

<i>Elaborato</i>	<i>Livello</i>	<i>Tipo</i>	<i>Sistema / Edificio / Argomento</i>	<i>Rev. 01</i>
LT DA 00041 ETQ-00036693	P	R - Relazioni tecniche	DEC - Attività Generale di Decommissioning	Data 10/11/2014
Centrale / Impianto:	Sito di Latina - Documentazione Autorizzativa VIA/Istanze			
Titolo Elaborato:	Relazione tecnica - Impermeabilizzazione del sedime di Centrale e modifica della rete drenaggi			
Revisione generale				
<i>Timbri e firme per responsabilità di legge</i>				
Autorizzato				
SORVEGLIANZA SUGLI ELABORATI PRODOTTI DA Sogin Latina				
Motivo invio: Per Benestare				
ESTERNO		DWMD/ING Cardillo S.	DWMD/ING Tagliaferri P. DWMD/LAT Pezone A.	DWMD/ING Del Lucchese M. DWMD/LAT Bastianini E.
Incaricato	Collaborazioni	Verifica	Approvazione / Benestare	Autorizzazione all'uso

PROPRIETA'

LIVELLO DI CLASSIFICAZIONE

Bastianini E.

Aziendale

Livello di Classificazione: Pubblico, Aziendale, Riservato Aziendale – riproduzione vietata, Uso Ristretto – riproduzione vietata
 Il presente elaborato è di proprietà di Sogin S.p.A. È fatto divieto a chiunque di procedere, in qualsiasi modo e sotto qualsiasi forma, alla sua riproduzione, anche parziale, ovvero di divulgare a terzi qualsiasi informazione in merito, senza autorizzazione rilasciata per scritto da Sogin S.p.A.

Arch. Stefano Recagno	Tipo elaborato		
	Relazione tecnica	N° identificativo Sogin LT DA 00041	
Progetto: Progettazione di Impermeabilizzazione del sedime dell'Impianto della Centrale di Latina		Data: 04/11/2014	Pagina 1

Relazione tecnica

Progetto di Impermeabilizzazione del sedime dell'Impianto della Centrale di
Latina



Rev.	Data	Oggetto	Redatto	Verificato	Approvato
00	06/08/2014	Emissione	S. Recagno	S. Recagno	S. Recagno
01	04/11/2014	Emissione	S. Recagno	S. Recagno	S. Recagno

Impermeabilizzazione dell'area di sedime dell'impianto dell'ex Centrale Nucleare di Latina

Relazione tecnica

1 - PREMESSA

La S.O.G.I.N. S.p.A. ha come compito istituzionale la bonifica ambientale degli impianti nucleari italiani e la gestione e la messa in sicurezza dei rifiuti radioattivi.

Nel 1999 Sogin è divenuta proprietaria della Centrale Nucleare di Latina con l'obiettivo di realizzare la bonifica ambientale del sito.

Dal 2006 sono iniziate le operazioni necessarie per garantire la disattivazione in sicurezza dell'ex impianto nucleare, Centrale Nucleare di Latina, e le operazioni che dovranno portare al rilascio totale del sito esente da ogni vincolo radiologico.

A ottobre 2011 è stato emesso il Decreto di pronuncia di Compatibilità Ambientale (n. DVA-DEC-2011-000575 del 27.10.2011) per la bonifica ambientale della centrale di Latina, a firma congiunta dei Ministeri dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e dei Beni e le Attività Culturali che dispone la predisposizione dei seguenti piani:

- *“il piano di impermeabilizzazione dell'area di sedime dell'impianto per un'area specifica attorno a tutti gli edifici ed alle aree di operazione tale da garantire la non sussistenza di rischio di inquinamento del suolo e della falda anche a seguito di qualsivoglia sversamento o situazione incidentale”.*

- *“Il piano fognario con vasca per la raccolta della prima e della seconda pioggia da tutti i tetti, piazzali e comunque da tutte le aree impermeabilizzate; tali acque potranno essere rilasciate nel corpo recettore unicamente a seguito di analisi specifiche che ne garantiscano la conformità ai limiti di legge.”*

- *“Il piano delle aree di trattamento e condizionamento dei rifiuti pericolosi o radioattivi, le quali dovranno essere realizzate con pavimentazioni impermeabilizzate dotate di sottostante strato drenato da apposita fognatura e vasca di raccolta specifica in modo tale da contenere ogni possibile sversamento.”*

Il Piano di impermeabilizzazione dell'area di sedime è stato allestito dalla Soc. SOGIN e consta degli Elaborati LT DA 00002 – Relazione Tecnica, LT DA 00003 – Planimetria Generale Individuazione Aree Interessate dagli Interventi (rif.[2]), LT DA 00004 - Planimetria Generale Ante Operam (rif.[1]) LT DA 00005 - Planimetria Generale Post Operam (rif.[3]). Tale Piano fornisce il quadro generale di riferimento dell'intervento in oggetto.

2 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito ove sorge la ex Centrale in cui saranno realizzati gli interventi illustrati in progetto è ubicato all'interno di un'area recintata di circa 40 ettari prevalentemente pianeggiante nel territorio del Comune di Latina, località Borgo Sabotino in via Macchiagrande (ora Ninfina II) n° 6, individuata al Foglio Catastale n° 50, mappale 377 sub 1/3.

3 - SCOPO DELL'INTERVENTO

Nella 1^a fase del programma di decommissioning (dismissione dell'ex impianto nucleare per la restituzione del sito decontaminato al territorio) si prevede la demolizione controllata di alcuni edifici comuni, con produzione di rifiuti non pericolosi all'interno dell'area dell'ex Centrale. La realizzazione dei nuovi piazzali pavimentati di cui al presente progetto è funzionale a tali operazioni di demolizione in quanto consentirà la gestione logistica dei mezzi d'opera, lo smantellamento degli edifici ed il deposito temporaneo dei materiali provenienti dalle operazioni di disattivazione evitando ogni rischio di inquinamento del suolo e della falda

Attualmente l'area di sedime dell'ex Centrale è costituita da zone a verde e da parti (strade, piazzali e parcheggi) già impermeabilizzate con conglomerato bituminoso (vedi tav. n. LT DA 00038 – Planimetria Generale Ante Operam)

Le zone a verde sono ad andamento pressochè pianeggiante e destinate a prato; su di esse sono presenti sporadiche alberature risalenti per la maggior parte all'epoca della costruzione, di varie essenze arboree quali pini marittimi, palme, magnolie, pini, eucalipto etc. (vedi tav.le nn. LT DA 00038 – Planimetria Generale Ante Operam e LT DA 00039 – Planimetria Generale Individuazione Aree Intervento).

Le parti attualmente asfaltate, anch'esse ad andamento pressochè pianeggiante, presentano condizioni variabili di conservazione del manto bituminoso.

In generale ciascuna delle aree d'intervento individuate comprende :

- zone attualmente a verde che saranno impermeabilizzate mediante la realizzazione dei piazzali in progetto. Tali piazzali saranno completamente pavimentati e dotati di sistemi di raccolta e convogliamento delle acque meteoriche alle apposite vasche di trattamento al fine di evitare qualunque infiltrazione nel sottosuolo.
- parti già asfaltate che saranno oggetto di interventi di rifacimento del manto bituminoso.

Poiché lo scopo dei lavori di che trattasi è quello di ottenere l'assoluta e duratura impermeabilizzazione delle aree d'intervento e la completa raccolta delle acque di pioggia o di lavaggio senza sversamenti nel terreno, tutte le operazioni saranno finalizzate a conseguire la perfetta continuità ed uniformità tra i manti in conglomerato bituminoso relativi ai nuovi piazzali e quelli relativi alle parti già asfaltate, con le pendenze idonee e necessarie ad inviare le acque nei punti di raccolta. Perciò in sede di esecuzione dei lavori dovranno essere eseguite tutte le attività e le lavorazioni (quali costipamenti, rullature, ecc.) ed adottati tutti gli accorgimenti occorrenti ad evitare

cedimenti differenziali tra parti di nuova esecuzione e parti esistenti già stabilizzate che potrebbero comportare il formarsi di crepe o lesioni passanti nei manti, dovranno essere evitate sovrapposizioni e/o soprassi con formazione di piccoli "scalini" e/o repentine variazioni di quota che potrebbero ostacolare il corretto deflusso, dovranno essere verificate le pendenze delle superfici asfaltate esistenti e rettificate ove occorrente per raccordarle con quelle di nuova esecuzione, dovranno essere effettuate tutte le sigillature necessarie sui perimetri di caditoie, griglie lineari, ecc. fino al raggiungimento dello scopo prefigurato.

Nei piazzali saranno svolte le attività di recupero rifiuti previste dalla normativa vigente in materia di rifiuti non pericolosi.

I procedimenti e i metodi di recupero di ciascuna delle tipologie di rifiuto, saranno quelli previsti dalla normativa vigente; le lavorazioni saranno svolte in modo da non costituire pericolo per la salute dell'uomo e recare pregiudizio all'ambiente, e in particolare:

- non vi saranno rischi per l'acqua, l'aria, il suolo, la fauna e la flora;
- non saranno causati inconvenienti da rumori e odori;
- non sarà danneggiato il paesaggio;
- saranno rispettate le norme in materia di sicurezza sul lavoro;
- le acque di prima pioggia provenienti dai piazzali saranno convogliate in apposito impianto e depurate
- non sarà dato luogo ad emissioni in atmosfera.

Tutte le attività sopra elencate verranno svolte mediante l'impiego delle macchine correntemente utilizzate e dei mezzi per il carico (pale cariatrici gommate o cingolate, pale polivalenti e minipale) ed il trasporto (dumper, autotreni e automotrici). Pertanto i nuovi piazzali e le superfici asfaltate esistenti dovranno possedere caratteristiche idonee a sostenere il traffico dei mezzi pesanti sopra elencati, sia in termini di resistenza superficiale dei manti che in termini di resistenza degli strati di fondo e di fondazione.

4 - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE D'INTERVENTO

L'area di sedime dell'ex Centrale era già stata suddivisa in aree d'intervento nel "*piano di impermeabilizzazione*" in precedenza citato: nel presente progetto definitivo di impermeabilizzazione del sedime dell'impianto tale suddivisione è stata variata: le aree di intervento sono state accorpate riducendole a n.3 con lievi variazioni del perimetro.

In particolare le aree d'intervento, sono perimetrate con apposito tratteggio di colore azzurro nella tavola n LT DA 0039 - Planimetria Generale con Individuazione Aree Intervento.

5 - DIMENSIONAMENTO DELLA SOVRASTRUTTURA

Per la pavimentazione delle aree attualmente non pavimentate si è deciso di utilizzare una pavimentazione di tipo flessibile, costituita da uno strato di usura (3 cm.), uno strato di collegamento in conglomerato bituminoso modificato binder (7 cm.), uno strato di base in conglomerato bituminoso modificato (20 cm.), uno strato di fondazione realizzato in misto granulare (60 cm.).

Gli strati superficiali devono avere elevata resistenza meccanica a compressione, flessione e taglio, elevata aderenza, devono essere impermeabili durevoli ed essere oggetto di scarse manutenzioni. Lo strato di fondazione trasferisce i carichi al terreno e funge da filtro per la risalita dei materiali fini.

Strato di usura

Lo strato d'usura a finitura chiusa h. 3 cm. 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. E' 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 60ø dmm. La miscela deve contenere una percentuale di bitume pari a 4.5÷5.5% 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 h. 7 cm. ha la funzione di collegamento tra lo strato di base e quello di usura. Le proprietà degli inerti sono:

- coefficiente Los Angeles < 20%;
- 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÷5.5%.

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 in conglomerato bituminoso modificato h. 20 cm. 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%, equivalente in sabbia deve essere <50% e l'additivo è costituito al 90% del passante al setaccio UNI 0.18 e UNI 0.075. Il bitume all'interno deve avere 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 fornire i seguenti valori:

- stabilità > 700 Kg;
- rigidità > 250 Kg/mm;
- % vuoti: 4÷7 %;

Strato di fondazione

Lo strato di fondazione h. 60 cm. ha le funzioni di 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 di 7.1 cm.;
- forma regolare, né piatta né lunga;
- coefficiente Los Angeles < del 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 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 di fondazione deve avere le quote, la sgoma, i requisiti di portanza prescritti ed essere pulito da materiale estraneo. La stesa viene effettuata attraverso moto grader 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.

DESCRIZIONE DELLE FASI REALIZZATIVE

Per tutti i materiali forniti ed impiegati, sia per la realizzazione di nuove pavimentazioni che per il ripristino superficiale, verranno effettuati prelievi e prove coerenti con le normative vigenti e con le indicazioni del piano della qualità.

Gli interventi di realizzazione delle nuove pavimentazioni vengono eseguiti dove attualmente sono presenti terreni allo stato naturale, previa asportazione della coltre vegetale per arrivare alla quota prestabilita di progetto: a tal fine è necessario scarificare per uno spessore di c.a 90 cm.

Avvenuta la scarificazione saranno realizzate le aste fognarie con ripristino della quota iniziale con materiale arido. Al termine si procederà al costipamento del terreno attraverso l'utilizzo del metodo di compattazione.

Successivamente si procederà alla esecuzione di prove su piastra al fine di verificarne la portanza.

In seguito al costipamento della fondazione in misto granulare verrà effettuato in modo da portare lo spessore dello stabilizzato a 60 cm.: sullo strato realizzato si procederà alla esecuzione di prove su piastra al fine di verificarne la portanza.

Per la pavimentazione flessibile, oltre all'accettazione dei materiali che la costituiscono secondo le norme vigenti, si procederà all'esecuzione di prove mediante il prelievo di carote per analizzarne le caratteristiche meccaniche e i vuoti residui.

CALCOLO DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE

Per il dimensionamento della sovrastruttura stradale si ricorre al metodo empirico del CBR, basato sullo studio di strade sperimentali.

I sedimenti rilevati nell'ambito delle indagini geologiche effettuate (v. LTNV 00016.pdf, LTDZ 00116.pdf, studio geologico del terreno.pdf) sono:

- 1- terreno vegetale da p.c. a - 0,70 / - 1,00 m.
- 2- sabbie limose fini di spessore da - 1,00 m. a - 6 / 10 m.

Le prove su piastra eseguite da Istedil S.p.A. nell'aprile del 2013 in alcuni punti delle aree interessate (vedi allegato al doc. LT RV 01103) hanno fornito valori del Modulo di deformazione (1° ciclo) Md variabili da un min. di 7 ed un max. di 27 N/mmq. (media 14,6 N/mmq) e (2° ciclo) Md' intorno a 90 N/mmq.

Poiché la correlazione tra Md e indice CBR correntemente adottata in letteratura (v. ad es. "la portanza dei sottofondi" di P. Giannattasio, C. Caliendo, L. Esposito, B. Festa, W. Pellicchia, Napoli 1989 oppure P. FERRARI, F. GIANNINI: "Ingegneria stradale Vol. II Corpo stradale e pavimentazioni") è la seguente

$$\text{CBR} = 0.2 * \text{Md} \text{ (in N/mmq.)}$$

In considerazione dei dati di cui sopra e tenuto conto della nota Scala di Casagrande che indica per sabbie limose scarsamente addensate un CBR oscillante tra 5% e 15%, si ritiene di poter assumere cautelativamente un valore della portanza del sottofondo non compattato espressa in termini di CBR pari al 3% (vedi Scala del CBR di Casagrande riportata in allegato).

Con questo metodo si calcola lo spessore complessivo della sovrastruttura a partire dal valore del CBR del sottofondo e successivamente lo spessore dello strato di base e di fondazione conoscendo l'indice CBR dei materiali di cui sono composti questi strati.

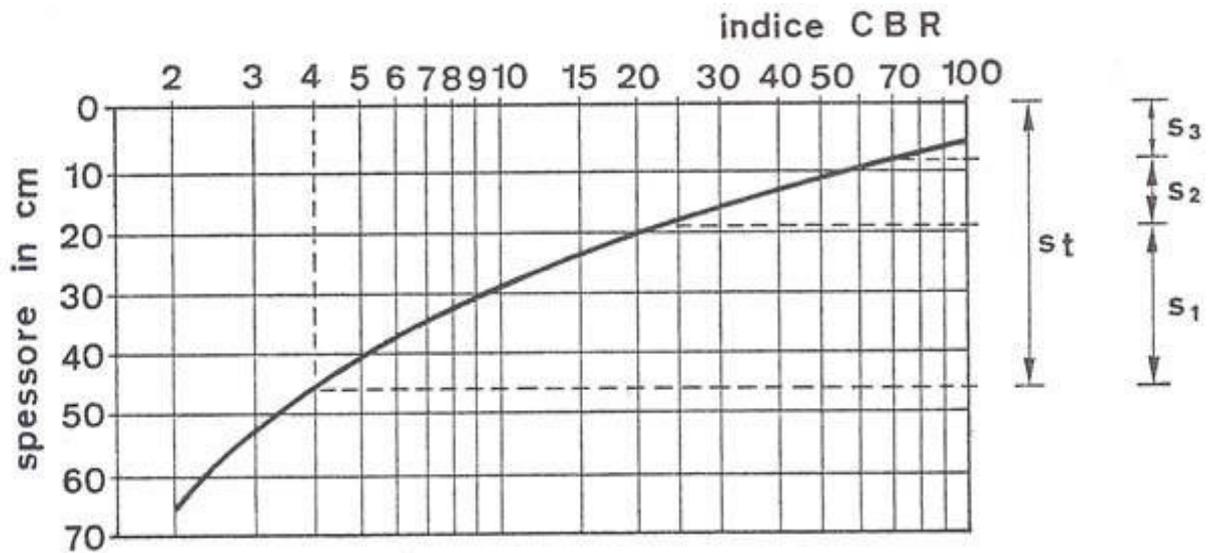


Fig. VII.19 – Dimensionamento degli strati di una sovrastruttura flessibile in base all'indice CBR

Utilizzando il monogramma VII.19 (G. Tesoriere “ Strade Ferrovie Aeroporti 2 Opere in terra e sovrastrutture” Vol. 2) sopra riportato, con un CBR del sottofondo di 3, si ottiene uno spessore complessivo della sovrastruttura di $St = 53$ cm costituito da uno strato superficiale S_1 “usura e collegamento/binder”, uno strato di base S_2 + fondazione S_3

$$St = S_1 + S_2 + S_3$$

Assumendo lo strato superficiale S_1 composto da 3 cm. di usura e 7 cm. di binder si ha che $S_1 = 10$ cm. e gli strati sottostanti dovranno soddisfare l'uguaglianza

$$St - S_1 = 53 - 10 = 43 \text{ cm.} = S_2 + S_3$$

Assegnando ora un CBR 20 allo strato S_3 e un CBR 70 allo strato S_2 e imponendo che lo strato più superficiale (formato da usura + collegamento/binder) assolve all'assorbimento dei carichi tangenziali si ricavano gli spessori S_3 e S_2 :

$$S_2 / S_3 = 20 / 70$$

$$S_3 = (St - S_1) / (1 + 20 / 70) \approx 33 \text{ cm.}$$

$$S_2 = 43 - S_3 = 10 \text{ cm.}$$

VERIFICA CON IL METODO DEGLI STRATI (MASSIMA DEFLESSIONE σ di IVANOV)

La verifica con il metodo degli strati si applica sulle pavimentazioni flessibili, basata sull'ipotesi di comportamento elastico dell'ammasso e dei singoli strati della sovrastruttura.

Dove:

s_1, s_2, s_3, s_4 = spessore degli strati

E_0, E_1, E_2, E_3 = Moduli di deformazione elastici

d = diametro dell'impronta equivalente

E_p = Modulo di progetto della sovrastruttura

La pavimentazione è così costituita:

s_1 = fondazione in misto granulare dello spessore di 33 cm. e Modulo di deformazione elastico E_1 assunto pari a 3.000 Kg/m²

s_2 = base in conglomerato bituminoso dello spessore di 10 cm. e Modulo di deformazione elastico E_2 assunto pari a 12.000 Kg/m²

s_3 = binder in conglomerato bituminoso dello spessore di 7 cm. e Modulo di deformazione elastico E_3 assunto pari a 12.000 Kg/m²

s_4 = usura in conglomerato bituminoso dello spessore di 3 cm.

E_0 = Modulo di deformazione elastico del sottofondo assunto pari a 195 Kg/cm² ($\approx 65\%$ di M_d). Con un carico P per asse di 12 t. (6.000 Kg/ruota) e una pressione di gonfiaggio del pneumatico $p = 8$ Kg/cm² il diametro dell'impronta equivalente d risulta:

$$d = [(P \times 4) / \pi \times p]^{0,5} = 30,91 \text{ cm.}$$

la deflessione massima ammissibile nel periodo più sfavorevole dell'anno f (in mm.), calcolata per un numero N_{gn} di assi equivalenti da 10 t. passanti al giorno all'anno finale assunto pari a 1.500, risulta:

$$f = 0,17 - 0,026 \log N_{gn} = 0,0874 \text{ cm.}$$

Ponendo il limite superiore della massima deflessione corrispondente al limite inferiore del Modulo di progetto della sovrastruttura si ha

$$E_p = (p \times d) / f = 2.828,6 \text{ Kg/cm}^2$$

La verifica è soddisfatta quando il Modulo equivalente della sovrastruttura risulta maggiore del Modulo di progetto cioè quando

$$(1) E_e > E_p$$

Il metodo procede con il calcolo del Modulo equivalente, ossia, nel caso di due strati, nel calcolo del modulo di uno strato semi-infinito E_e che abbia lo stesso cedimento totale di uno strato s_1 E_1 poggiante su un mezzo semi-infinito E_0 , avendo posto in uguaglianza i cedimenti nelle due diverse situazioni. Se gli strati sono più di due si

procede per iterazione consentendo così di sostituire ad un insieme di più strati s_i E_i un ammasso ideale E_e .

Adottando l'espressione di Ivanov (che arresta al primo termine lo sviluppo in serie delle espressioni proposte da Boussinesq) si ha:

$$(2) E_e = E_0 / [1 - 2/\pi \times (1 - 1/n^{3,5}) \times \arctan(n \times s_1/2 \times a)]$$

In base alla teoria dell'elasticità:

$$n = (E_1/E_0)^{1/3}$$

ma in genere, a favore della sicurezza, si adotta la:

$$(3) n = (E_1/E_0)^{1/2,5}$$

1a iterazione

$$n = (E_1/E_0)^{1/2,5} = (3.000/195)^{1/2,5} = 2,984$$

$$E_e' = 195 / [1 - 2/\pi \times (1 - 1/2,984^{3,5}) \times \arctan(2,984 \times 33 / 2 \times 30,91/2)] = 923,4 \text{ Kg/cm}^2$$

2a iterazione

$$n = (12.000/923,4)^{1/2,5} = 2,79$$

$$E_e'' = 923,4 / [1 - 2/\pi \times (1 - 1/2,79^{3,5}) \times \arctan(2,79 \times 10 / 2 \times 30,91/2)] = 1.692,7 \text{ Kg/cm}^2$$

3a iterazione

$$n = (12.000/1.692,7)^{1/2,5} = 2,19$$

$$E_e''' = 1.692,7 / [1 - 2/\pi \times (1 - 1/2,19^{3,5}) \times \arctan(2,19 \times 7 / 2 \times 30,91/2)] = 2.331,9 \text{ Kg/cm}^2$$

Trascurando lo strato di usura ed essendo il modulo equivalente E_e della sovrastruttura $\equiv E_e'''$ sostituendo i valori numerici nella (1) si ha

$$2.331,9 \text{ Kg/cm}^2 < 2.828,6 \text{ Kg/cm}^2$$

La verifica è negativa.

AFFINAMENTO IPOTESI PROGETTUALI

Agli spessori dello strato di fondazione e dello strato di base in precedenza calcolati è necessario apportare gli aggiustamenti occorrenti. Poiché si ha uno strato di terreno vegetale con spessore variabile da 70 a 100 cm. e caratteristiche meccaniche scadenti lo strato di fondazione viene aumentato a 60 cm in modo che la sovrastruttura sia impostata sul primo strato (sabbie limose) sottostante al terreno vegetale. Inoltre si tratta di piazzali dove si presume scarsissimo traffico ma ove andranno a transitare a bassa velocità mezzi di cantiere che trasmetteranno carichi verticali elevati e maggiori di quelli considerati per la redazione delle tabelle. Sui piazzali potranno aversi accumuli di materiali di risulta provenienti dalle demolizioni la cui disposizione planimetrica non è

valutabile preventivamente. Questi fatti potrebbero aggravare le tensioni di trazione nello strato di base della sovrastruttura. Pertanto, tenuto anche conto dell'approssimazione dei metodi empirici, cautelativamente si aumenta lo spessore dello strato di base portandolo a 20 cm.

In conclusione si assumono i seguenti spessori di progetto:

- 3 cm. strato di usura
- 7 cm. strato di binder
- 20 cm. strato di base
- 60 cm. strato di fondazione

e quindi lo spessore totale della sovrastruttura risulta pari a:

$$St = 3 + 7 + 20 + 60 \text{ cm.} = 90 \text{ cm.}$$

Ripetendo il calcolo di cui al paragrafo precedente per tali nuovi spessori si ha:

$$E_e' = 1.520,6 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_e'' = 3.681,3 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_e''' = 4.486,3 \text{ Kg/cm}^2$$

Sostituendo i valori numerici nella (1) si ha:

$$4.486,3 \text{ Kg/cm}^2 > 2.828,6 \text{ Kg/cm}^2$$

La verifica è positiva. Pertanto si assumono i seguenti spessori

- 3 cm. strato di usura
- 7 cm. strato di binder
- 20 cm. strato di base
- 60 cm. strato di fondazione