

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

**TELESE** S.c.a r.l.  
Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata



**SALCEF**  
CONSTRUCTION



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:

**SYSTRA**

**SWS**

**SOTECNI**  
SYSTRA GROUP

IL DIRETTORE DELLA  
PROGETTAZIONE:

Ing. L. LACOPO

Responsabile integrazione fra le varie  
prestazioni specialistiche



## PROGETTO ESECUTIVO

**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO**

RELAZIONE

VIABILITÀ

NV05

Viabilità dal km 31+800 al km 32+300

Relazione tecnica sulle pavimentazioni stradali

APPALTATORE IL DIRETTORE TECNICO  Geom. M. FERRONI	SCALA:  -
---	-----------------

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IF2R 22 E ZZ RH NV0500 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	D. Ceraudo	29/04/21	G. Gramolini	30/04/21	A. Rezzi	30/04/21	IL PROGETTISTA L. LACOPO  03/05/21

File: IF2R.2.2.E.ZZ.RH.NV.05.0.0.002.A.docx

n. Elab.:

APPALTATORE: <b>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA S.A.    SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione tecnica sulle pavimentazioni stradali IF2R.2.2.E.ZZ.RH.NV.05.0.0.002.A.DOCX</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	RH	NV.05.0.0.003	A	2 di 17

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>SCOPO DEL DOCUMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>METODO AASHTO.....</b>	<b>8</b>
4.1	<b>VALUTAZIONE DEL TRAFFICO VEICOLARE.....</b>	<b>8</b>
4.2	<b>INDICE STRUTTURALE SN DELLA PAVIMENTAZIONE .....</b>	<b>11</b>
4.3	<b>AFFIDABILITÀ PERCENTUALE <math>R_1</math> E FATTORE DI AFFIDABILITÀ <math>Z_R</math>.....</b>	<b>12</b>
4.4	<b>PORTANZA DEL SOTTOFONDO .....</b>	<b>13</b>
4.5	<b>NUMERO MASSIMO DI PASSAGGI DI ASSI EQUIVALENTI DA 8,2 TON.....</b>	<b>13</b>
4.6	<b>FATTORE DI SICUREZZA A FATICA FS .....</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>PAVIMENTAZIONE DI PROGETTO .....</b>	<b>15</b>
5.1	<b>VERIFICA DELLA PAVIMENTAZIONE .....</b>	<b>16</b>

APPALTATORE: <b>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b> Mandante: <b>SWS Engineering S.p.A.</b> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione tecnica sulle pavimentazioni stradali IF2R.2.2.E.ZZ.RH.NV.05.0.0.002.A.DOCX</b>	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO NV.05.0.0.003	REV. A	FOGLIO 3 di 17

## 1 **PREMESSA**

Gli interventi oggetto del presente progetto s’inseriscono nell’ambito della riqualificazione delle relazioni trasportistiche dell’asse trasversale Napoli – Benevento – Foggia – Bari. Tali interventi sono finalizzati a dare adeguata risposta alle mutate esigenze di mobilità dei viaggiatori e delle merci, e costituiscono un elemento fondamentale per lo sviluppo dell’intero meridione, per una sua migliore integrazione economica e sociale nel Paese ed in Europa.

In tal senso la realizzazione dell’alta capacità Napoli – Bari, unitamente all’attivazione del sistema ferroviario dell’alta velocità Roma – Napoli, favorirà l’integrazione dell’infrastruttura ferroviaria del Sud – Est con le Diretrici di collegamento al Nord del Paese e con l’Europa, a sostegno dello sviluppo socio-economico del Mezzogiorno, riconnettendo due aree, quella campana e quella pugliese.

La riqualificazione e lo sviluppo dell’itinerario Napoli – Bari prevede interventi di raddoppio delle tratte ferroviarie a singolo binario e varianti rispetto agli attuali tracciati, perseguendo, con visione di sistema, la scelta delle migliori soluzioni in grado di assicurare la velocizzazione dei collegamenti e l’aumento dell’offerta di trasporto ferroviaria, elevando l’efficacia dell’infrastruttura esistente, attraverso l’aumento dell’accessibilità al servizio nelle aree attraversate.

Gli obiettivi perseguiti dal complesso degli interventi compresi nell’itinerario possono essere sintetizzati nel:

- miglioramento della competitività del trasporto su ferro attraverso l’incremento dei livelli prestazionali, comparabili con il trasporto su gomma, allo stato più attrattivo (circa 3h), ed un significativo recupero dei tempi di percorrenza;
- miglioramento dell’integrazione della rete ferroviaria di Sud – Est con il sistema AV/AC, con conseguente aumento generalizzato dell’offerta del servizio ferroviario nell’intero Mezzogiorno;
- miglioramento dell’integrazione della tratta ferroviaria con le strutture dedicate all’intermodalità e alla logistica, con conseguente aumento delle quote di trasporto merci su rotaia, in coerenza con il sistema di nodi (es. piattaforme intermodali, porti) previsti nel nuovo assetto della rete TEN-T.

Per la riqualificazione dell’intero itinerario Napoli – Bari, è necessaria la realizzazione di alcuni interventi, che riguardano in particolare le seguenti tratte funzionali:

- Tratta Napoli – Canello – Variante di Acerra
- Tratta Canello – Benevento
- Tratta Apice – Orsara di Puglia
- Tratta Orsara di Puglia – Bovino – Cervaro di Foggia
- Bretella di Foggia

APPALTATORE: <b>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b> Mandante: <b>SWS Engineering S.p.A.</b> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione tecnica sulle pavimentazioni stradali IF2R.2.2.E.ZZ.RH.NV.05.0.0.002.A.DOCX</b>	COMMESSA <b>IF2R</b>	LOTTO <b>2.2.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>NV.05.0.0.003</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>4 di 17</b>

Il tracciato di variante si estende per 30,387 km con una velocità di tracciato di 180 km/h, tranne che per due tratti a 160 km/h rispettivamente di circa 1.7 km nella zona di Amorosi e di circa 300 m prima dell'allaccio alla Linea Storica lato Vitulano, mentre nella tratta compresa tra le fermate di Solopaca e S. Lorenzo Maggiore la velocità di tracciato è innalzata a 200 km/h.

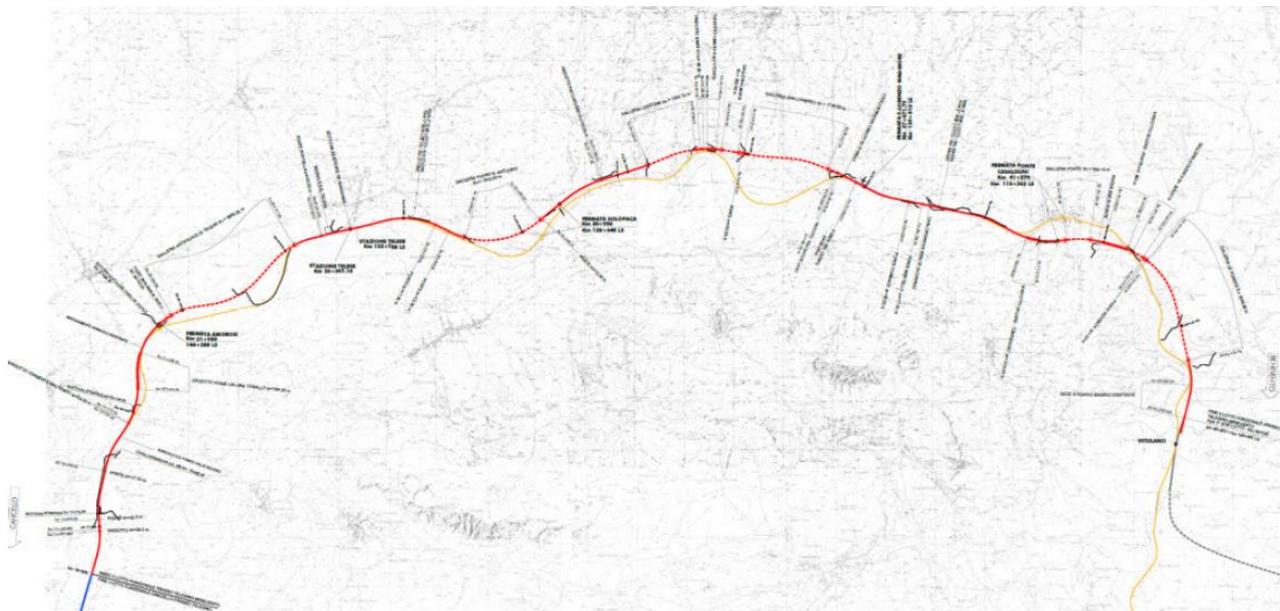


Figura 1: Corografia della Tratta Frasso Telesino - Vitulano

In sintesi l'intervento è composto da:

- il raddoppio del binario in parte in affiancamento, in parte in variante;
- le nuove fermate di Amorosi, Solopaca, San Lorenzo Maggiore, Ponte Casalduni comprensive di due marciapiedi da m 300 con sottopassaggio pedonale;
- la nuova stazione di Telese dotata di due marciapiedi da m 400 con sottopassaggio e comprensiva di:
  - quattro comunicazioni P/D a 60km/h;
  - due binari di precedenza con itinerari in deviata a 60 km/h;
  - modulo di stazione a 750 m;
- il nuovo PC di San Lorenzo Maggiore con comunicazioni a 60 km/h.

L'intervento risulta suddiviso in 3 lotti funzionali in relazione ai tratti in cui l'infrastruttura dialoga con gli impianti esistenti di Telese e San Lorenzo:

- **Lotto 1:** Frasso-Telese (circa 11 km) dal km 16+500 fino all'impianto di Telese;
- **Lotto 2:** Telese-San Lorenzo (circa 11 km) dall'Impianto di Telese fino all'impianto del PC di San Lorenzo;

APPALTATORE: <b>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA S.A.    SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione tecnica sulle pavimentazioni stradali IF2R.2.2.E.ZZ.RH.NV.05.0.0.002.A.DOCX</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	RH	NV.05.0.0.003	A	5 di 17

- **Lotto 3:** San Lorenzo-Vitulano (circa 8 km) dall'impianto del PC di San Lorenzo fino a fine intervento.

Oggetto di questo Appalto e della presente Relazione è il solo intervento relativo al 2° lotto funzionale Telese-S.Lorenzo.

In tale ambito, sono previsti i seguenti interventi:

- adeguamento delle viabilità esistenti interferite dalla nuova linea ferroviaria;
- realizzazione di deviazioni provvisorie;
- adeguamento delle viabilità esistenti per il collegamento della rete stradale alle stazioni/fermate previste in progetto;
- realizzazione di nuove viabilità per il collegamento della rete stradale con le aree di soccorso/sicurezza previste in progetto.

APPALTATORE: <b>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA S.A.    SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione tecnica sulle pavimentazioni stradali IF2R.2.2.E.ZZ.RH.NV.05.0.0.002.A.DOCX</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	RH	NV.05.0.0.003	A	6 di 17

## **2    SCOPO DEL DOCUMENTO**

La presente relazione è incentrata sulla progettazione della viabilità NV05 – Viabilità dal km 31+800 al km 32+300.

Il calcolo è finalizzato a verificare che le pavimentazioni abbiano una resistenza a fatica tale da rimanere in efficienza durante tutta la vita utile prevista e che se ne debba prevedere il rifacimento integrale solo al termine di quest'ultima. Le verifiche sono state eseguite con la metodologia semi-empirica dell'AASHTO Guide for Design of Pavement Structures.

APPALTATORE: <b>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA S.A.    SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione tecnica sulle pavimentazioni stradali IF2R.2.2.E.ZZ.RH.NV.05.0.0.002.A.DOCX</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	RH	NV.05.0.0.003	A	7 di 17

### **3    NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

Per la definizione geometrico-funzionale della viabilità sono state adottate le disposizioni legislative di seguito elencate.

- D. L.vo 30/04/1992 n. 285: *“Nuovo codice della strada”*;
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495: *“Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada”*;
- D.M. 05/11/2001: *“Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”*;
- CNR - Bollettino Ufficiale - Norme Tecniche - Anno XXIX – N.178: *“Catalogo delle pavimentazioni stradali”*;
- RFI – Manuale di Progettazione delle Opere Civili – Parte II.

APPALTATORE: <b>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: _____ Mandante: _____ <b>SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione tecnica sulle pavimentazioni stradali IF2R.2.2.E.ZZ.RH.NV.05.0.0.002.A.DOCX</b>	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO NV.05.0.0.003	REV. A	FOGLIO 8 di 17

## 4 METODO AASHTO

Il metodo AASHTO permette di ricavare il numero totale di passaggi di assi equivalenti da 8.2 t ( $N_{8,2max}$  [ESALS]) che una pavimentazione di assegnate caratteristiche meccaniche riesce a sopportare prima di raggiungere un grado di ammaloramento, cioè un livello di funzionalità accettabile, in relazione alla “Affidabilità” richiesta.

Il numero ricavato è confrontato con quello dei passaggi di assi standard alla fine della “Vita utile” ( $N_{8,2}$ ), calcolati attraverso lo spettro di traffico indicato nel Catalogo delle Pavimentazioni Stradali CNR.

È opportuno osservare che il rifacimento dello strato di usura dopo un certo numero di anni è da considerarsi come un intervento manutentivo ordinario e prevedibile al fine di assicurare le necessarie caratteristiche di aderenza nelle pavimentazioni flessibili e semi-rigide.

L'obiettivo si sostanzia attraverso la definizione dei seguenti parametri:

- La “**Vita utile**”, intesa come il numero di anni durante il quale la pavimentazione deve assicurare, attraverso normali operazioni di manutenzione, condizioni di funzionalità superiori allo stato limite;
- Lo “**stato limite**”, cioè il livello minimo di funzionalità della sovrastruttura ritenuto accettabile, superato il quale è necessario intervenire. Nel metodo empirico si fa riferimento al PSI (Present Serviceability Index);
- L’**“affidabilità”**, cioè la probabilità che la sovrastruttura sia in grado di assicurare, con normali operazioni di manutenzione, condizioni di circolazione superiori allo stato limite per l'intera durata della vita utile.

### 4.1 VALUTAZIONE DEL TRAFFICO VEICOLARE

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

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

Dove:

- N = vita utile della sovrastruttura espressa in anni;
- R = tasso di incremento annuo del traffico commerciale;
- $N_{vca}$  = numero dei passaggi di veicoli commerciali che si prevede transiterà durante il primo anno successivo all'apertura della strada, ed è definito da:

APPALTATORE: <b>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandataria: <b>SYSTRA S.A.</b> Mandante: <b>SWS Engineering S.p.A.</b> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione tecnica sulle pavimentazioni stradali IF2R.2.2.E.ZZ.RH.NV.05.0.0.002.A.DOCX</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF2R</td> <td style="text-align: center;">2.2.E.ZZ</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">NV.05.0.0.003</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">9 di 17</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	RH	NV.05.0.0.003	A	9 di 17
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	RH	NV.05.0.0.003	A	9 di 17								

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

in cui:

- $TGM_{tot}$  il traffico giornaliero medio TGM in veicoli/giorno, che transita o si presume che transiterà nell'infrastruttura durante il 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.

Nota il numero dei veicoli commerciali transitanti sulla corsia più lenta alla fine della vita utile, il calcolo del numero di assi standard equivalenti è stato eseguito ricorrendo ai coefficienti di equivalenza definiti da AASHTO e agli spettri di traffico suggeriti nel Catalogo delle Pavimentazioni Stradali:

Tipologie di veicoli commerciali		Numero totale assi	Numero di assi distribuiti per peso	Peso assi (kN)												
				10	20	20	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
1	Autocarri leggeri	2		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						1	3
15	Autobus	2						1			1					
16	Autobus	2					1		1							

Figura 2: veicoli commerciali, numero di assi, distribuzione dei carichi per asse (Catalogo delle Pavimentazioni)

APPALTATORE: <b>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandataria: <b>SYSTRA S.A.</b> Mandante: <b>SWS Engineering S.p.A.</b> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
Relazione tecnica sulle pavimentazioni stradali IF2R.2.2.E.ZZ.RH.NV.05.0.0.002.A.DOCX	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 12.5%;">COMMESSA</td> <td style="width: 12.5%;">LOTTO</td> <td style="width: 12.5%;">CODIFICA</td> <td style="width: 12.5%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 12.5%;">REV.</td> <td style="width: 12.5%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>RH</td> <td>NV.05.0.0.003</td> <td>A</td> <td>10 di 17</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	RH	NV.05.0.0.003	A	10 di 17
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	RH	NV.05.0.0.003	A	10 di 17								

Spettri di traffico di veicoli commerciali per ciascun tipo di strada																		
Tipo di strada	Cat. strada	Tipo di veicolo																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	Autostrade extraurbane	AE	12,2	0	24,4	14,6	2,4	12,2	2,4	4,9	2,4	4,9	2,4	4,9	0,1	0	0	12,2
2	Autostrade urbane	AU	18,2	18,2	16,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6	18,2	27,3	0
3	Strade extraurbane principali e secondarie a forte traffico	B	0	13,1	39,5	10,5	7,9	2,6	2,6	2,5	2,6	2,5	2,6	2,6	0,5	0	0	10,5
4	Strade extraurbane secondarie ordinarie	C	0	0	58,8	29,4	0	5,9	0	2,8	0	0	0	0	0,2	0	0	2,9
5	Strade extraurbane secondarie turistiche	FE	24,5	0	40,8	16,3	0	4,15	0	2	0	0	0	0	0,05	0	0	12,2
6	Strade urbane di scorrimento	D	18,2	18,2	16,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6	18,2	27,3	0
7	Strade urbane di quartiere e locali	E	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
	Strade urbane locali	FU	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
8	Corsie preferenziali	PR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	53	0	0

Figura 3: Tipici spettri di traffico di veicoli commerciali per ciascun tipo di strada (Catalogo Pavimentazioni CNR)

In definitiva, si pone:

$$N_{8,2} = T^N \cdot C_{SN} \cdot n_a$$

in cui  $n_a$  è il numero medio di assi per veicolo commerciale;  $C_{SN}$  un coefficiente di equivalenza tra il generico asse reale, di peso  $P_i$  e tipologia  $T_i$ , e l'asse singolo standard da 8,2 ton, ed è definito dalla seguente espressione:

$$C_{SNi} = C_{SN} (P_i, T_i, PSF_f) = 10^{-A}$$

Con:

$$A = \left\{ 4.79 \cdot [\log(18 + 1) - \log(0.225 \cdot P_i + T_i)] + 4.33 \cdot \log(T_i) + \frac{G}{B_i} - \frac{G}{B^*} \right\}$$

$$G = \log \frac{PSI_i - PSI_f}{2.7}$$

$$B_i = 0.40 + \frac{0.081 \cdot (0.225 \cdot P_i + T_i)^{3.23}}{\left(\frac{SN}{2.54} + 1\right)^{5.19} \cdot T_i^{3.23}}$$

- $PSI_i$  = Present Serviceability Index all'apertura della strada, assunto pari a 4.2 per tenere conto delle inevitabili imperfezioni costruttive;
- $PSI_f$  = Present Serviceability Index al termine della vita utile, assunto in funzione del tipo di strada e scelto in base alle indicazioni del Catalogo delle Pavimentazioni CNR;
- SN = Indice Strutturale relativo alla sovrastruttura, meglio definito nel seguito.

APPALTATORE: <b>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandataria:            Mandante: <b>SYSTRA S.A.    SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione tecnica sulle pavimentazioni stradali IF2R.2.2.E.ZZ.RH.NV.05.0.0.002.A.DOCX</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF2R</td> <td style="text-align: center;">2.2.E.ZZ</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">NV.05.0.0.003</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">11 di 17</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	RH	NV.05.0.0.003	A	11 di 17
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	RH	NV.05.0.0.003	A	11 di 17								

Tipo di strada		Cat. strada	Affidabilità	PSI
1	Autostrade extraurbane	AE	90%	3,00
2	Autostrade urbane	AU	95%	3,00
3	Strade extraurbane principali e secondarie a forte traffico	B	90%	2,50
4	Strade extraurbane secondarie ordinarie	C	85%	2,50
5	Strade extraurbane secondarie turistiche	FE	80%	2,50
6	Strade urbane di scorrimento	D	95%	2,50
7	Strade urbane di quartiere e locali	E	90%	2,00
	Strade urbane locali	FU	90%	2,00
8	Corsie preferenziali	PR	95%	2,50

*Figura 4: valori di affidabilità e PSI*

## 4.2 INDICE STRUTTURALE SN DELLA PAVIMENTAZIONE

Lo “Structural Number” SN è un parametro che tiene conto della resistenza strutturale della pavimentazione. Esso è funzione degli spessori degli strati  $s_i$ , della resistenza dei materiali impiegati, rappresentata per mezzo dei coefficienti strutturali di strato  $a_i$ , e della loro sensibilità all’acqua rappresentata attraverso i coefficienti di drenaggio  $m_i$ .

L’espressione analitica dello Structural Number è:

$$SN = \sum_i a_i \cdot s_i \cdot m_i$$

dove:

$i$  = numero degli strati costituenti la sovrastruttura stradale;

- $a_i$  = coefficiente che esprime la capacità relativa dei materiali impiegati nei vari strati della pavimentazione a contribuire come componenti strutturali alla funzionalità della sovrastruttura. Tali coefficienti sono funzione della tipologia e relative proprietà del materiale.
- $s_i$  = spessore dello strato  $i$ -esimo della sovrastruttura in pollici (inch);
- $m_i$  = coefficiente funzione della qualità del drenaggio e della percentuale di tempo durante il quale la pavimentazione è esposta a livelli di umidità prossimi alla saturazione. Siccome l’effetto che l’acqua ha sui materiali legati è praticamente nullo si pone  $m=1$ .

Nello specifico i coefficienti strutturali relativi agli strati di usura ( $a_1$ ) e di base ( $a_3$ ) si ricavano direttamente dai monogrammi presenti sull’AASHTO Guide in funzione della stabilità Marshall

APPALTATORE: <b>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b> Mandante: <b>SWS Engineering S.p.A.</b> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Relazione tecnica sulle pavimentazioni stradali IF2R.2.2.E.ZZ.RH.NV.05.0.0.002.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO NV.05.0.0.003	REV. A	FOGLIO 12 di 17

scelta per i rispettivi strati (si considera per la stabilità Marshall a 75 colpi i valori indicati nel Catalogo delle Pavimentazioni stradali CNR). Il valore del coefficiente relativo allo strato di collegamento ( $a_2$ ) si ricava per interpolazione lineare dei parametri  $a_1$  e  $a_3$ , ricavati sempre dall'AASHTO Guide, in funzione, ovviamente, del valore della stabilità Marshall relativa allo strato di collegamento (binder). Infine, il coefficiente riguardante lo strato di fondazione  $a_4$  in misto granulare si ricava sempre dall'AASHTO Guide in funzione del CBR della fondazione.

<b>Stabilità Marshall</b>			
<b>Strato</b>	<b>S75 (kg)</b>	<b>S50 (kg)</b>	<b>S50 (lb)</b>
<i>usura</i>	1100	916.67	2016.67
<i>binder</i>	1000	833.33	1833.33
<i>base</i>	800	666.67	1466.67

Il metodo AASHTO utilizza un valore della stabilità Marshall a 50 colpi espresso in libbre. Di seguito l'espressione di conversione dalla stabilità a 75 colpi, espressa in kg, alla stabilità Marshall a 50 colpi espressa in libbre:

$$S50(lb) = \frac{S75(kg)}{1.2} \cdot 2.2$$

#### 4.3 AFFIDABILITÀ PERCENTUALE $R_1$ E FATTORE DI AFFIDABILITÀ $Z_R$

Per "Affidabilità" s'intende la probabilità che la sovrastruttura sia in grado di assicurare, con normali operazioni di manutenzione, condizioni di circolazione superiori allo stato limite per l'intera durata della vita utile. Nei casi in esame, l'affidabilità percentuale  $R_1$  è stata ricavata dalla seguente tabella, tratta dal Catalogo delle Pavimentazioni CNR:

<b>Fattore di affidabilità <math>Z_r</math></b>				
$R_1$	80%	85%	90%	95%
$Z_R$	-0.841	-1.037	-1.282	-1.645

APPALTATORE: <b>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA S.A.    SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione tecnica sulle pavimentazioni stradali IF2R.2.2.E.ZZ.RH.NV.05.0.0.002.A.DOCX</b>	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO NV.05.0.0.003	REV. A	FOGLIO 13 di 17

#### 4.4 PORTANZA DEL 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  $M_R$ .

In linea con le indicazioni del *Capitolato Generale Tecnico Di Appalto Delle Opere Civili - Parte II - Sezione 5*, la superficie costituente il piano di posa della sovrastruttura stradale, sia in trincea che in rilevato, sarà realizzata mediante formazione di uno strato di terra fortemente compattato (supercompattato) di spessore non inferiore a 30 cm (spessore finito). Il modulo di deformabilità  $M_D$  di tale strato non dovrà essere inferiore ad 80 MPa. Da tale valore è possibile ricavare il modulo resiliente per mezzo della seguente relazione:

$$M_R = 2 \cdot M_d \text{ (MPa)} = 160 \text{ MPa}$$

#### 4.5 NUMERO MASSIMO DI PASSAGGI DI ASSI EQUIVALENTI DA 8,2 TON.

Il numero massimo di passaggi di assi equivalenti che la pavimentazione può sopportare ( $N_{8,2max}$ ) è ricavabile dalla seguente espressione:

$$\log(N_{8,2max}) = Z_r \cdot S_0 + 9.36 \cdot \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log(M_R) - 8.07$$

essendo:

- $\Delta PSI$  = differenza tra l'indice di funzionalità della pavimentazione e al termine della vita utile;
- $S_0$  = deviazione standard relativa all'aleatorietà delle previsioni di traffico e delle prestazioni della pavimentazione, assunta pari a 0.45;
- $M_R$  = modulo resiliente del sottofondo, espresso in psi;
- $SN$  = indice strutturale della pavimentazione.

APPALTATORE: <b>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA S.A.    SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione tecnica sulle pavimentazioni stradali IF2R.2.2.E.ZZ.RH.NV.05.0.0.002.A.DOCX</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	RH	NV.05.0.0.003	A	14 di 17

#### 4.6 FATTORE DI SICUREZZA A FATICA FS

I risultati delle verifiche sono espressi attraverso il “fattore di sicurezza a fatica FS”, dato dal rapporto tra il numero massimo ( $N_{8.2max}$ ) di passaggi di assi equivalenti sopportabili dalla struttura, nell’arco della vita utile, e il numero di assi effettivamente transitanti sulla pavimentazione N8.2 nel medesimo intervallo temporale:

$$FS = \frac{N_{8.2max}}{N_{8.2}}$$

APPALTATORE: <b>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b> Mandante: <b>SWS Engineering S.p.A.</b> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione tecnica sulle pavimentazioni stradali IF2R.2.2.E.ZZ.RH.NV.05.0.0.002.A.DOCX</b>	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO NV.05.0.0.003	REV. A	FOGLIO 15 di 17

## 5 PAVIMENTAZIONE DI PROGETTO

In mancanza di dati di traffico di dettaglio, per la portata veicolare al termine della vita utile è stata presa a riferimento la portata di servizio (per corsia) corrispondente al LoS richiesto per una strada di tipo F urbana indicata nel D.M. 05/11/2001, pari a  $PS = 800$  autov. equiv/h x corsia.

La portata oraria effettiva è stata ricavata utilizzando una percentuale di veicoli pesanti  $p=15.00\%$  e un coefficiente di equivalenza tra autoveicoli e veicoli commerciali pari a  $n=2.5$  (ambiente di localizzazione della strada ondulato). La portata nell'ora di punta al termine della vita utile è pertanto:

$$V = \frac{2PS}{[1 + p(n - 1)]} = \frac{2 \times 800}{[1 + 0.15 \times (2.5 - 1)]} \cong 1306 \text{ veic/h}$$

Il TGM a fine vita utile si ricava invertendo la relazione tra questo e la portata oraria nell'ora di punta:

$$V = \frac{c \times TGM}{phf} \text{ (veic/h)}$$

in cui  $c$  è il fattore di conversione da TGM a  $V$  ( $c = 0.08$ ) e  $phf$  il fattore dell'ora di punta ( $phf = 0.85$ ). Risulta:

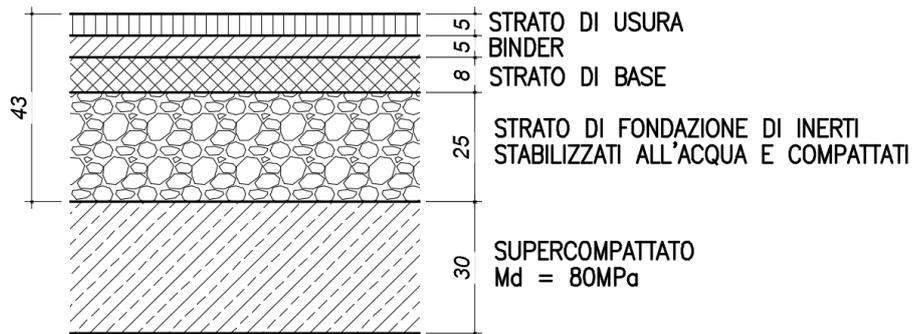
$$TGM_{fin} = 13\ 876 \text{ veic/giorno}$$

L'analisi consisterà nel verificare che, al termine della vita utile della pavimentazione (20 anni), con la percentuale di veicoli pesanti ipotizzata (15%), e lo spettro di traffico previsto per una strada di tipo F (Catalogo delle pavimentazioni CNR) risulti  $F_s > 1$  per un  $TGM_{fin}=13\ 876$  veic/giorno.

Per l'intervento in questione è stata scelta una pavimentazione flessibile avente spessore totale pari a 43 cm così costituita:

- usura in conglomerato bituminoso chiuso di spessore pari a 5 cm.
- binder in conglomerato bituminoso semichiuso di spessore pari a 5 cm.
- base in conglomerato bituminoso aperto di spessore pari a 8 cm.
- fondazione in misto granulare frantumato stabilizzato di spessore pari a 25 cm.

APPALTATORE: <b>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandataria:            Mandante: <b>SYSTRA S.A.    SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione tecnica sulle pavimentazioni stradali IF2R.2.2.E.ZZ.RH.NV.05.0.0.002.A.DOCX</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 10%;">REV.</td> <td style="width: 10%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>RH</td> <td>NV.05.0.0.003</td> <td>A</td> <td>16 di 17</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	RH	NV.05.0.0.003	A	16 di 17
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	RH	NV.05.0.0.003	A	16 di 17								



## 5.1 VERIFICA DELLA PAVIMENTAZIONE

Di seguito, sotto forma tabellare, sono riportate le analisi di verifica:

DATI DI TRAFFICO	
Categoria di strada	<b>FU</b>
TGM attuale	<b>7 683</b>
Numero giorni commerciali per settimana	<b>6</b>
Numero settimane commerciali per anno	<b>52</b>
Aliquota di traffico per direzione più carica	<b>50%</b>
Percentuale veicoli commerciali	<b>15.00%</b>
Aliquota veicoli commerciali sulla corsia di marcia normale	<b>60%</b>
Coefficiente di dispersione delle traiettorie	<b>0.80</b>
Numero medio di assi per veicolo commerciale	<b>2</b>
Tasso di crescita traffico durante la vita utile	<b>3.00%</b>
Vita utile (anni)	<b>20</b>
TGM al termine della vita utile	<b>13 876</b>

Legenda per l'attribuzione della categoria di strada	
AE	Autostrade extraurbane
AU	Autostrade urbane
B	Strade extraurbane principali e secondarie a forte traffico
C	Strade extraurbane secondarie ordinarie
FE	Strade extraurbane secondarie turistiche
D	Strade urbane di scorrimento
E	Strade urbane di quartiere e locali
FU	Strade urbane locali
PR	Corsie preferenziali

APPALTATORE: <b>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandataria:      Mandante: <b>SYSTRA S.A.    SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione tecnica sulle pavimentazioni stradali IF2R.2.2.E.ZZ.RH.NV.05.0.0.002.A.DOCX</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF2R</td> <td style="text-align: center;">2.2.E.ZZ</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">NV.05.0.0.003</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">17 di 17</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	RH	NV.05.0.0.003	A	17 di 17
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	RH	NV.05.0.0.003	A	17 di 17								

<b>Strada tipo</b>		<b>FU</b>
Grado di affidabilità	Reliability	<b>90%</b>
	$Z_R \times S_0$	-0.5769
Decadimento struttura	$PSI_{iniz}$	<b>4.5</b>
	$PSI_{min}$	<b>2.8</b>
<b>Caratteristiche strutturali degli strati costituenti la pavimentazione</b>		
Strati		
Usura in conglomerato bituminoso chiuso	$a_i$	0.43
	spessore      cm.	5
	coeff. Drenaggio	1.00
	$a_i \times s_{xd}$ (in)	0.846
Binder in conglomerato bituminoso semi aperto	$a_i$	0.40
	spessore      cm.	5
	coeff. Drenaggio	1.00
	$a_i \times s_{xd}$ (in)	0.787
Base in conglomerato bituminoso aperto	$a_i$	0.28
	spessore      cm.	8
	coeff. Drenaggio	1.00
	$a_i \times s_{xd}$ (in)	0.882
Fondazione in misto granulare stabilizzato	$a_i$	0.14
	spessore      cm.	25
	coeff. Drenaggio	1.00
	$a_i \times s_{xd}$ (in)	1.378
<b>Spessore totale pavimentazione</b>	<b>cm.</b>	<b>43.00</b>
<b>SN</b>	<b>inch</b>	<b>3.894</b>
<b>Sottofondo</b>		
$M_D$	MPa	80
CBR	%	<b>16</b>
$M_R$	psi	15067
<b>VERIFICHE</b>		
$W_{80}$	Traffico di progetto	<b>1 704 167</b>
	Traffico massimo ammissibile	<b>10 214 460</b>
	Verifica	<b>OK</b>
Coefficiente di sicurezza $FS = N_{8.2max} / N_{8.2}$		<b>5.99</b>
PSI a termine vita utile		<b>4.00</b>
Tempo per raggiungere il $PSI_{min}$		<b>34</b>