

*Costruzione delle fondazioni  
stradali in terra stabilizzata in sito,  
a calce o cemento*

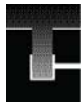
*Construction of road foundations,  
through aggregate stabilized on site,  
with limestone or cement*



 <p><b>TURCHI CESARE</b> S.r.l. Gestione Qualità</p>	<h2>SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO</h2>	<p>PDSNTS01 Rev. 0</p>
<p>SCHEDA N. SNTS01</p>	<h2>STABILIZZAZIONE DEL TERRENO A CALCE IN SITO</h2>	

## SOMMARIO

1. INTRODUZIONE.....	2
2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE .....	3
2.1. LE TERRE .....	3
2.2. L'ACQUA .....	5
2.3. LA CALCE .....	5
3. REAZIONI TERRA-CALCE.....	6
4. CAMPI DI APPLICAZIONE .....	6
5. IL PROCESSO.....	6
5.1. STOCCAGGIO DELLA CALCE IN CANTIERE.....	7
5.2. MATERIALE IN SITO O DI RIPORTO.....	7
5.3. CONTROLLO DEI MATERIALI DA TRATTARE.....	7
5.4. SPANDIMENTO DELLA CALCE .....	8
5.5. MISCELAZIONE .....	9
5.6. CONTROLLO DELL'UMIDITA' .....	9
5.7. COMPATTAZIONE E REGOLARIZZAZIONE DEL PIANO .....	10
6. PRESCRIZIONI DEI CAPITOLATI.....	10
7. VALENZA ECONOMICA E CONCLUSIONI .....	13
8. MISTI CEMENTATI IN SITO.....	14
9. TRATTAMENTO A CEMENTO A KARIMUN - INDONESIA.....	15
9.1 FASE PROGETTUALE.....	15
9.2 TEST PRELIMINARI.....	15
9.3 TEST TRATTAMENTO.....	17
9.4 SPOLVERO.....	18
9.5 LAVORI A MANO.....	20
9.6 CONCLUSIONI.....	21



## 1. INTRODUZIONE

La difficoltà sempre maggiore di reperire inerti idonei alla realizzazione di infrastrutture stradali, ferroviarie, di aeroporti ed altre opere che comportino volumi di movimento di terra, unitamente alla significativa presenza di terreni naturali ad elevata componente limo-argillosa, rendono di sicuro interesse logistico ed economico il ricorso alla stabilizzazione con calce.

Attraverso tale trattamento è infatti possibile trasformare terre aventi scadenti qualità meccaniche in validi materiali per la realizzazione dei diversi elementi che compongono un'infrastruttura viaria.

Le pianure alluvionali di grandi quantitativi di terre limo-argillose, sabbiose e ghiaiose con componente argillosa elevata, sabbie pozzolaniche alterate con elementi finissimi, che miscelate con poche unità percentuali di calce, diventano ottimi materiali per la realizzazione di sottofondi, rilevati ed anche per sovrastrutture.

La stabilizzazione a calce può essere applicata ogni qualvolta si debbano consolidare tratti di terreno a forte componente limo-argillosa, sia presenti in sito sia di riporto, al fine di ottenere piani di posa e/o rilevati con elevate capacità portanti stabili nel tempo.

Tale lavorazione sostituisce la metodologia tradizionale che prevede la rimozione, con trasporto a rifiuto dei materiali in sito e la successiva sostituzione con materiali pregiati reperiti in cave di prestito che risultano sempre più costosi, di difficile reperibilità e di qualità discontinua.

### APPROFONDIMENTO

#### - CENNI STORICI -

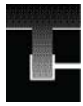
Aggiungere la calce alle terre per ottenere miscele aventi comportamenti meccanici soddisfacenti e stabili nel tempo è una pratica in uso fin dall'antichità: i costruttori della Muraglia cinese, così come i Romani, artefici della via Appia, utilizzavano questi materiali.

Le prime moderne ricerche tecnico scientifiche sulle miscele per impieghi stradali furono, però, eseguite negli Stati Uniti intorno ai primi decenni del '900. Subito dopo la seconda guerra mondiale, con il crescere delle esigenze di mobilità di infrastrutture, gli studi e le sperimentazioni furono ripresi, per avere un grande impulso attorno alla metà del '900. Parallelamente si andarono diffondendo negli Stati Uniti le realizzazioni: nel 1957 furono impiegate 160.000 tonnellate di calce per stabilizzare materiali stradali; nel 1985 le tonnellate di calce utilizzate furono circa 1.000.000; nel 1976 il Transportation Research Board dell'Accademia Nazionale delle Scienze americana, chiudendo la fase della sperimentazione e della ricerca di base, pubblicava una circolare nella quale veniva fatto il punto delle conoscenze acquisite sulle stabilizzazioni con calce, sia sotto il profilo della progettazione che della realizzazione e del controllo delle miscele.

Anche in Europa, ed in particolare nella Germania Federale, a partire dal 1955, si assistette ad una espansione dell'impiego di materiali trattati con calce nelle costruzioni stradali ed aeroportuali, risultando, tale tecnica, particolarmente confacente alla geologia ed al clima di quel Paese.

Negli Stati Uniti, in Germania, ma anche in Francia, in Svezia ed in Sud Africa vengono annualmente lavorati migliaia di metri cubi di miscele con calce; l'impiego delle terre stabilizzate non presenta, ormai, problemi, nè fa sorgere remore e perplessità: ben noti sono, infatti, il campo di applicabilità di tali tecniche, i loro effetti nel breve e nel lungo periodo, comprovate sono la loro affidabilità e durata. Il nostro paese da questo punto di vista presenta rilevanti atipicità rispetto al quadro testè tratteggiato. In Italia, infatti, non vi è una tradizione nell'uso delle miscele con calce per quanto riguarda i materiali argillosi e neppure per quelli pozzolanici, peraltro diffusi nell'area centro-meridionale, nè nella costruzione di strati delle sovrastrutture, nè nella realizzazione di rilevati o nella bonifica di sottofondi e piani di posa dei rilevati stessi. Ciò in quanto, fino a qualche anno addietro, ci si è potuti approvvigionare, senza soverchi problemi di materiali litoidi di buone caratteristiche meccaniche e si opera in un clima caratterizzato per lunghi periodi dell'anno da precipitazioni atmosferiche di modesta entità. Ciò ha comportato che la tecnica stradale, almeno per quanto attiene ai materiali impiegati, ha avuto pochi stimoli a variare e ad ampliare l'orizzonte delle opzioni realizzative possibili.

L'impiego della calce ha reso possibile realizzare a costi contenuti opere che, stanti i vincoli esistenti in materia di impiego di risorse naturali non rinnovabili, avrebbero comportato oneri economici ed ambientali gravosissimi.



## 2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

### 2.1. LE TERRE

Sono idonee al trattamento con calce viva CaO o idrata Ca(OH)<sub>2</sub> le terre fini plastiche limo-argillose dei gruppi A6 e A7 con valori di indice plastico compresi tra 10 e 50, o anche superiori, così come del gruppo A5 quando di origine vulcanica o organogena; anche ghiaie limo-argillose assimilabili come A2-6 e A2-7 possono essere trattate con calce purchè abbiano una frazione passante al setaccio 0.4 UNI non inferiore al 35%.

#### APPROFONDIMENTO

##### - NORMATIVA -

La normativa di riferimento per la stabilizzazione delle terre con calce è la CNR n° 36.

Nella Norma si legge che "... una terra, affinché risulti adatta alla stabilizzazione a calce, deve essere di tipo limo-argilloso ed avere un indice di plasticità normalmente superiore a 10" (tipo A<sub>6</sub> e A<sub>7</sub> di cui alla Norma CNR-UNI 10006) e "... possono essere stabilizzate a calce anche terre ghiaioso-argillose (tipo A<sub>2-6</sub> e A<sub>2-7</sub>) qualora presentino una frazione passante al setaccio 0.4 UNI non inferiore al 35%...".

Nella Norma è riportato altresì il fuso entro cui deve ricadere la curva granulometrica della terra affinché la stessa possa essere stabilizzata (**Figura 1**).

La curva granulometrica deve comunque rientrare all'interno del fuso riportato nella norma B.U. CNR n. 36 (Figura 1).

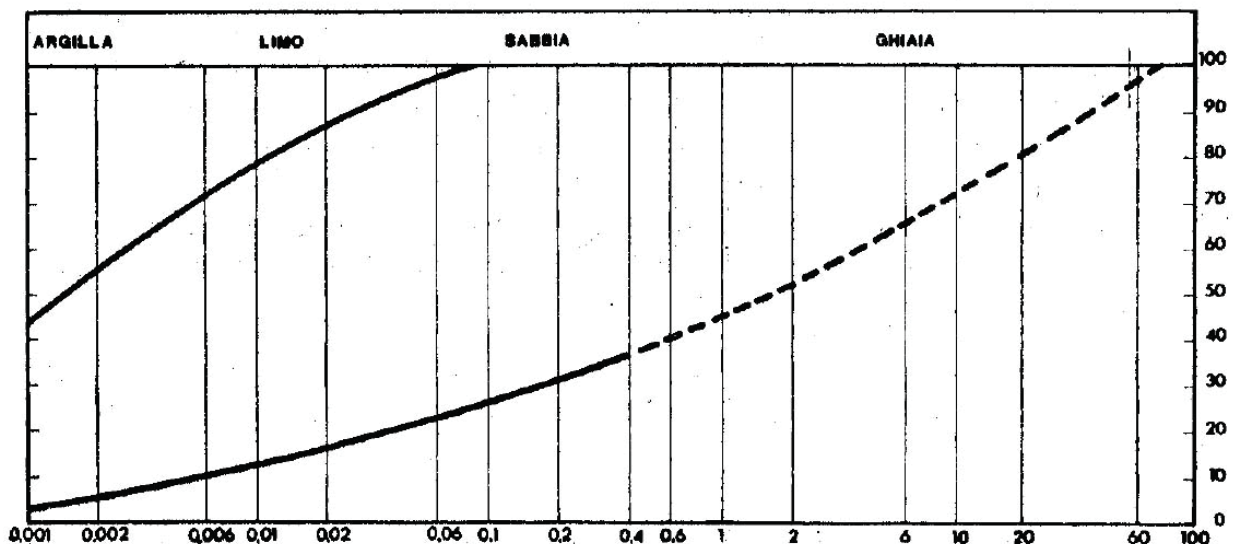
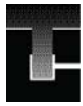


Figura 1: fuso granulometrico delle terre per la stabilizzazione delle terre con calce

- a parità di peso ha una maggiore efficacia;
- avendo maggiore densità, presenta costi di trasporto e stoccaggio più contenuti.





**SCHEDA N.**  
**STNTS01**

**STABILIZZAZIONE DEL TERRENO A CALCE IN SITO**

I requisiti chimici e fisici delle calce richiesti dai vari capitolati sono riassunti nella **tabella 1**; ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 459-1.

**APPROFONDIMENTO**

**- CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE -**

La Norma di riferimento CNR-UNI 10006 indica oltre alla classificazione delle terre in base a granulometria, limite liquido ed indice di plasticità, le qualità portanti del terreno, l'azione del gelo sulle qualità portanti, il ritiro e rigonfiamento, la permeabilità e gli aspetti identificativi dei terreni in sito.

Prospetto 1 - Classificazione delle terre														
Classificazione generale	Terre ghiaio-sabbiose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 $\leq 35\%$						Terre limo-argillose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 $> 35\%$				Torbe e terre organiche palustri			
	A1		A3	A2			A4	A5	A6	A7		A8		
Gruppo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6		
Analisi granulometrica														
Frazione passante allo staccio														
2 UNI 2332 %	$\leq 80$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,4 UNI 2332 %	$\leq 30$	$\leq 60$	$> 80$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,075 UNI 2332 %	$\leq 15$	$\leq 25$	$\leq 10$	$\leq 35$	$\leq 35$	$\leq 35$	$\leq 35$	$> 35$	$> 35$	$> 35$	$> 35$	$> 35$	$> 35$	$> 35$
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332														
Limite liquido	$\leq 8$	—	N. P.	$\leq 40$	$> 40$	$\leq 40$	$> 40$	$\leq 40$	$> 40$	$\leq 40$	$> 40$	$> 40$	$> 40$	$> 40$
Indice di plasticità	—	—	—	$\leq 10$	$\leq 10$ max.	$> 10$	$> 10$	$\leq 10$	$> 10$	$\leq 10$	$> 10$	$> 10$	$> 10$	$> 10$
Indice di gruppo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia e breccia, ghiaia e breccia sabbiosa, sabbie grossi, pomice, sabbie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fina	Ghiaia e sabbia limosa o argillosa			Limi poco compressibili	Limi fortemente compressibili	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili	Argille fortemente compressibili	Argille fortemente compressibili	Argille fortemente plastiche	Torbe di recente o remota formazione, detriti organici di origine palustre
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono			Da mediocre a scadente							Da scartare come sottofondo			
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve			Media			Molto elevata	Media	Elevata	Media				
Ritiro o rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve			Lieve o medio	Elevato	Elevato	Molto elevato				
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa				Scarsa o nulla						
Identificazione dei terreni in sito	Facilmente individuabili a vista		Aspri al tatto - Incoerenti allo stato umido	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto - Una tenacità media o elevata allo stato asciutto indica la presenza di argilla			Reagiscono alla prova di sporcimento* - Pseudosabbie - Poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido	Non reagiscono alla prova di scuotimento* - Tenaci allo stato asciutto - Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido				Fibrosi di color bruno o nero - Facilmente individuabili a vista		

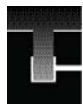
\*Prova di cantiere che può servire a distinguere i limi dalle argille. Si esegue scuotendo nel palmo della mano un campione di terra bagnata e comprimendolo successivamente fra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparirà sulla superficie un velo lucido di acqua libera, che scomparirà comprimendo il campione fra le dita.

**2.2. L'ACQUA**

L'acqua eventualmente utilizzata per conferire agli impasti terra-calce il tenore di umidità ottima di costipamento deve essere dolce, limpida ed esente da qualsiasi sostanza dannosa alla reazione terra-calce.

**2.3. LA CALCE**

La stabilizzazione può essere effettuata con calce viva CaO o idrata Ca(OH)<sub>2</sub>.



La calce viva si utilizza di preferenza quando i terreni da trattare sono molto umidi; per terreni molto secchi si può impiegare sia la calce viva che quella idrata con il completamento di acqua necessaria affinché le reazioni chimiche abbiano luogo in condizioni ottimali.

In line di massima la calce viva presenta, rispetto all'idrata, le seguenti caratteristiche:

- abbassa sensibilmente l'umidità del materiale trattato;

REQUISITO	CALCE VIVA	CALCE IDRATA
CO <sub>2</sub>	≤ 5 %	-
(CaO+MgO) TOTALI	≥ 84 %	-
TITOLI IN IDRATI	-	≥ 85 %
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + SO <sub>3</sub>	≤ 5 %	≤ 5 %
PEZZATURA	≤ 2 mm	-
PASSANTE AL SETACCIO CON LUCE NETTA DA:	200 µm ≥ 90 %	90 µm ≥ 85 %

**Tabella 1:** requisiti chimici della calce (valori espressi in percentuali in peso)

### 3. REAZIONI TERRA-CALCE

Il primo effetto della reazione terra-calce è la diminuzione del tenore d'acqua dei terreni; tale conseguenza è da attribuire a parecchie cause complementari, primo fra tutti la reazione



In quanto la calce viva si trasforma in calce aerea idrata sottraendo acqua al sistema e, a causa della sua forte esotermicità, provoca un aumento delle temperature e quindi l'evaporazione dell'acqua. Quota parte dell'umidità del terreno trattato si perde per effetto della temperatura esterna e per l'aerazione connessa alla miscelazione con il pulvimixer.

In sostanza, si constata complessivamente un

#### APPROFONDIMENTO

##### - ELEMENTI DI GEOTECNICA -

#### Limiti di Atterberg

Norme di riferimento: **CNR-UNI 10014** e **ASTM D4318-84**.

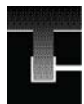
Servono a valutare le caratteristiche di plasticità di un terreno. Il limite liquido è definito come il contenuto di umidità che separa lo stato liquido da quello plastico; analogamente il limite plastico separa lo stato plastico da quello semisolido di un terreno.. La differenza numerica tra questi due limiti è definito indice plastico. I limiti di Atterberg vengono determinati su un quantitativo di 100-200 g di materiale passante al setaccio 0.425 UNI.

#### Costipamento (proctor)

Norme di riferimento: **CNR 16** e **ASTM D698 D1557**

Le prove di costipamento maggiormente utilizzate sono la AASHTO Standard la AASHTO Modificata. Consistono nel compattare con un pestello standard, diversi provini del materiale confezionati ad umidità differenti. All'aumentare dell'umidità, il peso di volume del materiale tenderà ad aumentare, raggiungendo un apice, per poi diminuire. Viene così tracciata una curva di costipamento che permette di individuare una densità massima ed il corrispondente valore di umidità ottimale. La prova non può essere eseguita su materiali che presentano un trattenuto al crivello 25 UNI maggiore del 35% in peso.

(segue)



abbassamento dell'1-2% dell'umidità iniziale del terreno (in funzione principalmente della temperatura ambiente) per ogni punto percentuale di CaO aggiunto.

Altro effetto dell'aggiunta di calce è la flocculazione e l'agglomerazione delle particelle di argilla che si traduce in un progressivo calo della massa volumica ed un aumento dell'indice dei vuoti; tale fenomeno è accompagnato da una diminuzione della densità secca e da un aumento del contenuto di acqua ottimale (appiattimento della curva PROCTOR) migliorandone così la lavorabilità e quindi le operazioni di compattazione.

Le reazioni sopra descritte modificano profondamente le caratteristiche meccaniche del terreno, cambiamenti che possono essere così descritti:

- aumento del limite liquido e plastico ed una diminuzione dell'indice di plasticità;
- appiattimento della curva proctor che si traduce in punto di optimum caratterizzato da un densità secca più bassa ed un valore di umidità maggiore;
- sensibile diminuzione della variazioni volumetriche (rigonfiamento e ritiro)
- minore sensibilità alle azioni dell'acqua e del gelo;
- aumento della permeabilità del materiale;
- aumento del valore di indice di C.B.R.
- miglioramento del comportamento del materiale alle sollecitazioni indotte da carichi ripetuti (comportamento a fatica)

Le reazioni pozzolaniche innescate dalla calce continuano nel tempo inducendo a cambiamenti nella curva sforzi/deformazioni e quindi ad incrementi

sensibili dei valori di resistenza al taglio e dell'angolo di attrito interno; l'entità di tali incrementi sono in funzione della temperatura ed ancor più dei tempi della stagionatura.

#### **Indice di portanza CBR**

Norme di riferimento: **CNR-UNI 10009** e **ASTM D1883**

La prova di portanza CBR viene eseguita su provini caratterizzati da densità massima e umidità ottimale e compattati con modalità AASHTO Modificata. Tali provini vengono saturati in acqua per 4 giorni per rilevarne l'eventuale rigonfiamento e successivamente viene sottoposto alla penetrazione di un pistone cilindrico standard. I carichi corrispondenti alle penetrazioni di 2.5 e 5.0 mm, rapportati a valori standard, forniscono l'indice CBR del terreno.

#### **Taglio diretto**

Viene eseguita con la scatola di Casagrande e serve per determinare la resistenza al taglio di un provino sottoposto ad un carico di consolidazione prefissato. Ripetendo il procedimento su tre provini sottoposti a diverso carico, si ottiene una retta la cui intercetta con l'asse delle ordinate rappresenta la coesione ed il cui coefficiente angolare rappresenta la tangente dell'angolo di attrito interno del materiale in esame. Gli stessi parametri possono essere ottenuti con la prova triassiale CD di seguito descritta.

#### **Triassiale**

Viene eseguita su provini cilindrici posti in una cella contenete acqua in pressione e sollecitati assialmente a rottura. I tipi di prova assiale più utilizzati sono i seguenti:

- Prova consolidata-drenata (CD), i cui provini vengono prima consolidati e quindi sottoposti a rottura in condizioni drenate;
- Prova consolidata-non drenata (CU), i cui provini vengono prima consolidati e quindi sollecitati fino a rottura in condizioni non drenate, mentre vengono misurate le variazioni della pressione all'interno del provino (pressione interstiziale);
- Prova non consolidata-non drenata (UU), i cui provini vengono sollecitati a rottura senza consolidamento preventivo e senza consentire il drenaggio.

Le prime due prove forniscono il valore della coesione e dell'angolo di attrito del materiale, rispettivamente in condizioni drenate e non, mentre la terza fornisce solo il valore del carico unitario di rottura.



 <b>TURCHI CESARE</b> S.r.l. Gestione Qualità	<b>SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO</b>	STNTS01 Rev.0 PAG. 6 di 21
<b>SCHEDA N. STNTS01</b>	<b>STABILIZZAZIONE DEL TERRENO A CALCE IN SITO</b>	

## 4 CAMPI DI APPLICAZIONE

Prendendo in esame la classica suddivisione di un rilevato, si possono individuare due parti d'opera in cui è possibile applicare la tecnologia della stabilizzazione a calce: piani di posa e riporti strutturali.

Il **piano di posa** è lo strato di spessore variabile su cui poggia il riporto strutturale e sul quale possono influire ancora le tensioni indotte dai carichi transitanti sul piano di rotolamento.

Non è inconsueto, soprattutto nelle aree di pianura alluvionale, imbattersi in terreni che presentano caratteristiche geotecniche scadenti poiché caratterizzati da una forte matrice limo-argillosa; al posto della classica sostituzione “*bonifica*” con materiali selezionati di cava, si può intervenire mediante miscelazione del terreno in sito con calce dosata in percentuali solitamente modeste (2-3% in peso). In tal modo si supplisce

### APPROFONDIMENTO

#### - STABILIZZAZIONE DEI TERRENI -

Per stabilizzazione di una terra si intende qualsiasi procedimento di correzione atto a conferirgli le caratteristiche di idoneità all'impiego e quindi un aumento della capacità portante e riduzione della sensibilità all'azione di acqua e gelo.

La stabilizzazione può essere:

**granulometrica:** implica la modifica granulometrica della terra trattata; essa può essere effettuata sia mediante la sottrazione di frazioni pregiudizievoli che mediante l'aggiunta di altre terre

**chimica:** implica il miglioramento delle caratteristiche della terra mediante l'aggiunta di leganti quali cemento, calce, bitume, catrame.

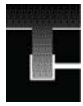
alle fasi di scavo, all'allontanamento dei terreni di risulta e al trasporto ed alla stesa dei materiali di cava, con un tornaconto in termini di costi, tempi ed impatto ambientale non trascurabile.

Nel **riporto strutturale** o **corpo del rilevato**, l'utilizzo della stabilizzazione con calce diminuisce le difficoltà legate al reperimento degli inerti idonei a tale scopo e, conseguentemente, riduce l'impatto del trasporto sulla viabilità ordinaria.

L'utilizzo della calce può rientrare anche nella realizzazione di **opere provvisionali** e **viabilità di cantiere** grazie alla sua capacità di rendere transitabili terreni impraticabili per la loro plasticità e contenuto in acqua con oneri minori.

## 5 IL PROCESSO

Si parla di processo (“*metodo con cui si procede al trattamento di una sostanza o alla lavorazione di un manufatto industriale*”) in quanto caratterizzato da lavorazioni e controlli ben definiti in modo da dare come risultato finale un prodotto garantito; pertanto si utilizzano appositi macchinari progettati e costruiti allo scopo quali la **stabilizzatrice (pulvimixer)**, lo **spandicalce**, i **rulli a piede di montone** ed i **rulli gommati** di adeguato peso.



## 5.1 STOCCAGGIO DELLA CALCE IN CANTIERE

Prima di iniziare un cantiere è indispensabile avere sempre a disposizione una quantità di legante tale da garantire una certa continuità di trattamento onde evitare il rischio di dover interrompere le lavorazioni per esaurimento del reattivo; a tale scopo si adoperano silos orizzontali mobili dotati di scarico idraulico.

## 5.2 MATERIALE IN SITO O DI RIPORTO

- Per l'esecuzione di piani di posa, quindi per stabilizzazione di materiali in sito, è buona norma eseguire uno scotico per rimuovere lo strato di vegetazione superficiale.
- I riporti strutturali (es. strati di rilevato) si eseguono stendono le terre limo-argillose in strati di circa 30-40 cm per poi sottoporle al trattamento oppure mettendo in opera il materiale precedentemente trattato in un apposito campo di stabilizzazione.



**Figura 2:** esempio di scotico per stabilizzazione in sito



**Figura 3:** terra di riporto per strati di rilevato

## 5.3 CONTROLLO DEL MATERIALE DA TRATTARE

Al fine di dare un prodotto garantito, si procede al prelievo (CNR B.U. 25) del terreno naturale e, per appurarne l'idoneità al trattamento con calce; verranno effettuate le seguenti prove:

- Granulometria (CNR UNI 8120/5);
- Limiti di Atterberg (CNR UNI 10014);
- Determinazione del contenuto d'acqua naturale (CNR UNI 10008)
- Contenuto in sostanze organiche (UNI EN 1744/1)
- Determinazione del peso di volume



#### 5.4 SPANDIMENTO DELLA CALCE

Ottenute le analisi di laboratorio e ricontrollate in campo le umidità del terreno, si procede alla stesa della calce con apposito mezzo **spandicalce** ad assicurare una percentuale costante per unità di superficie ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ) indipendentemente dalla velocità di avanzamento che comunque è limitata a 2-4 Km/h.



**Figura 2:** controllo della quantità di legante dosata

Per ogni giorno di lavoro è previsto dal controllo qualità interno la verifica del dosaggio di calce versata dallo spandicalce mediante la pesatura di una porzione all'interno di un contenitore di superficie nota. Tale dosaggio è funzione del peso di volume secco del terreno naturale, della percentuale di calce della miscela prescelta e dello spessore di trattamento secondo la seguente relazione:

$$D = \gamma_d \cdot s \cdot \%_{\text{CaO}}$$

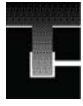
dove

D = dosaggio di ossido di calcio espresso in  $\text{Kg}/\text{m}^2$

$\gamma_d$  = peso di volume secco del terreno espresso in  $\text{KN}/\text{m}^3$

s = spessore di terreno da trattare espresso in metri

$\%_{\text{CaO}}$  = percentuale di ossido di calcio della miscela



## 5.5 MISCELAZIONE

La macchina utilizzata per miscelare la terra con la calce è chiamata pulvimixer; è dotata di un rotore dentato che gira in senso opposto a quello di avanzamento. L'altezza del rotore è regolabile in modo da poter stabilire lo spessore di strato da miscelare che, normalmente, varia tra 20 e 40 cm.

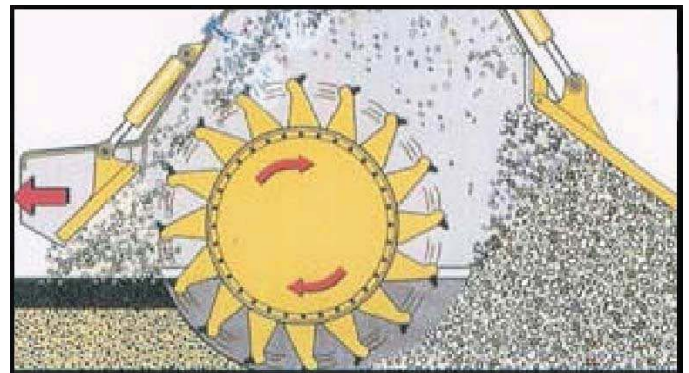


**Figura 8:** confronto tra diverse passate con pulvimixer



**Figura 7:** pulvimixer

Al fine di garantire l'uniformità composizionale, nella formazione dei rilevati la miscelazione non interessa solo lo strato in lavorazione ma si spinge per alcuni centimetri nello strato sottostante. Vengono effettuate più passate di pulvimixer fino ad ottenere una omogeneità di miscelazione ed una granulometria passante al setaccio a rete da 25 mm; tali caratteristiche verranno constatate direttamente in campo da personale qualificato.



**Figura 9:** schematizzazione del rotore della pulvimixer

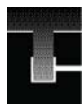
## 5.6 CONTROLLO DELL'UMIDITA'

Prima di procedere alla compattazione, viene controllata l'umidità della miscela terracalce per verificare che sia prossima a quella ottimali e quindi che le reazioni chimiche abbiano avuto il loro corso.



**Figura 10:** Controllo dell'umidità post-miscelazione





Se l'umidità è in difetto, attraverso un'autobotte dotata di adeguato sistema di spruzzo, si procede all'aggiunta di acqua fino al raggiungimento dell'umidità ottimale; in seguito si faranno successivi passaggi con il pulvimixer per distribuire l'acqua omogeneamente su tutto lo strato.

## 5.7 COMPATTAZIONE E REGOLARIZZAZIONE DEL PIANO

- In primo fase, si procede ad una prima compattazione con **rullo a piede di montone** poiché, grazie alla sua conformazione, riesce a compattare in profondità lo strato lavorato, favorendo l'uscita dell'aria inglobata;
- Utilizzando un motorgrader, si passa al livellamento dello strato, in modo da fornirgli le pendenze di progetto ed uno spessore uniforme;
- Il tutto viene rifinito con vari passaggi di rullo gommato per assicurare un addensamento superficiale.



**Figura 12:** Prova di carico su piastra



**Figura 11:** rullo a piede di montone

A garanzia del lavoro, vengono effettuate prove di carico su piastra da cm. 30.

## 6 PRESCRIZIONI DEI CAPITOLATI

I capitolati di riferimento dei maggiori enti pubblici dedicano sezioni apposite alle lavorazioni di stabilizzazione con calce, definendo i requisiti qualitativi che devono possedere i terreni da trattare e le prestazioni del prodotto finito.

Di seguito riassumiamo le principali prescrizioni dei Capitolati A.N.A.S. ed Italferr.



	<b>TURCHI CESARE</b> S.r.l. Gestione Qualità	<b>SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO</b>	STNTS01 Rev.0 PAG. 11 di 21
<b>SCHEDA N.</b> <b>STNTS01</b>	<b>STABILIZZAZIONE DEL TERRENO A CALCE IN SITO</b>		



### Requisiti qualitativi dei terreni da trattare

Il corpo del rilevato stradale dovrà essere costituito da materiali con contenuto in sostanze organiche non superiore al 3% e classificabile, secondo la normativa CNR-UNI 10006, come appartenenti alle seguenti categorie:

- A<sub>5</sub> con I<sub>p</sub>>8;
- A<sub>6</sub> e A<sub>7</sub>
- A<sub>2-6</sub> e A<sub>2-7</sub> con una frazione passante al setaccio 0.4 UNI non inferiore al 35%

### Requisiti prestazionali del prodotto finito

La Direzione Lavori accetterà il raggiungimento del grado di compattazione attraverso prove in sito del peso di volume e del modulo di deformazione (M<sub>d</sub>).

Tali prove saranno richieste con la frequenza di:

- M<sub>d</sub>: ogni 250 ml di strato finito;
- Peso di volume: ogni 2000 mc di materiale lavorato

La Direzione Lavori riterrà idonei i seguenti valori:

- Densità in sito** (B.U. CNR 22) pari al **92%** della densità proctor ottenuta in laboratorio con provini costipati secondo AASHTO modificata e confezionati con la stessa miscela prelevata in sito;
- Valori di M<sub>d</sub>**, (B.U. CNR 146) ottenuti mediante piastra da 300mm di diametro:
  - per piani di posa dei rilevati non inferiori a **20 N/mmq** nel ciclo di carico compreso tra 0.05 e 0.15 N/mmq;
  - per il corpo del rilevato non inferiore a **20 N/mmq** nel ciclo di carico compreso tra 0.05 e 0.15 N/mmq;
  - per il piano di sottofondazione, o ultimo strato di rilevato, non inferiore a **50 N/mmq** nel ciclo di carico compreso tra 0.15 e 0.25 N/mmq.
- Per le prove dell'**indice CBR**, prove di rigonfiamento e prove di rottura a compressione su provini prelevati in sito costituiti da materiale già compattato, si potranno accettare valori non inferiori al 90% di quelli ottenuti in laboratorio sulla miscela di progetto.

 <b>TURCHI CESARE</b> S.r.l. Gestione Qualità	<b>SCHEMA TECNICA DI PRODOTTO</b>	STNTS01 Rev.0  PAG. 12 di 21
	<b>SCHEMA N.</b> STNTS01	<b>STABILIZZAZIONE DEL TERRENO A CALCE IN SITO</b>



### Requisiti qualitativi dei materiali da trattare

Il trattamento a mezzo calce è consentito per i terreni limosi e/o argillosi che dovranno avere le seguenti caratteristiche:

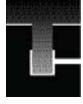
- Fusso granulometrico come da norma B.U. 36;
- Indice di plasticità >10
- Sostanze organiche <2%
- Solfati totali (solfati e solfuri) < 0.25%
- Nitrati < 0.1%
- Contenuto d'acqua  $W_n \leq 1.3 W_{opt}$

Saranno ammesse granulometrie diverse da quella della normativa ed indici di plasticità minori a condizione che si dimostri l' idoneità della terra da trattare attraverso lo studio delle miscele di laboratorio ed un campo prova

### Requisiti prestazionali del prodotto finito

Ogni 2000 mq di terreno trattato e comunque per ogni tratto di miscela omogenea posata, dovranno essere eseguite le seguenti prove:

- **Prova di carico su piastra a doppio ciclo** con misura del modulo di deformazione, effettuata al primo ciclo di carico, che dovrà essere non inferiore a:
  - **20 Mpa** nel ciclo di carico compreso tra 0.05 e 0.15 Mpa per il piano di posa dei rilevati ferroviari e delle strade di pertinenza F.S. e nell'intervallo tra 0.15 e 0.25 Mpa per gli strati dei rilevati per una fascia di 1 metro dal bordo superiore della scarpata; il rapporto dei moduli misurati al primo ( $M_d$ ) ed il secondo ( $M_d'$ ) ciclo non dovrà essere inferiore a 0.6;
  - **40 Mpa** nel ciclo di carico compreso tra 0.15 e 0.25 Mpa per il corpo dei rilevati ferroviari e delle strade di pertinenza F.S. e per i piani di posa in trincea; il rapporto dei moduli misurati al primo ( $M_d$ ) ed il secondo ( $M_d'$ ) ciclo non dovrà essere inferiore a 0.6;
- misura del **grado di costipamento** ottenuto che non dovrà essere inferiore a:
  - **95%** per il piano di posa dei rilevati ferroviari e delle strade di pertinenza F.S.;
  - **98%** per i rilevati ferroviari e delle strade di pertinenza F.S.; per i piani di posa in trincea.



## **7 VALENZA ECONOMICA E CONCLUSIONI**

Come si è potuto apprendere nel corso della seguente trattazione, i vantaggi economici della stabilizzazione con calce dei terreni limo argillosi sono molteplici e possono essere così elencati:

- Eliminazione/ riduzione dell'approvvigionamento di materiali pregiati da cave di prestito;
- Riduzione degli oneri per il conferimento a discarica delle terre di risulta da scavi;
- Diminuzione dei trasporti su strada e dei problemi annessi;
- Riduzione dei tempi di lavoro;
- L'uso della calce per la predisposizione delle piste e delle aree di lavoro consente l'immediata agibilità.



***Stabilizzazione in cemento per  
la realizzazione  
in sito di fondazioni stradali***

 <b>TURCHI CESARE</b> <b>S.r.l.</b> <b>Gestione Qualità</b>	<b>SCHEMA TECNICA DI PRODOTTO</b>	STP10
		PAG. 14 di 21
<b>SCHEMA N.</b> <b>STP10</b>	<b>STABILIZZAZIONE DEI TERRENI A CALCE O CEMENTO</b>	

## 8 MISTI CEMENTATI IN SITO

Sulla base delle esperienze acquisite negli anni con la stabilizzazione dei terreni a calce, la Turchi Cesare S.r.l. ha implementato il proprio range operativo con l'esecuzione di misti cementati direttamente in cantiere.

All'interno di un rilevato stradale, il misto cementato rientra nella fondazione stradale, immediatamente prima del pacchetto dei conglomerati bituminosi, ed ha il compito di dare robustezza e rigidità alla piattaforma stradale.

A differenza della calce, il cemento non reagisce con le sostanze limo-argillose, pertanto l'inerte da utilizzare deve essere di prima qualità, classificato come A1a oppure A1b (vedasi Approfondimento di pagina 3 del presente documento); il materiale più indicato per eseguire un misto cementato di qualità è il misto granulare stabilizzato.

Da un punto di vista prettamente operativo, il processo eseguito in cantiere è quasi identico a quello descritto in precedenza per la stabilizzazione a calce dei terreni; di seguito vengo brevemente elencati:

- Stesa dello stabilizzato da trattare con spessori e pendenze conformi alle specifiche di progetto;
- Stesa del cemento con apposito spandilegante;
- Singola miscelazione con pulvimixer;
- Prima compattazione con rullo ferro/gomma di idoneo peso;
- Livellamento del materiale tramite motograder;
- Compattazione finale con rullo ferro/gomma.

Prima dell'avvento di tale metodologia, i misti cementati venivano prodotti presso impianti di betonaggio e quindi trasportati e stesi in cantiere. A causa dei tempi di presa del cemento, i cantieri dovevano essere situati all'interno del raggio d'azione dell'impianto.

L'esecuzione dello stesso direttamente in cantiere, elimina tale problema e garantisce ugualmente un prodotto finito di prima qualità in quanto ogni fase è controllata con specifici controlli di laboratorio.

Oltre a varie realizzazioni in Italia, la Turchi Cesare S.r.l. si è pregiata della realizzazione di un intero piazzale in Indonesia per conto di Saipem le cui specifiche vengono di seguito descritte.



 <b>TURCHI CESARE</b> <b>S.r.l.</b> <b>Gestione Qualità</b>	<b>SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO</b>	STP10
		PAG.15 di 21
<b>SCHEDA N.</b> <b>STP10</b>	<b>STABILIZZAZIONE DEI TERRENI A CALCE O CEMENTO</b>	

## 9 TRATTAMENTO A CEMENTO A KARIMUN – INDONESIA

Nel 2001 la Turchi Cesare S.r.L. ha acquisito la realizzazione di un piazzale in misto cementato commissionato da Saipem Indonesia.

L'appalto rientra nelle opere infrastrutturali necessarie alla realizzazione di una nuova base produttiva di Saipem situata sulla costa occidentale dell'isola di Karimun (Indonesia) è la cui superficie si attesta in più 700'000 mq.

Il lavoro includeva anche la riprogettazione delle nuove quote "Final Ground Elevation" del piazzale.

### 9.1 FASE PROGETTUALE

All'atto dell'inizio dei lavori, il piazzale era costituito da uno strato di stabilizzato, granulometria 0/50, con pendenze poco idonee all'utilizzo di gru, allo spostamento delle grosse strutture ivi prodotte ed, in particolar modo, rendevano difficili le operazione di assemblaggio delle stesse "erection".

Dopo numerosi incontri con l'ingegneria di Saipem, è stata pattuita un'unica pendenza dello 0,15÷0,16% su tutta l'area dedicata all'assemblaggio delle strutture mentre in tutte le altre aree non oltre al 1,50%.

Diretta conseguenza di tale cambiamento delle pendenze, oltre a grandi lavori di movimentazione terra con sbanchi fino ad un metro, sarebbe stato il rinvenimento delle linee elettriche ad alta tensione e di tutte le reti acqua ed antincendio della base.

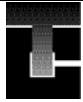
Dopo un'attenta analisi della situazione, la Turchi Cesare ha proposto alla Committenza di dividere l'area dell'erection in due parti in modo da non andare ad intaccare le reti dei servizi.

Tale proposta è stata valutata positivamente dalla Committenza.

### 9.2 TEST PRELIMINARI

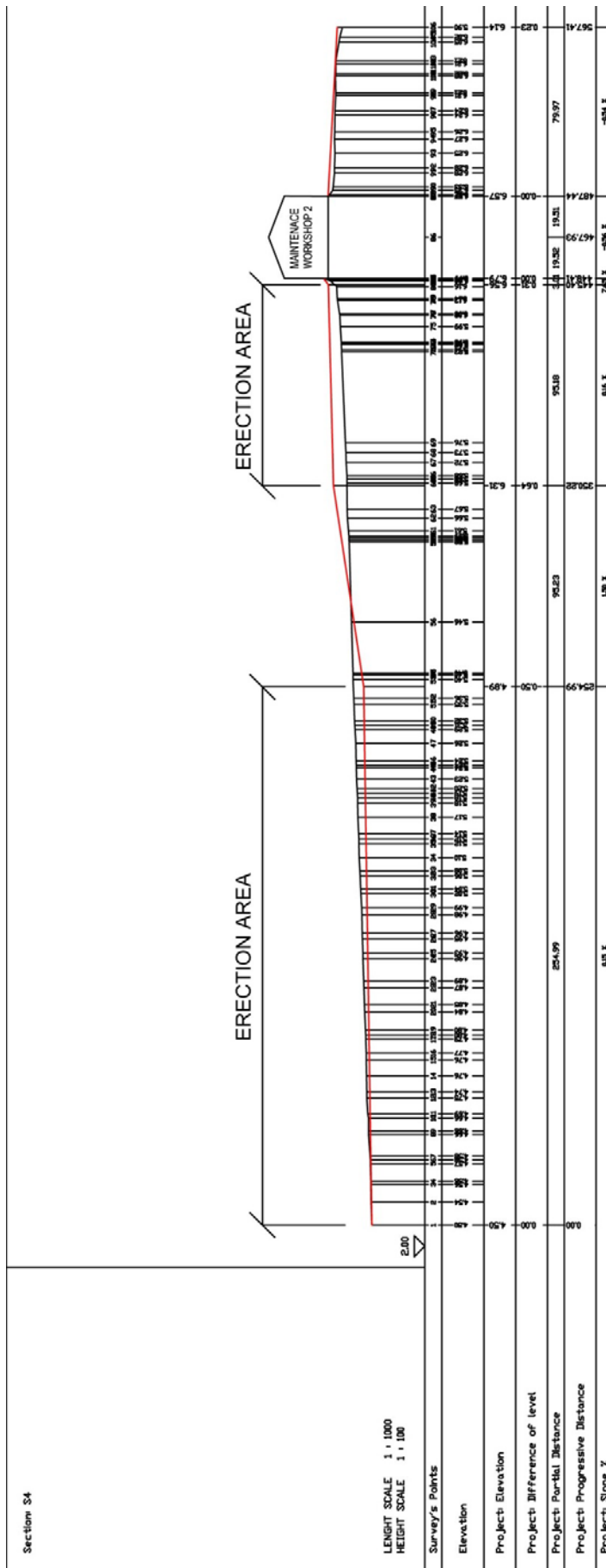
In una piattaforma stradale i misti cementati rientrano nelle sottofondazioni ed hanno il compito di fornire una solida base ai conglomerati bituminosi su di esso posati; pertanto non sono mai a contatto diretto con il transito dei mezzi.

Nella situazione specifica di Karimun, il misto cementato è a diretto contatto con il traffico veicolare e gli agenti atmosferici di un'area equatoriale, caratterizzata dal alto tenore di umidità e caldo torrido, saltuariamente interrotto da forti acquazzoni.



**SCHEDA N.**  
**STP10**

**STABILIZZAZIONE DEI TERRENI A CALCE O CEMENTO**



**Figura 11:** Final ground Elevation; in nero l'andamento prima dell'inizio dei lavori ed in rosso il progetto definitivo

 <b>TURCHI CESARE</b> S.r.l. Gestione Qualità	<b>SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO</b>	STP10
		PAG.17 di 21
<b>SCHEDA N.</b> <b>STP10</b>	<b>STABILIZZAZIONE DEI TERRENI A CALCE O CEMENTO</b>	

Per un tale impiego, il mix-design doveva essere improntato su due caratteristiche:

- Un'alta resistenza sia agli sforzi di compressione, dovuto al peso delle strutture, che di trazione, causati dai carri delle gru cingolate in movimento;
- Una superficie finita il più chiusa e omogenea possibile, al fine di resistere all'usura dei mezzi gommati e degli agenti atmosferici.

Per quanto sopra esposto, lo stabilizzato 0/50 costituente il piazzale risultava essere inadatto al trattamento.

Il mix-design proposto, ed accettato da Saipem, presenta come base inerte un stabilizzato 0/28, appositamente prodotto in loco dalla Turchi Cesare, additivato con 150 Kg/m<sup>3</sup> di cemento. Un tale dosaggio è stato dettato dal raggiungimento di due obiettivi: le alte resistenze richieste ed un arricchimento in fini del materiale indispensabile per una superficie finita chiusa ed omogenea.

Prima di dare inizio alla produzione, è stato realizzato un campo prova con lo scopo di verificare l'efficienza del mix-design, il tutto coadiuvato da test di laboratorio e carotaggi.

### 9.3 IL TRATTAMENTO

Le lavorazioni sono state eseguite con un tradizionale "treno" per le stabilizzazione composto da: uno spandilegante, una pulvimixer con botte dell'acqua dedicata, un rullo ferro/gomma di idoneo peso, un grader per il livellamento del materiale ed un rullo gomma/gomma, anch'esso di idoneo peso.



**Figura 12:** Treno stabilizzazione in azione

 <b>TURCHI CESARE</b> S.r.l. Gestione Qualità	<b>SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO</b>	STP10
		PAG. 18 di 21
<b>SCHEDA N.</b> <b>STP10</b>	<b>STABILIZZAZIONE DEI TERRENI A CALCE O CEMENTO</b>	

Le fasi di trattamento messe in atto sono:

- Esecuzione dei movimenti terra per il cambio delle pendenze e la sostituzione del materiale in sito con 30 cm di stabilizzato 0/28;
- Stesa del cemento tramite lo spandilegante;
- Miscelazione tramite pulvimixer congiuntamente all'aggiunta di acqua necessaria ad ottenere una corretta compattazione;
- Prima compattazione con rullo ferro/gomma;
- Livellamento ed asportazione materiale in eccesso tramite il grader;
- Seconda compattazione con rullo ferro/gomma;
- Esecuzione spolvero; tale fase verrà descritta in seguito;
- Terza compattazione con rullo ferro/gomma;
- Prima compattazione con rullo gomma/gomma;
- Bagnatura a pioggia con botte dell'acqua;
- Compattazione finale con rullo gomma/gomma.

#### 9.4 SPOLVERO

Come si può vedere dalla foto sottostante, una volta ultimato le operazione di livellamento con il grader e la successiva compattazione con il rullo ferro/gomma, nonostante si stesse utilizzando una stabilizzato 0/28, la superficie risultava ugualmente “grezza”, disomogenea e con aree più ghiaiose, pertanto inadatto ad assolvere il ruolo prefissatoci.

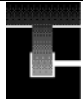
Per sopperire a tale situazione, abbiamo inserito la fase dello “spolvero”.

Essa consiste nello spargere del materiale, risultante dal taglio eseguito dal grader, sulla superficie e compattato con ripetuti passaggi di rullo in modo da creare un corpo unico ed omogeneo.

Tale step durava fino a quando tutta la superficie trattata non risultasse omogenea e ben chiusa, quasi a simulare un tappeto d'usura in conglomerato bituminoso.



**Figura 13:** Misto cementato prima dello spolvero



**Figura 14:** personale locale durante le operazioni di spolvero

Per quanto può sembrare un'operazione semplice, per ottenere uno spolvero duraturo in condizioni climatiche tropicali come quelle di Karimun, il materiale deve possedere un'umidità prossima a quella ottimale altrimenti non lega, degradandosi velocemente. Per tale ragione, una botte dell'acqua dotata di una apposita lancia ad effetto pioggia era stabile in cantiere a supporto delle lavorazioni.



**Figura 15:** Fase di bagnatura

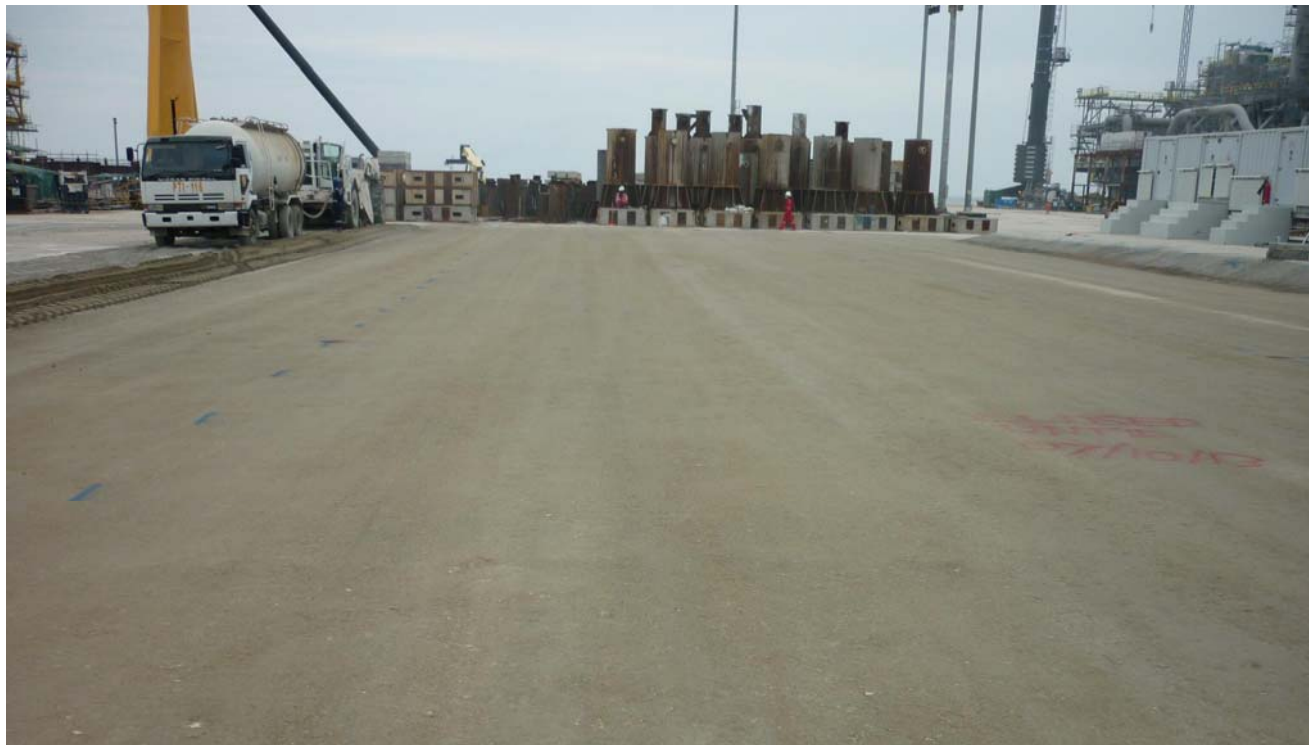


**Figura 16:** compattazione con rullo gomma/gomma



 <b>TURCHI CESARE</b> S.r.l. Gestione Qualità	<b>SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO</b>	STP10
		PAG.20 di 21
<b>SCHEDA N.</b> <b>STP10</b>	<b>STABILIZZAZIONE DEI TERRENI A CALCE O CEMENTO</b>	

A completamento, un rullo gomma/gomma di idoneo peso esegue diversi passaggi.



**Figura 17:** Area ultimata

## 9.5 LAVORI A MANO

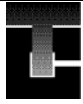
Nonostante la modifica progettuale, durante le fasi di scavo e rinterro propedeutiche alla stabilizzazione a cemento, sono stati rinvenuti ugualmente delle reti dei servizi (cavi elettrici, acqua in pressione, ...).

Inoltre, tutte le aree intorno ai fabbricati, presentavano spazi inadeguati all'operatività della macchine.

In tali condizioni, si era impossibilitati all'uso del treno della stabilizzazione; si è pertanto dovuto operare eseguendo delle lavorazioni a mano.

Confezionata presso i nostri impianti di betonaggio installati all'interno della base, la miscela veniva trasportata tramite autobetoniere di proprietà e messa in opera.

Tutte le lavorazioni a mano devono essere eseguite prima del trattamento in sito in quanto, per poter realizzare un giunto duraturo, parte della miscela confezionata in impianto deve essere rimiscelata con la pulvimixer.



**Figura 18:** lavori a mano – fase di getto



**Figura 19:** lavori a mano – fase di rullatura e finitura

## 9.6 CONCLUSIONI

Con questo appalto, la Turchi Cesare ha confermato ancora una volta le doti tecniche ed organizzative della propria struttura, fattori comprovati dalla soddisfazione del committente e dalla loro intenzione di eseguire tale lavoro presso altre basi nel mondo, in primis quella in Brasile, in corso di realizzazione.



***Construction of road foundations,  
through aggregate stabilized on site,  
with limestone or cement***



	<b>TURCHI CESARE</b> <b>S.r.l.</b> <b>Quality Management</b>	<b>PRODUCT DATA SHEET</b>	PDSNTS01 Rev. 0 Pag. 1 of 24
<b>SHEET N. PDSNTS01</b>		<b>SOIL STABILIZATION</b>	

## INDEX

1. INTRODUCTION .....	1
2. CHARACTERISTICS OF MATERIALS TO BE USED .....	3
2.1. THE SOILS .....	3
2.2. THE WATER.....	5
2.3. THE LIME .....	5
3. REACTIONS SOIL-LIME .....	6
4. APPLICATIONS .....	8
5. THE PROCESS .....	9
5.1. STORAGE OF LIME IN THE YARD .....	10
5.2. MATERIAL ON SITE OR HAULED.....	10
5.3. CONTROL OF MATERIAL TO BE TREATED .....	10
5.4. SPREADING LIME .....	11
5.5. MIXING.....	12
5.6. HUMIDITY CONTROL.....	13
5.7. COMPACTION AND PLAN ADJUSTMENT.....	13
6. REQUIREMENTS OF THE SPECIFICATIONS .....	14
7. ECONOMIC IMPORTANCE AND CONCLUSIONS.....	16
8. CEMENT TREATMENT.....	17
9. SOIL CEMENT TREATMENT IN KARIMUN - INDONESIA.....	18
9.1 DESIGN.....	18
9.2 PRELIMINARY TEST.....	18
9.3 THE TREATMENT.....	20
9.4 THE DREDGING PHASE.....	21
9.5 HAND JOBS.....	23
9.6 CONCLUSIONS.....	24

## 1. INTRODUCTION

The increasing difficulty of finding suitable inert materials for the construction DESIGN of infrastructure road, rail, airports and other works that involve volumes of earth-movement , coupled with the significant presence of natural soils and high component silt-clay, make it very interesting logistical and economic recourse to stabilization with lime. Through this treatment it is possible to transform soil with poor mechanical characteristics into valid materials for the realization of the roads.



 <p><b>TURCHI CESARE</b> S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS01 Rev. 0 Pag. 2 of 24</p>
<p><b>SHEET N. PDSNTS01</b></p>	<h2>SOIL STABILIZATION</h2>	

The floodplains are composed of large quantities of soil, silt and clay, sand and gravel with high clay component, pozzolanic sands altered with the finest elements. Thus materials, mixed with a few percentage of lime, become excellent materials for the realization of substrates, embankment and also for superstructures.

The soil stabilization using lime may be applied whenever you need to consolidate lands with a high component silt-clay present on site is or carried-in, in order to obtain subgrade and/or embankment with settled high bearing capacity.

This process replaces the traditional methodology comprising the removal, with transport to disposal of the materials in the site and the subsequent replacement with high-quality materials produced from quarries which are increasingly expensive, of inconsistent quality and of difficult availability.

### DEPH STUDY

#### - HISTORY -

Adding lime to the soil in order to obtain mixtures having satisfactory mechanical behavior and settled is a practice in use since ancientness: the builders of the Great Wall of China, as well like the Romans, the architects of the Via Appia, used these materials.

The first modern scientific and technical research on mixtures for road use were performed in the United States around the earlier decades of the 900. Immediately after the Second World War, with the growing mobility needs of infrastructure, the studies and the experiments were resumed to get a big boost in the middle of the 900. At the same time, in the United they started the achievements, in 1957, 160,000 tons of lime were used for road stabilization , in 1985, the amount of lime was approximately 1,000,000 tons , in 1976 the Transportation Research Board of the National Academy of American Science and closed the phase of the and experimentation of basic research, published a circular in which it was made ??the point of knowledge on stabilization with lime, in terms of design and implementation and monitoring of the mixtures. Also in Europe , and in particular in Federal Germany , starting in 1955 , there is an expansion of the use of materials treated with lime in road construction and airport, resulting, this technique, particularly suited the geology and climate of that country.

In the United States , Germany, but also in France, Sweden and South Africa are annually thousands of cubic meters of processed mixtures with lime ; now the use of the stabilized land,

	<b>TURCHI CESARE</b> <b>S.r.l.</b> <b>Quality Management</b>	<b>PRODUCT DATA SHEET</b>	PDSNTS01 Rev. 0 Pag. 3 of 24
<b>SHEET N. PDSNTS01</b>		<b>SOIL STABILIZATION</b>	

has no problems, nor raises doubts and hesitations: in fact, the field of applicability of these techniques are well known, their effects in the short and long term, have proven their reliability and durability.

Our country from this point of view has relevant atypical compared to the situation just now dashed.

In Italy, in fact, there is a tradition in the use of mixtures with lime as regards the clay and even materials for those pozzolanic, however, widespread in south central, nor in construction of layers of the superstructure, nor in construction of embankments or in the reclamation of substrates and laying plans embankments themselves. This is why, until a few years ago, there has been able to supply, without too many problems lithoids good mechanical properties and operating in a climate characterized by long periods of the year by precipitation of small claims. This has meant that the road technique, at least with regard to the materials employed, had little incentive to change and to broaden the horizon of the options realization possible.

The use of lime has made it possible to achieve cost works that, given the existing constraints in regarding the use of non-renewable natural resources, would have resulted in financial burdens and very heavy environmental.

## **2. CHARACTERISTICS OF MATERIALS TO BE USED**

### **2.1. THE SOILS**

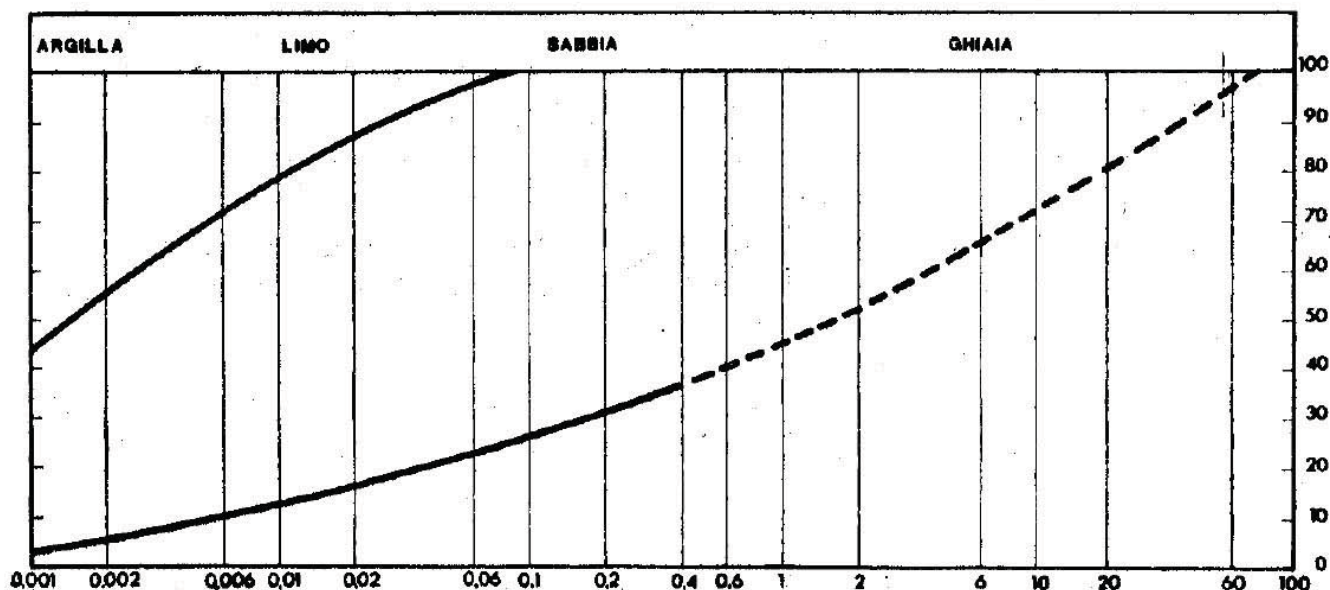
The following soils are suitable for treatment with quicklime (Calcium Oxide) CaO or hydrated lime (Calcium hydroxide) Ca (OH) 2:

the silt-loam soil that belongs to the groups A6 and A7 with index values

plastic comprised between 10 and 50, or even higher, as well as the soil of the group A5 when it has a volcanic or organogenic source, even gravels silt-clay

of the groups A2-6 A2-7 could be treated with lime if they have passing rate not lower than 35% to the sieve 0.4 UNI. The grading curve of the material must be confined within the limits shown in the standard BU CNR n. 36 (Figure 1).

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS01 Rev. 0 Pag. 4 of 24</p>
<p>SHEET N. PDSNTS01</p>	<h2>SOIL STABILIZATION</h2>	



- At the same weight, it has a greater effectiveness;
- Having higher density, the costs of transport and storage are lower.

The chemical and physical requirements of kicks required by the various specifications are summarized in Table 1; each delivery must be accompanied by the CE marking attesting conformity appendix ZA of the Harmonised European standard EN 459-1.

### DEPH STUDY

#### - RULES -

The reference standard for the soil stabilization with lime is the CNR No. 36. The standard states that "... a land so appears suitable for lime stabilization, must be of silt and clay and have an index of plasticity normally greater than 10 "(Type A6 and A7 referred to in Regulation CNR-UNI 10006) and "... granular materials clayey gravel (A2-6 and A2-7) may also be stabilized with lime if they have a fraction not lower than 35% passing through the sieve 0.4 UNI ... ".

In the rule is also reported the grading curve of the materials that can be stabilized (Figure 1).

### DEPH STUDY

#### - CLASSIFICATION OF LANDS -

 <b>TURCHI CESARE</b> S.r.l. Quality Management	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	PDSNTS01 Rev. 0 Pag. 5 of 24
		<b>SHEET N. PDSNTS01</b>

The reference standard CNR-UNI 10006 indicates in addition to the classification of soils based on particle size distribution, liquid limit, and plasticity index, supporting the quality of the soil, the action of frost on quality carriers, the shrinkage and swelling, permeability and identifying aspects of land in the site.

General Classification	Granular Materials								Silt-Clay Materials							
	35 percent or less of total sample passing No. 200 (75 µm)								More than 35 percent of total sample passing No. 200 (75 µm)							
Group Classification	A-1		A-3 <sup>[1]</sup>		A-2				A-4		A-5	A-6		A-7		
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-3a	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4a	A-4b		A-6a	A-6b	A-7-5	A-7-6	
Sieve analysis, percent passing:						*				**	*			*		
No. 10 (2 mm)	50 max															
No. 40 (425 µm)	30 max	50 max	51 min	<sup>[2]</sup>					<sup>[3]</sup>	<sup>[4]</sup>						
No. 200 (75 µm)	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	50 min	36 min		36 min		36 min	
Characteristics of fraction passing No. 40																
Liquid limit	—	—	Non-Plastic	—	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	41 min		40 max		41 min	
Plasticity index	6 max	6 max		6 max	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	10 max		11 – 15	16 min	≤LL-30	>LL-30
Group Index	0				4 max				8 max		12 max	10 max	16 max	20 max		
Usual types of significant constituent materials	Stone fragments, gravel and sand		Fine sand	Sand	Silty or clayey gravel and sand				Silty soils			Clayey soils				
General rating as subgrade	Excellent to good								Good to fair							

Notes

With the test data available, the classification of a soil is found by proceeding from left to right on the chart. The first classification that the test data fits is the correct classification.

\* A-2-5 is not allowed under 703.16.B. A-5 and A-7-5 is not allowed under 703.16.A. See "Natural Soil and Natural Granular Soils" (203.02.H) in this manual

\*\* A-4b is not allowed in the top 3 feet (1.0 m) of the embankment under 203.03.A.

[1] The placing of A-3 before A-2 is necessary in the "left to right" process, and does not indicate superiority of A-3 over A-2.

[2] A-3a must contain a minimum 50 percent combined coarse and fine sand sizes (passing No. 10 but retained on No. 200, between 2 mm and 75 µm).

[3] A-4a must contain less than 50 percent silt size material (between 75 µm and 5 µm).

[4] A-4b must contain 50 percent or more silt size material (between 75 µm and 5 µm).

## 2.2. THE WATER

The water should be sweet, clear and free from substances harmful to the reaction between soil and lime. It may be used to give the right moisture content at the soil-lime mixtures for obtaining the highest compaction.

## 2.3. THE LIME

The stabilization can be performed with quicklime CaO or hydrated lime Ca(OH)<sub>2</sub>. Preferably, the quicklime is used when the soils to be treated are very wet, for very dry land you can use both the hydrated lime and quicklime with the right amount of water in order to get chemical reactions under optimal conditions.

Usually quicklime presents the following characteristics, compared to the hydrated lime:

- Significantly lowers the moisture content of the treated material;

 <p><b>TURCHI CESARE</b> S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS01 Rev. 0 Pag. 6 of 24</p>
<p>SHEET N. PDSNTS01</p>	<h2>SOIL STABILIZATION</h2>	

### 3. REACTIONS SOIL-LIME

The first effect of the reaction soil-lime is the decrease in the water content of the soil, and this result can be attributed to several causes complementary, first of all to the reaction  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2 + 64900 \text{ joules}$

Where the quicklime is transformed into hydrated lime absorbing water from the environment and where the strong exothermicity of the lime causes an increasing of temperature up to the evaporation of water. A Portion of the treated soil moisture is lost for the effect of external temperature and for the aeration connected to the mixing with the soil stabilizer.

In essence, we see an overall reduction of 1 to 2% of the initial soil moisture (depending mainly on the temperature environment) for each percentage point of CaO added.

Another effect of the addition of lime is the flocculation and agglomeration of the particles of clay which results in a progressive decrease of the density and an increase in the index of the voids; this phenomenon is accompanied by a decrease of dry density and an increase of the content of optimum water (flattening of the PROCTOR curve) thereby improving the workability and then the compaction operations.

The reactions described above change deeply the mechanical characteristics of the ground, thus changes that can be described as it follows:

- Increasing of liquid limit and plastic and a decreasing of index of plasticity;
- Flattening of the curve proctor who results in optimum point characterized by a dry density and a lower value of increased moisture;
- Significant reduction of variation volume (swelling and shrinkage)
- Less sensitive to the actions of water and frost;
- Increasing the permeability of the material;
- Increasing in the index value C.B.R.
- Improvement of the behavior of material to the stresses induced by loads repeated (fatigue behavior).

The pozzolanic reactions triggered by lime continue over time leading to changes in curve efforts/deformations, and then increments sensitive values of shear strength and angle of internal friction, the magnitude of these increases are depending on temperature, and even more on seasoning time.



	<b>TURCHI CESARE</b> <b>S.r.l.</b> <b>Quality Management</b>	<b>PRODUCT DATA SHEET</b>	PDSNTS01 Rev. 0 Pag. 7 of 24
<b>SHEET N. PDSNTS01</b>		<b>SOIL STABILIZATION</b>	

## DEPH STUDY

### - GEOTECHNICAL ELEMENTS -

#### **Atterberg limits**

Reference standards: **CNR-UNI 10014** and **ASTM D4318-84** .

They are used to evaluate the plasticity characteristics of a ground. The liquid limit is defined as the content of moisture that separates the liquid state by the plastic one ; similarly, the limit separating the plastic from the plastic state that of a semi-solid ground. The numerical difference between these two limits is defined index plastic . The limits of Atterberg are determined on a quantity of 100 - 200 g of material passing through the sieve UNI 0425. **Compaction (Proctor)**

Reference standards: **CNR 16** and **ASTM D698 D1557**

The most commonly used compaction tests are the AASHTO Standard the Modified AASHTO. They consist of compacted with a standard pestle, different samples of the packaged material to moisture different. The higher the humidity, the unit weight the material will tend to increase, reaching a peak and then decline. It is described as follows a curve compaction which allows to detect a density maximum value and the corresponding optimum moisture . The test cannot be performed on materials that have retained a sieve greater than 25 UNI 35% by weight.

#### **Bearing ratio CBR**

Reference standards: **CNR-UNI 10009** and **ASTM D1883**

The test of lift CBR is performed on specimens characterized by maximum density and optimum moisture and Modified AASHTO compacted manner. These specimens are saturated in water for 4 days to detect the possible bulge and it is subsequently subjected to penetration of a cylindrical standard piston.

The loads corresponding to the penetration of 2.5 and 5.0 mm, in relation to standard values, provide the index CBR of the soil.

#### **Direct shear test**

	<b>TURCHI CESARE</b> <b>S.r.l.</b> <b>Quality Management</b>	<b>PRODUCT DATA SHEET</b>	PDSNTS01 Rev. 0 Pag. 8 of 24
<b>SHEET N. PDSNTS01</b>		<b>SOIL STABILIZATION</b>	

It is performed with Casagrande shear box and serves to determine the shear strength of a specimen subjected to a load of predetermined consolidation.

By repeating the procedure on three specimens subjected to different load , you get a straight line whose intercept with the ordinate axis represents the cohesion and whose angular coefficient represents the tangent of the internal angle friction of the material in question. The same parameters can be obtained with the triaxial test CD described below.

### **Triaxial test**

It is performed on cylindrical specimens placed in a cell containing water under pressure and urged axially break. The most used types of test axial are the following:

- Try consolidated-drained (CD), whose specimens are first consolidated and then subjected to breaking in drained conditions;
- Try consolidated-undrained (CU), whose specimens are first established and then encouraged to break in undrained conditions, as they are measured the variations of the pressure within the specimen (pore pressure);
- Try unconsolidated-undrained (UU), whose specimens are urged to break without consolidation budget and without allowing drainage.

The first two tests provide the value of the cohesion and the angle of friction of the material, respectively drained conditions and not, while the third provides only the value of the tensile strength.

## **4. APPLICATIONS**

Examining the classic division of a road foundation, we can identify two part of work in which you can apply the technology of soil stabilization: subgrade and embankment.

The subgrade is the layer of variable thickness on which is layed the embankment and it may still be affected by the stresses induced by the dynamic loads of the road traffic.

At usual, especially in the floodplain areaswhere the ground have poor geotechnical characteristics because it is characterized by a strong silt-loam texture. Instead of the classical

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS01 Rev. 0 Pag. 9 of 24</p>
<p>SHEET N. PDSNTS01</p>	<h2>SOIL STABILIZATION</h2>	

replacement "Recovery" with selected materials from the quarry, we can operate by mixing the soil on site dosed with lime in a modest percentage (2-3% by weight). In this way we avoid the stages of excavation, disposal, soil hauling and backfilling of quarry materials, with an advantage not negligible in terms of cost, time and environmental impact.

Regarding the construction of the embankment, the use of soil stabilization with lime decreases the difficulties for finding suitable inert materials for this purpose, and consequently, it reduces the impact of transports on ordinary roads.

The use of lime for soil stabilization may also be applied to the construction of temporary roads and work areas due to its ability to make trafficable the impassable lands for their plasticity and water content with lower costs.

### DEPH STUDY

#### - SOIL STABILIZATION -

Soil Stabilization consists in any correction procedures designed to give it the characteristics of suitability to use, and then an increase of the bearing capacity and reduction of sensitivity to the action of water and frost.

The stabilization can be:

**particle size:** it involves the change of the particle size land treated; may be effected either by subtraction of fractions by prejudicial the addition of other lands

**chemical:** implies the improvement of the characteristics of the earth by the addition of binders such as cement, lime, bitumen, tar.

## 5. THE PROCESS

We talk about the process ("method by which we proceed to the treatment of a substance or processing of an industrial product") as it is characterized by well-defined processes and controls in order to result in a final product which is guaranteed, so you can use special machines designed

 <p><b>TURCHI CESARE</b> S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS01 Rev. 0 Pag. 10 of 24</p>
<p>SHEET N. PDSNTS01</p>	<h2>SOIL STABILIZATION</h2>	

and constructed for the purpose which the soil stabilizer (pulvimixer), the binder spreader, the soil compactors equipped with the padfoot drum and pneumatic rollers of adequate weight.

### 5.1. STORAGE OF LIME IN THE YARD

Before beginning a construction site is always essential to have enough binder to ensure a certain continuity of treatment in order to avoid the risk of having to interrupt processing for depletion of the reagent. For this purpose we need horizontal silos mounted on trailer equipped with hydraulic dump.

### 5.2. MATERIAL ON SITE OR HAULED

- Before the execution of subfloors, so for stabilization of materials in the site, is usually correctly perform the removal of the superficial layer of topsoil and vegetation.
- The embankments are made by laying layers of silty and clay soil with thickness around 30-40 cm and then submit them to the treatment with lime or backfilling the material, previously treated, in a special field of stabilization.



### 5.3. CONTROL OF MATERIAL TO BE TREATED

In order to give a guaranteed product, you proceed to the levy (CNR BU 25) of the natural ground and, as to establish the suitability of the lime treatment, you will perform the following tests:

- Sieve analysis (CNR UNI 8120/5);
- Atterberg limits (CNR UNI 10014);
- Determination of the natural water content (CNR UNI 10008)
- Organic Content (UNI EN 1744/1)

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS01 Rev. 0 Pag. 11 of 24</p>
<p>SHEET N. PDSNTS01</p>	<h2>SOIL STABILIZATION</h2>	

- Determination of the volume weight

#### 5.4. SPREADING LIME

After obtaining laboratory analysis and re-checked in the field soil moisture, we proceed to paving lime by suitable binding agent spreader to ensure a constant percentage per unit of surface (kg/m<sup>2</sup>) regardless of the speed of advancement that however is limited to 2-4 Km/h.



For each day of work is expected from the control internal quality verification of the dosage of lime paid by binder spreader through the weighing of a portion within a container known surface. This dosage is a function of the weight volume of dry natural soil, of the percentage of the mixture of lime and selected the thickness of the treatment according to the following relationship:

$$D = \gamma_d \cdot s \cdot \%CaO$$

where


D = dosage of calcium oxide expressed in kg/m<sup>2</sup>

$\gamma_d$  = unit weight of dry soil, expressed in kN/m<sup>3</sup>

s = thickness of soil to be treated expressed in meters

% = Percentage of CaO calcium oxide mixture



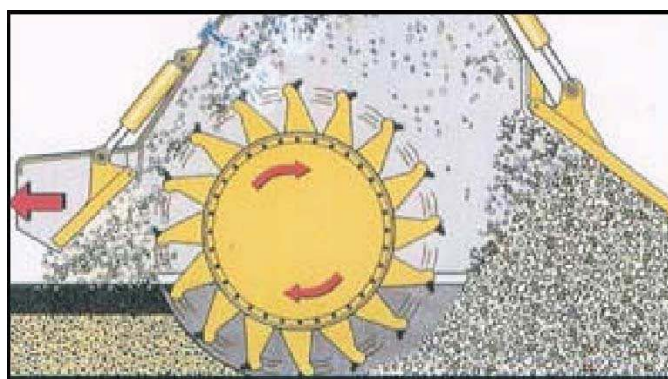
 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS01 Rev. 0 Pag. 12 of 24</p>
<p>SHEET N. PDSNTS01</p>	<h2>SOIL STABILIZATION</h2>	

### 5.5. MIXING

The machine used to mix the soil with lime is called soil stabilizer; it has a toothed rotor which rotates in the opposite direction of the machine advancement. The height of the rotor is adjustable in order to determine the thickness of the layer to be mixed, which, normally, varies between 20 and 40 cm.



In order to ensure compositional uniformity, in the formation of the mixing does not detected only affects the layer in the works but goes for a few centimeters in the underlying layer.



More passes are made up of soil stabilizer to obtain a homogeneous mixing and a particle passing through a sieve in net 25 mm and these characteristics will be recorded directly in the field by qualified officer.

 <p><b>TURCHI CESARE</b> S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS01 Rev. 0 Pag. 13 of 24</p>
<p>SHEET N. PDSNTS01</p>	<h2>SOIL STABILIZATION</h2>	

### 5.6. HUMIDITY CONTROL

Before the compaction, we need to check the humidity of the mixture soil-lime material to verify that it is close to the optimal value and therefore that chemical reactions started their course.

If there is a lower moisture, we need to add water until reaching optimum moisture value by a tanker equipped with suitable spray system; after that the soil stabilizer will mix the material to distribute the water evenly throughout the layer.



### 5.7. COMPACTION AND PLAN ADJUSTMENT

- In the first phase, we proceed to a first compaction with the soil compactor equipped with the padfoot drum because, thanks to this drum, it is able to compact in depth the worked layer, favoring the emission of the incorporated air;
- Using a motor grader, we pass for leveling the layer surface, in order to provide the design slopes and a uniform thickness;
- At the end we compact it with a pneumatic roller to assure a dense surface.



To guarantee the work, we carry out bearing capacity tests.

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS01 Rev. 0 Pag. 14 of 24</p>
<p>SHEET N. PDSNTS01</p>	<h2>SOIL STABILIZATION</h2>	

## 6. REQUIREMENTS OF THE SPECIFICATIONS

The specifications of reference of the major public institutions devote special sections to processes of stabilization with lime, defining qualitative requirements of the soil to be treated and the performance of the finished product.

Below we report the main requirements of the Specifications A.N.A.S. and Italferr.

### ANAS spa

#### Quality requirements of the soils to be treated

The body of the road embankment will be made of materials with an organic content lower than 3% and classified according to standard CNR-UNI 10006, as belonging to the following categories:

- A5 with  $I_p > 8$ ;
- A6 and A7
- A2-6 and A2-7 with a rate not lower than 35% passing through the sieve UNI 0.4

#### Performance requirements of the finished product

The Construction Supervision will accept the attainment of the degree of compaction through on site testing of the weight and volume deformation modulus (Md).

These tests will be required at the rate of:

- Md: Each 250 meters of length of the treated surface;
- Volume weight: every 2000 cubic meters of processed material

The Work Management will consider appropriate the following values:

- Density on site** (CNR BU 22) equal to 92% of the proctor density obtained, in the laboratory, with specimens compacted in accordance with AASHTO modified and packaged with the same sample taken at the site;
- Md values**, (CNR BU 146) obtained from bearing capacity tests by plate 300mm diameter:
  - on subgrade surface below the embankments, the Md value must be not lower than 20 N/sq mm in the load cycle between 0.05 and 0.15 N / mm <sup>2</sup>;

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS01 Rev. 0 Pag. 15 of 24</p>
<p>SHEET N. PDSNTS01</p>	<h2>SOIL STABILIZATION</h2>	

- -on the embankments, the Md value must be not lower than 20 N / mm <sup>2</sup> in the load cycle between 0.05 to 0.15 N / mm <sup>2</sup>;
  - on the last layer of embankment, the Md value must be not lower than 50 N / sq mm in the load cycle between 0.15 and 0.25 N / sq mmq.
- For testing the **index CBR** tests, swelling and rupture testing at compression on samples taken at the site consist of compacted material already, we will not accept values lower than 90% of those obtained in the laboratory on the mixture of the project.

## ITALFERR

### Quality requirements of the materials to be treated

The treatment by lime is allowed for loam and/or clay materials that will

have the following characteristics:

- Grading curve as standard B.U. 36;
- Plasticity index > 10
- Organic content <2%
- Total sulfates (sulfates and sulfides) <0:25%
- Nitrate <0.1%
- Water content Wn < 1.3 Wopt

Different particle sizes from that legislation and plasticity indexes

minor will be accepted provided that proves the suitability of the land to be dealt through the study mixtures of laboratory and field test.

### Performance requirements of the finished product

Every 2000 square meters of treated surface and for any stretch of homogeneous placed mixture, will be performed the following tests:



 <p><b>TURCHI CESARE</b> S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS01 Rev. 0 Pag. 16 of 24</p>
<p>SHEET N. PDSNTS01</p>	<h2>SOIL STABILIZATION</h2>	

- Bearing capacity test with a double measure of the magnitude of deformation, carried to the first load cycle, which must be not less than:
  - **20 Mpa** in the cycle of the load is between 0,05 and 0,15 Mpa for the subgrade surface of the railway embankments and roads pertaining to FS and in the range between 0:15 and 0:25 MPa for the layers of embankments for a range of 1 meter from the top edge of the escarpment; ratio measured module to the first (Md) and the second (Md ') cycle shall not be less than 0.6;
  - **40 MPa** in the load cycle between 0.15 and 0.25 MPa for the body of the railways and roads embankment pertaining F.S. and for laying pavements in the trenches, and the report measured module to the first (Md) and the second (Md ') cycle must not be lower than 0.6;
- measure of the **degree of compaction** achieved which shall not be less than:
  - **95%** for the laying of railway embankments and roads pertaining to FS;
  - **98%** for railway embankments and roads pertaining FS, for laying pavements in trench.

## 7. ECONOMIC IMPORTANCE AND CONCLUSIONS


As we learned in the course of the present discussion, the economic benefits of stabilization with lime of clayey silt soils are so many and can be listed below:

- Elimination/reduction of supply of valuable materials from borrow pits;
- Reducing burdens on disposal of the materials coming from excavations;
- Reduction of road transportations and related problems;
- Reduction of working time;
- The use of lime for the preparation of the roads and areas of work, it allows an immediate practicability of the site.





***Stabilization in concrete for the construction on site of road foundations***

	<b>TURCHI CESARE</b> Quality Management	<b>PRODUCT DATA SHEET</b>	STP10  PAG.17 di 24
SHEET N. PDSNTS01	<b>SOIL STABILIZATION</b>		

## 8. CEMENT TREATMENT

On the base of the gained experience over the years with the stabilization of soils with lime, the Turks Caesar SrL has implemented its operating range with the execution of cement foundations directly on the site.

Inside a road embankment, the concrete represent the road foundation, just before the pack of asphalt, and it has the task of giving strength and rigidity to the platform road.

Unlike lime, the cement does not react with silt and clay substances, so the aggregate to be used shall be of first quality, classified as A1a or A1b (see Table to page 5, Chapter 2.1); the finishing layer is the most suitable material to perform a qualitative cement treatment.


From an operational standpoint, the process performed is almost similar to the lime stabilization of soils described above; the steps are:

- Spreading of the finishing layer according to the design;
- Cement spreading;
- Mixing with pulvimixer;
- First compaction with vibratory soil compactor;
- Levelling of the material by grader;
- final compaction with vibratory soil compactor.

Before the advent of this method, the cement mixtures were being produced by batching plants and then transported and laid in the yard. Considering the setting time of cement, the sites had to be located in range of the plants.

The execution of it directly site, deletes this problem and ensures a finished product of the highest quality also because each phase is checked by specific laboratory tests.

In addition to various Italian projects, Turchi Cesare it has realized of an entire square in Indonesia on behalf of Saipem and the specifications are described below.

	<b>TURCHI CESARE</b> Quality Management	<b>PRODUCT DATA SHEET</b>	STP10  PAG. 18 di 24
SHEET N. PDSNTS01	<b>SOIL STABILIZATION</b>		

## 9. SOIL CEMENT TREATMENT IN KARIMUN–INDONESIA

In 2001 the Turchi Cesare has acquired the construction by the cement treatment in site of a large square commissioned by Saipem Indonesia.

The contract come under the infrastructural works required for the construction of a new manufacturing Saipem's Yard located on the west coast of the island of Karimun (Indonesia), the area of which amounted to more than 700,000 square meters.

The work also included the redesign of the "Final Ground Elevation" of the yard.

### 9.1 DESIGN

Upon start of the work, the yard was made up by a layer of finishing layer 0/50 with slopes unsuitable for cranes, the movement of the large structures produced therein and, in particular, it make difficult the erection phases of them.

After various meetings with Saipem's engineering, a single slope of 0.15 ÷ 0.16% in the erection area has been agreed upon while in all other areas not more than 1,50% .

The direct consequence of the new slopes would be the finding of the high-voltage power lines and all networks of water and fire-fighting, in addition to large earthmoving work with excavations up to a meter,.

In order to not going to affect the service networks, after careful analysis, the Turchi Cesare's staff proposed to divide the erection area in two parts.

This proposal has been evaluated positively by the client.

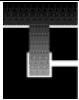
### 9.2 PRELIMINARY TESTS

Inside a road embankment, usually the concrete represent the road foundation, and it has the task of giving strength and rigidity to the asphalt pack so it is never in direct contact with the transit of vehicles.

In the Karimun specific situation, the cement treatment is in direct contact with the traffic and weathering of an equatorial area, characterized by high humidity and temperatures and heavy downpours.

For such use, the mix-design had to be based on two characteristics:



	<b>TURCHI CESARE</b> Quality Management	<b>PRODUCT DATA SHEET</b>	STP10  PAG.20 di 24
SHEET N. PDSNTS01	<b>SOIL STABILIZATION</b>		

- A high resistance to compressive stresses, due to the weight of the structures, and traction stresses due to the tracks of the cranes;
- A shallow surface very closed and homogeneous, in order to resist to wheeled vehicles and weathering.

For the foregoing reasons, the stabilized 0/50 present in the yard was unsuitable for treatment.

The mix design proposed and accepted by Saipem, is composed by finishing layer 0/28, specially produced by Turchi Cesare, mixed with 150 kg/m<sup>3</sup> of cement. Such cement quantity has been necessary for the achievement of two objectives: high resistances and an enrichment of fine materials essential for a shallow surface closed and homogeneous.

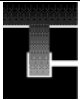
Before starting production, a trial field was carried out with the aim to verify the efficiency of the mix-design, all supported by laboratory testing and coring.

### 9.3 THE TREATMENT

The activities were carried out with a traditional fleet for the stabilization composed by: one cement spreader, a pulvimixer with the water truck, a vibratory soil compactor with a suitable weight, a grader for leveling the material and a pneumatic compactor with a suitable weight.





	<b>TURCHI CESARE</b> Quality Management	<b>PRODUCT DATA SHEET</b>	STP10  PAG.21 di 24
SHEET N. PDSNTS01	<b>SOIL STABILIZATION</b>		

The cement treatment phases are:

- 8 Earthworks for the change of slopes and the substitution of the in site material with the new finishing layer 0/28;
- 9 Cement spreading;
- 10 Mixing of the cement and gravel by pulvimixer and adding of water for obtain an optimal compaction;
- 11 First compaction by vibratory soil compactor;
- 12 Levelling by motorgrader;
- 13 Second compaction by vibratory soil compactor;
- 14 Dredging phase; it will be described afterwards
- 15 Third compaction by vibratory soil compactor;
- 16 First compaction by pneumatic compactor;
- 17 Wetting of the treatment;
- 18 Final compaction by pneumatic compactor.

### 9.( DREDGING PHASE

As is possible see in the picture below, once completed the leveling operation with the grader and the subsequent compaction with the vibratory soil compactor, the surface appear too "raw" and with inhomogeneous zones, therefore unfit to fulfill the role requested. To overcome this situation, we introduced the dredging phase.

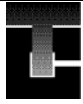
It consists in a manual spread of the material resulting from the cut performed by the grader, and compacted with repeated passes of the roller so as to create a single body and homogeneous.

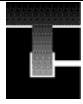
This step must continue until when the entire treated surface become homogeneous and tightly closed like an asphalt surface course.



To get a lasting dredge in tropical climates such as those of Karimun, the material must have a humidity close to the optimum otherwise, it degrade quickly. For this reason, a water truck equipped with a rain effect nozzle must be fixed in site during the activities.

As a last step, a pneumatic roller with a suitable weight must perform several transits.





## **9.) 'HAND-JOBS**

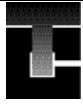
In spite of the new design, during the phases of excavation and backfill preparation for the cement treatment, were found service networks (electrical cables, water pipelines, ...).

In addition, all areas around the buildings was not suitable for operate with the equipment.

These areas had to be made by hand-works.

Packaged in our batching plants installed within the base, the concrete was transported by ownership mixers truck.

All the hand-works must be performed before the cement treatment because, in order to achieve a good joint, part of the concrete produced in batching plant must be remixed pulvimixer.



## 9.\* CONCLUSIONS

With this contract, the Turks Caesar has once again confirmed the high technical skills and the organizational structure; it is proven by the satisfaction of the client and of their intention to carry out such work at other base in the world, first one in Brazil still in progress.







**Sede e amministrazione**  
**Headquarters and administrative offices**

42048 Rubiera (RE)  
via Emilia Est, 10  
tel. +39 0522 627422 - 628886  
Fax +39 0522 628991  
info@turchicesare.it  
www.turchicesare.it

**Sito Produttivo**  
**Manufacturing site**  
41010 Modena - Frazione Marzaglia  
via Cave Convoglio, 42  
tel. +39 059 389120  
fax +39 059 389664

C.F. e P. Iva 01214260356