

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01  
LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA  
Lotto Funzionale Brescia-Verona  
PROGETTO DEFINITIVO**

**AREA DI CAVA BS4 CASTENEDOLO**

**Relazione geologica - idrogeologica**

IL PROGETTISTA

G.T. ENGINEERING s.r.l.  
Ing. Maurizio Ghizzoni  
Ordine degli Ingegneri della  
Provincia di Parma n° 631

IL PROGETTISTA INTEGRATORE

saipem spa  
Tommaso Taranta  
Dottore in Ingegneria Civile Iscritto all'albo  
degli Ingegneri della Provincia di Milano  
al n. A23408 - Sez. A Settori:  
a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione  
Tel. 02.52020537 - Fax 02.52020309  
C.F. e P.IVA 00825790157

ALTA SORVEGLIANZA



Verificato	Data	Approvato	Data

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

I	N	0	5	0	0	D	E	2	R	O	C	A	0	0	0	0	3	0	7	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR									Autorizzato/Data
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Consorzio <b>Cepav due</b> Project Director (Ing. F. Lombardi)  Data: _____
0	31.03.14	Emissione per CdS		31.03.14		31.03.14		31.03.14	

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121

Data: 31.03.14

Doc. N.: 04260\_01.doc



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>GEOMORFOLOGIA GENERALE</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>GEOMORFOLOGIA LOCALE</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>GEOLOGIA TECNICA E LITOLOGIA</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>REQUISITI QUALITATIVI DEGLI INERTI</b>	<b>32</b>
<b>7</b>	<b>STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO</b>	<b>33</b>
<b>7.1</b>	<b>TEORIE UTILIZZATE</b>	<b>33</b>
<b>7.2</b>	<b>STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI</b>	<b>35</b>
<b>7.3</b>	<b>CARICHI AGENTI</b>	<b>37</b>
<b>7.4</b>	<b>VERIFICA SISMICA</b>	<b>37</b>
<b>8</b>	<b>RISULTATI DELLE VERIFICHE DI STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO</b>	<b>38</b>
<b>8.1</b>	<b>VERIFICA DI STABILITÀ DEL PRIMO GRADONE</b>	<b>38</b>
<b>8.2</b>	<b>VERIFICA DI STABILITÀ IN CONDIZIONI DI MASSIMO SCAVO</b>	<b>43</b>
<b>9</b>	<b>CIRCOLAZIONE IDRICA PROFONDA</b>	<b>46</b>
<b>10</b>	<b>VULNERABILITA' COMPLESSIVA DELL'ACQUIFERO</b>	<b>48</b>



## 1 PREMESSA

La presente relazione di progetto descrive le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area denominata "Area di cava BS4" e dell'intorno significativo. Tale area è ubicata all'estremità meridionale del Comune di Castenedolo (BS), in adiacenza al confine con il Comune di Ghedi.

A seguire vengono esaminate le caratteristiche geomorfologiche e geologiche generali. Segue la descrizione delle caratteristiche geologico-tecniche dei materiali presenti sulla base delle indagini in situ e dell'elaborazione delle prove di laboratorio, con determinazione del profilo di sicurezza dei terreni e dei calcoli giustificativi di stabilità. Nella parte idrogeologica si descrive l'andamento generale della circolazione idrica sotterranea in relazione all'attività in progetto, alle modalità di flusso e alle interazioni, se esistenti, con le attività in superficie.

La relazione è stata redatta in conformità con quanto richiesto dal D.M. 11 marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

Per le verifiche di stabilità in condizioni sismiche si è fatto riferimento alle *Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni* approvate con Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 del Presidente del Consiglio dei Ministri.



## 2 GEOMORFOLOGIA GENERALE

L'area interessata dal progetto di cava è ubicata nell'alta pianura bresciana, formatasi durante il quaternario, in particolare durante le fasi glaciali, fluvioglaciali e fluviali. La pianura rappresenta il risultato delle dinamiche legate alla glaciazione würmiana, che ha impostato quello che attualmente è il livello fondamentale della pianura, in analogia con tutta la fascia pedemontana che va dal Piemonte al Veneto, mentre i depositi alluvionali più prossimi ai corsi d'acqua principali presenti sono di età post-glaciale. La superficie planiziale è delimitata a nord dai rilievi montuosi alpini e prealpini, da cui scendono i corsi d'acqua post-glaciali. I più importanti della zona sono i Fiumi Mella e Chiese. Entrambi scendono dal rilievo direttamente verso S. Il primo ha origine nella Val Trompia e passa per Brescia; anche il secondo è dotato di un significativo bacino che si spinge a N parallelo allo sviluppo del lago di Garda e drena il bacino lacustre di Idro. Entrambi proseguono subparalleli nella pianura bresciana, delimitando verso W ed E la fascia in studio, fino a confluire nell'Oglio a pochi chilometri di distanza uno dall'altro. Tra i due è posto un corso d'acqua di importanza molto minore, il Torrente Garza, che è il corso d'acqua di più diretta pertinenza dell'area di cava. Anch'esso attraversa la città di Brescia, a poca distanza dal Mella, per scendere poi verso S, ma il suo bacino nella parte montana risulta molto più ridotto in quanto i due bacini del Mella e del Chiese a N tendono a chiudersi e ad avvicinarsi, limitando lo spazio per il Garza. Come conseguenza di ciò il torrente ha possibilità di alimentazione più ridotte e quindi dinamica fluviale molto più modesta.

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA			
					
Doc. N. 04260_01	Progetto IN05	Lotto 00	Codifica Documento DE2ROCA0000307	Rev. 0	Foglio 5 di 50

### 3 GEOMORFOLOGIA LOCALE

In maggior dettaglio si nota che l'area di cava, situata al limite S del territorio comunale di Castenedolo al confine con Ghedi, è posta circa 1 km ad E del Torrente Garza, che nella sua parte di pianura a S di Brescia assume caratteristiche via via più artificiali come sviluppo planimetrico e come sezioni, fino a diventare un canale ad uso irriguo poco più a valle dell'area di cava, prendendo appunto anche in nome di canale sulla toponomastica.

La differenza di quota tra l'area di cava ed il fondo del torrente-canale Garza nel punto di massimo avvicinamento (1 km) è di circa 9 m e distanza, quota e caratteristiche del bacino escludono possibilità di interferenza.

L'area nel suo complesso è pianeggiante, con un'inclinazione verso SSW dello 0,7%, non sono presenti elementi morfologici significativi né come dimensione, né come significato. La superficie della campagna presenta come unici elementi che modificano il regolare e uniforme andamento originario postglaciale le delimitazioni antropiche di campi, strade poderali, carrarecce e canali di irrigazione. Le variazioni del rilievo diventano significative solo più a monte, a partire da 1 km circa più a N, in corrispondenza all'abitato di Castenedolo, che per evidenti ragioni storiche e di sicurezza ambientale è fondato in posizione rilevata rispetto alla pianura di circa 25 m, su un ampio lembo residuale terrazzato di forma lenticolare e sviluppo longitudinale WSW-ENE, costituito da depositi fluvioglaciali e glaciali pleistocenici appena più antichi di quelli costituenti la pianura.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Doc. N. 04260_01	Progetto IN05	Lotto 00	Codifica Documento DE2ROCA0000307	Rev. 0	Foglio 6 di 50

#### 4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Tutta l'area è caratterizzata dalla presenza di un potente substrato di origine esclusivamente sedimentaria continentale per un'estensione di diversi chilometri all'intorno.

In generale si possono distinguere due gruppi formazionali principali, entrambi ascrivibili però allo stesso periodo e ad analoga origine. Si tratta dei depositi fluvioglaciali della pianura che si estendono in tutte le direzioni attorno all'area e costituiscono il substrato proprio dell'intervento e dei depositi fluvioglaciali e glaciali formanti il terrazzo su cui sorge l'abitato di Castenedolo, anch'essi di origine fluvioglaciale e glaciale.

Si possono distinguere sostanzialmente due formazioni che affiorano nella zona e costituiscono anche il substrato per potenze sicuramente superiori a quelle interessate dall'intervento. Si tratta di formazioni appartenenti morfologicamente entrambe alla pianura lombarda ed in particolare al bacino deposizionale con caratteristiche omogenee chiamato: "Bacino del Mella-Chiese". Le formazioni sono descritte partendo dalle più antiche e risalendo verso le più recenti.

##### ***Allogruppo del Mella (identificativo: Me-)***

##### **- Conglomerati di Ciliverghe (MeCL - Pleistocene inf.).**

Si tratta di depositi fluvioglaciali parzialmente cementati costituenti un livello deposizionale del Pleistocene inferiore affiorante con discreta continuità lungo l'orlo inferiore del terrazzo su cui sorge l'abitato di Castenedolo. La loro potenza si aggira mediamente attorno ai 15 – 20 metri. Non sono presenti nell'area in esame né in superficie, né in profondità, in quanto costituiscono affioramenti di cordonatura alla base della zona collinare, mentre nelle aree di pianura sono coperti dalle successive alluvioni fluvioglaciali.

##### **- Unità glaciale di Castenedolo (MeCA – Pleistocene medio).**

Si tratta di depositi connessi con la glaciazione würmiana conservati direttamente nel lembo collinare di Castenedolo, mentre risultano totalmente asportati dalla successiva erosione su tutta la pianura.



- **Unità di Capriano del Colle (MeCC – Pleistocene sup):**

Costituiti da depositi fluvioglaciali successivi ai precedenti ed affioranti anch'essi solo nella parte collinare di Castenedolo.

*Alloformazione di C.na Rodenga (identificativo: Ro)*

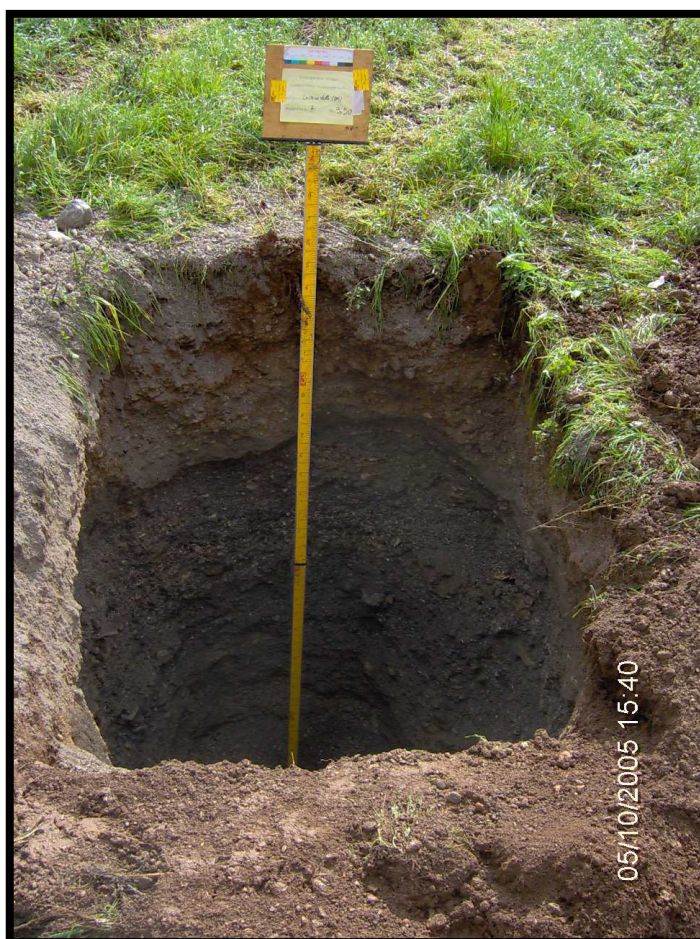
- **Depositi fluvioglaciali (Ro - Pleistocene sup).**

Si tratta di depositi grossolani, ghiaiosi e ciottolosi con una significativa percentuale di fine non plastico, che risulta però quasi assente nei primi metri di profondità, fino a 4 – 5 metri dal p.c. Costituiscono il substrato proprio della zona in studio. I materiali granulari si presentano arrotondati e sani e analizzando i risultati dei sondaggi ed i rilievi in situ si può stimare mediamente un progressivo aumento del diametro degli elementi lapidei scendendo verso il basso, da porre in relazione alle più accentuate condizioni torrentizie presenti per ragioni climatiche e morfologiche nel passato più remoto.



## 5 GEOLOGIA TECNICA E LITOLOGIA

Si riportano sotto due foto esemplificative dell'aspetto del materiale rispettivamente subito sotto il terreno agrario (pozzetto esplorativo n° 7) ed alla massima profondità prevista di scavo (Sondaggio S2).



**Pozzetto n° 7**





**Sondaggio n° 2**

Per conoscere le caratteristiche litologiche, stratigrafiche e geomeccaniche dei materiali che si intende cavare è stata eseguita una completa serie di prove sul terreno e di analisi in laboratorio. Per la precisione si sono eseguiti n. 10 pozzetti esplorativi ubicati come nell'allegata cartografia (el. IN0500DE2G6CA000033), seguiti da 4 sondaggi geognostici spinti fino a 25 metri di profondità con prelievo di campioni, necessariamente rimaneggiati stanti le caratteristiche granulari dei materiali, e prove eseguite in laboratorio, comprendenti la misura del contenuto naturale d'acqua, l'analisi granulometrica per vagliatura meccanica ed i Limiti di Atterberg. È seguita poi la classificazione UNI 10006 (stradale) e USCS. Il dettaglio dei risultati delle analisi sopraddette è riportato negli allegati 3 e 5. Durante l'effettuazione dei sondaggi sono state fatte anche le prove Nspt in foro a quote prefissate.

Dall'insieme dei dati ricavati e dall'analisi delle stratigrafie descrittive si è potuto avere un quadro dettagliato delle caratteristiche litologiche del terreno locale utili per i fini preposti. A seguire sono riassunti i risultati delle prove e la loro interpretazione.

### A – Campioni prelevati nei pozzetti esplorativi

DISTINTA CAMPIONI				
SONDAGGIO	CAMPIONE	PROFONDITA'	TIPO(*)	DATA
PZ1	1	0,00 - 0,60	SP	06/10/2005
"	2	0,60 - 3,50	SP	06/10/2005
PZ2	1	0,00 - 0,40	SP	05/10/2005
"	2	0,80 - 3,50	SP	05/10/2005
PZ3	1	0,00 - 0,30	SP	05/10/2005
"	2	0,30 - 3,60	SP	05/10/2005
PZ4	1	0,00 - 0,40	SP	06/10/2005
"	2	0,40 - 3,40	SP	06/10/2005
PZ5	1	0,00 - 0,40	SP	06/10/2005
"	2	0,40 - 3,70	SP	06/10/2005
PZ6	1	0,00 - 0,30	SP	06/10/2005
"	2	0,30 - 3,50	SP	06/10/2005
PZ7	1	0,00 - 0,30	SP	05/10/2005
"	2	0,30 - 3,50	SP	05/10/2005
PZ8	1	0,00 - 0,40	SP	06/10/2005
"	2	0,40 - 3,60	SP	06/10/2005
PZ9	1	0,00 - 0,40	SP	05/10/2005
"	2	0,40 - 3,30	SP	05/10/2005
PZ10	1	0,00 - 0,40	SP	05/10/2005
"	2	0,40 - 3,50	SP	05/10/2005
			DATA DI SPEDIZIONE	10/10/2005
(*)	FM	fustella metallica		
	FP	fustella di plastica		
	SP	sacchetto di plastica sigillato		
	CC	campione cubico paraffinato		
	BC	blocco di terreno non protetto		
	BR	blocco di roccia non protetto		

Alle pagine seguenti è sintetizzato il complesso dei risultati ottenuti, tutti confrontati tra di loro per avere valutazioni statistiche valide per tutta l'area di cava.

**POZZETTI ESPLORATIVI - LIVELLO SUPERFICIALE  
COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA PERCENTUALE - LIMITI DI ATTERBERG - CLASSIFICAZIONI**

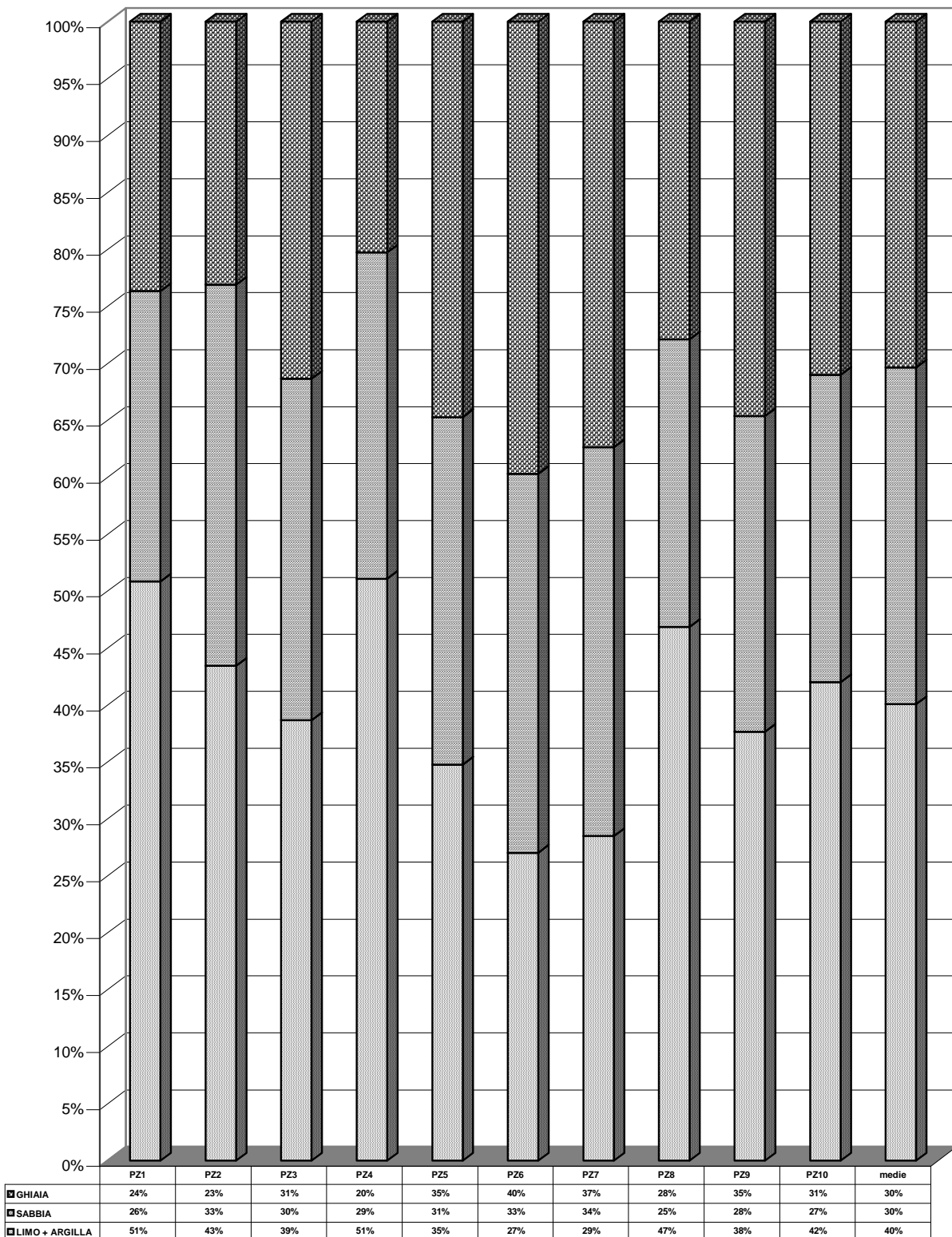
N°POZZETTO	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	PZ5	PZ6	PZ7	PZ8	PZ9	PZ10	medie
N°CAMPIONE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PROFONDITA': da p.c. a	0,60	0,40	0,30	0,40	0,40	0,30	0,30	0,40	0,40	0,40	=
Contenuto in acqua	27%	23%	22%	24%	18%	20%	21%	27%	23%	24%	23%
GHIAIA	24%	23%	31%	20%	35%	40%	37%	28%	35%	31%	30%
SABBIA	26%	33%	30%	29%	31%	33%	34%	25%	28%	27%	30%
LIMO + ARGILLA	51%	43%	39%	51%	35%	27%	29%	47%	38%	42%	40%
Limite di liquidità	36%	35%	36%	34%	38%	34%	36%	33%	34%	36%	35%
Limite di plasticità	24%	24%	23%	24%	24%	23%	27%	24%	23%	21%	24%
Indice di plasticità	12%	11%	13%	10%	14%	11%	9%	9%	11%	15%	12%
CLASSIFICAZIONE (AASHO - CNR UNI 10006)	A-6	A-6	A-6	A-4	A-2-6	A-2-6	A-2-4	A-4	A-6	A-6	=
SISTEMA UNIFICATO	CL	SC	SC	ML	SC	SC	SC	SC	SC	SC	=

**POZZETTI ESPLORATIVI - LIVELLO PROFONDO**  
**COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA PERCENTUALE - LIMITI DI ATTERBERG - CLASSIFICAZIONI**

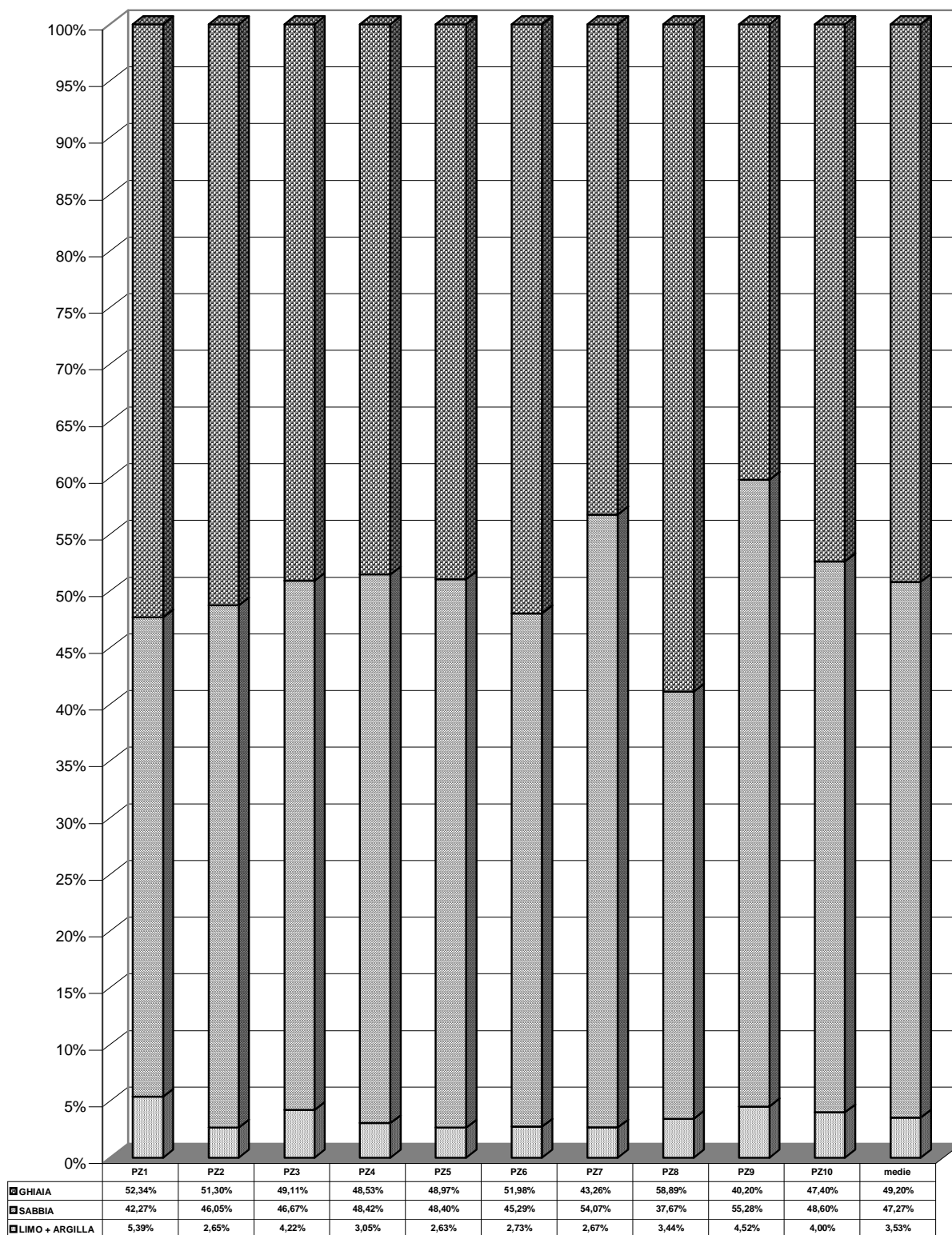
NSONDAGGIO	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	PZ5	PZ6	PZ7	PZ8	PZ9	PZ10	medie
N° CAMPIONE	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PROFONDITA'	da 0,60 a 3,50	da 0,80 a 3,50	da 0,30 a 3,60	da 0,40 a 3,40	da 0,40 a 3,70	da 0,30 a 3,50	da 0,30 a 3,50	da 0,40 a 3,60	da 0,40 a 3,30	da 0,40 a 3,50	=
Contenuto in acqua	4,94%	2,68%	3,72%	3,92%	3,98%	3,88%	3,01%	3,17%	4,21%	4,28%	3,77%
GHIAIA	52,34%	51,30%	49,11%	48,53%	48,97%	51,98%	43,28%	58,89%	40,20%	47,40%	49,20%
SABBIA	42,27%	46,08%	46,67%	48,42%	48,40%	45,29%	54,07%	37,67%	55,28%	48,60%	47,27%
LIMO+ARGILLA	5,39%	2,68%	4,22%	3,05%	2,63%	2,73%	2,67%	3,44%	4,52%	4,00%	3,53%
Limite di liquidità	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Limite di plasticità	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Indice di plasticità	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
CLASSIFICAZIONE STRADALE (AASHTO-CNR UN 10006)	A-1-a	A-1-a	A-1-a	A-1-a	A-1-a	A-1-a	A-1-a	A-1-a	A-1-a	A-1-a	=
CLASSIFICAZIONE USCS	GM GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP	GW	GP	GP	=



**GRANULOMETRIA DEL TERRENO SUPERFICIALE**  
(pozzetti ordinati secondo numerazione progressiva)



**GRANULOMETRIA DEL SUBSTRATO**  
(pozzetti ordinati secondo numerazione progressiva)





In sintesi si osserva quanto segue. Il terreno agrario di copertura ha una potenza sempre ridotta e piuttosto uniforme, limitata al primo mezzo metro circa dalla superficie. In proposito è facile osservare nei campi l'affioramento di ciottoli e ghiaia, circostanza spesso lamentata dai coltivatori e che ovviamente riduce la lavorabilità del suolo agrario. Anche su questo livello sono comunque state eseguite le prove di laboratorio di classificazione, con risultati ovviamente modesti dal punto di vista qualitativo come materiali inerti, uso peraltro escluso per questo primo livello.

Le percentuali di ghiaia e sabbia tra la superficie e  $-0,5$  m sono uguali e non preponderanti (30% sia per la sabbia che per la ghiaia). Il fine è preponderante e limo più argilla arrivano ad una percentuale media (su tutti i pozzetti) del 40%. La plasticità è sempre presente e l'indice plastico significativo (12% in media). Si nota una notevole omogeneità di risultati su tutta l'area di cava, infatti l'escursione dei valori percentuali delle varie classi è relativamente modesta e non si discosta mai troppo dal valor medio: la ghiaia va dal 20 al 40%, ancor più omogenea è la presenza di sabbia, che va dal 25 al 33%. Il fine (limo più argilla) è compreso tra il 27 ed il 51%, ma in 6 pozzetti su dieci è limitato tra il 35 ed il 45%. L'umidità naturale, sicuramente influenzata direttamente dalle condizioni meteorologiche, stante la superficialità del livello, è anch'essa poco variabile da punto a punto e mediamente del 23%.

La classificazione CNR-UNI 10006, prescindendo ovviamente dall'uso effettivo del materiale di questo livello, lo pone tra gli A-4 o A-6, con qualche A-2-4, A-2-6.

La seconda serie di prove in laboratorio è stata centrata sui materiali prelevati nei pozzetti al di sotto del livello superficiale e fino a 3,30-3,70 m dal p.c. Qui le caratteristiche litotecniche sono completamente diverse e rispondono perfettamente agli standard di qualità necessari per gli usi in progetto.

L'assortimento medio è il seguente: ghiaia pari al 49%, sabbia 47%, passante al setaccio n° 200 pari al 3,5%. L'umidità naturale è costantemente molto bassa, a testimonianza dell'assenza di falda e del buon drenaggio e mediamente è risultata essere del 3,8%. Tutti i terreni di questo livello sono risultati classificabili come A-1-a (v. pagina seguente). I limiti di consistenza non sono mai possibili.







## B – Campioni prelevati nei sondaggi geognostici

SONDAGGIO	CAMPIONE	PROFONDITA'	TIPO
S1	A	4,50	rimaneggiato
	B	10,50	rimaneggiato
	C	15,00	rimaneggiato
	D	19,50	rimaneggiato
	E	24,00	rimaneggiato
S2	A	4,50	rimaneggiato
	B	10,50	rimaneggiato
	C	16,30	rimaneggiato
	D	19,50	rimaneggiato
	E	24,00	rimaneggiato
P1	A	4,50	rimaneggiato
	B	10,50	rimaneggiato
	C	16,00	rimaneggiato
	D	19,50	rimaneggiato
	E	24,00	rimaneggiato
P2	A	4,50	rimaneggiato
	B	10,50	rimaneggiato
	C	15,00	rimaneggiato
	D	16,50	rimaneggiato
	E	18,00	rimaneggiato
	F	24,00	rimaneggiato

Per conoscere le caratteristiche del materiale presente in profondità fino alle massime quote di scavo previste sono stati effettuati 4 sondaggi geognostici a rotazione spinti fino a 25 m dal p.c., con prelievo di campioni e effettuazione di SPT a varie profondità.

Nelle pagine seguenti sono sintetizzati i risultati di tali prove. In particolare sono riportate le sintesi delle stratigrafie descrittive relative ai sondaggi.

Dal loro studio si può constatare che su tutta l'area si ha una costante presenza di terreni ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi prevalenti, con la sola eccezione, riscontrata in tre sondaggi su quattro, di un



livelletto più fine, limoso e talvolta argilloso con sabbia potente circa 1 m, presente, a seconda delle zone, tra i 15,5 ed i 17 m di profondità.

Dalle prove di laboratorio, che di sicuro danno una indicazione granulometrica più precisa rispetto alle stratigrafie descrittive di campagna risultano le seguenti percentuali (escludendo solo il campione P2/D, prelevato nel livelletto fine a -16,50 m da p.c.):

<b>Materiale</b>	<b>% minima</b>	<b>% massima</b>	<b>% media</b>
Ghiaia	28	72	38
Sabbia	19	49	38
Fine (pass. set. 200)	8	31	24

L'assortimento medio è il seguente: ghiaia e sabbia pari al 38% cadauno, passante al setaccio n° 200 mediamente pari al 24%. I limiti di Liquidità hanno dato valori costantemente contenuti e compresi tra il 15 ed il 22%, il limite di plasticità va dal 12 al 14%. L'indice di plasticità in particolare varia tra il 2 ed il 5% a testimonianza del ridotto contenuto di fine plastico. I terreni di questo livello hanno classificazione UNI 10006 più variegata rispetto ai primi 4 m, sintetizzabile come segue (per il dettaglio v. pagine seguenti):

<b>Classifica</b>	<b>% campioni</b>
A-1-a	28,6%
A-1-b	38,1%
A-2-4	28,6%
A-4	4,7% (1 campione)



## Sondaggi con piezometro (Pn)

## COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA PERCENTUALE - LIMITI DI ATTERBERG - CLASSIFICAZIONI

N°SONDAGGIO/ CAMPIONE	P1/A	P1/B	P1/C	P1/D	P1/E	P2/A	P2/B	P2/C	P2/D	P2/E	P2/F
PROFONDITA'	4,50	10,50	16,00	19,50	24,00	4,50	10,50	15,00	16,50	18,00	24,00
GHIAIA	72,49%	48,19%	50,02%	46,53%	27,77%	70,11%	49,86%	36,59%	9,07%	29,09%	25,16%
SABEIA	19,31%	33,58%	35,17%	30,95%	46,70%	20,42%	36,33%	40,53%	20,20%	49,21%	44,16%
LIMO + ARGILLA	8,20%	18,23%	14,81%	22,52%	25,52%	9,47%	13,81%	22,88%	70,73%	21,70%	30,68%
Limite di liquidità	15%	17%	22%	17%	16%	17%	17%	16%	30%	16%	17%
Limite di plasticità	12%	14%	14%	12%	14%	14%	13%	14%	21%	14%	14%
Indice di plasticità	3%	3%	8%	5%	2%	3%	4%	2%	9%	2%	3%
CLASSIFICAZIONE STRADALE (AASHO - CNR UN 10006)	A-1-a	A-1-b	A-2-4	A-1-b	A-2-4	A-1-a	A-1-a	A-1-b	A-4	A-1-b	A-2-4
CLASSIFICAZIONE USCS	GW	GM	GC	GC-GM	SM	GW-GM	GW-GC	SM	CL	SM	SM

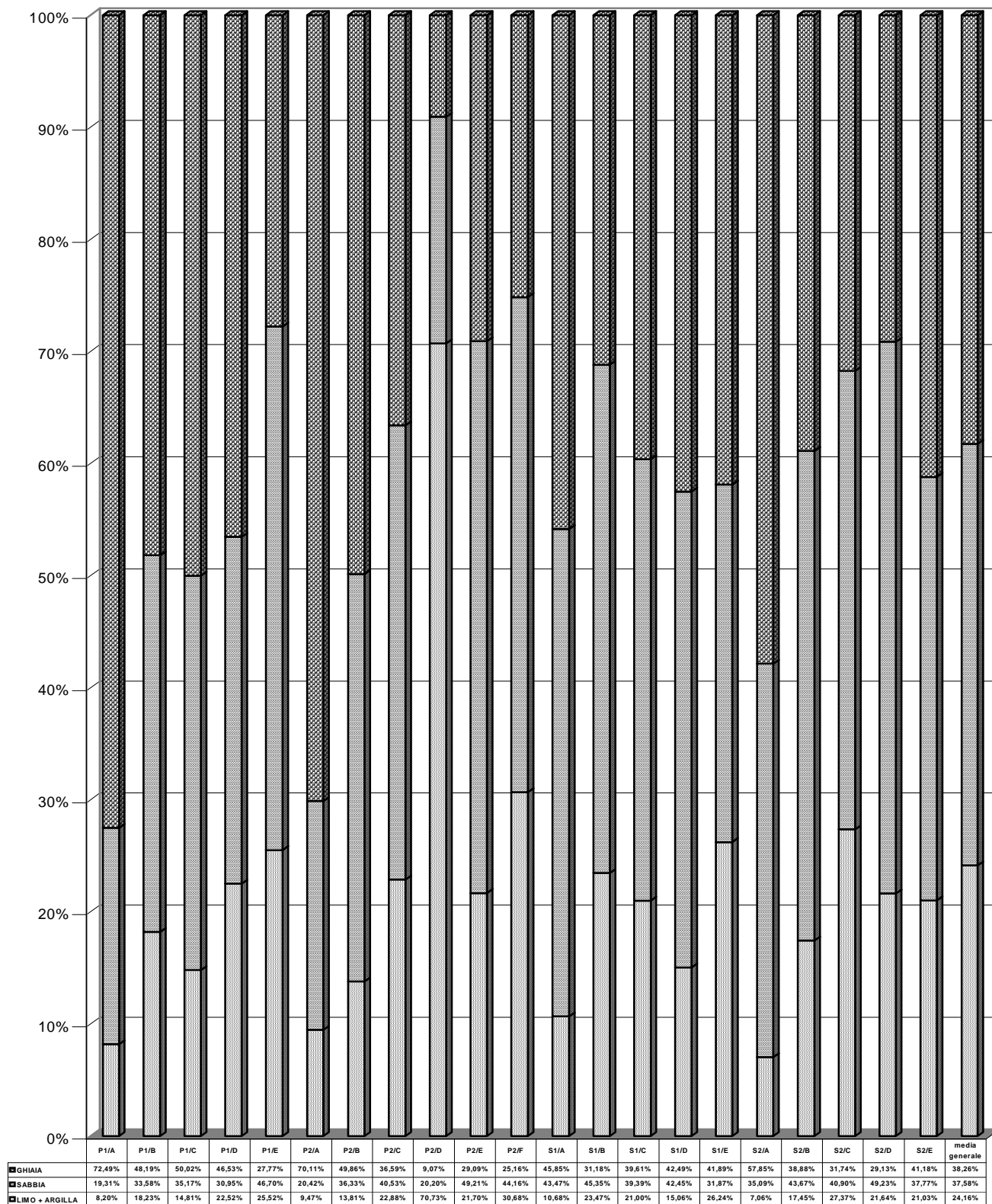
## Sondaggi (Sn)

## COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA PERCENTUALE - LIMITI DI ATTERBERG - CLASSIFICAZIONI

S1/A	S1/B	S1/C	S1/D	S1/E	S2/A	S2/B	S2/C	S2/D	S2/E	media generale
4,50	10,50	15,00	19,50	24,00	4,50	10,50	16,30	19,50	24,00	=
45,85%	31,18%	39,61%	42,49%	41,89%	57,85%	38,88%	31,74%	29,13%	41,18%	38,26%
43,47%	45,35%	39,39%	42,45%	31,87%	35,09%	43,67%	40,90%	49,23%	37,77%	37,58%
10,68%	23,47%	21,00%	15,06%	26,24%	7,06%	17,45%	27,37%	21,64%	21,03%	24,16%
16%	17%	18%	15%	16%	15%	16%	16%	16%	16%	18%
13%	14%	10%	NP	12%	13%	12%	N.P.	15%	14%	14%
3%	3%	8%	NP	4%	2%	4%	N.P.	1%	2%	4%
A-1-a	A-1-b	A-2-4	A-1-a	A-2-4	A-1-a	A-1-b	A-2-4	A-1-b	A-1-b	=
GM-GP	SM	GC	GW-GP	SM	GM-GW	SM	SM	SM	SM	=



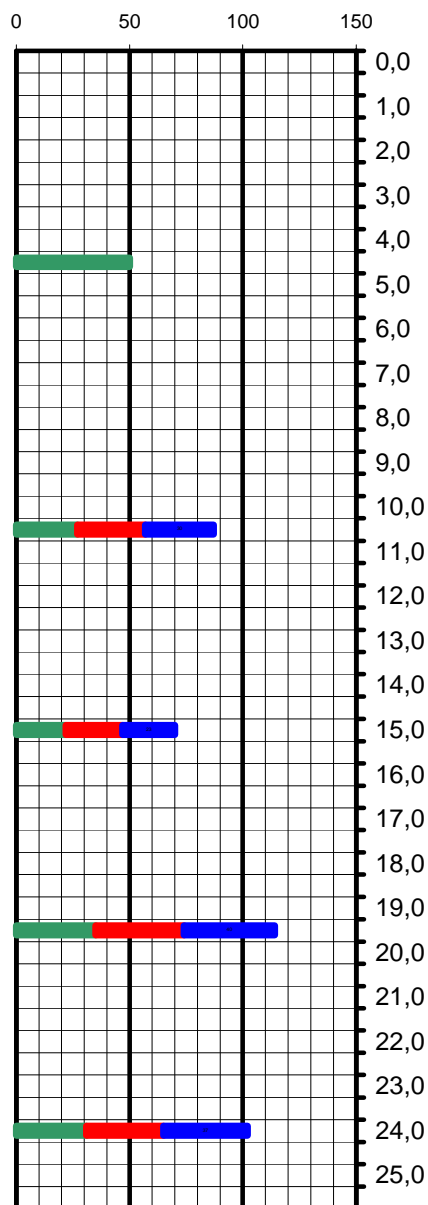
**GRANULOMETRIA DEL SUBSTRATO**  
(P = sondaggi con piezometro, S = sondaggi)



SINTESI Nspt - BS4													
BS4 - Sondaggi (S) e Piezometri (P)													
Profondità (m)	BS4-S1			BS4-S2			BS4-P1			BS4-P2			Medie per profondità
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
0,0													
0,5													
1,0													
1,5													
2,0													
2,5													
3,0													
3,5													
4,0													
4,5	50			50			50			39	50		47,8
5,0													
5,5													
6,0													
6,5													
7,0													
7,5													
8,0													
8,5													
9,0													
9,5													
10,0													
10,5	27	30	30	38	41	41	26	32	38	25	33	33	32,8
11,0													
11,5													
12,0													
12,5													
13,0													
13,5													
14,0													
14,5													
15,0	22	25	23	29	33	37	50			50			33,6
15,5													
16,0													
16,5													
17,0													
17,5													
18,0													
18,5													
19,0													
19,5	35	39	40	50			29	41	38	25	30	35	36,2
20,0													
20,5													
21,0													
21,5													
22,0													
22,5													
23,0													
23,5													
24,0	31	34	37	50			38,0	44	32	30	37	34	36,7
24,5													
25,0													
25,5													
Medie per avanzamenti	33	32	33	43	37	39	39	39	36	34	38	34	37,4
Medie per sondaggio	33			41			38			35			==



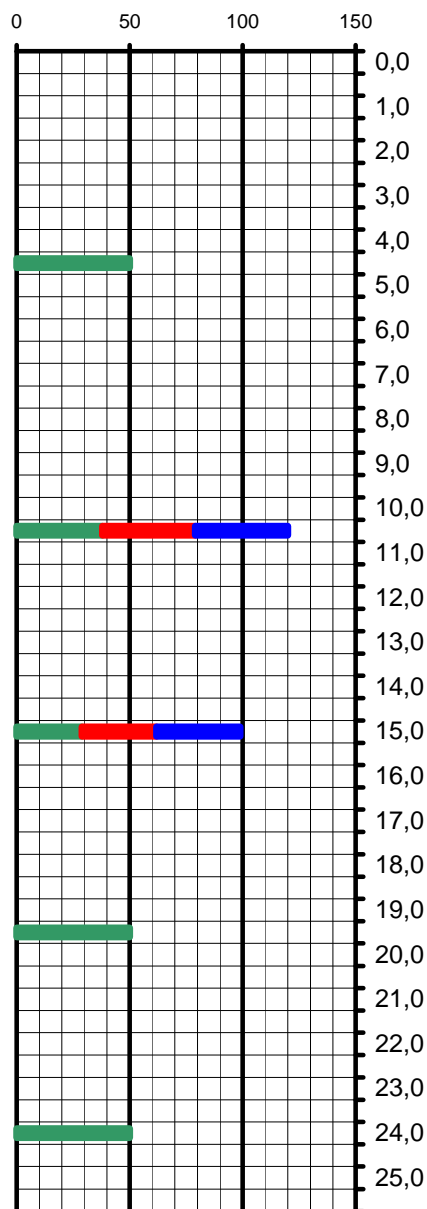
### Sondaggio S1 - SPT



(serie mancanti = rifiuto)

■ 1a serie   ■ 2a serie   ■ 3a serie

**Sondaggio S2 - SPT**



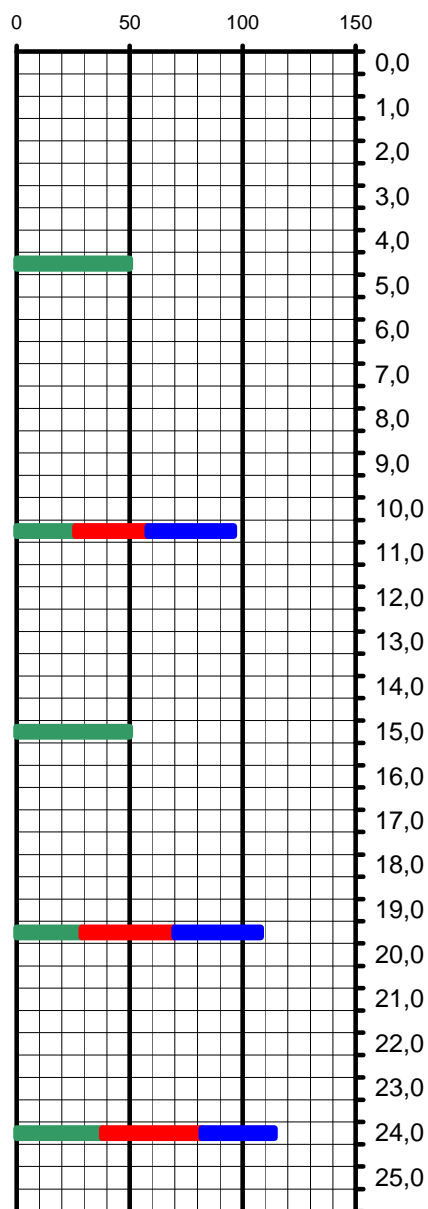
(serie mancanti = rifiuto)

■ 1a serie    ■ 2a serie    ■ 3a serie



Doc. N. 04260_01	Progetto IN05	Lotto 00	Codifica Documento DE2ROCA0000307	Rev. 0	Foglio 25 di 50
------------------	------------------	-------------	--------------------------------------	-----------	--------------------

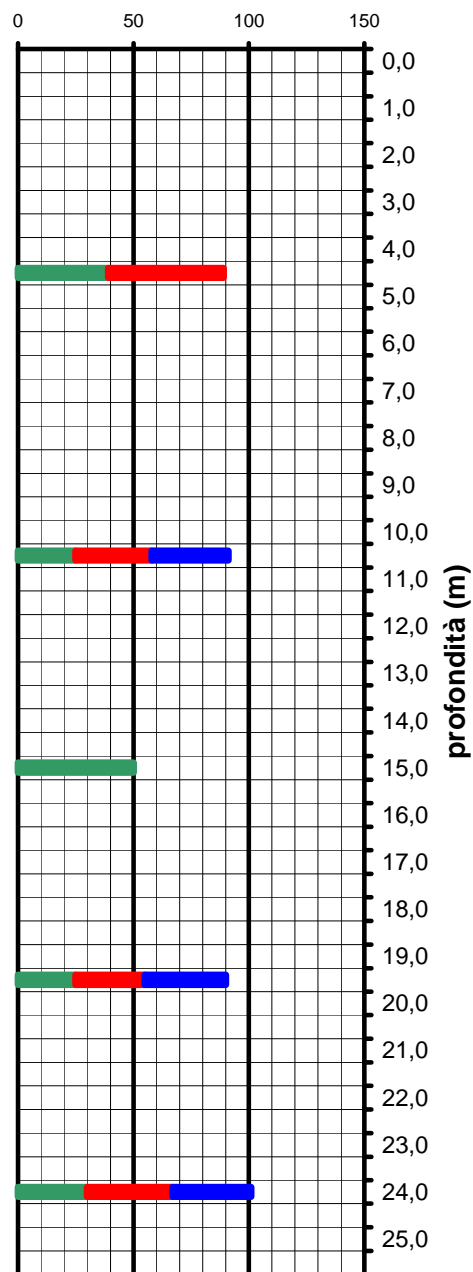
**Sondaggio P1 - SPT**



serie mancanti = rifiuto

■ 1a serie    ■ 2a serie    ■ 3a serie

**Sondaggio P2 - SPT**



(serie mancanti = "rifiuto")

■ 1a serie    ■ 2a serie    ■ 3a serie



L'analisi dell'andamento complessivo delle prove Nspt conferma in modo sostanziale quanto rilevabile dalle stratigrafie e dalle prove di laboratorio. In sintesi si osserva quanto segue:

1. La prima serie di prove nei 4 sondaggi, effettuata a -4,5 m dal p.c. ha confermato l'eccellente qualità geomeccanica dei materiali superficiali, andando spesso subito a "rifiuto", confermata poi dagli alti valori delle prove più profonde (da 65 a 76 colpi/piede, media = 72).
2. Vi è una sostanziale uniformità di comportamento nel materiale presente indipendentemente dalla quota a partire da 5 m circa di profondità fino a fine sondaggi (-25 m da p.c.): i valori medi per profondità vanno dai 32,8 a 10,5 m ai 36,7 dei 24 m (medie N<sub>1</sub>-N<sub>2</sub>-N<sub>3</sub>), quindi solo con un leggero aumento progressivo.
3. Non vi sono sostanziali differenze neanche tra la prima, la seconda ed la terza serie di colpi di ogni prova: in media 37, 36 e 35 colpi/avanzamento per le tre serie.
4. L'uniformità risulta anche valutando il comportamento in relazione ai differenti punti di sondaggio, infatti le medie per sondaggio sono di 33 colpi/avanzamento singolo nell'S1, 41 nell'S2, 38 nel P1 e 35 nel P2. L'S2 si distingue per un maggior numero di "rifiuti" all'avanzamento.

\* \* \*

Nelle pagine seguenti sono riportate le sintesi delle stratigrafie descrittive rilevate in situ sulla base dell'osservazione delle cassette catalogatrici, prescindendo quindi dalle valutazioni quantitative effettuate con le analisi di laboratorio sui campioni testati.

## COMPOSIZIONE LITOSTRATIGRAFICA COMPARATIVA

LITOLOGIA PREVALENTE NEI SINGOLI LIVELLI E DESCRIZIONE TERRENO	P1	P2	S1	S2	MEDIE	Percentuali litologie prevalenti sul trivellato totale	Percentuali classi prevalenti sul trivellato totale	sigla terreno	
	POTENZE IN METRI				(m)	%	%		
<b>ghiaia prevalente</b>	ghiaia media con sabbia media	13,9	0,0	0,0	11,5	6,4	25,4	84	gm-sm
	ghiaia media con sabbia fine	0,0	2,9	7,0	5,4	3,8	15,3		gm-sf
	ghiaia fine con sabbia media	1,5	4,3	3,6	7,2	4,2	16,6		gf-sm
	ghiaia media con sabbia limosa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		gm-sl
	ghiaia fine con sabbia fine	7,4	13,4	5,7	0,0	6,6	26,5		gf-sf
<b>sabbia prevalente</b>	sabbia media	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13	sm
	sabbia media con ghiaia fine	0,0	0,0	5,7	0,0	1,4	5,7		sm-gf
	sabbia fine ghiaioso- ciottolosa	1,3	3,1	3,0	0,0	1,9	7,4		sf-gc
	sabbia debolmente ghiaiosa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		sg
<b>limo prevalente</b>	limo sabbioso	0,0	0,3	0,0	0,6	0,2	0,9	1	ls
<b>argilla significativa</b>	argilla debolmente sabbiosa/limo argilloso	0,9	1,0	0,0	0,3	0,6	2,2	2	as
<b>TOTALI</b>		25,0	25,0	25,0	25,0	totale trivellato (m)		100,0	



Quota da P.C.	Sondaggio/Piezometro n°			
	P1	P2	S1	S2
0,5	sf-gc	sf-gc	sf-gc	Is
1,0				gm-sf
1,5	gm-sf			
2,0	gm-sf			
2,5		gf-sm		
3,0	gf-sf			
3,5		gm-sm		
4,0	sf-gc			
4,5		gm-sf		
5,0	sf-gc			
5,5		gm-sm		
6,0	gm-sf			
6,5		gm-sm		
7,0	gm-sm			
7,5		gm-sm		
8,0	gm-sm			
8,5		gm-sm		
9,0	gf-sf			
9,5		sm-gf		
10,0	gf-sm			

(segue)





Doc. N. 04260\_01

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2ROCA0000307

Rev.  
0

Foglio  
30 di 50

	<b>gm-sm (segue)</b>	<b>gf-sf (segue)</b>	<b>sm-gf (segue)</b>	<b>gf-sm (segue)</b>
10,5				
11,0				
11,5				
12,0				
12,5				
13,0				
13,5				
14,0				
14,5				
15,0				
15,5				
16,0	<b>as</b>			
16,5	<b>gm-sm</b>			
17,0				
17,5				
18,0				
18,5				
19,0	<b>gf-sf</b>			
19,5				
20,0				

(segue)

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 04260\_01

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2ROCA0000307

Rev.  
0

Foglio  
31 di 50

	<b>gf-sf (segue)</b>	<b>gf-sf (segue)</b>	<b>gm-sf (segue)</b>	<b>gm-sm (segue)</b>
20,5				
21,0		<b>gf-sm</b>		
21,5				
22,0				
22,5				
23,0			<b>gm-sf</b>	
23,5				
24,0				
24,5				
25,0				

GENERAL CONTRACTOR <b>Cepav due</b> 		ALTA SORVEGLIANZA 			
Doc. N. 04260_01	Progetto IN05	Lotto 00	Codifica Documento DE2ROCA0000307	Rev. 0	Foglio 32 di 50

## 6 REQUISITI QUALITATIVI DEGLI INERTI

Per quanto concerne la qualità degli inerti, si riassumono nella tabella seguente le prescrizioni di Capitolato di Costruzione Italferr integrate da informazioni di tipo classificativo secondo la norma CNR UNI 10006/63 e litologico in accordo alla terminologia corrente nei Piani Cave.

### CARATTERISTICHE E PRESTAZIONI DEI MATERIALI DI CAVA SECONDO IL CAPITOLATO DI COSTRUZIONI OPERE CIVILI DI ITALFERR S.p.A.

	RINTERRI	RILEVATO		SUPERCOMPATTATO
		stradale	ferroviario	
<b>CLASS.UNI CNR 10006/63</b>	A1-A2-A3-A4	A1-A2-A3-A4-A6	A1-A2-A3	A1-A2/4-A3
<b>note</b>	A4 solo se proveniente da scavi di opere di linee	A3 con C.U.> 7; strati di A2 e A6 di 30 cm, A2/5 e A2/7 si deve verificare la validità prima della messa in opera; A6 solo con indice di gruppo <=8.	A3 con C.U. >7; A1 e A3 in strati da 50 cm; A2-A2/6 in strati da 30 cm; A2/5 e A2/7 da verificare prima della messa in opera	A3 con E.S. 25-50 % e C.U. >7
<b>PRESTAZIONI IN OPERA</b>	M.D.> 200 Kg/cmq; densità secca >95% AASHTO Mod.	M.D.> 200 Kg/cmq; densità secca >95% AASHTO Mod.	M.D.> 400 Kg/cmq; densità secca >95% AASHTO Mod.	M.D.> 800 Kg/cmq; densità secca >95% AASHTO Mod.
<b>LITOLOGIA</b>	<b>INERTI NON PREGIATI</b>		<b>INERTI PREGIATI</b>	
	(sabbia, sabbia-limosa, sabbia limo-ghiaiosa)		(ghiaia, ghiaia con sabbia anche limosa)	

La tabella sopra esposta evidenzia immediatamente che i materiali necessari per la realizzazione delle opere civili in terra della Linea A.C. Brescia – Verona ricoprono quasi tutta la classificazione della norma CNR, ma come ampiamente noto e documentato ben difficilmente si potranno ottenere per i rilevati ferroviari in opera i valori di Modulo di deformazione (Md) richiesti per i rilevati utilizzando materiali tipo A2-4.

### Inerti per rilevati

La realizzazione del rilevato ferroviario deve essere eseguita con materiali inerti di elevate caratteristiche qualitative riscontrabili nella litologia ghiaiosa sabbiosa di cui alla norma CNR 10006/63, in termini di classificazione questi inerti appartengono al gruppo A1, A2 e A3.

### Inerti per lavorati

Per lavorati si intendono tutti gli inerti che subiscono processi di lavorazione tipo frantumazione, vagliatura ecc. prima del loro utilizzo. Per la realizzazione della linea Alta Capacità sono richiesti inerti lavorati per il CLS, anticapillare, dreni di varia natura, supercompattato, conglomerato bituminoso, rivestimenti ecc..

Dal punto di vista qualitativo si tratta di materiali di partenza con ottime caratteristiche meccaniche e litologiche.



## 7 STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO

### 7.1 TEORIE UTILIZZATE

I fenomeni franosi possono essere ricondotti alla formazione di una superficie di rottura lungo la quale le forze, che tendono a provocare lo scivolamento del pendio, non risultano equilibrate dalla resistenza a taglio del terreno lungo tale superficie. La verifica di stabilità del pendio si riconduce alla determinazione di un coefficiente di sicurezza, relativo ad una ipotetica superficie di rottura, pari al rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e la resistenza al taglio mobilitata.

Suddiviso il pendio in un determinato numero di conci di uguale ampiezza, per ogni concio si possono individuare:

- a) il peso ;
- b) la risultante delle forze esterne agenti sulla superficie;
- c) le forze inerziali orizzontali e verticali;
- d) le reazioni normali e tangenziali mutue tra i conci;
- e) le reazioni normali e tangenziali alla base dei conci;
- f) le pressioni idrostatiche alla base.

Sotto l'ipotesi che la base di ciascun concio sia piana e che lungo la superficie di scorrimento valga il criterio della rottura alla Mohr-Coulomb, che correla tra loro le reazioni tangenziali e normali alla base, le incognite, per la determinazione dell'equilibrio di ogni concio, risultano essere le reazioni laterali, i loro punti di applicazione, e la reazione normale alla base.

Per la determinazione di tutte le incognite, le equazioni di equilibrio risultano insufficienti, per cui il problema della stabilità dei pendii è, in via rigorosa, staticamente indeterminato.

La risoluzione del problema va perseguita introducendo ulteriori condizioni sugli sforzi agenti sui conci. Tali ulteriori ipotesi differenziano sostanzialmente i diversi metodi di calcolo.



### **Metodo di Bishop**

Le ipotesi alla base dell'espressione di Bishop del coefficiente di sicurezza sono date da:

- a) superficie di scivolamento circolare;
- b) uguaglianza delle reazioni normali alle facce laterali dei conci.

L'espressione del coefficiente di sicurezza  $F$  risulta in forma implicita, pertanto viene risolta per via iterativa.

### **Metodo di Jambu**

L'ipotesi alla base del metodo è la conoscenza della posizione della linea di spinta, pertanto risultano noti i bracci delle reazioni laterali ai conci. Il coefficiente di sicurezza  $F$  viene determinato per via iterativa.

### **Metodo di Bell**

L'ipotesi alla base del metodo consiste nell'imporre una specifica distribuzione delle tensioni normali lungo la superficie di scivolamento. Il coefficiente di sicurezza  $F$  si origina come parametro contenuto nei coefficienti del sistema di equazioni.

### **Metodo di MORGENSTERN-PRICE**

Il metodo di Morgenstern-Price ipotizza una relazione tra le forze normali  $E$  e di taglio  $X$  tra i conci, del tipo:

$$X = \mu \cdot f(x) \cdot E$$

dove  $\mu$  è un parametro da determinare ed  $f(x)$  può assumere una delle seguenti forme:

$$a) \quad f(x) = 1 \qquad b) \quad f(x) = \sin x \qquad c) \quad f(x) = \frac{1}{2} \sin x$$

essendo  $x$  la generica ascissa lungo il pendio.

La soluzione del problema si ottiene per le combinazioni di valori di  $\mu$  e  $F$ , tale che le equazioni suddette soddisfino contemporaneamente alle condizioni al contorno.

### **Metodo di SARMA**

Il metodo si basa sul calcolo recursivo delle mutue reazioni tra i conci, in modo da ottenere la convergenza con le condizioni al contorno.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Doc. N. 04260_01	Progetto IN05	Lotto 00	Codifica Documento DE2ROCA0000307	Rev. 0	Foglio 35 di 50

### **Metodo di SPENCER**

Il metodo si basa sul calcolo recursivo delle mutue reazioni tra i conci e dell'equilibrio dei momenti, in modo da ottenere la convergenza con le condizioni al contorno.

## **7.2 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI**

### **Parametri geotecnici dei terreni in sito**

A partire dai dati dello S.P.T. e dai risultati delle analisi di laboratorio possono essere stimati direttamente i parametri di resistenza del terreno attraverso correlazioni, fornite da vari autori, tra il numero di colpi  $N_{spt}$  e i parametri  $C_u$  e  $\Phi$ .

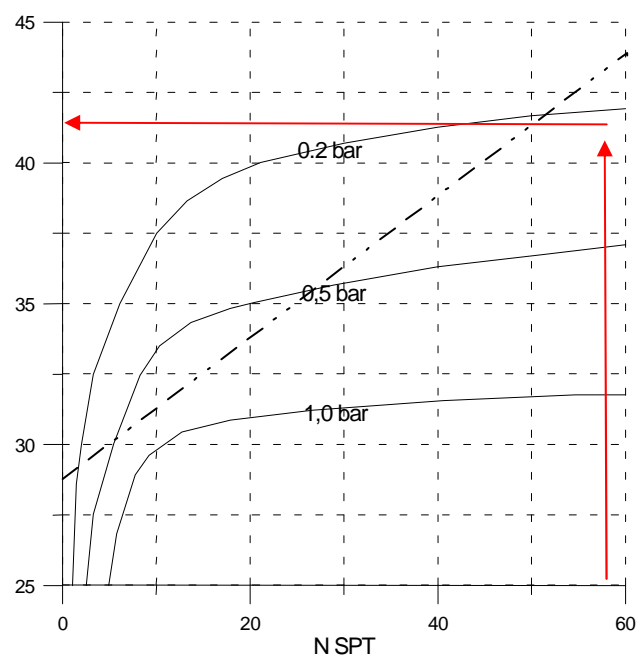
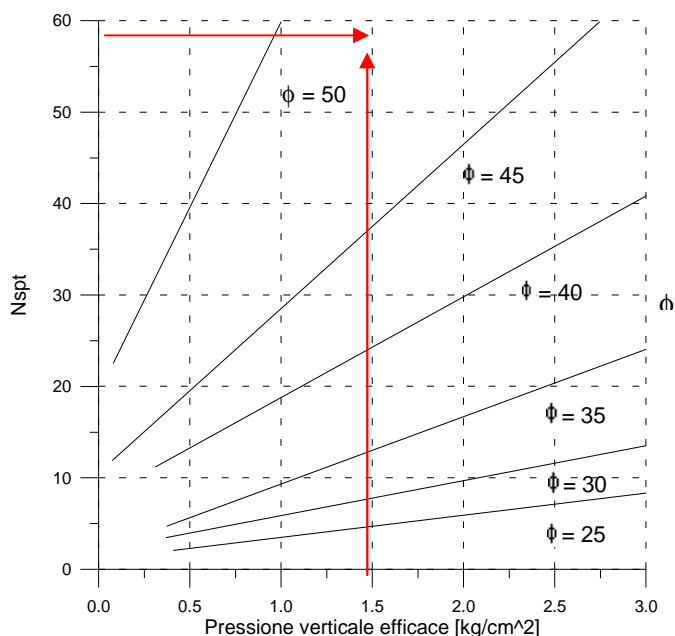
Le correlazioni che legano il numero di colpi di una prova penetrometrica ai valori di angolo di attrito dei terreni sono numerose e forniscono valori diversi a parità di  $N_{spt}$ ; in seguito si sono considerate solo le relazioni che tengono conto anche dell'influenza della pressione litostatica sui valori dei parametri, più corrette dal punto di vista teorico. In particolare si sono considerate le seguenti correlazioni :

- Correlazione di Malcev del 1964, che mette in relazione  $\Phi$ ,  $N_{spt}$  e la pressione litostatica.
- Correlazione di Sowers del 1961 che non fa dipendere il parametro dalla pressione litostatica, più conservativa della precedente.
- Correlazione di De Mello (1971), che da valori simili alla prima.

Analizzando poi criticamente le differenze dei valori del parametro fornito.



### Grafici delle correlazioni



Dal valore medio di NSPT per ogni strato significativo riscontrato in sito si possono assumere i valori caratteristici seguenti:

Strato	Tipo di terreno	N colpi medio
1	Terreno limoso sabbioso superficiale	10-20
2	Terreno ghiaioso sabbioso	60

Si sottolinea che circa il 40% delle prove SPT eseguite è andato a rifiuto quindi il valore medio considerato di 60 è minore della media numerica ottenuta.

A partire da questi valori tramite i grafici precedenti e mediando le correlazioni tra i vari autori, viene svolta la stima dell'angolo di attrito dei litotipi.

Per quanto riguarda la coesione si fa notare la presenza costante nei campioni analizzati di una percentuale di limo ed argilla del 7-10% con indice di plasticità medio dell'8%, tali caratteristiche





conferiscono ai terreni in sito un comportamento parzialmente coesivo a cui fa riscontro un valore di coesione.

Questo fatto è confermato dalle osservazioni in sito di scavi subverticali durante l'esecuzione dei pozzetti.

In conseguenza ai dati emersi, successivamente valutati mediante correlazioni di diverse teorie, si propongono i seguenti risultati relativamente ai valori stimati dei parametri geotecnici :

Orizzonte	Peso (kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (kg/m <sup>3</sup> )	c' (kg/cm <sup>2</sup> )	Φ (°)
1	1650	1800	0.6	25
2	2000	2100	0.15	40

Questa schematizzazione verrà applicata per le analisi geotecniche successive.

### 7.3 CARICHI AGENTI

È stato considerato un carico stradale di 4 t/m per una estensione di 2 m sia sul terrazzo intermedio che su quello sul ciglio superiore delle scarpate per tenere conto della presenza delle piste di cantiere e della circolazione dei mezzi.

### 7.4 VERIFICA SISMICA

Sono stati applicati i coefficienti di moltiplicazione sismica ricavati tenendo conto che il comune dove si trova il sito in esame è classificato in zona III secondo la nuova classificazione desumibile dall'Ordinanza 3274 del 20 marzo 2003.

Il valore di  $a_g$  è quindi di 0.15g ed i terreni sono stati considerati di categoria B (sabbie e ghiaie addensate).



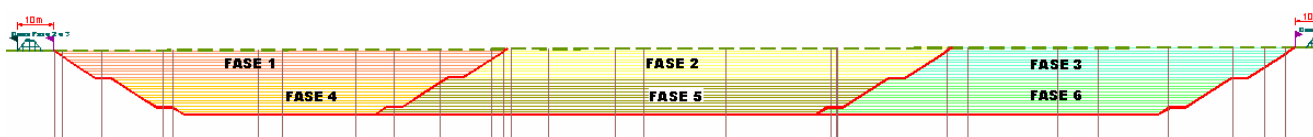
## 8 RISULTATI DELLE VERIFICHE DI STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO

Le verifiche sono state effettuate con il metodo dei conci (v. paragrafo sulle teorie utilizzate) con le scarpate in condizioni di massimo scavo. Sono state effettuate due verifiche, in condizioni di scavo parziale (primo gradone) e nella situazione di massimo scavo.

Il codice di calcolo utilizzato (CDD della STS software) ha analizzato 100 diverse superfici di scivolamento (una maglia di 10 X 10 centri di rotazione) con 6 teorie diverse per un totale di 600 verifiche sul pendio in studio. Le verifiche sono state effettuate in prospettiva sismica.

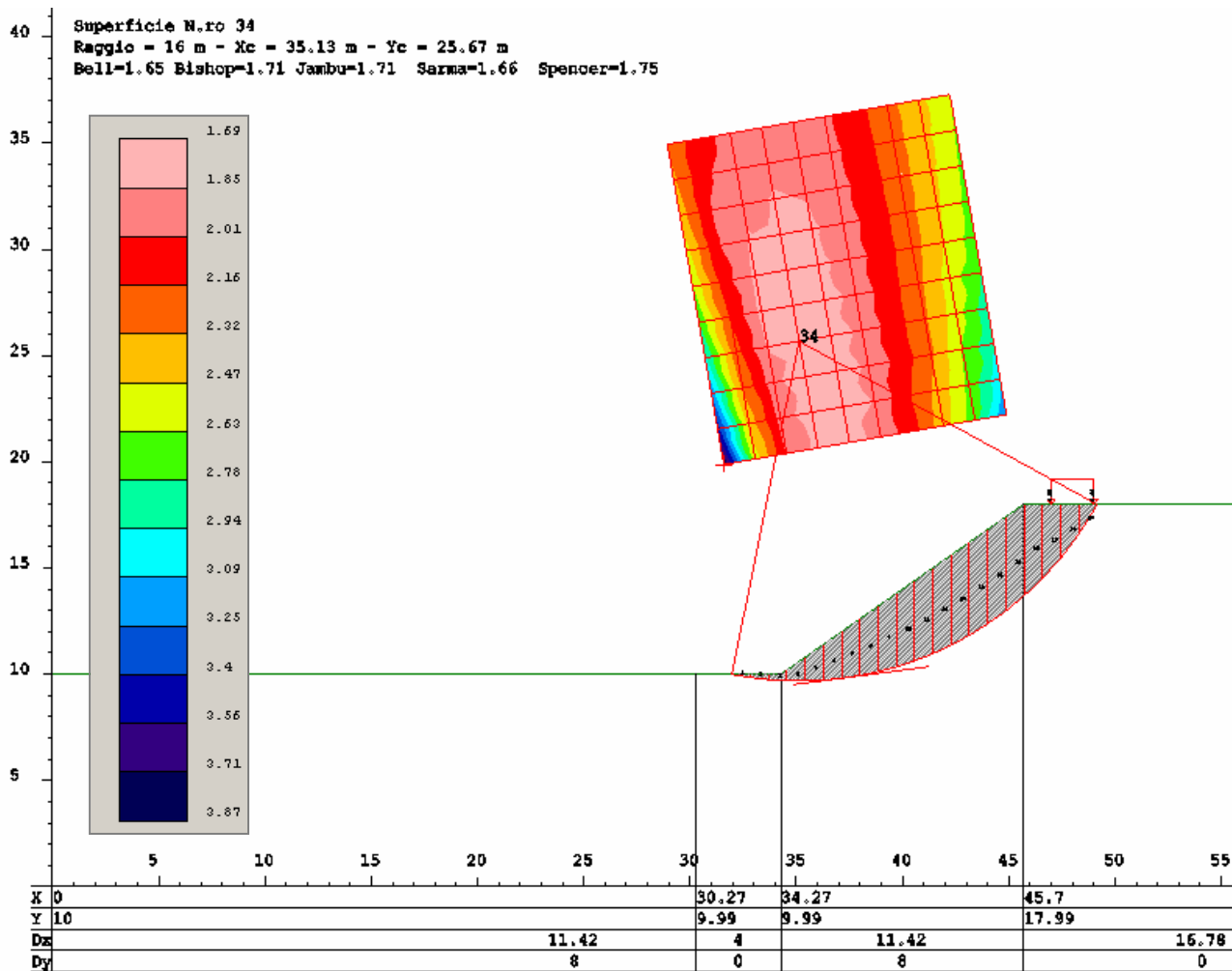
### 8.1 VERIFICA DI STABILITÀ DEL PRIMO GRADONE

La verifica di stabilità seguente è stata eseguita sulle scarpate relative al terrazzo superiore, generate durante le prime 3 fasi di scavo e indicate nella grafica seguente.



La verifica non tiene conto dello **strato di terreno agrario superficiale** di 0.5 m di spessore dal momento che viene sbancato per primo e non è più presente nella realizzazione dei fronti di scavo. Quest'ultimo di conseguenza non compare nella stratigrafia utilizzata per i calcoli.

Maglia dei centri analizzati



I coefficienti di sicurezza delle superfici di scivolamento analizzate sono superiori al valore minimo per la normativa di 1.69.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 04260\_01

Progetto

IN05

Lotto

00

Codifica Documento

DE2ROCA0000307

Rev.

0

Foglio

40 di 50

## Tabulati dei risultati completi

---

**DATI GENERALI STABILITA' PENDIO**


---

D A T I   G E N E R A L I   D I   V E R I F I C A	
Zona Sismica	: III
Categoria Suolo	: B
Coefficiente di Amplificazione Topografica:	1.0
Coefficiente Spinta Sismica Orizzontale	: 0.188
Coefficiente Spinta Sismica Verticale	: 0.094
Numero conci	: 20
Numero elementi rigidi:	0
Tipo Superficie di rottura	: CIRCOLARE TANGENTE AD UN SEGMENTO
Rapporto Hs/Hm	: 0.40
COORDINATE SEGMENTO DI TANGENZA CERCHI DI ROTTURA	
Ascissa primo punto segmento di tangenza	: 34.880
Ordinata primo punto segmento di tangenza	: 9.510
Ascissa secondo punto segmento di tangenza	: 41.280
Ordinata secondo punto segmento di tangenza	: 10.360
PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI	
Ascissa Polo (m)	: 31.590
Ordinata Polo (m)	: 19.870
Numero righe maglia:	10
Numero colonne maglia	: 10
Passo direzione 'X' (m)	: 1.50
Passo direzione 'Y' (m)	: 1.70
Rotazione maglia (Grd)	: 10
Peso specifico dell' acqua (t/mc)	: 1.000

---

**DATI GEOTECNICI E STRATIGRAFIA**


---

Str. N.ro	Descrizione Strato	Coesione t/mq	Ang.attr Grd	Densita' t/mc	D.Saturo t/mc	Vert N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)
	Profilo del pendio					1	0.00	10.00
		2	11.99	0.00				
		3	14.85	2.00				
		4	18.85	2.00				
		5	30.28	10.00				
		6	34.28	10.00				
		7	45.70	18.00				
		8	62.49	18.00				
1	Ghiaie e s	1.500	40.00	2.000	2.100			

---

**DATI FORZE DISTRIBUITE VERTICALI**


---

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 04260\_01

Progetto

IN05

Lotto

00

Codifica Documento

DE2ROCA0000307

Rev.

0

Foglio

41 di 50

Vert. N.ro	Asc. in. (m)	Int. iniz. (t/ml)	Asc. fin. (m)	Int. fin. (t/ml)
2	47.00	4.000	49.00	4.000

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO

N.ro Cerchio critico : 34

Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
1	31.6	19.9	10.7	3,8656	NON CONV.	3,7531				3,8939	3,9827
2	33.1	20.1	10.8	2,5359	NON CONV.	2,4806				NON CONV.	2,6195
3	34.5	20.4	10.8	2,0225	NON CONV.	1,9837				1,9861	NON CONV.
4	36.0	20.7	10.9	1,8226	1,8107	1,7845				1,7571	1,8815
5	37.5	20.9	11.0	1,8106	1,7972	1,7507				1,729	1,8733
6	39.0	21.2	11.0	1,9166	1,9168	1,8483				1,809	2,0014
7	40.5	21.4	11.1	2,1504	2,1601	2,071				1,9959	NON CONV.
8	41.9	21.7	11.1	2,449	2,4634	2,3463				2,2358	2,5699
9	43.4	22.0	11.2	2,8283	2,8467	2,6912				2,5387	NON CONV.
10	44.9	22.2	11.3	3,3014	3,325	3,1165				NON CONV.	NON CONV.
11	31.3	21.5	12.4	3,4931	NON CONV.	3,3961				3,5207	3,595
12	32.8	21.8	12.5	2,41	NON CONV.	2,3579				2,408	2,4864
13	34.2	22.1	12.5	1,9479	1,9443	1,909				NON CONV.	2,0104
14	35.7	22.3	12.6	1,7553	1,7479	1,7085				1,6968	1,8023
15	37.2	22.6	12.7	1,7373	1,7334	1,6737				1,6646	NON CONV.
16	38.7	22.8	12.7	1,906	1,9129	1,8393				1,8037	NON CONV.
17	40.2	23.1	12.8	2,1222	2,1349	2,0422				NON CONV.	2,1976
18	41.6	23.4	12.8	2,3911	2,4095	2,2905				NON CONV.	NON CONV.
19	43.1	23.6	12.9	2,7166	2,7421	2,5882				2,4753	2,8272
20	44.6	23.9	13.0	3,1191	3,1541	2,952				2,8028	3,2597
21	31.0	23.2	14.1	3,2108	3,2069	3,1249				3,236	3,302
22	32.5	23.5	14.2	2,3052	NON CONV.	2,2559				2,3003	NON CONV.
23	34.0	23.7	14.2	1,9118	1,9132	1,8744				1,8735	1,9691
24	35.4	24.0	14.3	1,7138	1,7134	1,6588				1,6621	1,7573
25	36.9	24.3	14.4	1,7451	1,7488	1,6837				1,6756	1,7897
26	38.4	24.5	14.4	1,9091	1,9188	1,8403				1,8138	1,9604
27	39.9	24.8	14.5	2,1112	2,1262	2,0294				1,9855	NON CONV.
28	41.3	25.0	14.5	2,3531	2,3747	2,2535				2,191	NON CONV.
29	42.8	25.3	14.6	2,6454	2,676	2,5216				NON CONV.	2,7305
30	44.3	25.6	14.7	2,995	3,0362	2,8388				2,7308	3,1004
31	30.7	24.9	15.8	2,9829	2,9838	2,9056				NON CONV.	3,066
32	32.2	25.2	15.9	2,2087	2,2118	2,1607				2,1997	2,2725
33	33.7	25.4	15.9	1,8512	1,8544	1,8001				1,819	1,8995
34	35.1	25.7	16.0	1,7118	1,7175	1,6511				1,6643	1,7524
35	36.6	25.9	16.1	1,7626	1,769	1,6989				1,696	1,7993

## GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



## ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 04260\_01

Progetto

IN05

Lotto

00

Codifica Documento

DE2ROCA0000307

Rev.

0

Foglio

42 di 50

36	38.1	26.2	16.1	1,9186	1,93	1,8471			1,8298	1,961
37	39.6	26.5	16.2	2,1073	2,1243	2,0238			1,9928	2,1563
38	41.0	26.7	16.2	2,3312	2,3552	2,2314			2,1865	2,3886
39	42.5	27.0	16.3	2,5946	2,6277	2,4736			2,4133	2,6628
40	44.0	27.2	16.4	2,9067	2,9516	2,7576			NON CONV.	2,9897
41	30.4	26.6	17.5	2,7992	2,8041	2,7285			NON CONV.	NON CONV.
42	31.9	26.8	17.6	2,1537	2,1604	2,106			2,1394	2,2125
43	33.4	27.1	17.6	1,8247	1,8321	1,7643			1,7946	NON CONV.
44	34.8	27.3	17.7	1,7488	1,7596	1,6871			1,7018	1,7879
45	36.3	27.6	17.8	1,7854	1,7941	1,7194			1,7217	1,8174
46	37.8	27.9	17.8	1,9325	1,9453	1,8581			1,8494	1,9684
47	39.3	28.1	17.9	2,1097	2,1283	2,0242			2,0047	2,1511
48	40.7	28.4	17.9	2,3171	2,3429	2,2167			2,1864	2,3649
49	42.2	28.7	18.0	2,559	2,5942	2,4395			NON CONV.	2,6155
50	43.7	28.9	18.1	2,8422	2,8892	2,6977			2,6436	2,9097
51	30.1	28.2	19.2	2,6347	2,6406	2,5686			2,6458	2,7027
52	31.6	28.5	19.3	2,0792	2,0869	2,0178			2,0675	2,1304
53	33.1	28.8	19.3	1,8257	1,8368	1,7582			1,7966	1,8682
54	34.5	29.0	19.4	1,7884	1,8025	1,7241			1,742	1,8246
55	36.0	29.3	19.5	1,8217	1,8335	1,7529			1,7604	1,8511
56	37.5	29.5	19.5	1,9469	1,9609	1,8701			1,8691	1,9781
57	39.0	29.8	19.6	2,1147	2,1345	2,0273			2,0176	NON CONV.
58	40.5	30.1	19.6	2,309	2,3362	2,2079			2,1897	NON CONV.
59	41.9	30.3	19.7	2,5336	2,5701	2,4149			2,3882	NON CONV.
60	43.4	30.6	19.8	2,7937	2,8418	2,6523			2,617	NON CONV.
61	29.8	29.9	20.9	2,5541	2,5636	2,4913			2,5565	NON CONV.
62	31.3	30.2	21.0	2,04	2,0504	1,9686			2,0274	NON CONV.
63	32.8	30.4	21.0	1,865	1,8799	1,7955			1,8343	NON CONV.
64	34.3	30.7	21.1	1,8304	1,8471	1,763			1,7846	NON CONV.
65	35.7	31.0	21.1	1,8557	1,8703	1,7844			1,7968	NON CONV.
66	37.2	31.2	21.2	1,9623	1,9772	1,883			1,8887	NON CONV.
67	38.7	31.5	21.3	2,1216	2,1425	2,0324			2,0311	NON CONV.
68	40.2	31.7	21.3	2,3046	2,3329	2,2025			2,1947	NON CONV.
69	41.6	32.0	21.4	2,5142	2,5517	2,3958			2,3818	NON CONV.
70	43.1	32.3	21.5	2,7557	2,8044	2,6166			2,5965	NON CONV.
71	29.5	31.6	22.6	2,4294	2,4394	2,353			2,4336	NON CONV.
72	31.0	31.8	22.7	2,0266	2,0398	1,9461			NON CONV.	NON CONV.
73	32.5	32.1	22.7	1,9054	1,9232	1,8333			1,8736	NON CONV.
74	34.0	32.4	22.8	1,8688	1,8877	1,7985			1,8237	NON CONV.
75	35.4	32.6	22.8	1,892	1,9091	1,818			1,8352	NON CONV.
76	36.9	32.9	22.9	1,9781	1,9939	1,8966			1,9086	NON CONV.
77	38.4	33.2	23.0	2,1299	2,1517	2,039			2,0452	NON CONV.
78	39.9	33.4	23.0	2,3033	2,3324	2,2002			2,2013	NON CONV.
79	41.3	33.7	23.1	2,5005	2,5386	2,3822			2,3789	NON CONV.
80	42.8	33.9	23.2	2,7252	2,7741	2,5878			2,5805	NON CONV.
81	29.2	33.3	24.3	2,3667	2,3784	2,279			2,3687	NON CONV.
82	30.7	33.5	24.4	2,0538	2,07	1,9708			NON CONV.	NON CONV.
83	32.2	33.8	24.4	1,9433	1,9633	1,8686			1,9108	NON CONV.
84	33.7	34.0	24.5	1,9064	1,9274	1,8332			1,8621	NON CONV.
85	35.1	34.3	24.5	1,925	1,9445	1,8486			1,8702	NON CONV.
86	36.6	34.6	24.6	1,9941	2,0107	1,9106			1,9282	NON CONV.
87	38.1	34.8	24.7	2,1395	2,1619	2,0468			2,0598	NON CONV.
88	39.6	35.1	24.7	2,3042	2,3339	2,2001			2,2091	NON CONV.
89	41.0	35.3	24.8	2,4908	2,5293	2,3723			2,3781	NON CONV.



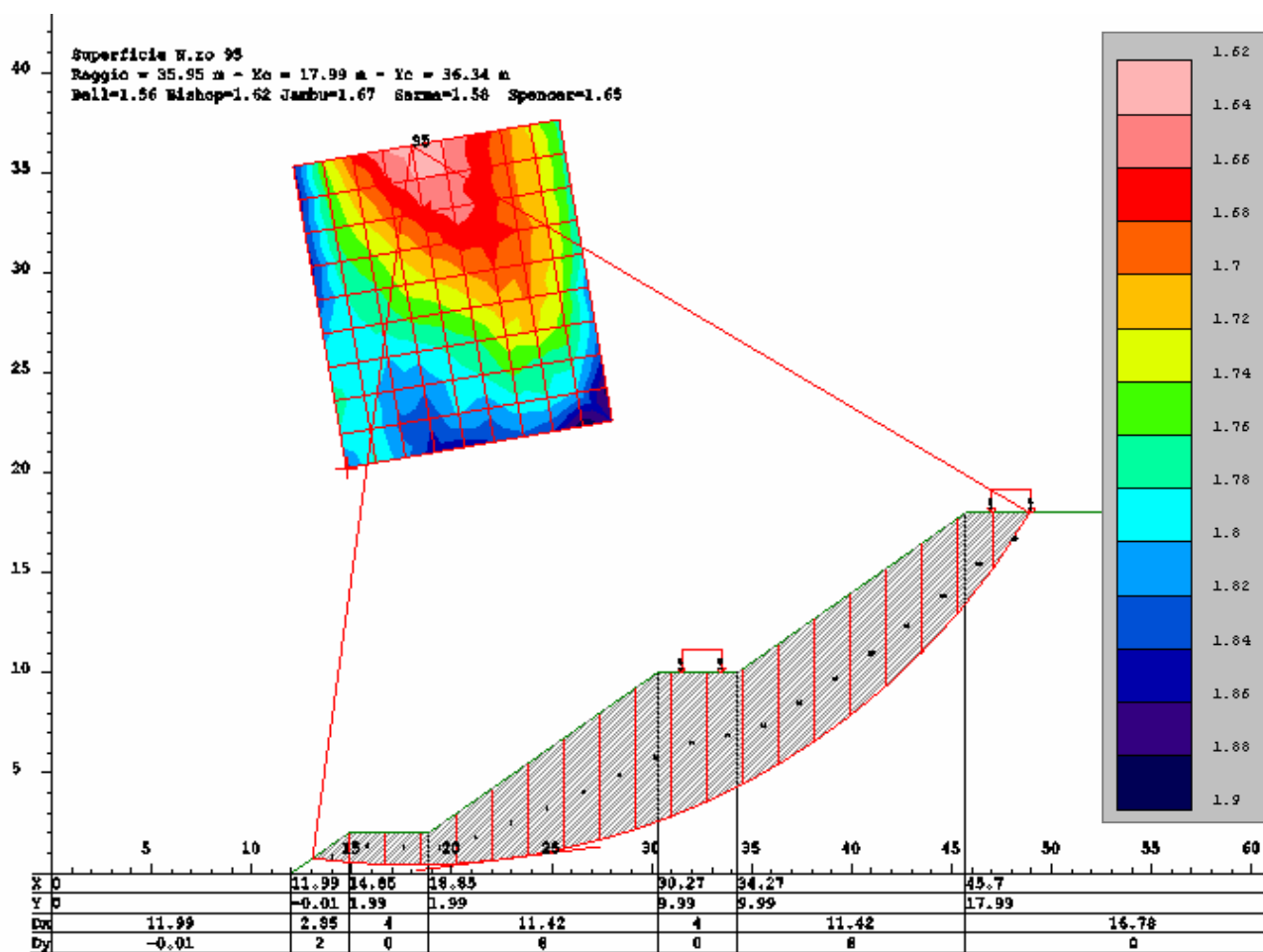
Doc. N. 04260\_01

Progetto IN05	Lotto 00	Codifica Documento DE2ROCA0000307	Rev. 0	Foglio 43 di 50
------------------	-------------	--------------------------------------	-----------	--------------------

90	42.5	35.6	24.9	2,7016	2,7505	2,5654			2,5688	NON CONV.
91	28.9	34.9	26.0	2,3277	2,3417	2,2307			2,3265	NON CONV.
92	30.4	35.2	26.1	2,0873	2,1063	2,0023			2,0678	NON CONV.
93	31.9	35.5	26.1	1,9806	2,0026	1,9031			1,9473	NON CONV.
94	33.4	35.7	26.2	1,947	1,9698	1,8707			1,9034	NON CONV.
95	34.8	36.0	26.2	1,9587	1,9804	1,8798			1,9058	NON CONV.
96	36.3	36.2	26.3	2,0099	2,027	1,9243			1,947	NON CONV.
97	37.8	36.5	26.4	2,1494	2,1725	2,0552			2,0742	NON CONV.
98	39.3	36.8	26.4	2,3067	2,3368	2,2015			2,2176	NON CONV.
99	40.8	37.0	26.5	2,4839	2,5226	2,3651			2,3789	NON CONV.
100	42.2	37.3	26.6	2,683	2,7317	2,5476			2,5603	NON CONV.

## 8.2 VERIFICA DI STABILITÀ IN CONDIZIONI DI MASSIMO SCAVO

Maglia dei centri analizzati



GENERAL CONTRACTOR <b>Cepav due</b> 		ALTA SORVEGLIANZA 			
Doc. N. 04260_01	Progetto IN05	Lotto 00	Codifica Documento DE2ROCA0000307	Rev. 0	Foglio 44 di 50

I coefficienti di sicurezza delle superfici di scivolamento analizzate sono superiori al valore minimo per la normativa di 1.3.

Tabulati dei risultati completi

**DATI GENERALI STABILITA' PENDIO**

D A T I   G E N E R A L I   D I   V E R I F I C A	
Zona Sismica	: III
Categoria Suolo	: B
Coefficiente di Amplificazione Topografica:	1.0
Coefficiente Spinta Sismica Orizzontale	: 0.188
Coefficiente Spinta Sismica Verticale	: 0.094
Numero conci :	20
Numero elementi rigidi:	0
Tipo Superficie di rottura :	CIRCOLARE TANGENTE AD UN SEGMENTO
Rapporto Hs/Hm :	0.40
COORDINATE SEGMENTO DI TANGENZA CERCHI DI ROTTURA	
Ascissa primo punto segmento di tangenza :	18.270
Ordinata primo punto segmento di tangenza :	0.140
Ascissa secondo punto segmento di tangenza :	27.450
Ordinata secondo punto segmento di tangenza :	1.320
PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI	
Ascissa Polo (m) :	15.960
Ordinata Polo (m) :	17.420
Numero righe maglia:	10
Numero colonne maglia :	10
Passo direzione 'X' (m) :	1.50
Passo direzione 'Y' (m) :	1.70
Rotazione maglia (Grd) :	10
Peso specifico dell' acqua (t/mc) :	1.000

**DATI GEOTECNICI E STRATIGRAFIA**

Str. N.ro	Descrizione Strato	Coesione t/mq	Ang.attr Grd	Densita' t/mc	D.Saturo t/mc	Vert N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)
	Profilo del pendio					1	0.00	0.00
		2	11.99	0.00				
		3	14.85	2.00				
		4	18.85	2.00				
		5	30.28	10.00				
		6	34.28	10.00				
		7	45.70	18.00				
		8	62.49	18.00				
1	Ghiaie e s	1.500	40.00	2.000	2.100			

**DATI FORZE DISTRIBUITE VERTICALI**

Vert. N.ro	Asc. in. (m)	Int. iniz. (t/ml)	Asc. fin. (m)	Int. fin. (t/ml)
1	31.50	4.000	33.50	4.000
2	47.00	4.000	49.00	4.000



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 04260\_01

Progetto	Lotto	Codifica Documento	Rev.	Foglio
IN05	00	DE2ROCA0000307	0	45 di 50

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO**

N.ro Cerchio critico : 95				Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)								
1	14.7	20.2	20.4	1,8415	1,8502	1,7857				1,8136	1,8762
2	16.2	20.5	20.5	1,7906	1,8058	1,7284				1,7548	1,8324
3	17.7	20.8	20.5	1,8426	1,8692	1,7814				1,7911	NON CONV.
4	19.2	21.0	20.6	1,8672	1,9041	1,8056				NON CONV.	NON CONV.
5	20.6	21.3	20.7	1,8787	NON CONV.	1,8165				1,802	1,9422
6	22.1	21.5	20.7	1,8678	NON CONV.	1,8064				1,7824	1,9374
7	23.6	21.8	20.8	1,8535	NON CONV.	1,7907				1,7617	1,9238
8	25.1	22.1	20.9	1,8673	NON CONV.	1,8012				1,7705	1,9441
9	26.6	22.3	20.9	1,9014	NON CONV.	1,8332				NON CONV.	1,9899
10	28.0	22.6	21.0	1,9267	NON CONV.	1,85				1,8251	NON CONV.
11	14.4	21.9	22.1	1,7958	1,8071	1,7347				1,7698	1,8278
12	15.9	22.2	22.2	1,7969	1,8155	1,7347				1,7598	1,8354
13	17.4	22.4	22.2	1,8379	1,8674	1,7759				1,7877	1,882
14	18.9	22.7	22.3	1,8492	1,8879	1,7875				1,7883	1,8995
15	20.4	23.0	22.4	1,8478	NON CONV.	1,7866				1,7776	NON CONV.
16	21.8	23.2	22.4	1,8366	NON CONV.	1,7768				1,7586	1,902
17	23.3	23.5	22.5	1,8126	NON CONV.	1,7531				1,7286	1,8793
18	24.8	23.7	22.6	1,8078	NON CONV.	1,7462				1,7186	1,876
19	26.3	24.0	22.6	1,8293	1,9027	1,762				1,7379	NON CONV.
20	27.7	24.3	22.7	1,8704	1,9594	1,8012				NON CONV.	1,9574
21	14.1	23.6	23.8	1,7875	1,8019	1,7226				1,7621	1,8183
22	15.6	23.8	23.9	1,8053	1,8274	1,7422				1,768	1,8402
23	17.1	24.1	23.9	1,8283	1,858	1,7659				1,7802	1,8684
24	18.6	24.4	24.0	1,8291	1,8693	1,7677				1,7717	1,8754
25	20.1	24.6	24.1	1,8169	NON CONV.	1,757				1,7517	1,8706
26	21.5	24.9	24.1	1,802	NON CONV.	1,7439				1,73	1,8629
27	23.0	25.2	24.2	1,7757	NON CONV.	1,719				1,6979	1,839
28	24.5	25.4	24.3	1,7581	1,8245	1,6988				NON CONV.	1,8199
29	26.0	25.7	24.3	1,778	1,8519	1,7134				1,6935	1,845
30	27.4	25.9	24.4	1,8387	1,9312	1,7754				1,744	1,9172
31	13.9	25.3	25.5	1,803	1,8204	1,7381				1,7763	1,8331
32	15.3	25.5	25.6	1,8065	1,8311	1,7428				1,7695	NON CONV.
33	16.8	25.8	25.6	1,8137	1,8469	1,7515				1,7679	1,8508
34	18.3	26.0	25.7	1,8028	1,844	1,7425				1,7494	1,846
35	19.8	26.3	25.8	1,786	1,8357	1,727				1,7258	1,8362
36	21.2	26.6	25.8	1,7684	NON CONV.	1,7122				NON CONV.	1,8257
37	22.7	26.8	25.9	1,7462	1,8127	1,6927				1,6736	NON CONV.
38	24.2	27.1	26.0	1,7227	1,7901	1,6637				1,6484	1,7795
39	25.7	27.3	26.1	1,7526	1,8295	1,6927				1,6717	1,8147
40	27.1	27.6	26.1	1,8149	1,9082	1,7547				1,7237	1,8843
41	13.6	26.9	27.2	1,8292	1,8507	1,7633				1,802	NON CONV.
42	15.0	27.2	27.2	1,8024	1,8289	1,7385				1,7664	1,832
43	16.5	27.5	27.3	1,7975	1,832	1,7357				1,7537	NON CONV.
44	18.0	27.7	27.4	1,7779	1,8202	1,7188				1,7275	NON CONV.
45	19.5	28.0	27.5	1,7563	1,8067	1,6994				1,6997	1,8031
46	20.9	28.2	27.5	1,7342	1,7929	1,6804				1,6727	1,7875
47	22.4	28.5	27.6	1,7102	1,7761	1,6554				1,6444	1,7656
48	23.9	28.8	27.7	1,701	1,7723	1,6449				1,6319	1,7562
49	25.4	29.0	27.7	1,7363	1,8152	1,6792				1,6585	1,7933
50	26.9	29.3	27.8	1,8003	1,8941	1,7417				NON CONV.	1,8621
51	13.3	28.8	28.9	1,793	1,8749	1,7832				1,8222	1,8788
52	14.7	28.9	28.9	1,783	1,8211	1,7299				1,758	1,821
53	16.2	29.2	29.0	1,7752	1,8107	1,7146				1,7337	1,8081
54	17.7	29.4	29.1	1,7508	1,7939	1,6933				1,7035	NON CONV.
55	19.2	29.7	29.2	1,7247	1,7756	1,6699				1,6718	1,769
56	20.7	29.9	29.2	1,7067	1,7645	1,6529				1,6488	1,7554
57	22.2	30.2	29.3	1,6842	1,749	1,638				1,6236	1,735
58	23.7	30.4	29.4	1,6226	1,7671	1,638				1,6257	1,7449
59	25.2	30.6	29.4	1,7266	1,8068	1,6708				1,6516	1,7784
60	26.7	31.0	29.5	1,7888	1,8827	1,7307				1,704	1,844
61	28.2	31.4	29.6	1,8639	1,8938	1,7968				1,8362	1,8922
62	15.4	30.0	30.7	1,798	1,8093	1,717				1,7463	1,8065
63	16.9	30.3	30.7	1,7557	1,7922	1,6961				1,7162	1,7871
64	18.4	30.6	30.8	1,7255	1,7694	1,6663				1,6857	1,7621
65	19.9	30.9	30.9	1,6966	1,7468	1,6334				1,6465	1,7378
66	21.4	31.1	31.0	1,6742	1,7314	1,6199				1,6215	1,7192
67	22.9	31.4	31.1	1,692	1,7696	1,641				1,6144	1,7199
68	24.4	31.7	31.1	1,6938	1,7852	1,668				1,6244	NON CONV.
69	25.9	32.0	31.2	1,7223	1,8052	1,698				1,6304	1,7707
70	27.4	32.3	31.2	1,7803	1,8739	1,7233				1,6996	1,8312
71	28.9	32.6	32.3	1,8919	1,9919	1,7926				1,8344	NON CONV.
72	14.2	32.2	32.0	1,7699	1,8009	1,7076				1,7364	1,7953
73	15.7	32.5	32.4	1,7312	1,8095	1,6733				1,6935	1,7613
74	17.2	32.8	32.5	1,6957	1,7997	1,6413				1,653	1,7304
75	18.7	33.0	32.6	1,6698	1,7195	1,6164				1,6231	1,7081
76	20.2	33.3	32.7	1,6531	1,7096	1,5975				1,6038	1,6944
77	21.7	33.5	32.8	1,6658	1,7336	1,6126				1,6104	1,7113
78	23.2	33.8	32.8	1,6952	1,7745	1,643				1,6329	1,7426
79	24.7	34.1	32.8	1,6924	1,8095	1,6705				1,655	1,7702
80	26.2	34.4	32.9	1,7759	1,8692	1,719				1,6984	1,8226
81	27.7	34.7	34.0	1,8663	1,8988	1,8001				1,8396	1,8942
82	13.9	34.0	34.0	1,7631	1,7969	1,7025				1,7317	1,7894
83	15.3	34.2	34.1	1,71	1,7481	1,6533				1,6741	1,7391
84	16.8	34.4	34.2	1,6713	1,7149	1,6184				1,6305	1,7039
85	18.3	34.7	34.3	1,6426	1,6917	1,5881				1,5995	1,6781
86	19.8	34.9	34.3	1,6452	1,7027	1,5905				1,598	1,6844
87	21.3	35.2	34.4	1,6456	1,7342	1,6128				1,612	1,7082
88	22.8	35.5	34.5	1,6956	1,7758	1,6436				1,6354	1,7401
89	24.3	35.7	34.5	1,6264	1,8133	1,6728				1,6593	NON CONV.
90	25.8	35.0	34.6	1,773	1,8657	1,716				1,6983	1,816
91	27.3	35.3	35.7	1,857	1,8913	1,792				1,8309	1,8848
92	13.6	35.0	35.7	1,7505	1,7862	1,6913				1,7202	1,777
93	15.0	35.3	35.8	1,6819	1,7201	1,6268				1,6473	1,7097
94	16.5	35.6	35.9	1,6479	1,691	1,5944				1,6099	1,6788
95	18.0	35.9	35.9	1,6252	1,6744	1,5644				1,5848	1,6585
96	19.5	36.2	36.0	1,6393	1,698	1,5856				1,5936	1,6766
97	21.0	36.5	36.1	1,6638	1,735	1,6158				1,6138	1,7055
98	22.5	36.8	36.2	1,6983	1,7785	1,6458				1,6399	1,7378
99	24.0	37.1	36.2	1,7293	1,8177	1,6757				1,6642	NON CONV.
100	25.4	37.4	36.3	1,7727	1,8659	1,7157				1,7007	1,8129

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA			
					
Doc. N. 04260_01	Progetto IN05	Lotto 00	Codifica Documento DE2ROCA0000307	Rev. 0	Foglio 46 di 50

## 9 CIRCOLAZIONE IDRICA PROFONDA

Gli elementi caratterizzanti la circolazione idrica profonda nell'area di cava e nell'intorno significativo sono i seguenti:

- buona permeabilità verticale per porosità del substrato al di sotto del terreno agrario, specie nei primi 4-5 m, in leggera diminuzione verso il basso, per una certa maggior presenza di fine; le due prove di permeabilità Lefranc effettuate nei sondaggi P1 e P2 hanno individuato un valore di conducibilità idraulica pari a  $1.7 \times 10^{-6}$  e  $5.8 \times 10^{-6}$  cm/s rispettivamente alle profondità di 6 e 9 m.
- costante assenza di falda per i primi 25 m circa dal p.c.
- assenza di livelli impermeabili significativi per continuità, estensione areale, potenza e grado di impermeabilizzazione fino a fine sondaggi (-25 m da p.c.). È presente un livello più fine potente circa un metro tra i 16 ed i 17 m circa su parte del terreno investigato, ma estensione, continuità, caratteristiche granulometriche e spessore non sono tali da costituire una valida barriera alla percolazione dell'acqua meteorica in profondità.
- falda a superficie libera con direzione generale di flusso N-S, localmente NNW-SSE, con soggiacenza sempre maggiore di 25 m in corrispondenza alla cava e comunque compresa tra i 26 ed i 28 m in zona (piezometri di linea 3SN023 e 3SN025, misure dell'ottobre-novembre 2005. I piezometri interni installati fino a -25 m da p.c. sono risultati sempre asciutti).
- falda profonda confinata con livello statico medio di circa 35 m da p.c. (C.na Villa Libera, dato fornito dalla proprietà su pozzi locali).
- Franco della prima falda rispetto al fondo scavo in cava di 6-7 m.
- Rispetto alle condizioni generali di flusso della prima falda nel corso del tempo si può ipotizzare un progressivo abbassamento del livello della stessa nel tempo, sia rispetto ai dati ricavabili dalla cartografia tematica disponibile, sia come constatazione dei fruitori locali di pozzi. La stima dell'abbassamento è di oltre 10 metri in 25-30 anni e dell'ordine dei 3-4 m negli ultimi 10-12 anni.



SOND. n°	P1	P2	3SN023	3SN025	P1	P2	3SN023	3SN025
Data misurazione soggiacenza	SOGGIACENZA				PIEZOMETRIA			
30-set-05		24,70				88,83		
11-ott-05	22,90	> 25,00			89,61	<87,90		
12-ott-05	20,95	> 25,00	26,03	28,96	91,56	<87,90	88,37	86,64
28-ott-05	>25,00	> 25,00	27,45	29,95	<87,30	<87,90	86,95	85,65
10-nov-05	>25,00	> 25,00	27,18	29,95	<87,30	<87,90	87,22	85,65
Note	P1 e P2 = piezometri interni, 3SN023 e 3SN025 = piezometri sulla linea, il primo ad W ed il secondo ad E dell'area di cava (v. ubicazione in cartografia)							

Sintesi dei dati misurati nei piezometri installati:

### Gradiente

Il gradiente piezometrico medio presente nella zona di cava è stato ricavato direttamente dalla carta allegata. Risulta una pendenza dello 0,35% verso S15°E.

### Porosità

Il substrato in cui scorre il sistema acquifero che alimenta i pozzi di tutta la zona è costituito da rocce sciolte di origine alluvionale continentale e la porosità totale oscilla quindi tra il 25-30% ca. di sabbie e ghiaie ed il 50% dei limi e delle argille. Mediamente, tenendo conto delle informazioni desumibili dalle prove di laboratorio sui materiali e dalle stratigrafie e valutando l'importanza relativa delle varie classi granulometriche rappresentate, si possono indicare valori dell'ordine del 30-35%. Considerando anche le condizioni fisiche di maggior addensamento del substrato in profondità, si può indicare una porosità efficace complessiva dell'ordine del 15-20%.



## 10 VULNERABILITA' COMPLESSIVA DELL'ACQUIFERO

La vulnerabilità può venir intesa come la facilità con cui un eventuale inquinante può penetrare e propagarsi nelle falde acquifere. Essa è legata a due aspetti:

- Possibilità di penetrazione di un eventuale inquinante in funzione di: spessore del litotipo, caratteristiche litologiche e litostratigrafiche, permeabilità e porosità, caratteristiche idrostrutturali del sottosuolo.
- Possibilità di propagazione in funzione delle caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero.

\* \* \*

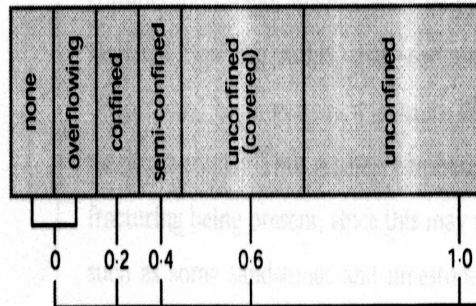
La vulnerabilità all'inquinamento è legata alle caratteristiche proprie del sottosuolo, il rischio di inquinamento è invece connesso all'uso del suolo, quindi direttamente all'attività antropica. Si può quindi andare da aree a bassa vulnerabilità e basso rischio di inquinamento per caratteristiche del terreno ed uso antropico ottimale, all'altro estremo di aree ad alta vulnerabilità e ad elevato rischio per condizione naturale associata ad uso antropico intensivo (di tipo agricolo, industriale o civile).

Di seguito vengono riportati i parametri di valutazione della vulnerabilità il metodo GOD aggiornato.



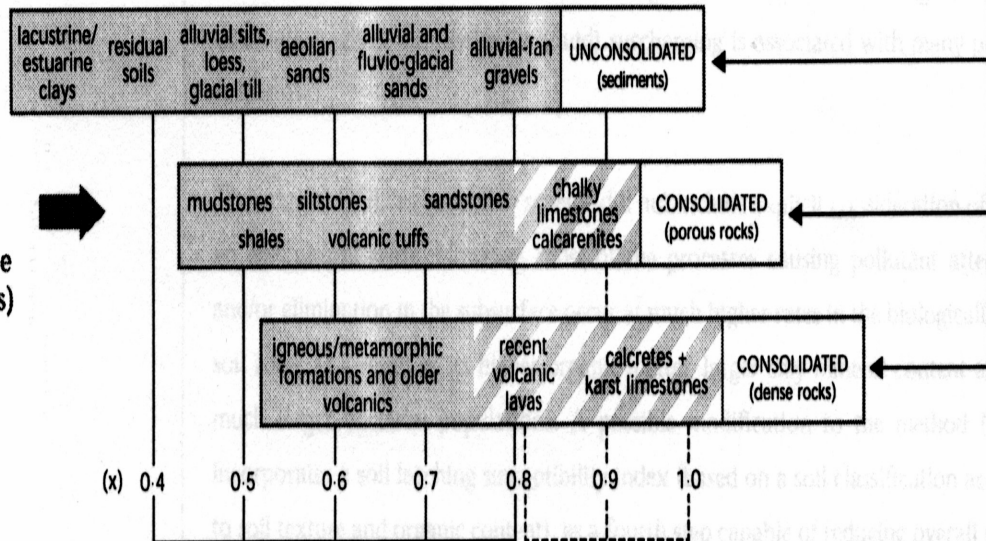
**GOD system for evaluation of aquifer pollution vulnerability**

**GROUNDWATER CONFINEMENT**

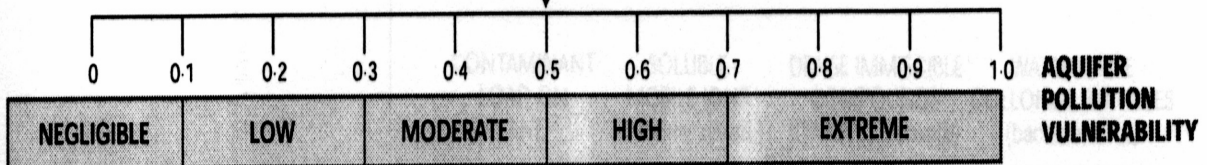
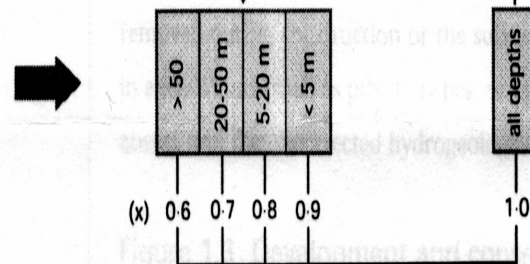


**OVERLYING STRATA**

(lithological character and degree of consolidation of vadose zone or confining beds)



**DEPTH TO GROUNDWATER TABLE (unconfined) OR STRIKE (confined)**



**1 step** (Groundwater confinement)

La parte di Bresciano che comprende il territorio in studio si caratterizza per la soggiacenza elevata delle falda superficiale, con un consistente pacchetto di strati sovrastanti, pertanto il coefficiente da attribuire è 0,6.

**2 step** (Overlying strata)

Il primo livello acquifero è sormontato da un totale di 26-28 m di materiali alluvionali fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi. Coefficiente = 0,8 (anche 0,7).

**3 step** (Depth to groundwater strike)

È posto in base alle misure piezometriche effettuate ad almeno 25 m di profondità. Coefficiente = 0,7.

**4 step** (Aquifer pollution vulnerability)

La valutazione finale porta al seguente valore di vulnerabilità dell'acquifero:

$0,6 \times 0,8 \times 0,7 = 0,34$  (moderate).