni strato secondo quella dell'aria in base alla formula di Witczak.

Di seguito sono riportati i risultati:

Assi tipo B/D

Tipo B/D ESTATE		Usura drenante fonoass	Binder	Base	Tipo B/D AUTUNNO		Usura drenante fonoass	Binder	Base
T	°C	34.18	33.79	33.17	T	°C	21.57	21.41	21.16
G _∞	MPa	1000.00	1000.00	1000.00	G _∞	MPa	1000.00	1000.00	1000.00
t	s	0.02	0.02	0.02	t	s	0.02	0.02	0.02
Pen	dmm	50.00	60.00	60.00	Pen	dmm	50.00	60.00	60.00
α	-	0.02	0.02	0.02	α	-	0.02	0.02	0.02
IP	-	4.32	3.33	3.33	IP	-	4.32	3.33	3.33
T _{PA}	°C	80.00	70.00	70.00	T _{PA}	°C	80.00	70.00	70.00
V _B	%	5.90	5.10	4.50	V _B	%	5.90	5.10	4.50
v _v	%	20.50	5.50	6.00	v _v	%	20.50	5.50	6.00
G*	MPa	0.64	0.53	0.58	G*	MPa	2.17	2.32	2.38
E _∞	MPa	17379.26	50318.89	52385.78	E _∞	MPa	17379.26	50318.89	52385.78
B*	-	0.00064	0.00053	0.00058	B*	-	0.00217	0.00232	0.00238
R*	-	0.1128	0.1841	0.2320	R*	-	0.2380	0.4292	0.5084
E*	MPa	1960.37	9264.93	12152.31	E*	MPa	4136.39	21596.39	26633.78

Tipo B/D INVERNO		Usura drenante fonoass	Binder	Base	Tipo B/D PRIMAVERA		Usura drenante fonoass	Binder	Base
T	°C	15.97	15.92	15.84	T	°C	26.22	25.98	25.60
G _∞	MPa	1000.00	1000.00	1000.00	G _∞	MPa	1000.00	1000.00	1000.00
t	s	0.02	0.02	0.02	t	s	0.02	0.02	0.02
Pen	dmm	50.00	60.00	60.00	Pen	dmm	50.00	60.00	60.00
α	-	0.02	0.02	0.02	α	-	0.02	0.02	0.02
IP	-	4.32	3.33	3.33	IP	-	4.32	3.33	3.33
T _{PA}	°C	80.00	70.00	70.00	T _{PA}	°C	80.00	70.00	70.00
V _B	%	5.90	5.10	4.50	V _B	%	5.90	5.10	4.50
v _v	%	20.50	5.50	6.00	v _v	%	20.50	5.50	6.00
G*	MPa	3.43	3.96	3.99	G*	MPa	1.43	1.42	1.48
E _∞	MPa	17379.26	50318.89	52385.78	E _∞	MPa	17379.26	50318.89	52385.78
B*	-	0.00343	0.00396	0.00399	B*	-	0.00143	0.00142	0.00148
R*	-	0.3030	0.5490	0.6389	R*	-	0.1876	0.3321	0.4007
E*	MPa	5265.69	27624.23	33471.43	E*	MPa	3260.87	16712.22	20990.72

Per tutti gli stati in conglomerato bituminoso è stato adottato un coefficiente di Poisson pari a $\nu = 0,30$.

Asse tipo C

Tipo C ESTATE		Usura	Basebinder
T	°C	34.22	33.83
G_{∞}	MPa	1000.00	1000.00
t	s	0.02	0.02
Pen	dmm	60.00	60.00
α	-	0.02	0.02
IP	-	3.33	3.33
T_{PA}	°C	70.00	70.00
V_B	%	5.30	4.65
v_v	%	5.50	6.00
G^*	MPa	0.50	0.53
E_{∞}	MPa	49204.86	51402.06
B^*	-	0.00050	0.00053
R^*	-	0.1661	0.2092
E^*	MPa	8172.54	10753.60

Tipo C AUTUNNO		Usura	Basebinder
T	°C	21.58	21.43
G_{∞}	MPa	1000.00	1000.00
t	s	0.02	0.02
Pen	dmm	60.00	60.00
α	-	0.02	0.02
IP	-	3.33	3.33
T_{PA}	°C	70.00	70.00
V_B	%	5.30	4.65
v_v	%	5.50	6.00
G^*	MPa	2.28	2.32
E_{∞}	MPa	49204.86	51402.06
B^*	-	0.00228	0.00232
R^*	-	0.4020	0.4822
E^*	MPa	19780.90	24785.72

Tipo C INVERNO		Usura	Basebinder
T	°C	15.97	15.92
G_{∞}	MPa	1000.00	1000.00
t	s	0.02	0.02
Pen	dmm	60.00	60.00
α	-	0.02	0.02
IP	-	3.33	3.33
T_{PA}	°C	70.00	70.00
V_B	%	5.30	4.65
v_v	%	5.50	6.00
G^*	MPa	3.94	3.96
E_{∞}	MPa	49204.86	51402.06
B^*	-	0.00394	0.00396
R^*	-	0.5192	0.6131
E^*	MPa	25546.12	31516.26

Tipo C PRIMAVERA		Usura	Basebinder
T	°C	26.25	26.01
G_{∞}	MPa	1000.00	1000.00
t	s	0.02	0.02
Pen	dmm	60.00	60.00
α	-	0.02	0.02
IP	-	3.33	3.33
T_{PA}	°C	70.00	70.00
V_B	%	5.30	4.65
v_v	%	5.50	6.00
G^*	MPa	1.37	1.41
E_{∞}	MPa	50818.82	52385.78
B^*	-	0.00137	0.00141
R^*	-	0.3104	0.3909
E^*	MPa	15773.75	20479.41

Per tutti gli stati in conglomerato bituminoso è stato adottato un coefficiente di Poisson pari a $\nu = 0,30$.

3.3.5 Sintesi delle caratteristiche meccaniche dei materiali

Nel prospetto seguente sono quindi riassunti i dati salienti che saranno inseriti nel modello multistrato:

Assi tipo B/D

Strato	Materiale	Spessore cm	Modulo elastico E				ν
			Estate	Autunno	Inverno	Primav.	
			MPa				
Usura dren+fonoass	CB	4	1960.37	4136.39	5265.69	3260.87	0.30
Binder	CB	6	9264.93	21596.39	27624.23	16712.22	0.30
Base	CB	10	12152.31	26633.78	33471.43	20990.72	0.30
Sub-Base	MC	20	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	0.35
Fondazione	MGS	20	166.73	166.73	166.73	166.73	0.40
Sottofondo	TN	-	76.83	76.83	76.83	76.83	0.45

Asse tipo C

Strato	Materiale	Spessore cm	Modulo elastico E				ν
			Estate	Autunno	Inverno	Primav.	
			MPa				
Usura	CB	3	8172.54	19780.90	25546.12	15773.75	0.30
Basebinder	CB	7	10753.60	24785.72	31516.26	20479.41	0.30
Sub-Base	MC	20	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	0.35
Fondazione	MGS	15	146.48	146.48	146.48	146.48	0.40
Sottofondo	TN	-	76.83	76.83	76.83	76.83	0.45

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	

4 VERIFICA DELLE PAVIMENTAZIONI

I metodi razionali per il calcolo delle pavimentazioni si basano sulla determinazione dello stato tenso-deformativo all'interno della sovrastruttura stessa.

Lo schema di riferimento è quello del multistrato elastico, caratterizzato da una serie di strati di spessore predefinito sovrapposti ad un sottofondo schematizzato come un semispazio elastico. Le ipotesi alla base di tale modello sono le seguenti:

- materiali elastici, omogenei ed isotropi;
- spessore costante dei singoli strati;
- sottofondo considerato come semispazio;
- perfetta aderenza tra gli strati;
- i carichi applicati sono considerati circolari (impronta di carico circolare con pressione uniforme).

Per procedere al calcolo, risulta dunque necessario assegnare ai diversi strati i parametri meccanici che meglio rappresentino il loro comportamento sotto carico.

Una volta fissati i parametri di calcolo, lo stato tenso-deformativo all'interno della pavimentazione si calcola mediante il software BISAR, sviluppato presso il laboratorio Koninklijke/Shell di Amsterdam.

Ottenuta la risposta della pavimentazione sotto carico, è necessario correlarla alla performance della pavimentazione stessa e ciò è possibile mediante le Leggi di Degrado.

In riferimento a specifici ammaloramenti della pavimentazione, si determina il numero di passaggi dell'asse standard che porta a condizioni ultime la pavimentazione relativamente al fenomeno di degrado considerato. Tale numero di passaggi "consentiti" (N_c) è poi paragonato al numero di passaggi "previsto" (N_p) al fine di verificare la pavimentazione di progetto.

La pavimentazione risulterà verificata se il rapporto tra N_p e N_c è minore di 1 (Miner).

Le verifiche sono state condotte con riferimento ai k periodi in cui è stato suddiviso l'anno. La verifica sarà dunque del tipo:

$$\sum_{j=1}^k \frac{N_k}{N_i} \leq 1$$

La verifica è stata condotta sulla base della condizione più gravosa, ossia del fenomeno di degrado che si sviluppa in corrispondenza del minor numero di applicazioni dell'asse standard.

Le caratteristiche dei materiali sono messe in relazione alle condizioni climatiche del sito in esame. Difatti, le temperature stagionali influiscono, soprattutto, sul valore dei moduli complessi E^* dei conglomerati bituminosi, i quali, tenuto conto della loro reologia fortemente elasto-viscosa, sono suscettibili di importanti variazioni delle loro caratteristiche meccaniche.

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	

4.1 VERIFICA DEGLI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO

Il fenomeno di degrado associato agli strati legati a bitume è la fessurazione per fatica. Il fenomeno è governato dalla massima deformazione di trazione orizzontale per flessione che si manifesta alla base dei suddetti strati.

La legge di fatica, dal punto di vista teorico, è espressa come segue:

$$N_t = f_1 \cdot \varepsilon_t^{-f_2} \cdot |E^*|^{-f_3}$$

dove:

- N_t = numero di cicli di applicazione del carico, riferito all'asse standard considerato, che causa la fessurazione del 10% della superficie stradale;
- ε_t = deformazione orizzontale di trazione massima alla base degli strati legati a bitume;
- $|E^*|$ = modulo complesso (MPa) dello strato più profondo in conglomerato bituminoso riferito alla temperatura effettiva dello strato stesso;
- f_1 , f_2 e f_3 sono coefficienti empirici.

Per conferire una maggiore attendibilità ai calcoli di verifica a fatica dei conglomerati bituminosi, sono state confrontate varie leggi, che si differenziano sostanzialmente per i valori dei coefficienti empirici di cui sopra. Nello specifico, sono stati adottati i seguenti parametri:

	f_1	f_2	f_3
Finn	8.26E-04	3.291	0.854
Shell (*)	6.85E-02	5.671	2.363
AI (*)	7.96E-02	3.291	0.854
AI modificato (*)	6.36E-02	3.291	0.854
Verstraeten	4.92E-14	4.760	0.000
TRRL	1.66E-10	4.320	0.000
Autostrade	1.47E-10	4.274	0.000
Minnesota University	2.83E-06	3.210	0.000

(*) Modulo complesso espresso in psi

Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati delle verifiche a fatica eseguite all'interfaccia base – sotto base per le diverse leggi di degrado utilizzate, diverse per ciascun asse (B, D e C), giacché il traffico e i relativi mix sono diversi:

Asse B

		Estate	Autunno	Inverno	Primavera	$\sum_{j=1}^k \frac{N_k}{N_i}$
ϵ_t		4.11E-05	2.95E-05	2.60E-05	3.31E-05	
Nd		4.27E+06	1.60E+06	1.60E+06	3.20E+06	1.07E+07
Finn	Nt	7.30E+07	1.11E+08	1.39E+08	9.34E+07	
	Miner	0.0584	0.0144	0.0115	0.0343	0.119
Shell	Nt	8.91E+08	9.15E+08	1.09E+09	8.36E+08	
	Miner	0.0048	0.0017	0.0015	0.0038	0.012
A.I.	Nt	1.00E+08	1.53E+08	1.91E+08	1.28E+08	
	Miner	0.0425	0.0105	0.0084	0.0249	0.086
A.I. modif.	Nt	8.02E+07	1.22E+08	1.52E+08	1.02E+08	
	Miner	0.0532	0.0131	0.0105	0.0312	0.108
Verstraeten	Nt	3.72E+07	1.80E+08	3.29E+08	1.04E+08	
	Miner	0.1148	0.0089	0.0049	0.0307	0.159
TRRL	Nt	1.47E+09	6.17E+09	1.07E+10	3.75E+09	
	Miner	0.0029	0.0003	0.0002	0.0009	0.004
Autostrade	Nt	8.16E+08	3.37E+09	5.77E+09	2.06E+09	
	Miner	0.0052	0.0005	0.0003	0.0016	0.008
Minnesota University	Nt	3.40E+08	9.86E+08	1.48E+09	6.81E+08	
	Miner	0.0126	0.0016	0.0011	0.0047	0.020

Asse D

		Estate	Autunno	Inverno	Primavera	$\sum_{j=1}^k \frac{N_k}{N_i}$
ϵ_t		4.11E-05	2.95E-05	2.60E-05	3.31E-05	
Nd		3.51E+06	1.32E+06	1.32E+06	2.63E+06	8.77E+06
Finn	Nt	7.30E+07	1.11E+08	1.39E+08	9.34E+07	
	Miner	0.0480	0.0118	0.0095	0.0282	0.097
Shell	Nt	8.91E+08	9.15E+08	1.09E+09	8.36E+08	
	Miner	0.0039	0.0014	0.0012	0.0031	0.010
A.I.	Nt	1.00E+08	1.53E+08	1.91E+08	1.28E+08	
	Miner	0.0350	0.0086	0.0069	0.0205	0.071
A.I. modif.	Nt	8.02E+07	1.22E+08	1.52E+08	1.02E+08	
	Miner	0.0438	0.0108	0.0086	0.0257	0.089
Verstraeten	Nt	3.72E+07	1.80E+08	3.29E+08	1.04E+08	
	Miner	0.0944	0.0073	0.0040	0.0253	0.131
TRRL	Nt	1.47E+09	6.17E+09	1.07E+10	3.75E+09	
	Miner	0.0024	0.0002	0.0001	0.0007	0.003
Autostrade	Nt	8.16E+08	3.37E+09	5.77E+09	2.06E+09	
	Miner	0.0043	0.0004	0.0002	0.0013	0.006
Minnesota University	Nt	3.40E+08	9.86E+08	1.48E+09	6.81E+08	
	Miner	0.0103	0.0013	0.0009	0.0039	0.016

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	

Asse C

		Estate	Autunno	Inverno	Primavera	$\sum_{j=1}^k \frac{N_k}{N_i}$
ϵ_t		5.84E-05	4.92E-05	4.52E-05	5.21E-05	
Nd		2.87E+05	1.08E+05	1.08E+05	2.15E+05	7.17E+05
Finn	Nt	2.55E+07	2.20E+07	2.37E+07	2.14E+07	
	Miner	0.0112	0.0049	0.0045	0.0100	0.031
Shell	Nt	1.62E+08	5.96E+07	5.47E+07	6.77E+07	
	Miner	0.0018	0.0018	0.0020	0.0032	0.009
A.I.	Nt	3.51E+07	3.02E+07	3.25E+07	2.94E+07	
	Miner	0.0082	0.0036	0.0033	0.0073	0.022
A.I. modif.	Nt	2.80E+07	2.41E+07	2.60E+07	2.35E+07	
	Miner	0.0102	0.0045	0.0041	0.0092	0.028
Verstraeten	Nt	6.98E+06	1.58E+07	2.36E+07	1.20E+07	
	Miner	0.0411	0.0068	0.0046	0.0179	0.070
TRRL	Nt	3.23E+08	6.77E+08	9.77E+08	5.29E+08	
	Miner	0.0009	0.0002	0.0001	0.0004	0.002
Autostrade	Nt	1.82E+08	3.78E+08	5.43E+08	2.96E+08	
	Miner	0.0016	0.0003	0.0002	0.0007	0.003
Minnesota University	Nt	1.10E+08	1.91E+08	2.50E+08	1.59E+08	
	Miner	0.0026	0.0006	0.0004	0.0014	0.005

Com'era lecito prevedere, la più cospicua (ancorché relativa) aliquota di danno si manifesta nel periodo estivo poiché, a causa della più elevata temperatura dell'aria, il modulo complesso del conglomerato bituminoso è proporzionalmente più basso che in tutte le altre stagioni.

Tuttavia dai prospetti si osserva che il danno cumulato è sempre $\ll 1$ in tutte le formulazioni esaminate e quindi gli strati in conglomerato bituminoso sono da ritenersi verificati a fatica per ognuna delle tre viabilità in progetto.

I risultati dell'analisi sono prodotti dal software in forma tabulare e sono pertanto riportati in allegato.

4.2 VERIFICA A FATICA DELLO STRATO IN MISTO CEMENTATO

La legge di fatica per un misto cementato, considerato nelle verifiche allo stato di avanzata fessurazione, si esprime mediante una legge del tipo:

$$\log N_f = \frac{0.972 \times \beta_{c1} - \left(\frac{\sigma_t}{M_R}\right)}{0.0825 \times \beta_{c2}}$$

in cui:

- N_f è il numero di ripetizioni che determina il collasso per fatica;
- σ_t è la tensione di trazione per flessione orizzontale massima alla base degli strati di conglomerato bituminoso;

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	

- β_{c1} , β_{c2} sono costanti sperimentali, desumibili dalla letteratura tecnica;
- M_R è il modulo a rottura a 28 gg.

Nel caso in esame risulta:

β_{c1}	1.00
β_{c2}	1.00
M_R	1.42

Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati delle verifiche a fatica eseguite nello strato di misto cementato, diverse per ciascun asse (B, D e C), giacché il traffico e i relativi mix sono diversi:

Asse B

	Estate	Autunno	Inverno	Primavera	$\sum_{j=1}^k \frac{N_k}{N_i}$
Nd	4.27E+06	1.60E+06	1.60E+06	3.20E+06	1.07E+07
Nt	9.33E+10	1.37E+11	1.56E+11	1.20E+11	
Miner	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00009

Asse D

	Estate	Autunno	Inverno	Primavera	$\sum_{j=1}^k \frac{N_k}{N_i}$
Nd	3.51E+06	1.32E+06	1.32E+06	2.63E+06	8.77E+06
Nt	9.33E+10	1.37E+11	1.56E+11	1.20E+11	
Miner	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00008

Asse C

	Estate	Autunno	Inverno	Primavera	$\sum_{j=1}^k \frac{N_k}{N_i}$
Nd	2.87E+05	1.08E+05	1.08E+05	2.15E+05	7.17E+05
Nt	4.72E+10	5.87E+10	6.62E+10	5.42E+10	
Miner	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00001

Come si può osservare il danno cumulato nei diversi strati di misto cementato è sempre $\ll 1$ e quindi essi sono da ritenersi verificati a fatica per ciascuna delle tre viabilità in progetto.

I risultati dell'analisi sono prodotti dal software in forma tabulare e sono pertanto riportati in allegato.

4.3 VERIFICA A FATICA DELLO STRATO DI FONDAZIONE IN MG

Per lo strato di fondazione in misto granulare stabilizzato e è stata utilizzata la legge di fatica proposta dal South African Mechanistic Pavement Design and Analysis (SAMPDAM):

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	

$$N_B = 10^{(2.605122 \cdot F + 3.480098)}$$

dove N_B è il numero di cicli riferito all'asse standard considerato che causa l'accumulo critico di deformazioni permanenti ed F è un fattore di sicurezza che si determina con le formule seguenti:

$$F = \frac{\sigma_3 \cdot \left\{ K \cdot \left[\tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) - 1 \right] \right\} + 2 \cdot K \cdot C \cdot \tan \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)}{\sigma_1 - \sigma_3} = \frac{\sigma_3 \cdot \phi_{term} + C_{term}}{\sigma_1 - \sigma_3}$$

dove:

- σ_1, σ_3 = tensioni principali determinate alla profondità intermedia dello strato di fondazione;
- C = coesione (assunta pari a 100 kPa per materiale di classe G5 e condizioni di umidità moderata);
- Φ = angolo di attrito interno (assunto pari a 45° per materiale di classe G5 e condizioni di umidità moderata);
- C_{term} = coefficiente tabulato in funzione del tipo di materiale granulare (115 per materiale di classe G5 e condizioni di umidità moderata);
- Φ_{term} = coefficiente tabulato in funzione del tipo di materiale granulare (3,30 per materiale di classe G5 e condizioni di umidità moderata);
- K = costante che dipende dalle condizioni di umidità (0,8 per condizioni di umidità moderata).

Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati delle verifiche a fatica eseguite, diverse per ciascun asse (B, D e C), giacché il traffico e i relativi mix sono diversi:

Asse B

	Estate	Autunno	Inverno	Primavera	$\sum_{j=1}^k \frac{N_k}{N_i}$
σ_{zz} (KPa)	1.30E+01	1.01E+01	9.25E+00	1.09E+01	
σ_{yy} (kPa)	5.99E+00	4.60E+00	4.15E+00	5.06E+00	
Nd	4.27E+06	1.60E+06	1.60E+06	3.20E+06	1.07E+07
Nt	2.93E+19	2.10E+19	1.36E+19	3.79E+19	
Miner	1.46E-13	7.61E-14	1.18E-13	8.45E-14	4.24E-13

Asse D

	Estate	Autunno	Inverno	Primavera	$\sum_{j=1}^k \frac{N_k}{N_i}$
σ_{zz} (KPa)	1.30E+01	1.01E+01	9.25E+00	1.09E+01	
σ_{yy} (kPa)	5.99E+00	4.60E+00	4.15E+00	5.06E+00	
Nd	3.51E+06	1.32E+06	1.32E+06	2.63E+06	8.77E+06
Nt	2.93E+19	2.10E+19	1.36E+19	3.79E+19	
Miner	1.20E-13	6.26E-14	9.70E-14	6.95E-14	3.49E-13

Asse C

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	

	Estate	Autunno	Inverno	Primavera	$\sum_{j=1}^k \frac{N_k}{N_i}$
σ_{zz} (KPa)	2.39E+01	1.86E+01	1.47E+01	1.74E+01	7.17E+05
σ_{yy} (kPa)	1.16E+01	9.82E+00	7.99E+00	9.29E+00	
Nd	2.87E+05	1.08E+05	1.08E+05	2.15E+05	1.76E-15
Nt	1.68E+20	5.74E+21	2.18E+22	1.01E+22	
Miner	1.71E-15	1.88E-17	4.94E-18	2.13E-17	

Come si può osservare il danno cumulato a fatica dello strato di fondazione in misto granulare è sempre $\ll 1$ e quindi esso è da ritenersi verificato per ciascuna delle tre viabilità in progetto.

I risultati dell'analisi sono prodotti dal software in forma tabulare e sono pertanto riportati in allegato.

4.4 VERIFICA DEL SOTTOFONDO

La natura ciclica dei carichi che transitano sulla superficie stradale è tale da produrre, sulla sommità del terreno di sottofondo, tensioni verticali σ_z che possono creare avvallamenti sul piano viabile per effetto di accumulo di deformazioni plastiche ε_z (ormae). Tale evenienza è tanto più probabile quanto più elevato è il livello tenso-deformativo trasferito dalla sovrastruttura.

Anche in questo caso, per una maggior completezza e per garantire una maggiore sicurezza al dimensionamento effettuato, sono state confrontate varie leggi di ammaloramento.

La prima legge di degrado adottata per la verifica del sottofondo stradale riprende il modello sviluppato dal Transport Research Laboratory (TRRL):

$$\log N_z = -7.21 - 3.95 \cdot \log \varepsilon_z$$

dove:

- N_z = numero di cicli riferito all'asse standard considerato che causa l'accumulo critico di deformazioni permanenti;
- ε_z = deformazione verticale di compressione sulla sommità del sottofondo.

Le ulteriori leggi di degrado considerate assumono, in generale, la seguente formulazione:

$$N_z = f_4 \cdot \varepsilon_z^{-f_5}$$

dove:

- N_z = numero di cicli riferito all'asse standard considerato che causa l'accumulo critico di deformazioni permanenti;
- ε_z = deformazione verticale di compressione sulla sommità del sottofondo;
- f_4, f_5 = coefficienti empirici.

Nello specifico, sono stati adottati i seguenti valori:

	f4	f5
AI	1.37E-09	4.477
SHELL	1.05E-07	4
Nottingham Un.	1.13E-06	3.67
AASHTO	6.15E-07	4
Verstraeten	5.19E-09	4.23

Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati delle verifiche a fatica eseguite all'interfaccia base – sotto base per le diverse leggi di degrado utilizzate, diverse per ciascun asse (B, D e C), giacché il traffico e i relativi mix sono diversi:

Asse B

		Estate	Autunno	Inverno	Primavera	$\sum_{j=1}^k \frac{N_k}{N_i}$
ϵ_z		1.01E-04	7.95E-05	7.30E-05	8.61E-05	
Nd		4.27E+06	1.60E+06	1.60E+06	3.20E+06	1.07E+07
TRRL	Nt	3.74E+08	9.63E+08	1.35E+09	7.03E+08	
	Miner	1.14E-02	1.66E-03	1.19E-03	4.55E-03	0.019
A.I.	Nt	1.06E+09	3.10E+09	4.54E+09	2.17E+09	
	Miner	4.02E-03	5.17E-04	3.53E-04	1.48E-03	0.006
Shell	Nt	1.01E+09	2.63E+09	3.70E+09	1.91E+09	
	Miner	4.23E-03	6.09E-04	4.33E-04	1.67E-03	0.007
Nottingham University	Nt	5.21E+08	1.26E+09	1.72E+09	9.37E+08	
	Miner	8.18E-03	1.27E-03	9.32E-04	3.42E-03	0.014
AASHTO	Nt	5.91E+09	1.54E+10	2.17E+10	1.12E+10	
	Miner	7.22E-04	1.04E-04	7.39E-05	2.86E-04	0.001
Verstraeten	Nt	4.14E+08	1.14E+09	1.63E+09	8.13E+08	
	Miner	1.03E-02	1.40E-03	9.79E-04	3.94E-03	0.017

Asse D

		Estate	Autunno	Inverno	Primavera	$\sum_{j=1}^k \frac{N_k}{N_i}$
ϵ_z		1.01E-04	7.95E-05	7.30E-05	8.61E-05	
Nd		3.51E+06	1.32E+06	1.32E+06	2.63E+06	8.77E+06
TRRL	Nt	3.74E+08	9.63E+08	1.35E+09	7.03E+08	
	Miner	9.38E-03	1.37E-03	9.75E-04	3.74E-03	0.015
A.I.	Nt	1.06E+09	3.10E+09	4.54E+09	2.17E+09	
	Miner	3.31E-03	4.25E-04	2.90E-04	1.21E-03	0.005
Shell	Nt	1.01E+09	2.63E+09	3.70E+09	1.91E+09	
	Miner	3.48E-03	5.00E-04	3.56E-04	1.38E-03	0.006
Nottingham University	Nt	5.21E+08	1.26E+09	1.72E+09	9.37E+08	
	Miner	6.73E-03	1.05E-03	7.66E-04	2.81E-03	0.011
AASHTO	Nt	5.91E+09	1.54E+10	2.17E+10	1.12E+10	
	Miner	5.94E-04	8.54E-05	6.07E-05	2.35E-04	0.001
Verstraeten	Nt	4.14E+08	1.14E+09	1.63E+09	8.13E+08	
	Miner	8.47E-03	1.15E-03	8.05E-04	3.24E-03	0.014

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	

Asse C

		Estate	Autunno	Inverno	Primavera	$\sum_{j=1}^k \frac{N_k}{N_i}$
ϵ_z		1.77E-04	1.50E-04	1.42E-04	1.57E-04	
	Nd	2.87E+05	1.08E+05	1.08E+05	2.15E+05	7.17E+05
TRRL	Nt	4.08E+07	7.84E+07	9.74E+07	6.55E+07	
	Miner	7.04E-03	1.37E-03	1.11E-03	3.29E-03	0.013
A.I.	Nt	8.60E+07	1.80E+08	2.31E+08	1.47E+08	
	Miner	3.34E-03	5.96E-04	4.67E-04	1.46E-03	0.006
Shell	Nt	1.07E+08	2.07E+08	2.58E+08	1.73E+08	
	Miner	2.68E-03	5.19E-04	4.17E-04	1.25E-03	0.005
Nottingham University	Nt	6.65E+07	1.22E+08	1.49E+08	1.03E+08	
	Miner	4.31E-03	8.81E-04	7.21E-04	2.08E-03	0.008
AASHTO	Nt	6.27E+08	1.21E+09	1.51E+09	1.01E+09	
	Miner	4.58E-04	8.86E-05	7.11E-05	2.13E-04	0.001
Verstraeten	Nt	3.86E+07	7.77E+07	9.79E+07	6.40E+07	
	Miner	7.44E-03	1.39E-03	1.10E-03	3.36E-03	0.013

Come si può osservare il danno cumulato per ormaiamento del sottofondo è sempre $\ll 1$ e quindi esso è da ritenersi verificato per ciascuna delle tre viabilità in progetto.

I risultati dell'analisi sono prodotti dal software in forma tabulare e sono pertanto riportati in allegato.

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	

5 ANALISI PRESTAZIONALE

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

- l'estensione della fessurazione in superficie dovuta a lesioni che si propagano dal basso verso l'alto (fessure tipo "botton-up") al termine del periodo di analisi;
- il 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 ammissibilità assunto come riferimento.

Nella tabella seguente sono riportati i valori limite assunti per ciascun indice prestazionale considerato nella verifica delle sovrastrutture, oltre cui è necessario un intervento di riqualifica delle pavimentazioni:

INDICATORE PRESTAZIONALE		UNITÀ DI MISURA	LIMITE MASSIMO
1	Fessurazione per fatica	%	10
2	Danno a fatica	%	50
3	Profondità ormaie	mm	20

Con riferimento alla tabella precedente si precisa che:

1. Il valore per la fessurazione a fatica è riferito alla % di superficie di pavimentazione interessata dal fenomeno. Il limite del 10% rappresenta il raggiungimento di un ammaloramento tale da provocare la perdita di funzionalità per la sovrastruttura, rilevata in base al comfort di marcia, anche in analogia con l'impostazione metodologica con cui è stato sviluppato il Catalogo delle Pavimentazioni CNR.
2. Il valore del danno a fatica rappresenta il limite complessivo del danno cumulato per fenomeni di fessurazione calcolato secondo la legge di Miner. Detto limite per rottura per fatica è rappresentato dal valore unitario. Nell'applicazione del criterio di dimensionamento l'esperienza evidenzia tuttavia che, superato il valore del 50%, la progressione nel tempo dell'ammaloramento per fatica aumenta in modo esponenziale.
3. Il valore limite della profondità delle ormaie rappresenta il limite accettabile per cui, con riferimento ad una pendenza trasversale del 2.5 %, è ancora possibile evitare ristagni d'acqua in carreggiata.

Gli indicatori che regolano il comportamento a fatica delle pavimentazioni sono la fessurazione "bottom-up" e il danno a fatica di tipo "bottom-up", mentre l'indicatore che si riferisce alla formazione di ormaie caratterizza il loro comportamento in termini deformativi.

5.1 FESSURAZIONE A FATICA DEGLI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO

Il fenomeno della fessurazione nelle pavimentazioni flessibili può essere suddiviso essenzialmente in tre fasi:

- 1) innesco della prima fessura alla base degli strati di conglomerato bituminoso;

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	

- 2) risalita della prima fessura alla superficie della sovrastruttura stradale;
- 3) innesco di ulteriori fessure nella sovrastruttura già fessurata e loro propagazione alla superficie.

L'innesco della fessura dipende, oltre che dalle sollecitazioni, dalla resistenza alla fatica dei materiali impiegati nelle sovrastrutture stradali.

Non esistono, allo stato attuale, riferimenti normativi e metodologie standardizzate per la determinazione della resistenza alla rottura per fatica. Gli schemi di prova maggiormente impiegati sono:

- prove a trazione-compressione semplice su provini cilindrici caricati sulle basi;
- prove di flessione su provini prismatici;
- prove di trazione indiretta;
- prove triassiali.

Per quanto concerne i fenomeni di propagazione si possono impiegare modelli teorici, la cui calibrazione è effettuata con l'ausilio d'indagini sperimentali condotte in laboratorio, oppure attraverso l'osservazione del comportamento di sovrastrutture in esercizio.

Lo stato limite cui si fa riferimento è rappresentato dalla percentuale di area fessurata. Nella presente relazione si è fatto riferimento alle indicazioni del Catalogo Italiano delle Pavimentazioni, il quale pone come limite per la fessurazione superficiale un valore pari al 10% della superficie stradale.

Applicando tale criterio è possibile determinare quando si raggiunge lo stato limite imponendo la condizione:

$$\sum_j \frac{n_{s,j}}{N_{t,j}} \leq 0.5$$

dove:

- $n_{s,j}$ è il numero di passaggi di assi standard durante il j-esimo periodo temporale;
- $N_{t,j}$ è calcolato, utilizzando le formule di verifica a fatica, considerando le sollecitazioni prodotte dall'asse standard.

Prendendo a riferimento il valore massimo risultante dall'applicazione delle leggi di degrado (Verstraeten paragrafo 4.1) otteniamo:

Asse B

		Estate	Autunno	Inverno	Primavera	$\sum_{j=1}^k \frac{N_k}{N_i}$
ϵ_t		4.11E-05	2.95E-05	2.60E-05	3.31E-05	1.07E+07
Nd		4.27E+06	1.60E+06	1.60E+06	3.20E+06	
Verstraeten	Nt	3.72E+07	1.80E+08	3.29E+08	1.04E+08	0.159
	Miner	0.1148	0.0089	0.0049	0.0307	

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	

Asse D

		Estate	Autunno	Inverno	Primavera	$\sum_{j=1}^k \frac{N_k}{N_i}$
ϵ_t		4.11E-05	2.95E-05	2.60E-05	3.31E-05	
Nd		3.51E+06	1.32E+06	1.32E+06	2.63E+06	8.77E+06
Verstraeten	Nt	3.72E+07	1.80E+08	3.29E+08	1.04E+08	
	Miner	0.0944	0.0073	0.0040	0.0253	0.131

Asse C

		Estate	Autunno	Inverno	Primavera	$\sum_{j=1}^k \frac{N_k}{N_i}$
ϵ_t		5.84E-05	4.92E-05	4.52E-05	5.21E-05	
Nd		2.87E+05	1.08E+05	1.08E+05	2.15E+05	7.17E+05
Verstraeten	Nt	6.98E+06	1.58E+07	2.36E+07	1.20E+07	
	Miner	0.0411	0.0068	0.0046	0.0179	0.070

Dalle tabelle di cui sopra si evince che il rapporto di cui sopra è sempre $\ll 0.50$, garantendo un ampio margine di funzionalità al termine della vita utile per tutte le pavimentazioni di progetto.

5.2 ORMAIAMENTO

A differenza dei fenomeni di fatica, la valutazione delle prestazioni di una sovrastruttura stradale rispetto all'ammaloramento da ormaiamento consiste nella valutazione della profondità totale dell'ormaiata al termine della vita utile della pavimentazione originata dall'accumulo delle deformazioni plastiche conseguenti al passaggio dei veicoli. La profondità massima dell'ormaiata ammessa è quella di cui alla tabella ad inizio capitolo.

La legge di accumulo delle deformazioni permanenti di un qualunque materiale assume la seguente formula generale:

$$\frac{\epsilon_p}{\epsilon_v}(N) = \alpha \cdot N^\beta$$

dove:

- N è il numero di cicli di carico durante tutta la vita utile della pavimentazione;
- ϵ_p rappresenta la deformazione verticale permanente corrispondente al ciclo N-esimo;
- ϵ_v è la deformazione verticale elastica prodotta dal carico;
- α e β sono parametri di correlazione.

Il calcolo del cedimento plastico totale della pavimentazione si svolge considerando un andamento uniforme delle deformazioni plastiche.

Pertanto, utilizzando il principio di sovrapposizione degli effetti, il cedimento plastico totale risulta pari a:

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	

$$\delta_p = \sum_j^K \varepsilon_{p,j} \cdot h_j$$

Dove:

δ_p è il cedimento plastico totale;

$\varepsilon_{p,j}$ è la deformazione plastica che dopo N cicli di carico insorge nel punto medio del j-esimo sottostrato;

h_j è lo spessore del j-esimo sottostrato.

I contributi nella valutazione della formazione delle ormaie a fine vita utile faranno ovviamente riferimento a tutti gli strati che compongono il pacchetto di progetto.

Di seguito, l'esplicitazione della formula generale per il calcolo della deformazione plastica permanente:

MATERIALE	LEGGE DI ACCUMULO
Conglomerati bituminosi	$\varepsilon_p(N) = 4.49 \cdot \varepsilon_v \cdot N^{0.25}$ (Veverka)
Misti granulari	$\varepsilon_p(N) = 2 \cdot \varepsilon_v \cdot N^{0.2}$ per $h > 12\text{cm}$ $\varepsilon_p(N) = 2 \cdot \varepsilon_v \cdot N^{0.3}$ per $h < 12\text{cm}$ (Veverka)
Sottofondo	$\varepsilon_p(N) = \varepsilon_v \cdot (1 + 0.7 \cdot \log N)$ (Heukelom e Klomp)

La discretizzazione del semispazio di sottofondo, nella presente analisi, è stata operata sino ad una profondità alla quale il contributo diviene trascurabile.

I risultati delle suddette analisi, considerando come cicli di carico quelli di progetto, sono i seguenti:

Asse B

	Estate	Autunno	Inverno	Primavera
	mm			
Ormaia stagionale CB δ_{pCB}	4.5	1.9	1.6	2.7
Ormaia stagionale SG δ_{pSG}	0.4	0.3	0.3	0.3
Ormaia stagionale	4.9	2.2	1.9	3.0
Ormaia totale	12.0			

Asse D

	Estate	Autunno	Inverno	Primavera
	mm			
Ormaia stagionale CB δ_{pCB}	4.3	1.8	1.5	2.6
Ormaia stagionale SG δ_{pSG}	0.4	0.3	0.3	0.3
Ormaia stagionale	4.7	2.1	1.8	2.9
Ormaia totale	11.5			

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	

Asse C

	Estate	Autunno	Inverno	Primavera
	mm			
Ormaia stagionale CB δ_{pCB}	3.2	2.5	2.3	2.7
Ormaia stagionale SG δ_{pSG}	0.5	0.5	0.5	0.5
Ormaia stagionale	3.7	3.0	2.8	3.2
Ormaia totale	12.7			

Dalle tabelle di cui sopra si evince che la profondità dell'ormiaia è sempre inferiore al valore limite di 20 mm. al termine della vita utile per tutte le pavimentazioni di progetto, che pertanto sono da ritenersi verificate

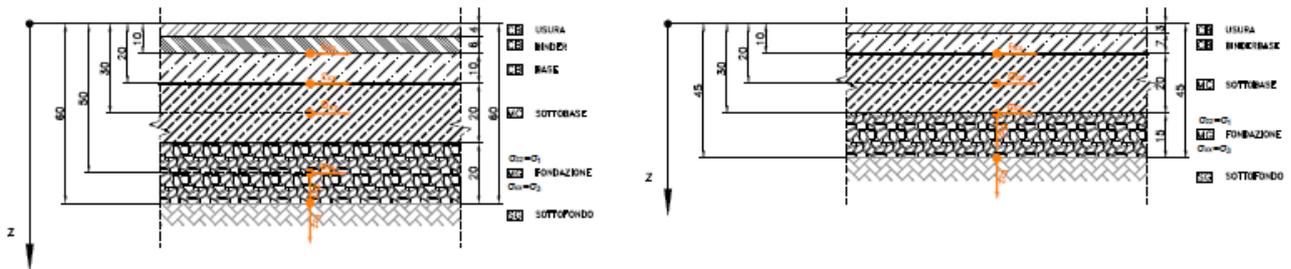
6 ALLEGATI

6.1 PUNTI DI CONTROLLO

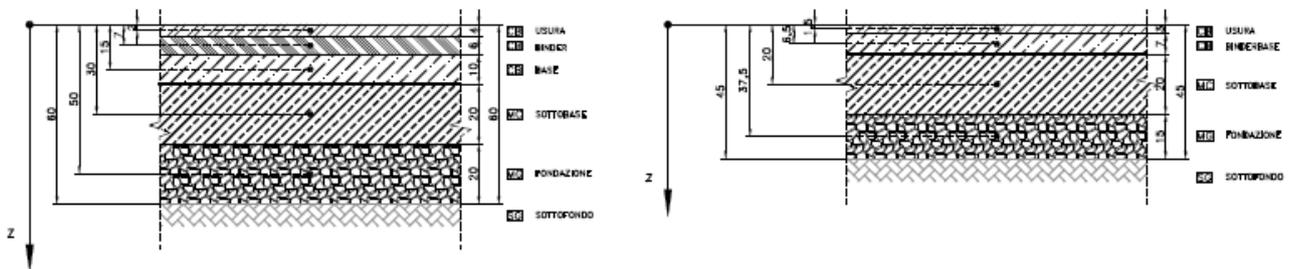
PAVIMENTAZIONE STRADE TIPO B/D

PAVIMENTAZIONE STRADA TIPO C

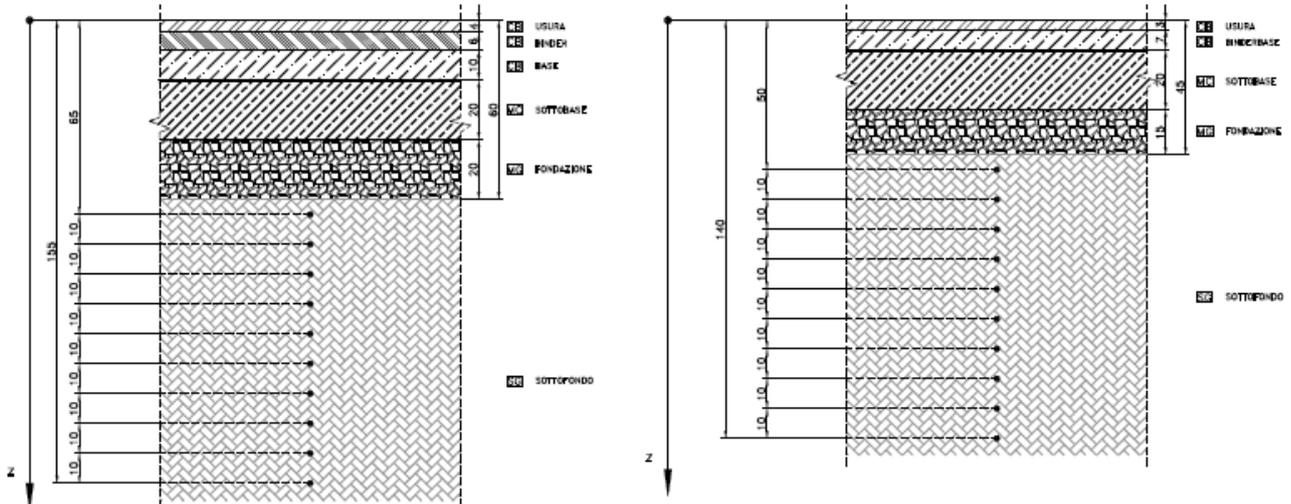
Punti di controllo per le verifiche a fatica



Punti di controllo per le verifiche a ormaiamento degli strati costituenti la sovrastruttura



Punti di controllo per le verifiche a ormaiamento del sottofondo



Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	

6.2 PAVIMENTAZIONE TIPO B-D

	BISAR 3.0 - Block Report												
	Pavimentazione tipo B_D												
System 1: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo B - ESTATE													
Structure				Loads									
Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Stress (MPa)	Horizontal Load (kN)	Shear Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)	
1	0,040	1,960E+03	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	
2	0,060	9,260E+03	0,30										
3	0,100	1,220E+04	0,30										
4	0,200	2,000E+03	0,35										
5	0,200	1,670E+02	0,40										
6		7,680E+01	0,45										
Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μstrain	Strains YY μstrain	ZZ μstrain	UX (μm)	Displacements UY (μm)	UZ (μm)
1	2	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	-3,363E-01	-3,363E-01	-5,579E-01	-7,352E+00	-7,352E+00	-3,845E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,231E+02
2	3	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	-3,672E-01	-3,672E-01	-5,579E-01	-7,352E+00	-7,352E+00	-2,767E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,231E+02
3	3	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-01	6,500E-01	6,500E-01	-1,546E-01	4,110E+01	4,110E+01	-4,464E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,198E+02
4	4	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-01	4,320E-02	4,320E-02	-1,546E-01	4,110E+01	4,110E+01	-9,243E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,198E+02
5	4	0,000E+00	0,000E+00	3,000E-01	9,378E-02	9,378E-02	-5,711E-02	4,047E+01	4,047E+01	-6,138E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,124E+02
6	5	0,000E+00	0,000E+00	5,000E-01	5,986E-03	5,986E-03	-1,298E-02	5,261E+01	5,261E+01	-1,064E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,944E+02
7	5	0,000E+00	0,000E+00	6,000E-01	8,416E-03	8,416E-03	-1,015E-02	5,455E+01	5,455E+01	-1,011E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,842E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo B_D

System 2: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo B - AUTUNNO

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,040	4,140E+03	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,060	2,160E+04	0,30									
3	0,100	2,660E+04	0,30									
4	0,200	2,000E+03	0,35									
5	0,200	1,670E+02	0,40									
6		7,680E+01	0,45									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses			Strains			Displacements		
					XX (MPa)	YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	UY (μ m)	UZ (μ m)
1	2	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	-3,707E-01	-3,707E-01	-5,293E-01	-4,662E+00	-4,662E+00	-1,421E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,945E+02
2	3	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	-4,040E-01	-4,040E-01	-5,293E-01	-4,662E+00	-4,662E+00	-1,078E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,945E+02
3	3	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-01	1,078E+00	1,078E+00	-9,695E-02	2,946E+01	2,946E+01	-2,796E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,928E+02
4	4	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-01	3,846E-02	3,846E-02	-9,695E-02	2,947E+01	2,946E+01	-6,194E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,928E+02
5	4	0,000E+00	0,000E+00	3,000E-01	7,446E-02	7,446E-02	-3,742E-02	3,075E+01	3,075E+01	-4,477E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,877E+02
6	5	0,000E+00	0,000E+00	5,000E-01	4,602E-03	4,602E-03	-1,007E-02	4,065E+01	4,065E+01	-8,235E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,740E+02
7	5	0,000E+00	0,000E+00	6,000E-01	6,413E-03	6,413E-03	-8,140E-03	4,254E+01	4,254E+01	-7,946E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,661E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo B_D

System 3: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo B - INVERNO

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,040	5,270E+03	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,060	2,760E+04	0,30									
3	0,100	3,350E+04	0,30									
4	0,200	2,000E+03	0,35									
5	0,200	1,670E+02	0,40									
6		7,680E+01	0,45									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses			Strains			Displacements		
					XX (MPa)	YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	UY (μ m)	UZ (μ m)
1	2	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	-3,804E-01	-3,804E-01	-5,219E-01	-3,975E+00	-3,976E+00	-1,064E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,860E+02
2	3	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	-4,139E-01	-4,139E-01	-5,219E-01	-3,975E+00	-3,976E+00	-8,165E+00	0,000E+00	0,000E+00	1,860E+02
3	3	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-01	1,210E+00	1,210E+00	-8,293E-02	2,602E+01	2,602E+01	-2,414E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,846E+02
4	4	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-01	3,541E-02	3,541E-02	-8,293E-02	2,602E+01	2,602E+01	-5,386E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,846E+02
5	4	0,000E+00	0,000E+00	3,000E-01	6,789E-02	6,789E-02	-3,255E-02	2,776E+01	2,776E+01	-4,003E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,801E+02
6	5	0,000E+00	0,000E+00	5,000E-01	4,148E-03	4,148E-03	-9,253E-03	3,706E+01	3,707E+01	-7,528E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,677E+02
7	5	0,000E+00	0,000E+00	6,000E-01	5,800E-03	5,796E-03	-7,559E-03	3,895E+01	3,892E+01	-7,304E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,604E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo B_D

System 4: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo B - PRIMAVERA

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,040	3,260E+03	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,060	1,670E+04	0,30									
3	0,100	2,100E+04	0,30									
4	0,200	2,000E+03	0,35									
5	0,200	1,670E+02	0,40									
6		7,680E+01	0,45									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	Strains YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	Displacements UY (μ m)	UZ (μ m)
1	2	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	-3,610E-01	-3,610E-01	-5,376E-01	-5,475E+00	-5,475E+00	-1,922E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,032E+02
2	3	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	-3,946E-01	-3,947E-01	-5,376E-01	-5,475E+00	-5,475E+00	-1,432E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,032E+02
3	3	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-01	9,445E-01	9,445E-01	-1,129E-01	3,310E+01	3,310E+01	-3,236E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,011E+02
4	4	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-01	4,103E-02	4,102E-02	-1,129E-01	3,310E+01	3,310E+01	-7,083E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,011E+02
5	4	0,000E+00	0,000E+00	3,000E-01	8,096E-02	8,096E-02	-4,292E-02	3,382E+01	3,382E+01	-4,980E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,953E+02
6	5	0,000E+00	0,000E+00	5,000E-01	5,055E-03	5,055E-03	-1,094E-02	4,436E+01	4,435E+01	-8,970E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,804E+02
7	5	0,000E+00	0,000E+00	6,000E-01	7,042E-03	7,042E-03	-8,745E-03	4,625E+01	4,625E+01	-8,610E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,717E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo B_D_ormaiamento

System 1: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo B - ESTATE

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,040	1,960E+03	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,060	9,260E+03	0,30									
3	0,100	1,220E+04	0,30									
4	0,200	2,000E+03	0,35									
5	0,200	1,670E+02	0,40									
6		7,680E+01	0,45									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μstrain	Strains YY μstrain	ZZ μstrain	UX (μm)	Displacements UY (μm)	UZ (μm)
1	1	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-02	-4,707E-01	-4,707E-01	-7,489E-01	-5,349E+01	-5,348E+01	-2,380E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,300E+02
2	2	0,000E+00	0,000E+00	7,000E-02	-5,689E-01	-5,689E-01	-6,760E-01	-2,110E+01	-2,110E+01	-3,614E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,243E+02
3	3	0,000E+00	0,000E+00	1,500E-01	1,232E-01	1,232E-01	-3,158E-01	1,483E+01	1,483E+01	-3,194E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,216E+02
4	4	0,000E+00	0,000E+00	3,000E-01	9,378E-02	9,378E-02	-5,711E-02	4,047E+01	4,047E+01	-6,138E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,124E+02
5	5	0,000E+00	0,000E+00	5,000E-01	5,986E-03	5,986E-03	-1,298E-02	5,261E+01	5,261E+01	-1,064E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,944E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo B_D_ormaiamento

System 2: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo B - AUTUNNO

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,040	4,140E+03	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,060	2,160E+04	0,30									
3	0,100	2,660E+04	0,30									
4	0,200	2,000E+03	0,35									
5	0,200	1,670E+02	0,40									
6		7,680E+01	0,45									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μstrain	Stresses YY μstrain	ZZ μstrain	UX (μm)	Displacements UY (μm)	UZ (μm)
1	1	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-02	-5,239E-01	-5,239E-01	-7,481E-01	-3,437E+01	-3,437E+01	-1,048E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,972E+02
2	2	0,000E+00	0,000E+00	7,000E-02	-7,269E-01	-7,269E-01	-6,640E-01	-1,434E+01	-1,434E+01	-1,055E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,949E+02
3	3	0,000E+00	0,000E+00	1,500E-01	2,982E-01	2,981E-01	-2,595E-01	1,077E+01	1,077E+01	-1,648E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,938E+02
4	4	0,000E+00	0,000E+00	3,000E-01	7,446E-02	7,446E-02	-3,742E-02	3,075E+01	3,075E+01	-4,477E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,877E+02
5	5	0,000E+00	0,000E+00	5,000E-01	4,602E-03	4,602E-03	-1,007E-02	4,065E+01	4,065E+01	-8,235E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,740E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 ANAS GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo B_D_ormaiamento

System 3: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo B - INVERNO

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,040	5,270E+03	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,060	2,760E+04	0,30									
3	0,100	3,350E+04	0,30									
4	0,200	2,000E+03	0,35									
5	0,200	1,670E+02	0,40									
6		7,680E+01	0,45									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	Strains YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	Displacements UY (μ m)	UZ (μ m)
1	1	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-02	-5,444E-01	-5,444E-01	-7,479E-01	-2,973E+01	-2,973E+01	-7,994E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,880E+02
2	2	0,000E+00	0,000E+00	7,000E-02	-7,753E-01	-7,753E-01	-6,607E-01	-1,248E+01	-1,248E+01	-7,084E+00	0,000E+00	0,000E+00	1,863E+02
3	3	0,000E+00	0,000E+00	1,500E-01	3,541E-01	3,541E-01	-2,455E-01	9,597E+00	9,597E+00	-1,367E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,855E+02
4	4	0,000E+00	0,000E+00	3,000E-01	6,789E-02	6,789E-02	-3,255E-02	2,776E+01	2,776E+01	-4,003E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,801E+02
5	5	0,000E+00	0,000E+00	5,000E-01	4,148E-03	4,148E-03	-9,253E-03	3,706E+01	3,707E+01	-7,528E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,677E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo B_D_ormaiamento

System 4: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo B - PRIMAVERA

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,040	3,260E+03	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,060	1,670E+04	0,30									
3	0,100	2,100E+04	0,30									
4	0,200	2,000E+03	0,35									
5	0,200	1,670E+02	0,40									
6		7,680E+01	0,45									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	Strains YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	Displacements UY (μ m)	UZ (μ m)
1	1	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-02	-5,054E-01	-5,054E-01	-7,484E-01	-3,965E+01	-3,965E+01	-1,365E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,069E+02
2	2	0,000E+00	0,000E+00	7,000E-02	-6,769E-01	-6,769E-01	-6,675E-01	-1,638E+01	-1,638E+01	-1,565E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,038E+02
3	3	0,000E+00	0,000E+00	1,500E-01	2,417E-01	2,417E-01	-2,753E-01	1,199E+01	1,199E+01	-2,002E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,024E+02
4	4	0,000E+00	0,000E+00	3,000E-01	8,096E-02	8,096E-02	-4,292E-02	3,382E+01	3,382E+01	-4,980E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,953E+02
5	5	0,000E+00	0,000E+00	5,000E-01	5,055E-03	5,055E-03	-1,094E-02	4,436E+01	4,435E+01	-8,970E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,804E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	Relazione pavimentazioni stradali	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo B_D_ormaiamento_SG

System 1: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo B - ESTATE

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,040	1,960E+03	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,060	9,260E+03	0,30									
3	0,100	1,220E+04	0,30									
4	0,200	2,000E+03	0,35									
5	0,200	1,670E+02	0,40									
6		7,680E+01	0,45									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μstrain	Strains YY μstrain	ZZ μstrain	UX (μm)	Displacements UY (μm)	UZ (μm)
1	6	0,000E+00	0,000E+00	6,500E-01	-7,067E-04	-7,070E-04	-9,343E-03	4,969E+01	4,968E+01	-1,134E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,782E+02
2	6	0,000E+00	0,000E+00	7,500E-01	-6,913E-04	-6,916E-04	-8,071E-03	4,234E+01	4,233E+01	-9,698E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,678E+02
3	6	0,000E+00	0,000E+00	8,500E-01	-6,404E-04	-6,406E-04	-7,103E-03	3,703E+01	3,703E+01	-8,498E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,587E+02
4	6	0,000E+00	0,000E+00	9,500E-01	-5,756E-04	-5,791E-04	-6,335E-03	3,302E+01	3,295E+01	-7,572E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,507E+02
5	6	0,000E+00	0,000E+00	1,050E+00	-5,129E-04	-5,127E-04	-5,706E-03	2,976E+01	2,976E+01	-6,829E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,435E+02
6	6	0,000E+00	0,000E+00	1,150E+00	-4,515E-04	-4,514E-04	-5,179E-03	2,711E+01	2,711E+01	-6,215E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,370E+02
7	6	0,000E+00	0,000E+00	1,250E+00	-3,955E-04	-3,953E-04	-4,729E-03	2,488E+01	2,488E+01	-5,695E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,310E+02
8	6	0,000E+00	0,000E+00	1,350E+00	-3,453E-04	-3,453E-04	-4,341E-03	2,296E+01	2,296E+01	-5,247E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,256E+02
9	6	0,000E+00	0,000E+00	1,450E+00	-3,010E-04	-3,010E-04	-4,000E-03	2,128E+01	2,128E+01	-4,856E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,205E+02
10	6	0,000E+00	0,000E+00	1,550E+00	-2,622E-04	-2,622E-04	-3,700E-03	1,980E+01	1,980E+01	-4,510E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,158E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo B_D_ormaiamento_SG

System 2: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo B - AUTUNNO

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,040	4,140E+03	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,060	2,160E+04	0,30									
3	0,100	2,660E+04	0,30									
4	0,200	2,000E+03	0,35									
5	0,200	1,670E+02	0,40									
6		7,680E+01	0,45									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses			Strains			Displacements		
					XX (MPa)	YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	UY (μ m)	UZ (μ m)
1	6	0,000E+00	0,000E+00	6,500E-01	-7,212E-04	-7,210E-04	-7,568E-03	3,918E+01	3,918E+01	-9,009E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,614E+02
2	6	0,000E+00	0,000E+00	7,500E-01	-6,880E-04	-6,877E-04	-6,647E-03	3,402E+01	3,402E+01	-7,849E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,530E+02
3	6	0,000E+00	0,000E+00	8,500E-01	-6,325E-04	-6,322E-04	-5,930E-03	3,021E+01	3,022E+01	-6,980E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,456E+02
4	6	0,000E+00	0,000E+00	9,500E-01	-5,703E-04	-5,700E-04	-5,349E-03	2,726E+01	2,726E+01	-6,297E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,390E+02
5	6	0,000E+00	0,000E+00	1,050E+00	-5,085E-04	-5,085E-04	-4,866E-03	2,487E+01	2,487E+01	-5,739E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,329E+02
6	6	0,000E+00	0,000E+00	1,150E+00	-4,506E-04	-4,506E-04	-4,454E-03	2,287E+01	2,287E+01	-5,272E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,274E+02
7	6	0,000E+00	0,000E+00	1,250E+00	-3,977E-04	-3,977E-04	-4,099E-03	2,117E+01	2,117E+01	-4,871E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,224E+02
8	6	0,000E+00	0,000E+00	1,350E+00	-3,504E-04	-3,504E-04	-3,788E-03	1,969E+01	1,969E+01	-4,522E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,177E+02
9	6	0,000E+00	0,000E+00	1,450E+00	-3,083E-04	-3,083E-04	-3,514E-03	1,838E+01	1,838E+01	-4,214E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,133E+02
10	6	0,000E+00	0,000E+00	1,550E+00	-2,710E-04	-2,710E-04	-3,269E-03	1,721E+01	1,721E+01	-3,939E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,092E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo B_D_ormaiamento_SG

System 3: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo B - INVERNO

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,040	5,270E+03	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,060	2,760E+04	0,30									
3	0,100	3,350E+04	0,30									
4	0,200	2,000E+03	0,35									
5	0,200	1,670E+02	0,40									
6		7,680E+01	0,45									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	Strains YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	Displacements UY (μ m)	UZ (μ m)
1	6	0,000E+00	0,000E+00	6,500E-01	-7,416E-04	-7,413E-04	-7,051E-03	3,600E+01	3,601E+01	-8,313E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,561E+02
2	6	0,000E+00	0,000E+00	7,500E-01	-6,999E-04	-6,996E-04	-6,227E-03	3,147E+01	3,148E+01	-7,288E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,483E+02
3	6	0,000E+00	0,000E+00	8,500E-01	-6,406E-04	-6,403E-04	-5,580E-03	2,811E+01	2,811E+01	-6,515E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,414E+02
4	6	0,000E+00	0,000E+00	9,500E-01	-5,766E-04	-5,766E-04	-5,053E-03	2,548E+01	2,548E+01	-5,904E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,352E+02
5	6	0,000E+00	0,000E+00	1,050E+00	-5,143E-04	-5,143E-04	-4,611E-03	2,334E+01	2,334E+01	-5,402E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,296E+02
6	6	0,000E+00	0,000E+00	1,150E+00	-4,562E-04	-4,562E-04	-4,234E-03	2,154E+01	2,154E+01	-4,978E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,244E+02
7	6	0,000E+00	0,000E+00	1,250E+00	-4,034E-04	-4,034E-04	-3,906E-03	2,000E+01	2,000E+01	-4,614E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,196E+02
8	6	0,000E+00	0,000E+00	1,350E+00	-3,562E-04	-3,562E-04	-3,619E-03	1,865E+01	1,865E+01	-4,294E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,152E+02
9	6	0,000E+00	0,000E+00	1,450E+00	-3,141E-04	-3,141E-04	-3,364E-03	1,746E+01	1,746E+01	-4,012E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,110E+02
10	6	0,000E+00	0,000E+00	1,550E+00	-2,770E-04	-2,770E-04	-3,136E-03	1,639E+01	1,639E+01	-3,758E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,071E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo B_D_ormaiamento_SG

System 4: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo B - PRIMAVERA

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,040	3,260E+03	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,060	1,670E+04	0,30									
3	0,100	2,100E+04	0,30									
4	0,200	2,000E+03	0,35									
5	0,200	1,670E+02	0,40									
6		7,680E+01	0,45									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	Strains YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	Displacements UY (μ m)	UZ (μ m)
1	6	0,000E+00	0,000E+00	6,500E-01	-7,052E-04	-7,053E-04	-8,105E-03	4,244E+01	4,244E+01	-9,727E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,666E+02
2	6	0,000E+00	0,000E+00	7,500E-01	-6,802E-04	-6,799E-04	-7,079E-03	3,661E+01	3,661E+01	-8,421E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,576E+02
3	6	0,000E+00	0,000E+00	8,500E-01	-6,279E-04	-6,277E-04	-6,288E-03	3,234E+01	3,235E+01	-7,451E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,497E+02
4	6	0,000E+00	0,000E+00	9,500E-01	-5,669E-04	-5,666E-04	-5,651E-03	2,905E+01	2,905E+01	-6,694E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,426E+02
5	6	0,000E+00	0,000E+00	1,050E+00	-5,053E-04	-5,050E-04	-5,124E-03	2,640E+01	2,641E+01	-6,079E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,363E+02
6	6	0,000E+00	0,000E+00	1,150E+00	-4,470E-04	-4,470E-04	-4,677E-03	2,421E+01	2,421E+01	-5,567E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,304E+02
7	6	0,000E+00	0,000E+00	1,250E+00	-3,939E-04	-3,939E-04	-4,294E-03	2,234E+01	2,234E+01	-5,129E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,251E+02
8	6	0,000E+00	0,000E+00	1,350E+00	-3,461E-04	-3,461E-04	-3,959E-03	2,072E+01	2,072E+01	-4,749E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,202E+02
9	6	0,000E+00	0,000E+00	1,450E+00	-3,038E-04	-3,038E-04	-3,664E-03	1,930E+01	1,930E+01	-4,415E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,156E+02
10	6	0,000E+00	0,000E+00	1,550E+00	-2,663E-04	-2,663E-04	-3,403E-03	1,803E+01	1,803E+01	-4,119E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,113E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	

6.3 PAVIMENTAZIONE TIPO C

Structure		Loads										
Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,030	8,170E+03	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,070	1,080E+04	0,30									
3	0,200	2,000E+03	0,30									
4	0,150	1,460E+02	0,35									
5		7,680E+01	0,40									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	Strains YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	Displacements UY (μ m)	UZ (μ m)
1	2	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	7,423E-01	7,423E-01	-3,685E-01	5,835E+01	5,835E+01	-7,536E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,941E+02
2	3	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	8,764E-03	8,765E-03	-3,685E-01	5,835E+01	5,835E+01	-1,869E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,941E+02
3	3	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-01	1,279E-01	1,279E-01	-1,305E-01	6,434E+01	6,434E+01	-1,036E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,801E+02
4	3	0,000E+00	0,000E+00	3,000E-01	3,059E-01	3,059E-01	-3,119E-02	1,117E+02	1,117E+02	-1,074E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,705E+02
5	4	0,000E+00	0,000E+00	4,500E-01	1,162E-02	1,162E-02	-1,767E-02	9,408E+01	9,408E+01	-1,767E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,400E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo C

System 2: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo C - AUTUNNO

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,030	1,980E+04	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,070	2,480E+04	0,30									
3	0,200	2,000E+03	0,30									
4	0,150	1,460E+02	0,35									
5		7,680E+01	0,40									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	Strains YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	Displacements UY (μ m)	UZ (μ m)
1	2	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	1,633E+00	1,633E+00	-2,578E-01	4,922E+01	4,922E+01	-4,991E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,652E+02
2	3	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	3,015E-02	3,016E-02	-2,578E-01	4,922E+01	4,922E+01	-1,379E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,652E+02
3	3	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-01	1,168E-01	1,168E-01	-9,343E-02	5,488E+01	5,488E+01	-8,174E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,547E+02
4	3	0,000E+00	0,000E+00	3,000E-01	2,514E-01	2,514E-01	-2,505E-02	9,175E+01	9,175E+01	-8,795E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,469E+02
5	4	0,000E+00	0,000E+00	4,500E-01	9,857E-03	9,857E-03	-1,497E-02	7,978E+01	7,978E+01	-1,498E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,215E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo C

System 3: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo C - INVERNO

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,030	2,550E+04	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,070	3,150E+04	0,30									
3	0,200	2,000E+03	0,30									
4	0,150	1,460E+02	0,35									
5		7,680E+01	0,40									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	Strains YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	Displacements UY (μ m)	UZ (μ m)
1	2	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	1,936E+00	1,936E+00	-2,279E-01	4,519E+01	4,519E+01	-4,411E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,571E+02
2	3	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	3,147E-02	3,147E-02	-2,279E-01	4,519E+01	4,519E+01	-1,234E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,571E+02
3	3	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-01	1,111E-01	1,111E-01	-8,358E-02	5,143E+01	5,143E+01	-7,513E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,475E+02
4	3	0,000E+00	0,000E+00	3,000E-01	2,345E-01	2,345E-01	-2,335E-02	8,557E+01	8,557E+01	-8,202E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,402E+02
5	4	0,000E+00	0,000E+00	4,500E-01	9,275E-03	9,274E-03	-1,422E-02	7,539E+01	7,539E+01	-1,419E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,164E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo C

System 4: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo C - PRIMAVERA

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,030	1,580E+04	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,070	2,050E+04	0,30									
3	0,200	2,000E+03	0,30									
4	0,150	1,460E+02	0,35									
5		7,680E+01	0,40									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses			Strains			Displacements		
					XX (MPa)	YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	UY (μ m)	UZ (μ m)
1	2	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	1,405E+00	1,405E+00	-2,837E-01	5,215E+01	5,214E+01	-5,497E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,722E+02
2	3	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	2,738E-02	2,738E-02	-2,837E-01	5,214E+01	5,214E+01	-1,501E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,722E+02
3	3	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-01	1,207E-01	1,207E-01	-1,020E-01	5,755E+01	5,755E+01	-8,723E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,608E+02
4	3	0,000E+00	0,000E+00	3,000E-01	2,653E-01	2,653E-01	-2,651E-02	9,685E+01	9,685E+01	-9,286E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,525E+02
5	4	0,000E+00	0,000E+00	4,500E-01	1,033E-02	1,033E-02	-1,561E-02	8,340E+01	8,340E+01	-1,565E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,259E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo C_ormaiamento

System 1: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo C - ESTATE

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,030	8,170E+03	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,070	1,080E+04	0,30									
3	0,200	2,000E+03	0,30									
4	0,150	1,460E+02	0,35									
5		7,680E+01	0,40									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses			Strains			Displacements		
					XX (MPa)	YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	UY (μ m)	UZ (μ m)
1	1	0,000E+00	0,000E+00	1,500E-02	-1,184E+00	-1,184E+00	-7,390E-01	-7,429E+01	-7,429E+01	-3,511E+00	0,000E+00	0,000E+00	2,971E+02
2	2	0,000E+00	0,000E+00	6,500E-02	-1,530E-01	-1,530E-01	-5,316E-01	4,853E+00	4,853E+00	-4,073E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,961E+02
3	3	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-01	1,279E-01	1,279E-01	-1,305E-01	6,434E+01	6,434E+01	-1,036E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,801E+02
4	4	0,000E+00	0,000E+00	3,750E-01	8,937E-03	8,937E-03	-2,256E-02	9,386E+01	9,386E+01	-1,974E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,539E+02
5	4	0,000E+00	0,000E+00	4,500E-01	1,162E-02	1,162E-02	-1,767E-02	9,408E+01	9,408E+01	-1,767E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,400E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo C_ormaiamento

System 2: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo C - AUTUNNO

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,030	1,980E+04	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,070	2,480E+04	0,30									
3	0,200	2,000E+03	0,30									
4	0,150	1,460E+02	0,35									
5		7,680E+01	0,40									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	Strains YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	Displacements UY (μ m)	UZ (μ m)
1	1	0,000E+00	0,000E+00	1,500E-02	-1,656E+00	-1,656E+00	-7,308E-01	-4,747E+01	-4,747E+01	1,327E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,666E+02
2	2	0,000E+00	0,000E+00	6,500E-02	1,177E-01	1,178E-01	-4,398E-01	8,643E+00	8,644E+00	-2,058E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,664E+02
3	3	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-01	1,168E-01	1,168E-01	-9,343E-02	5,488E+01	5,488E+01	-8,174E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,547E+02
4	4	0,000E+00	0,000E+00	3,750E-01	7,734E-03	7,734E-03	-1,868E-02	7,922E+01	7,922E+01	-1,651E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,331E+02
5	4	0,000E+00	0,000E+00	4,500E-01	9,857E-03	9,857E-03	-1,497E-02	7,978E+01	7,978E+01	-1,498E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,215E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	

 BISAR 3.0 - Block Report Pavimentazione tipo C_ormaiamento System 3: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo C - INVERNO													
Structure				Loads									
Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)	
1	0,030	2,550E+04	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	
2	0,070	3,150E+04	0,30										
3	0,200	2,000E+03	0,30										
4	0,150	1,460E+02	0,35										
5		7,680E+01	0,40										

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	Strains YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	Displacements UY (μ m)	UZ (μ m)
1	1	0,000E+00	0,000E+00	1,500E-02	-1,817E+00	-1,817E+00	-7,286E-01	-4,132E+01	-4,132E+01	1,419E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,582E+02
2	2	0,000E+00	0,000E+00	6,500E-02	2,139E-01	2,139E-01	-4,147E-01	8,704E+00	8,704E+00	-1,724E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,581E+02
3	3	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-01	1,111E-01	1,111E-01	-8,358E-02	5,143E+01	5,143E+01	-7,513E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,475E+02
4	4	0,000E+00	0,000E+00	3,750E-01	7,285E-03	7,285E-03	-1,761E-02	7,464E+01	7,464E+01	-1,555E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,274E+02
5	4	0,000E+00	0,000E+00	4,500E-01	9,275E-03	9,274E-03	-1,422E-02	7,539E+01	7,539E+01	-1,419E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,164E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo C_ormaiamento

System 4: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo C - PRIMAVERA

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,030	1,580E+04	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,070	2,050E+04	0,30									
3	0,200	2,000E+03	0,30									
4	0,150	1,460E+02	0,35									
5		7,680E+01	0,40									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses			Strains			Displacements		
					XX (MPa)	YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	UY (μ m)	UZ (μ m)
1	1	0,000E+00	0,000E+00	1,500E-02	-1,520E+00	-1,520E+00	-7,329E-01	-5,342E+01	-5,342E+01	1,133E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,738E+02
2	2	0,000E+00	0,000E+00	6,500E-02	3,903E-02	3,904E-02	-4,619E-01	8,093E+00	8,093E+00	-2,368E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,735E+02
3	3	0,000E+00	0,000E+00	2,000E-01	1,207E-01	1,207E-01	-1,020E-01	5,755E+01	5,755E+01	-8,723E+01	0,000E+00	0,000E+00	2,608E+02
4	4	0,000E+00	0,000E+00	3,750E-01	8,081E-03	8,081E-03	-1,961E-02	8,298E+01	8,298E+01	-1,730E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,381E+02
5	4	0,000E+00	0,000E+00	4,500E-01	1,033E-02	1,033E-02	-1,561E-02	8,340E+01	8,340E+01	-1,565E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,259E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	

 BISAR 3.0 - Block Report Pavimentazione tipo C_ormaimento_SG System 1: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo C - ESTATE													
Structure				Loads									
Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)	
1	0,030	8,170E+03	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	
2	0,070	1,080E+04	0,30										
3	0,200	2,000E+03	0,30										
4	0,150	1,460E+02	0,35										
5		7,680E+01	0,40										

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses			Strains			Displacements		
					XX (MPa)	YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	UY (μ m)	UZ (μ m)
1	5	0,000E+00	0,000E+00	5,000E-01	6,643E-05	6,416E-05	-1,572E-02	8,242E+01	8,238E+01	-2,054E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,291E+02
2	5	0,000E+00	0,000E+00	6,000E-01	-1,306E-04	-1,306E-04	-1,287E-02	6,602E+01	6,602E+01	-1,662E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,107E+02
3	5	0,000E+00	0,000E+00	7,000E-01	-1,880E-04	-1,880E-04	-1,087E-02	5,513E+01	5,513E+01	-1,396E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,954E+02
4	5	0,000E+00	0,000E+00	8,000E-01	-1,886E-04	-1,886E-04	-9,371E-03	4,733E+01	4,733E+01	-1,201E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,825E+02
5	5	0,000E+00	0,000E+00	9,000E-01	-1,668E-04	-1,666E-04	-8,204E-03	4,142E+01	4,143E+01	-1,051E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,713E+02
6	5	0,000E+00	0,000E+00	1,000E+00	-1,415E-04	-1,373E-04	-7,259E-03	3,668E+01	3,676E+01	-9,307E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,614E+02
7	5	0,000E+00	0,000E+00	1,100E+00	-1,076E-04	-1,074E-04	-6,489E-03	3,295E+01	3,296E+01	-8,337E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,526E+02
8	5	0,000E+00	0,000E+00	1,200E+00	-8,008E-05	-7,989E-05	-5,838E-03	2,978E+01	2,978E+01	-7,518E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,447E+02
9	5	0,000E+00	0,000E+00	1,300E+00	-5,395E-05	-5,772E-05	-5,284E-03	2,712E+01	2,705E+01	-6,823E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,375E+02
10	5	0,000E+00	0,000E+00	1,400E+00	-3,497E-05	-3,501E-05	-4,808E-03	2,477E+01	2,477E+01	-6,224E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,310E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo C_ormaimento_SG

System 2: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo C - AUTUNNO

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,030	1,980E+04	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,070	2,480E+04	0,30									
3	0,200	2,000E+03	0,30									
4	0,150	1,460E+02	0,35									
5		7,680E+01	0,40									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses			Strains			Displacements		
					XX (MPa)	YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	UY (μ m)	UZ (μ m)
1	5	0,000E+00	0,000E+00	5,000E-01	6,642E-05	6,642E-05	-1,345E-02	7,056E+01	7,056E+01	-1,758E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,122E+02
2	5	0,000E+00	0,000E+00	6,000E-01	-9,945E-05	-9,945E-05	-1,117E-02	5,738E+01	5,738E+01	-1,444E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,963E+02
3	5	0,000E+00	0,000E+00	7,000E-01	-1,550E-04	-1,549E-04	-9,529E-03	4,842E+01	4,842E+01	-1,225E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,830E+02
4	5	0,000E+00	0,000E+00	8,000E-01	-1,655E-04	-1,614E-04	-8,284E-03	4,183E+01	4,190E+01	-1,062E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,716E+02
5	5	0,000E+00	0,000E+00	9,000E-01	-1,470E-04	-1,470E-04	-7,308E-03	3,691E+01	3,691E+01	-9,362E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,616E+02
6	5	0,000E+00	0,000E+00	1,000E+00	-1,246E-04	-1,245E-04	-6,511E-03	3,294E+01	3,294E+01	-8,348E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,528E+02
7	5	0,000E+00	0,000E+00	1,100E+00	-1,001E-04	-1,002E-04	-5,849E-03	2,968E+01	2,968E+01	-7,512E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,449E+02
8	5	0,000E+00	0,000E+00	1,200E+00	-7,687E-05	-7,695E-05	-5,290E-03	2,695E+01	2,695E+01	-6,807E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,377E+02
9	5	0,000E+00	0,000E+00	1,300E+00	-5,591E-05	-5,602E-05	-4,810E-03	2,462E+01	2,461E+01	-6,205E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,312E+02
10	5	0,000E+00	0,000E+00	1,400E+00	-3,762E-05	-3,773E-05	-4,395E-03	2,260E+01	2,259E+01	-5,683E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,253E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo C_ormaimento_SG

System 3: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo C - INVERNO

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,030	2,550E+04	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,070	3,150E+04	0,30									
3	0,200	2,000E+03	0,30									
4	0,150	1,460E+02	0,35									
5		7,680E+01	0,40									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses			Strains			Displacements		
					XX (MPa)	YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	UY (μ m)	UZ (μ m)
1	5	0,000E+00	0,000E+00	5,000E-01	2,269E-05	2,269E-05	-1,282E-02	6,694E+01	6,694E+01	-1,671E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,075E+02
2	5	0,000E+00	0,000E+00	6,000E-01	-1,224E-04	-1,224E-04	-1,070E-02	5,477E+01	5,477E+01	-1,380E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,924E+02
3	5	0,000E+00	0,000E+00	7,000E-01	-1,728E-04	-1,686E-04	-9,162E-03	4,635E+01	4,642E+01	-1,175E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,796E+02
4	5	0,000E+00	0,000E+00	8,000E-01	-1,709E-04	-1,709E-04	-7,996E-03	4,031E+01	4,031E+01	-1,023E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,687E+02
5	5	0,000E+00	0,000E+00	9,000E-01	-1,543E-04	-1,543E-04	-7,069E-03	3,561E+01	3,561E+01	-9,043E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,590E+02
6	5	0,000E+00	0,000E+00	1,000E+00	-1,306E-04	-1,307E-04	-6,312E-03	3,185E+01	3,185E+01	-8,082E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,505E+02
7	5	0,000E+00	0,000E+00	1,100E+00	-1,057E-04	-1,058E-04	-5,680E-03	2,876E+01	2,876E+01	-7,286E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,428E+02
8	5	0,000E+00	0,000E+00	1,200E+00	-8,214E-05	-8,225E-05	-5,145E-03	2,616E+01	2,616E+01	-6,614E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,359E+02
9	5	0,000E+00	0,000E+00	1,300E+00	-6,089E-05	-6,099E-05	-4,686E-03	2,393E+01	2,393E+01	-6,038E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,296E+02
10	5	0,000E+00	0,000E+00	1,400E+00	-4,233E-05	-4,242E-05	-4,287E-03	2,200E+01	2,200E+01	-5,538E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,238E+02

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	<i>Relazione pavimentazioni stradali</i>	



BISAR 3.0 - Block Report

Pavimentazione tipo C_ormaimento_SG

System 4: Sassari-Alghero: pavimentazione strada tipo C - PRIMAVERA

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,030	1,580E+04	0,30	1	4,000E+01	7,534E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,070	2,050E+04	0,30									
3	0,200	2,000E+03	0,30									
4	0,150	1,460E+02	0,35									
5		7,680E+01	0,40									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses			Strains			Displacements		
					XX (MPa)	YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	UY (μ m)	UZ (μ m)
1	5	0,000E+00	0,000E+00	5,000E-01	8,882E-05	8,882E-05	-1,399E-02	7,355E+01	7,355E+01	-1,831E+02	0,000E+00	0,000E+00	2,162E+02
2	5	0,000E+00	0,000E+00	6,000E-01	-9,049E-05	-9,049E-05	-1,157E-02	5,954E+01	5,954E+01	-1,497E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,996E+02
3	5	0,000E+00	0,000E+00	7,000E-01	-1,510E-04	-1,510E-04	-9,843E-03	5,008E+01	5,008E+01	-1,266E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,859E+02
4	5	0,000E+00	0,000E+00	8,000E-01	-1,637E-04	-1,592E-04	-8,536E-03	4,316E+01	4,324E+01	-1,095E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,741E+02
5	5	0,000E+00	0,000E+00	9,000E-01	-1,452E-04	-1,451E-04	-7,515E-03	3,801E+01	3,801E+01	-9,635E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,638E+02
6	5	0,000E+00	0,000E+00	1,000E+00	-1,226E-04	-1,225E-04	-6,685E-03	3,386E+01	3,386E+01	-8,577E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,548E+02
7	5	0,000E+00	0,000E+00	1,100E+00	-9,815E-05	-9,806E-05	-5,996E-03	3,046E+01	3,047E+01	-7,706E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,466E+02
8	5	0,000E+00	0,000E+00	1,200E+00	-7,262E-05	-7,641E-05	-5,415E-03	2,766E+01	2,759E+01	-6,974E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,393E+02
9	5	0,000E+00	0,000E+00	1,300E+00	-5,338E-05	-5,346E-05	-4,919E-03	2,520E+01	2,520E+01	-6,349E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,327E+02
10	5	0,000E+00	0,000E+00	1,400E+00	-3,498E-05	-3,512E-05	-4,489E-03	2,311E+01	2,311E+01	-5,809E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,266E+02