



FSC

Fondo per lo Sviluppo
e la Coesione

PROGRAMMAZIONE FSC 2014 - 2020

Patto per lo Sviluppo della Regione Campania

PROGETTO FINANZIATO CON LA DELIBERAZIONE CIPE N. 26 / 2016
C.U.P. E91B15000520009

CONSORZIO DI BONIFICA "VELIA"

Località Piano della Rocca, 84060 - PRIGNANO CILENTO (SA)

Tel. 0974/837206 - Fax. 0974/837154 - Pec: consorziovelia@pec.it - www.consorziovelia.com

INTERVENTO DI VIABILITA' ZONA DIGA ALENTO COMPLETAMENTO STRADA - 3° LOTTO

TRATTO DI PROGETTO	<input checked="" type="checkbox"/> Nodo di Cicerale
	<input checked="" type="checkbox"/> Dal 5° innesto per Cicerale all'innesto per Monteforte Cilento
	<input type="checkbox"/> Dall'innesto per Monteforte Cilento a Stio

FATTIB. TECN. - ECONOM. PROGETTO DEFINITIVO PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato	A2.01	Scala	-	Data	Ottobre 2018	Revisione	<input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6
-----------	-------	-------	---	------	--------------	-----------	--

Oggetto:

Relazione tecnica e sulle interferenze

TIPOLOGIA ELABORATO	<input checked="" type="checkbox"/> Descrittivo	<input type="checkbox"/> Grafico	<input type="checkbox"/> Calcolo
<input type="checkbox"/> Economico	<input type="checkbox"/> Sicurezza	<input type="checkbox"/> Contrattuale	<input type="checkbox"/> Altro

PROGETTISTA

Velia Ingegneria e Servizi Srl

Loc. Piano Della Rocca 84060 PRIGNANO CILENTO (SA)
Tel. 0974/837206 fax 0974/837154 - Pec: veliaingegneria@pec.it

Ing. Gaetano Suppa

Iscritto all'Albo degli Ingegneri di Salerno n. 1854 dal 12.09.1983

GEOLOGO

Dott. Geol. Francesco Peduto

Iscritto all'Albo dei Geologi Regione Campania n. 2683 dal 06.05.1988

R.U.P.

Ing. Marcello Nicodemo

Iscritto all'Albo degli Ingegneri di Salerno n. 1931 dal 16.04.1984

Riferimento archivio digitale: N.023b.10.2018/Ve.Ing

RELAZIONE TECNICA E SULLE INTERFERENZE

(ai sensi dell'art. 26 comma 1 lett. f, h, l del D.P.R. 207/2010 e s.m.i.)

Premessa

Il progetto di "Ripristino viabilità e collegamenti di servizio del bacino della diga Alento, nello specifico dei tronchi B e C (tratti dal 1° al 2° innesto per Cicerale) e tronchi D3, E ed F (dal 5° innesto per Cicerale all'innesto per Monteforte Cilento), di ca. 5,40 Km., è stato finanziato con fondi di cui al progetto PS 29/172 ex Agensud (regolato dalla convenzione n. 1811 del 18.05.1990) e A.P.Q. - "Infrastrutture per la viabilità in Regione Campania".

Il tratto di 10,8 Km ricompreso tra l'innesto per Monteforte Cilento e Stio, di collegamento alla SR ex SS 488 Km, è stato completato ed è in esercizio a cura della Provincia dal 2001; tuttavia, all'attualità, il tronco stradale di che trattasi (tronco C) risulta chiuso al traffico a causa di dissesti idrogeologici localizzati che ne impediscono la transitabilità in condizioni di sicurezza. Il ripristino della funzionalità del tracciato, unitamente al completamento dei ca. 3,3 Km. ricompreso tra il 5° innesto per Cicerale e l'innesto per Monteforte Cilento, sarà garanzia di una seppur temporanea continuità dell'intera strada dalla diga Alento a Stio attraverso la viabilità comunale di Cicerale; questa sarà utile a bypassare i restanti 2,7 Km da realizzare nelle previsioni del 5° lotto. Il 3° lotto di completamento della strada è dunque costituito dal tratto ricompreso tra il 5° innesto per Cicerale e Stio oltreché dall'intervento minore del nodo per Cicerale; il tratto, una volta ultimato, consentirà l'agevole collegamento con i comuni di Magliano Vetere, Campora, Laurino e, più in generale, con i territori interni del Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni. Il presente stralcio progettuale è già stato sviluppato a livello di progetto di fattibilità tecnico - economica dalla Società Velia Ingegneria e Servizi Srl in house all'uopo incaricata. Tuttavia, ricadendo tale stralcio progettuale tra i lavori finanziati con la delibera CIPE 26/2016 insieme ad altri stralci già sviluppati a differenti livelli, è occorsa la necessità di ricondurre l'iniziativa ad un quadro progettuale unitario ed omogeneo. Per tale motivo si è provveduto ad una riformulazione seppur non sostanziale dello stralcio progettuale de quo in virtù del carattere unitario dell'intero progetto per i lavori del 3° lotto di completamento.

Descrizione dello stato dei luoghi

L'intervento si localizza nella media e alta valle del fiume Alento, nella fattispecie dei territori comunali di Cicerale e Monteforte Cilento. Il percorso muove da una situazione di mezza costa all'altezza del 5° svincolo per Cicerale per poi ridiscendere in fondovalle e seguire il tracciato vallivo fino alla confluenza di riammagliamento stradale per Monteforte Cilento. Dalla documentazione fotografica e dagli altri elaborati descrittivi dello stato dei luoghi si possono facilmente desumere i connotati morfologici, vegetazionali e di inserimento dell'area di progetto nel contesto ambientale e paesaggistico di riferimento. Come anticipato ad oggi risulta già realizzata buona parte dell'opera al netto delle barriere stradali, della segnaletica orizzontale e verticale, della messa in sicurezza dei costoni rocciosi in corrispondenza dell'ex - galleria artificiale (prevista nel progetto originario ma

"Tratto dal 5° innesto per Cicerale all'innesto per Monteforte Cilento – Nodo di Cicerale"

non più realizzata) oltreché dell'estensione di dette opere anche ai primi tratti dei riammagliamenti contermini. Segue stralcio sintetico della documentazione fotografica.



"Tratto dal 5° innesto per Cicerale all'innesto per Monteforte Cilento – Nodo di Cicerale"



"Tratto dal 5° innesto per Cicerale all'innesto per Monteforte Cilento – Nodo di Cicerale"



"Tratto dal 5° innesto per Cicerale all'innesto per Monteforte Cilento – Nodo di Cicerale"



"Tratto dal 5° innesto per Cicerale all'innesto per Monteforte Cilento – Nodo di Cicerale"

Descrizione del Progetto

Dal punto di vista amministrativo il tracciato stradale in esame attraversa i territori comunali di Cicerale e Monteforte Cilento.

Le opere di progetto sono così riassumibili:

- completamento e messa in sicurezza del raccordo esistente tra la viabilità comunale di collegamento al centro urbano di Cicerale (5° innesto) ed il tracciato di progetto in corrispondenza dell'interruzione "ovest" del tratto dei 2,70 Km. ancora da realizzare (5° lotto, dal 2° al 5° innesto per Cicerale). E' all'uopo prevista la realizzazione della zanella laterale per la raccolta e l'allontanamento delle acque zenitali oltreché la pavimentazione in conglomerato bituminoso ad oggi non ancora realizzata. In corrispondenza dell'innesto tra il tracciato da realizzare qui descritto ed il tratto da realizzare ex - novo sarà apposta una barriera in cemento tipo "New Jersey" fino a completamento dell'intero tracciato;
- stabilizzazione con provvedimenti antiersivi finalizzati al ripristino dell'officiosità del canale di guardia a monte del tratto di raccordo con la viabilità comunale (5° innesto per Cicerale);
- messa in sicurezza dei due costoni rocciosi in corrispondenza dello scavo per l'ex galleria artificiale, non più realizzata, mediante risagomatura dei profili, rete paramassi e apposizione di gabbioni al piede del versante con retrostante canaletta di guardia per la raccolta, gestione e allontanamento delle acque meteoriche;
- demolizione e ricostruzione di una porzione del muro di contenimento in calcestruzzo armato in corrispondenza del tratto ricompreso tra le sezioni 2 e 3; l'intervento interesserà la struttura preesistente in corrispondenza della lesione verticale formatasi, ancorché non manifestante ulteriori evidenze di avanzamento. La struttura verrà trattata con iniezioni di malta cementizia specificamente indicata per il consolidamento di lesioni diffuse di modesta entità;
- ripristino della trave di testa di collegamento della paratia tirantata, in corrispondenza del tratto ricompreso tra le sezioni 26 e 27, mediante l'iniezione fino "a rifiuto" di malta cementizia nelle lesioni compromettenti la stabilità dell'opera di sostegno;
- demolizione e ricostruzione della parte ammalorata del cordolo in calcestruzzo armato in corrispondenza all'incirca della sezione 30; trattasi di una lavorazione necessaria per consentire l'installazione a regola d'arte della segnaletica verticale;
- realizzazione nei tratti in cui non già esistente tra le sezioni 26 e 34 di un fosso di guardia in calcestruzzo armato parallelo al muro esistente a monte del tracciato stradale. L'opera consentirà la corretta gestione delle acque meteoriche provenienti dal pendio ed il loro convogliamento nel tombino esistente, evitando che le stesse si riversino sulla sede stradale;
- tra le sezioni 24 e 27 e tra le sezioni 30 e 31 è prevista la rimozione di materiali provenienti dagli scavi provvisoriamente depositati in fase di cantiere;

"Tratto dal 5° innesto per Cicerale all'innesto per Monteforte Cilento – Nodo di Cicerale"

- ripristino dei fossi di guardia in calcestruzzo armato nei tratti in cui non ne è rilevata la completa officiosità;
- posa in opera di specifici giunti di dilatazione tra gli elementi strutturali connessi (viadotti), indispensabili per garantire eventuali traslazioni e rotazioni connesse a dilatazioni e contrazioni termiche, inflessioni dovute alle azioni variabili da traffico, movimenti delle sottostrutture etc... Saranno dunque installati giunti di sottopavimentazione oltreché giunti superficiali in neoprene;
- completamento della piattaforma stradale mediante realizzazione della pavimentazione in conglomerato bituminoso (strato di base in misto bituminoso, strato di collegamento "binder", strato di finitura - tappetino di usura) per l'intera area così come appositamente campita nelle tavole progettuali nelle misure riportate nel computo metrico estimativo di progetto;
- estensione della pavimentazione stradale anche ai primi tratti delle bretelle di collegamento con Cicerale e Monteforte Cilento, così come definito dagli elaborati progettuali;
- estensione della pavimentazione in conglomerato bituminoso anche agli altri tratti stradali secondari indicati negli elaborati di progetto, ivi compresa la bretella di connessione alla strada comunale esistente di collegamento con Cicerale in prossimità dell'ex - galleria artificiale non realizzata;
- apposizione delle barriere stradali del tipo "semplice per rilevato" nei tratti indicati dagli elaborati progettuali;
- apposizione delle barriere stradali del tipo "bordo ponte" nei tratti indicati dagli elaborati progettuali;
- apposizione della segnaletica verticale;
- realizzazione della segnaletica orizzontale;
- opere di ripristino dei manufatti e/o forniture già realizzate ma non più funzionali (vedi, ad esempio, ripristino chiusini, brevi tratti di rete, zanelle, pozzetti ecc...);
- in corrispondenza del "nodo per Cicerale" sarà realizzato il completamento e la messa in sicurezza del raccordo geometrico tra la viabilità de quo e la bretella stradale esistente di competenza comunale (2° innesto per Cicerale); sul tratto è prevista l'apposizione di idonee barriere stradali tipo H1 e H2 nonché un modesto allargamento della sezione stradale in corrispondenza della curva di raccordo.

Per ogni ulteriore specifica si faccia riferimento agli allegati elaborati grafici e descrittivi, al computo metrico estimativo ed al capitolato speciale d'appalto.

Censimento e risoluzione delle interferenze

Come descritto le opere da realizzare riguardano sostanzialmente il completamento per la messa in esercizio di un tratto stradale già realizzato nonché minimi interventi di manutenzione di manufatti già esistenti. Vista anche la particolare ubicazione del tracciato non sono state rilevate interferenze per le quali occorre pianificarne la gestione e la risoluzione ai sensi dell'art. 26 comma 1 lettera l) del D.P.R. 207/2010 e s.m.i.. Si precisa altresì

"Tratto dal 5° innesto per Cicerale all'innesto per Monteforte Cilento – Nodo di Cicerale"

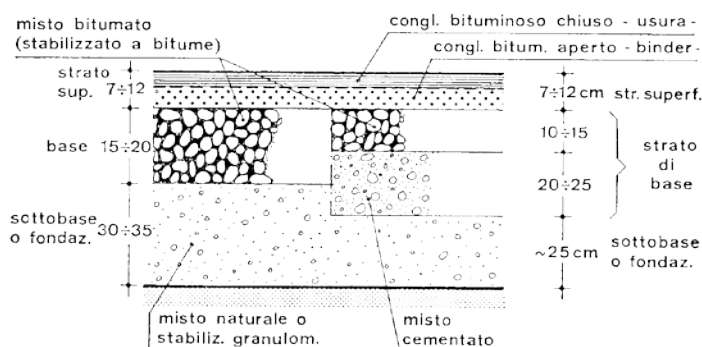
come le interferenze grafiche con le aree a rischio alluvione e le fasce fluviali, rispettivamente rilevabili negli elaborati B1.04 e B1.05, non incidono in maniera diretta sulle opere in trattazione considerata la posizione della strada che, a seconda dei tratti, è ubicata su rilevato o su viadotto.

PREMESSA

La presente relazione riguarda il dimensionamento della sovrastruttura che andrà a costituire la pavimentazione degli interventi del tratto di 3,3 Km dal 5° innesto per Cicerale all'innesto per Monteforte.

SCELTA E DIMENSIONAMENTO DELLA SOVRASTRUTTURA

Per la pavimentazione del piazzale si è deciso di utilizzare una pavimentazione di tipo flessibile, costituita da uno strato di usura, uno di collegamento (binder), uno di base ed uno di fondazione



Gli strati superficiali devono avere elevata resistenza meccanica a compressione, flessione e taglio, elevata aderenza, devono essere impermeabili ed essere oggetto di scarse manutenzioni. Lo strato di base, invece, deve avere elevata resistenza ai fenomeni di fatica e all'ormaiamento. Lo strato di fondazione trasferisce i carichi al terreno e funge da filtro per la risalita di materiali fini.

Strato di usura

Lo strato d'usura è quello più superficiale della pavimentazione, quello soggetto all'usura dovuta al traffico ed esposto agli agenti atmosferici. La sua funzione è quella di sopportare carichi e sollecitazioni, offrire aderenza ed impermeabilizzare gli strati sottostanti.

È realizzato in conglomerato bituminoso le cui caratteristiche dipendono dalle proprietà degli elementi che lo compongono.

Gli inerti devono presentare le seguenti caratteristiche:

- coefficiente Los Angeles < 20%;
- indice dei vuoti < 0.80;
- coefficiente di imbibizione < 0.015;
- resistenza a compressione > 1400 Kg/cm²;
- resistenza all'usura > 0.60;
- frazione grossa di natura basaltica o porfirica pari almeno al 30% del totale.

L'equivalente in sabbia dell'aggregato fino deve avere un valore maggiore del 55%; l'additivo deve essere costituito o da polvere di rocce calcaree o da cemento.

Il legante è il bitume con indice di penetrazione pari a 60÷70 dmm. La miscela deve contenere una percentuale di bitume pari a 4.5÷6% ed avere una permeabilità pari a $k=10^{-6}$ cm/s.

La prova Marshall (75 colpi) deve fornire i seguenti risultati:

- stabilità > 1000 Kg;
- rigidità > 300 Kg/mm;
- % vuoti: 3÷6%;
- stabilità dopo immersione per 15gg > 75% rispetto al valore originale.

La percentuale di vuoti del conglomerato bituminoso per lo strato di usura a fine rullatura deve essere compresa tra il 4÷8%, dopo un anno di vita utile della pavimentazione tra il 3÷6%.

Strato di collegamento (binder)

Lo strato di collegamento in conglomerato bituminoso ha la funzione di collegamento tra lo strato di base e quello di usura.

Le proprietà degli inerti sono:

- coefficiente Los Angeles < 25%;
- indice dei vuoti < 0.80;
- coefficiente di imbibizione < 0.015.

L'equivalente in sabbia, gli additivi utilizzati e l'indice di penetrazione del bitume utilizzato sono gli stessi dello strato di usura. La percentuale di bitume della miscela deve essere pari a 4÷5.5%.

La prova Marshall (75 colpi) deve fornire i seguenti risultati:

- stabilità > 900 Kg;
- rigidità > 300 Kg/mm;
- % vuoti: 3÷7%;
- stabilità dopo immersione per 15gg > 75% rispetto al valore originale.

Strato di base

Lo strato di base ha la funzione di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dai veicoli e di avere un'adeguata flessibilità per resistere, sotto gli stessi carichi, a qualunque eventuale assestamento del sottofondo. In particolare deve resistere ai fenomeni di fatica, all'ormaiamento e, prevalentemente, alle sollecitazioni di trazione.

E' costituito da conglomerato bituminoso. Gli inerti devono avere un coefficiente Los Angeles < del 25%, l'equivalente in sabbia deve essere <50% e l'additivo è costituito dal 90% del passante al setaccio UNI 0.18 e UNI 0.075. Il bitume ha le stesse proprietà di quello utilizzato negli strati superficiali.

La percentuale di bitume all'interno della miscela deve essere il 3.5÷4.5%. Le caratteristiche finali della miscela devono conferire i seguenti valori:

- stabilità > 700 Kg;

- rigidezza > 250 Kg/mm;
- % vuoti: 4÷7%.

Strato di fondazione

Lo strato di fondazione ha due funzioni principali: ripartire i carichi sul terreno e fungere da filtro per evitare la risalita di particelle fini. E' composto da stabilizzato granulometrico cioè da una miscela di aggregati lapidei eventualmente corretta con l'aggiunta o la sottrazione di determinate frazioni granulometriche per migliorarne le proprietà fisico-meccaniche. Il misto granulare è costituito da aggregati grossi e fini.

Gli aggregati devono presentare le seguenti caratteristiche:

- dimensioni minori a 7.1 cm;
- forma regolare, né piatta né lunga;
- coefficiente Los Angeles < 30%;
- equivalente in sabbia $25 < ES < 65$;
- indice di portanza CBR dopo quattro giorni di imbibizione (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) deve essere maggiore di 50;
- indice plastico IP = 0
- rapporto tra il passante al setaccio UNI 0.075 mm ed il passante al setaccio UNI 0.4 mm deve essere inferiore a 2/3.

Il piano di posa dello strato deve avere le quote, la sagoma, i requisiti di portanza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo. La stesa viene effettuata attraverso motograder appositamente equipaggiati. A lavoro ultimato il peso dell'unità di volume della parte solida γ_s deve essere maggiore del 95% del peso dell'unità di volume massimo e il modulo di deformazione ottenuto con la prova di carico con piastra deve risultare maggiore di 800 Kg/cm².

Strato di Base/Binder

Al fine di rispondere alle prescrizioni dell'Ente Parco circa la necessita di prevedere un asfalto drenante e al contempo di evitare che tale scelta comporti la maggiore probabilità di trovare ghiaccio in carreggiata nei mesi invernali si avalla l'ipotesi di un unico stato di conglomerato bituminoso, costituito da un conglomerato bituminoso di tipo "Base/Binder". Il "Base/Binder" presenta una percentuale di bitume superiore rispetto al conglomerato bituminoso "base", è un conglomerato bituminoso ad elevata resistenza meccanica di tipo chiuso che ha la funzione di manto superficiale delle pavimentazioni; induce un aumento di stabilità, una maggiore resistenza meccanica alle deformazioni, una maggiore durata, una maggiore elasticità e una sensibilità alle condizioni termiche estreme, diminuendo la probabilità della formazione di ghiaccio in careggiata, ma al contempo garantendo un comportamento drenante per come richiesto dalla prescrizione del parco.

Calcolo della sovrastruttura

Per il calcolo della sovrastruttura stradale si è fatto riferimento a due metodi empirici, basati sullo studio di strade sperimentali ossia:

- Metodo AASHTO;

Dall' esame della tipologie di terreno presente nell'area, si ritiene di poter utilizzare cautelativamente (in mancanza di indagini geotecniche mirate) un valore della portanza del sottofondo espressa in termini di CBR pari al 6%.

La metodologia di dimensionamento proposta dall' AASHTO si basa sulla quantificazione della capacità strutturale di una pavimentazione attraverso il Numero di Struttura SN (Structural Number).

Il Numero di Struttura di progetto

Il metodo di dimensionamento (AASHTO Guide Design of Pavement Structures) si fonda sul contributo di 4 fattori che considerano i seguenti aspetti:

1. traffico di progetto;
2. grado di affidabilità del procedimento di dimensionamento;
3. decadimento limite ammissibile della sovrastruttura;
4. caratteristiche degli strati (Numero di struttura SN).

L'espressione analitica assunta nell'AASHTO Guide come relazione fondamentale di dimensionamento è la seguente:

$$\log W_{18} = Z_R \cdot S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

Traffico.

Nella metodologia proposta dall' "AASHTO Guide for Design of Pavement Structures" i carichi di traffico sono rappresentati dal numero cumulato (W_{18}) di assi standard (ESAL¹) da 8,16 t (18 kip)

¹ ESAL = Equivalent Standard Axle Load. Questo rappresenta l'asse standard assunto dall'AASHTO pari a 18 kip (ChiloPound). Poiché 1 Pound = 0.4536 Kg esso equivale a 18.000 x 0.4536 Kg = 8.164,8 Kg

Generalmente il dato di partenza è il traffico giornaliero medio TGM, che transita o si presume transiterà nell'infrastruttura nel primo anno di vita utile. Questo dovrà essere corretto considerando i seguenti fattori:

1. L'evoluzione del traffico nel corso degli anni (**r**). È alquanto difficile poter prevederne l'esatta evoluzione, in genere si assiste a tassi di crescita maggiori nei primi anni di vita, tassi che poi si riducono nel tempo. In mancanza di dati più precisi si può assumere un tasso compreso tra il 2%÷3% nel primo periodo di vita utile, 1 ÷ 2% nel medio periodo di vita utile e 1% nell'ultima parte;
2. La distribuzione del traffico per senso di marcia (**pd**). In genere si può assumere che il TGM si suddivida equamente nelle due direzioni. In particolari situazioni, legate a fenomeni di pendolarismo si può verificare una diversa suddivisione (70% in un senso, 30% nell'altro);
3. La percentuale di veicoli commerciali (**p**). Questa varia da valori nulli se il transito è interdetto a questa categoria di mezzi, fino ad assumere valori del 30 ÷ 40%. Valori medi sono compresi intorno tra 10 ÷ 15%;
4. Percentuale di traffico commerciale che transita nella corsia lenta (**pl**). Non tutti i veicoli commerciali transitano nella corsia lenta; parte di questi, soprattutto quelli con minor carico, raggiungono velocità tali da impegnare anche le altre corsie. Si considera questo aspetto ipotizzando che (generalmente) il 95% di tutti i veicoli commerciali transiti sulla corsia lenta;
5. La dispersione delle traiettorie (**d**). La traiettoria seguita dalle ruote, come già accennato, non è sempre la stessa, ma si disperde nell'intorno di un valore medio. Si tiene conto di ciò riducendo (in genere) del 20%, il TGM;
6. La distribuzione dei carichi del traffico commerciale. I veicoli che lo compongono non hanno gli stessi carichi per asse determinando livelli di sollecitazione differenti. Per omogeneizzare i risultati si ricorre al concetto di asse equivalente che la progressione del danno prodotto varia in modo esponenziale con il carico stesso.
 - Yoder ha proposto l'espressione $C_{eq} = 2^{0.78(x-y)}$ dove x è il peso dell'asse in esame ed y il peso dell'asse equivalente standard.
 - Ricerche più recenti mostrano il seguente legame: $C_{eq} = (x/y)^4$. La dipendenza dalla 4a potenza è stata studiata con riferimento all'asse standard da $y=80$ KN ed è riconosciuta valida internazionalmente.
7. Il numero medio degli assi di un generico veicolo commerciale. Questo è compreso tra 2 e 5. Se si tiene conto della distribuzione delle differenti classi di veicoli commerciali, si può assumere un valore compreso tra 2.25 e 2.7.

È bene precisare che con corsia lenta si intende o la corsia destra di marcia normale o, se presente, la corsia di arrampicamento, quando la pendenza della livelletta e la percentuale di veicoli pesanti la rendono necessaria.

Il numero N di assi cumulati alla fine della vita utile potrà determinarsi moltiplicando il TGM per i parametri suddetti:

$$N = 365 \cdot TGM \cdot p_d \cdot p \cdot p_l \cdot d \cdot C_{eq} \cdot n_a \cdot \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Il numero di assi che transitano in un giorno dell'ultimo anno della vita utile sarà:

$$N_g = TGM \cdot p_d \cdot p \cdot p_l \cdot d \cdot C_{eq} \cdot n_a \cdot (1+r)^n$$

Assumendo valida la legge della 4a potenza e che un asse da 18 kip coincida con l'asse standard da 80 KN (8 t), la valutazione del traffico cumulato W18 in ESAL può essere condotta noto lo spettro di traffico.

Affidabilità

Questo fattore di dimensionamento considera le condizioni aleatorie che possono inficiare le previsioni di traffico e le prestazioni delle pavimentazioni. L'affidabilità di un processo di dimensionamento della pavimentazione è probabilità che la sezione dimensionata possa mantenersi in condizioni accettabili durante tutta la vita utile.

Uno dei dati assunti in fase di progetto è il valore del traffico cumulato sopportabile dalla sovrastruttura **Wt** in ESAL. Inoltre, viene anche assunta una legge di crescita che, per ciascun anno, fornisce il valore cumulato **Wt** di ESAL transitati sino a quel momento.

Nella realtà si verificheranno differenze tra questo ultimo e il valore di assi realmente transitato **Nt**, l'errore che si commette è dovuto al fatto che la pavimentazione andrà fuori servizio per un valore di ESAL pari a **Nt** invece di quello previsto in sede di progetto e pari a **Wt**.

Si assume per tali errori una distribuzione statistica di tipo normale (gaussiana).

Nel metodo dell'AASHTO l'affidabilità **R** (reliability) viene introdotta attraverso i coefficienti **S0** e **ZR**. **S0** rappresenta la deviazione standard nella predizione del traffico e della prestazione attribuita alla pavimentazione. **ZR** è l'ascissa della distribuzione standard ridotta. Senza entrare nei dettagli analitici è facile dimostrare che il **Fattore di Affidabilità di Progetto FR** è tale che:

$$F_R = \frac{W_t}{W_T} = 10^{-Z_R S_0}$$

L'affidabilità **R** rappresenta la probabilità che un determinato evento accada. Affermare che **R=95%** significa che in 95 casi su cento le previsioni di progetto (traffico, prestazione pavimentazione) consentono di raggiungere la prefissata vita utile. Viceversa nel 5% dei casi ciò non si verifica. Per ciascun valore di **R** esiste un ben determinato valore di deviazione standard ridotta **ZR**²

La valutazione di **FR** consente di valutare il fattore **ZR·S0** presente nella formula di dimensionamento proposta dall'AASHTO. Le indagini condotte dall'AASHTO raccomandano per pavimentazioni di tipo flessibile e semirigido un valore di **S0** compreso tra **0.40 e 0.50**. Valori inferiori sottintendono il fatto che il reale comportamento del traffico e dell'efficienza della pavimentazione è meno disperso intorno al valore medio.

² Il valore di **R** rappresenta l'area sottesa dalla curva di distribuzione normale ridotta tra **ZR** e $+\infty$. Per ciascun valore di **R** esiste un determinato valore di **ZR** come specificato in tabella:

R %	Z _R
50	-0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674

R %	Z _R
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340

R %	Z _R
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645

R %	Z _R
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327

R %	Z _R
99.9	-3.090
99.99	-3.750

La tabella EE.9 proposta dall'AASHTO Guide consente per un dato valore di affidabilità R e S_0 di determinare il valore di F_R . Il valore di affidabilità R sono consigliati in funzione dell'importanza dell'infrastruttura

mostrato nella
Catalogo Italiano
Stradali.

stradale, come
tabella 9 del
delle Pavimentazioni

Tabella 9 - Affidabilità e PSI

Tipo di strada	Affidabilità (%)	PSI
1) Autostrade extraurbane	90	3
2) " urbane	95	3
3) Strade extr. principali e secondarie a forte traffico	90	2.5
4) Strade extraurbane secondarie - ordinarie	85	2.5
5) " " " -turistiche	80	2.5
6) Strade urbane di scorrimento	95	2.5
7) " " di quartiere e locali	90	2
8) Corsie preferenziali	95	2.5

Decadimento limite ammissibile della sovrastruttura

L'indice assunto dall'AASHTO per valutare il decadimento nelle delle sovrastrutture è il Present Serviceability Index PSI. Esso viene definito in funzione della media delle variazioni dei pendenza del profilo, della profondità delle ormaie, della superficie delle buche e dei rattoppi, o di lesioni di determinate caratteristiche riferite all'unità di superficie.

$$PSI = 5.03 - 1.91 \log(1 + SV) - 0.01 \sqrt{C + P} - 1.38 RD$$

con:

- SV = media delle variazioni di pendenza del profilo longitudinale
- C = area delle buche e dei rappezzati, per unità di superficie;
- P = area fessurata o lesionata con particolari caratteristiche, per unità di superficie;
- RD = media delle misura di profondità delle ormaie.

I valori di variano da valori ottimi pari a 5 all'inizio della vita utile a valori limite di 0 quando l'efficienza della pavimentazione è nulla. Tuttavia livelli inferiori a $1 \div 1.5$ non sono in genere accettabili poiché sarebbero compromessi i livelli di servizio e la sicurezza della strada. I valori limite ammissibili dipendono dall'importanza del collegamento stradale: quanto questo sarà maggiore tanto più alto deve essere il limite ammissibile di PSI.

Possono essere assunti i valori riportati nella tabella n°9 del Catalogo Italiano delle Pavimentazioni.

Tabella 9 - Affidabilità e PSI

Tipo di strada	Affidabilità (%)	PSI
1) Autostrade extraurbane	90	3
2) " urbane	95	3
3) Strade extr. principali e secondarie a forte traffico	90	2.5
4) Strade extraurbane secondarie - ordinarie	85	2.5
5) " " " -turistiche	80	2.5
6) Strade urbane di scorrimento	95	2.5
7) " " di quartiere e locali	90	2
8) Corsie preferenziali	95	2.5

I valori iniziali di PSI difficilmente sono pari a 5. Valori più realistici sono compresi tra $4.5 \div 4.8$

Caratteristiche degli strati (Numero di struttura SN)

Nel metodo ad ogni strato (di spessore H_i espresso in pollici) viene assegnato un coefficiente di struttura (tabella n°1), che rappresenta il contributo dello strato alla prestazione complessiva della pavimentazione.

Un ulteriore fattore viene introdotto per considerare gli effetti del drenaggio (d_i tabella n°3). Il contributo di ogni singolo strato alla prestazione complessiva della pavimentazione è dato dal prodotto dei 2 coefficienti a_i , d_i per il suo spessore H_i .

$$SN_i = a_i H_i d_i$$

- SN_i = numero di struttura dell'i-esimo strato [inch];
- a_i = coefficiente di strato dell'i-esimo strato [adimensionale];
- H_i = spessore dell'i-esimo strato [inch].
- d_i = coefficiente di drenaggio dell'i-esimo strato.

I coefficienti di spessore a_i possono essere ricavati, per gli strati non legati, in funzione delle misure di CBR, attraverso le relazioni:

$$a_i = 0.00645 \cdot CBR^3 - 0.1977 \cdot CBR^2 + 29.14 \cdot CBR \quad \text{base}$$

$$a_i = 0.01 + 0.065 \cdot \log CBR \quad \text{fondazione}$$

In alternativa può essere impiegata una relazione in funzione del modulo resiliente:

$$a_i = a_g \sqrt[3]{\frac{E_i}{E_g}}$$

- dove
- a_g = coefficiente di spessore standard secondo l'AASHTO Road Test
- E_i = modulo resiliente dello strato
- E_g = modulo resiliente del materiale standard secondo l'AASHTO Road Test

I valori di a_g, E_g sono riportati nella seguente tabella.

Tipo di strato	Coeff. Spessore a _g	Mod. resiliente E _g [MPa]
Congl. bituminoso per strati superficiali	0.44	3100
Base stabilizzata	0.18	246
Fondazione	0.13	123

Inoltre, si tiene conto del contributo dato dal sottofondo SNSG (structural number of subgrade)
 Il valore di SN viene, infine, valutato con la seguente espressione³:

$$SN = \sum_{i=1}^{n_{strati}} a_i H_i d_i + SNSG \quad [\text{Inch}]$$

Caratteristiche del sottofondo

Il parametro scelto per caratterizzare la portanza del sottofondo è il “modulo resiliente” Mr di progetto, valutabile sulla base di prove sperimentali utilizzando la norma AASHTO T274-82. La scelta di tale parametro è stata dettata dal fatto che esso meglio rappresenta il comportamento del sottofondo, in quanto consente di tener conto anche della componente viscosa reversibile della deformazione. Qualora non si disponga dell’attrezzatura necessaria a determinare il Mr possono essere utilizzate le correlazioni approssimative disponibili con l’indice di portanza CBR e il modulo di reazione K. A tale riguardo vengono riportate a seguire delle note in merito alla correlazione fra il Mr e il Md. Sono state considerate tre categorie di terreno di sottofondo di buona, media e scarsa portanza rappresentate dai valori del modulo resiliente Mr riportati in tabella.

Mr = 150 N/mm ²	CBR = 15 %	K = 100 KPa/mm
Mr = 90 N/mm ²	CBR = 9 %	K = 60 KPa/mm
Mr = 30 N/mm ²	CBR = 3 %	K = 20 KPa/mm

Si fa osservare che quando si è in presenza di terreni di scadente capacità portante (Mr=30 N/mm²), nei casi di autostrade, strade extraurbane principali e secondarie a forte traffico, nonché per le strade urbane di scorrimento, le schede di Catalogo prevedono il ricorso ad interventi di bonifica del terreno di sottofondo al fine di garantire la conservazione della regolarità del piano di posa della sovrastruttura sotto il traffico di cantiere e di favorire il costipamento degli strati della pavimentazione (si confronti i capitolati speciali di appalto relativi allegati al presente progetto). Nei casi in cui non è richiesto esplicitamente l’intervento di bonifica potrà comunque essere utilizzato quando ritenuto più conveniente dal punto di vista economico. Nei casi in cui lo strato inferiore della pavimentazione è legato, la parte superficiale del sottofondo sarà costituita da uno strato di raggugliamento in misto granulare non legato dello spessore minimo di 10 cm.

Le caratteristiche del sottofondo vengono considerate nella formula di dimensionamento proposta dall’AASHTO attraverso il modulo resiliente MR espresso in psi (pound square inch)⁴

Il contributo del sottofondo viene introdotto attraverso la sua capacità portante CRB:

$$SNSG = 3.51 \log_{10} CBR - 0.85 (\log_{10} CBR)^2 - 1.43 \quad \text{per } CBR \geq 3$$

$$SNSG = 0 \quad \text{per } CBR < 3$$

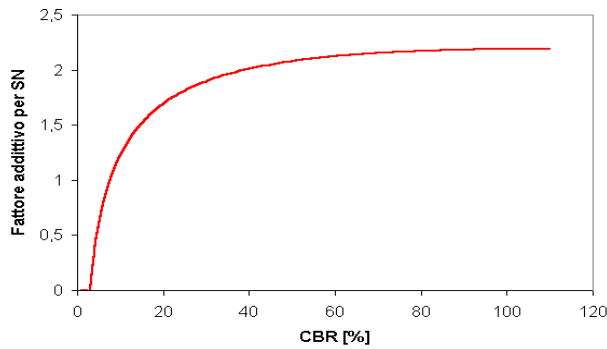
CBR = indice di portanza CBR (California Bearing Ratio) [%].

³ Se gli spessori sono espressi in mm l’espressione si modifica, tenendo conto che 1 pollice = 25.4 mm, come

segue: $SN = \sum_i^{n_{strati}} a_i d_i \frac{H_i}{25.4} + SNSG = 0.03938 \sum_i^{n_{strati}} a_i d_i H_i + SNSG$

⁴ 1 pound = 0.4536 kg 1 psi = 0.4536/2.45² = 0.0703081 kg/cm² = 101.500 · 0.073081 = 7136.2722 Pa
 1 inch = 2.54 cm

Contributo del sottofondo al Numero di Struttura



La valutazione di SN può essere condotta indirettamente attraverso le correlazioni con altri parametri che descrivono le caratteristiche strutturali delle sovrastrutture. Tra questi un legame particolarmente utile risulta quello tra SN e il modulo resiliente del sottofondo MR.

$$CBR = \frac{M_R}{10}$$

MR = modulo resiliente del sottofondo in MPa

CBR = indice di portanza CBR (California Bearing Ratio) [%].

Coefficienti di drenaggio

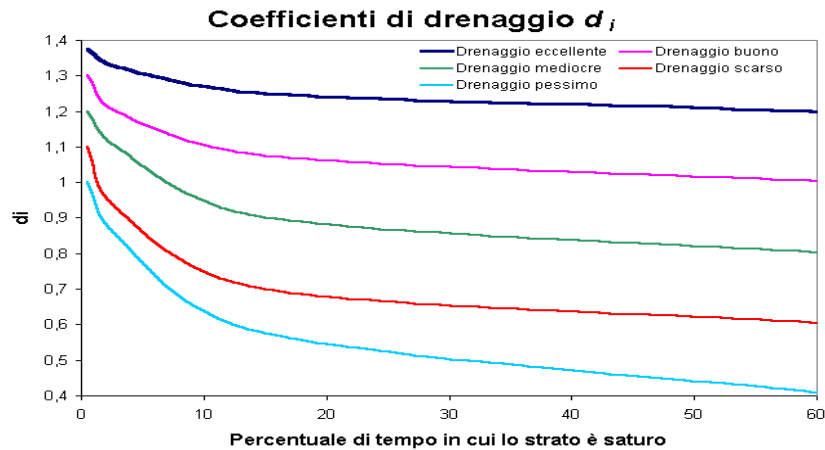
Nella AASHTO (Design Guide versione 1986 e1993) i coefficienti di drenaggio, di sono usati per modificare il valore del coefficiente di spessore ai di ogni strato non stabilizzato al di sopra del sottofondo in una pavimentazione flessibile.

Gli strati in conglomerato bituminoso (in materiali legati) non sono influenzati da un eventuale cattivo drenaggio dello strato o dal tempo in cui si trova in condizioni di saturazione. In questi casi il coefficiente di drenaggio vale comunque 1.

Per gli altri strati i coefficienti di drenaggio sono determinati considerando la qualità del drenaggio e il tempo, in percentuale, che la pavimentazione è esposta a livelli di umidità vicino alla saturazione. L'effetto di un efficiente drenaggio è quello di fornire valori elevati di SN e, pertanto, si traduce in una riduzione delle fessurazioni, delle ormaie e delle irregolarità della superficie stradale.

Qualità del drenaggio	Tempo di rimozione dell'acqua
Eccellente	2 ore
Buona	1 giorno
Media	1 settimana
Scarsa	1 mese
Molto scarsa	Non rimossa

Qualità drenaggio	Percentuale di tempo nel quale gli strati non legati sono in condizioni prossime alla saturazione			
	< 1%	Da 1% a 5%	Da 5% a 25%	> 25%
Eccellente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Buona	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Media	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Scarsa	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Molto scarsa	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40



Applicazione al caso in esame

Il tronco stradale in progetto una strada extraurbana a forte traffico tipo III CNR (tipo B secondo il Nuovo Codice della Strada) è caratterizzato dai seguenti valori:

- Traffico giornaliero medio TGM = 5000
- Numero di giorni commerciali per anno gg= 260
- Aliquota di traffico per direzione più carica pd = 0.5
- Percentuale di veicoli commerciali p = 0.15
- Aliquota di veicoli commerciali sulla corsia di marcia normale pl = 1.00
- Coefficiente di dispersione delle traiettorie d = 0.70
- Numero medio di assi per veicolo commerciale na = 2.5
- Vita Utile in anni n = 25
- Tasso di accrescimento del traffico durante la vita utile r = 0.03

Il traffico giornaliero medio si è posto pari a quello relativo alla strada a scorrimento veloce SP430 "Cilentana" (variante ss18) in prossimità dell'uscita di Omignano, rilevazione ufficiale ANAS 2015.

C) DETERMINAZIONE ANALITICA

TGM =		5.000
Numero giorni commerciali per settimana (gg) =		5
Numero settimane commerciali per anno (n.sett.) =		52
Aliquota di traffico per direzione più carica (pd) =		0,5
Percentuale veicoli commerciali (p) =		0,15
Aliquota di veicoli commerciali sulla corsia di marcia normale (pl) =		1
Coefficiente di dispersione delle traiettorie (d) =		0,7
Numero medio di assi per veicolo commerciale (na) =		2,5
Tasso crescita traffico durante la vita utile r =		0,03
Vita utile in anni (n) =		25

Spettro traffico (distribuzione delle 16 categorie dei veicoli considerati dal Catalogo Italiano delle pavimentazioni per strada tipo B)

Tipo veicolo commerciale	Percentuale %	Numero di assi distribuiti per peso	Peso assi (ton)													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	0,00%		1	1												
2	13,10%			1	1											
3	39,50%					1				1						
4	10,50%							1						1		
5	7,90%					1				2						
6	2,60%							1				2				
7	2,60%					1				2	1					
8	2,50%							1				3				
9	2,60%					1				4						
10	2,50%							1			2	2				
11	2,60%					1				3		1				
12	2,60%							1			3		1			
13	0,50%							1						1	3	
14	0,00%					1				1						
15	0,00%								1			1				
16	10,50%							1			1					

Tipo veicolo commerciale	Percentuale %	Frequenze parziali degli assi												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,00%													
2	13,10%		13,1%	13,1%										
3	39,50%				39,5%				39,5%					
4	10,50%					10,5%					10,5%			
5	7,90%				7,9%				15,8%					
6	2,60%						2,6%				5,2%			
7	2,60%							5,2%	2,6%					
8	2,50%							2,5%			7,5%			
9	2,60%				2,6%				10,4%					
10	2,50%							2,5%		5,0%	5,0%			
11	2,60%				2,6%				7,8%		2,6%			
12	2,60%							2,6%		7,8%		2,6%		
13	0,50%					0,5%							0,5%	1,5%
14	0,00%													
15	0,00%													
16	10,50%													
			13,1%	13,1%	55,2%	21,5%	10,2%		89,2%	15,4%	20,3%	13,1%	0,5%	1,5%

Peso asse (ton)	Frequenza asse	Coefficiente equivalenza 4^	Transiti da 8 t
1	0,0%	0,00024	0,00%
2	13,1%	0,00391	0,05%
3	13,1%	0,01978	0,26%
4	55,2%	0,06250	3,45%
5	21,5%	0,15259	3,28%
6	10,2%	0,31641	3,23%
7	0,0%	0,58618	0,00%
8	89,2%	1,00000	89,20%
9	15,4%	1,60181	24,67%
10	20,3%	2,44141	49,56%
11	13,1%	3,57446	46,83%
12	0,5%	5,06250	2,53%
13	1,5%	6,97290	10,46%
TOTALE	253,1%	TOTALE	233,51%

Il passaggio di 100 veicoli commerciali determina il transito di 253,1 assi di differente peso, che corrispondono al passaggio di 233,5 assi equivalenti da 8 t.

Numero transiti totali $W_{18} = 5.810.600$ Assi da 8 t

DETERMINAZIONE STRUCTURAL NUMBER (SN)						
STRATI	Spessore s_i (mm)	Coefficiente drenaggio	Coefficiente spessore (a_i)	$s_i \cdot d_i \cdot a_i$	CBR	M_R (psi)
Sottofondo					6,00	8407,75
Fondazione	300	1	0,13	39,00		
Base cementata	0	1	0,22	0,00		
Base bitumata	45	1	0,35	15,75		
Collegamento	45	1	0,35	15,75		
Usura	30	1	0,45	13,50		
				84,00		
SNSG =					0,786619426	
SN = SNSG+0,0394 $\sum s_i \cdot d_i \cdot a_i$ =					4,096219426	
$\log_{10} W_{18} =$	6,782733					
Pari ad un transito ammissibile W_{18} :			6.063.638	assi da 8t		
a fronte di un transito complessivo di			5.810.600	assi da 8t	VERIFICATO	