

# COMUNE DI SAN PIETRO IN LAMA

PROVINCIA DI LECCE

## PROGETTO DI UN PIANO DI LOTTIZZAZIONE CONVENZIONATO IN ZONA C1 ALLA VIA PIETRO NENNI

ALL.	<b>RELAZIONE GEOLOGICA - TECNICA ED IDROGEOLOGICA</b>	GENNAIO '17
<i>78</i>		

Proprietà: Sig.ri PANDONE, DERICCARDS,  
Sig.ri PALADINI, MANDURINO

Progetto: dott ing Claudio GIANCANE  
dott ing Francesco SPEDICATO  
dott ing Antonio PISANO'

*Orlando de Riese*  
*Mandurino*

Il Tecnico  
dott geol Emanuele Spedicato



## PREMESSA

Per incarico conferito dai proprietari dei Sig.ri Pandone, De Riccardis, Paladini e Mandurino lo scrivente dott. geol. Emanuele Spedicato, redige la presente relazione geologica, idrogeologica e sismica risultante dall'indagine effettuata sui terreni in agro di San Pietro in Lama di proprietà degli stessi committenti, riportati in catasto al Foglio 3 e particelle 148, 56, 794, 632, 798, 79, 81, 796, 737, per un progetto che prevede la realizzazione di un Piano di Lottizzazione Convenzionato (P.d.L.) individuato nel P.U.G. vigente come area omogenea "C1 – AREA DELLA TRASFORMAZIONE URBANA" sita alla Via Pietro Nenni.

Nella seguente relazione sono riportati i dati e le considerazioni risultanti da indagini condotte in loco. Lo studio preliminare ha contemplato il rilevamento geologico di superficie dell'area, (tav.1 in scala 1:10000), la cui topografia è ottenuta dallo stralcio del CTPN n. 512060 "Monteroni", in essa sono riportate con diverse colorazioni gli affioramenti delle formazioni geologiche identificate. La valutazione dei litotipi presenti, è stata quindi possibile attraverso indagini dirette eseguite direttamente nell'area d'intervento integrate da dati provenienti da sondaggi geognostici eseguiti in zona e dall'analisi di pareti di scavo esposte in zone limitrofe al lotto in oggetto.

La disponibilità, inoltre, di informazioni relative alle stratigrafie di pozzi per il prelievo di acqua dalla falda idrica sotterranea, ha permesso di caratterizzare l'area dal punto di vista idrogeologico in termini di profondità di rinvenimento della falda acquifera e del deflusso della stessa.

Per quanto concerne la risposta sismica locale sono state considerate le risultanze di indagini geofisiche eseguite direttamente nell'area d'interesse e dalle quali è stata ricavata la categoria di suolo.

Il presente studio è stato effettuato nel rispetto della normativa vigente i D.M. 21.01.1981 & 11.03.1988 e Circolare Ministero dei LL.PP. n. 30483 del 24.9.1988 "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce ecc.". D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni". Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008".

# Tav 1 Inquadramento territoriale



Area di lottizzazione



# Tav 2 Stralcio aerofotogrammetrico con perimetrazione area d'intervento



Area di lottizzazione



## - 1 - CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E GEOLOGICHE GENERALI

L'area interessata dal presente studio, ricade a S-W del centro abitato del Comune di San Pietro in Lama in prossimità di zone recentemente urbanizzate. Dal punto di vista morfo-planimetrico si estende su una superficie pianeggiante leggermente degradante verso S-E le cui quote si attestano intorno all'isoipsa dei +38 m s.l.m., con differenze di quota poco significative e dell'ordine di qualche metro. Poco più a sud (verso Copertino) è individuabile un aumento della quota topografica che testimonia la presenza nel terreno di discontinuità con direzione NO-SE che delimitano una lunga e larga zona depressa e conosciuta come "Cupa" su cui insiste tutto il centro abitato di San Pietro in Lama e l'area di studio.

Da punto di vista geologico generale, il territorio investigato, insiste su di un imponente massiccio carbonatico cretacico che rappresenta la piattaforma carbonatica mesozoica e l'ossatura di tutta la regione salentina; l'attuale configurazione morfologico-strutturale è quindi la risultante di una evoluzione tettonico-paleogeografica che ha interessato l'intera regione a partire dall'Eocene e che ha dislocato, con una serie di faglie dirette, la piattaforma Apula venendo a costituire una serie di strutture rialzate "horst" e delle aree ribassate "graben". Gli "horst" sono in genere ben evidenti e morfologicamente costituiscono le cosiddette "Serre Salentine" che sono rappresentate da alti strutturali che si allungano in direzione NNO – SSE. L'area di studio, pur trovandosi in una zona strutturalmente ribassata, non si discosta topograficamente dalle aree circostanti, anche di quelle strutturalmente rialzate presenti poco più a S.

Le rocce della piattaforma carbonatica mesozoica sono ben visibili, al di sotto di un'esigua copertura di terreno eluviale, nell'area più a S di quella di studio, e sono rappresentate da calcari e calcarei dolomitici cretacei appartenenti alla formazione indicata sul foglio geologico della Carta d'Italia con il termine di "Dolomie di Galatina" (C7-6) e che studi recenti attribuiscono ai "Calcari di Altamura".

La regione, successivamente al Cretaceo, è stata interessata quindi, da diverse fasi trasgressive del mare che hanno determinato importanti episodi sedimentari prima con il deposito di formazioni calcarenitiche marnose biacstre (Pietra Leccese e Calcareniti di Andrano) e successivamente, nel Pliocene, dalla deposizione nelle zone più depresse, di sedimenti calcarei detritici e breccie alternate a sabbioni scarsamente cementati a cui sono seguite deposizioni di litofaci calcarenitiche ed argillo-sabbiose (Pliocene Sup). Quest'ultima successione viene correlata (G. Ricchetti et Alii, 1972) ai depositi del ciclo sedimentario infrapleistocenico della "Fossa Bradanica", distinguendo la formazione calcarenitica ("Calcareniti di Gravina"), corrispondente per lo più alle "Calcareniti del Salento", da quella argillosa e sabbiosa ("Argille Subappennine"), corrispondente pro-parte alla "Formazione di Gallipoli" localmente intercalata, alternata o anche in eteropia di facies con la prima, a seconda dell'andamento dei fondali, delle oscillazioni del mare e della distribuzione delle terre emerse (G. Palmentola, 1987). In ultimo la regione è stata interessata da un progressivo ritiro del mare, verso la sua posizione attuale, intervallato da episodi di arresto o anche di parziale ingressione che hanno portato alla deposizione di sottili orizzonti calcarenitici, a luoghi arrossati, alternati a livelli sabbiosi e limosi, probabilmente di età calabriana. Detti depositi post-miocenici, affioranti direttamente nell'area d'interesse, vengono riportati sulla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, come appartenenti alla formazione delle "Sabbie di Uggiano", plioceniche e alla "Formazione di Gallipoli" (Calabriano).

Il rilevamento geologico effettuato unitamente ai numerosi dati disponibili in letteratura ha permesso di riconoscere le formazioni affioranti nell'area in esame e ricostruirne la sequenza stratigrafica.



A partire dal basso verso l'alto, è presente un substrato carbonatico calcareo e calcareo-dolomitico cretaceo (formazione dei "Calcari di Altamura", riportati nella carta geologica d'Italia con il termine formazionale di "Dolomie di Galatina"), affiorante estesamente a S dell'area di studio

Questi calcari si presentano generalmente molto compatti, spesso microcristallini e di colore bianco sporco nocciola, sono sedimenti di origine marina ben stratificati e presentano variazioni orizzontali e verticali nel grado di fratturazione, con riempimenti di terre rosse che costituiscono il residuo insolubile dei calcari, e composte da idrosilicati e idrossidi di alluminio. In quanto fratturati, vacuolari e con frequenti incrostazioni di calcite cristallina, sono dotati di porosità secondaria. Dal punto di vista petrografico, queste rocce presentano un elevato contenuto in dolomite anche se sono presenti livelli calcarei puri, con valori massimi di  $\text{CaCO}_3$  del 98-99%, mentre nei livelli dolomitici, il carbonato di calcio rappresenta il 12-16%.

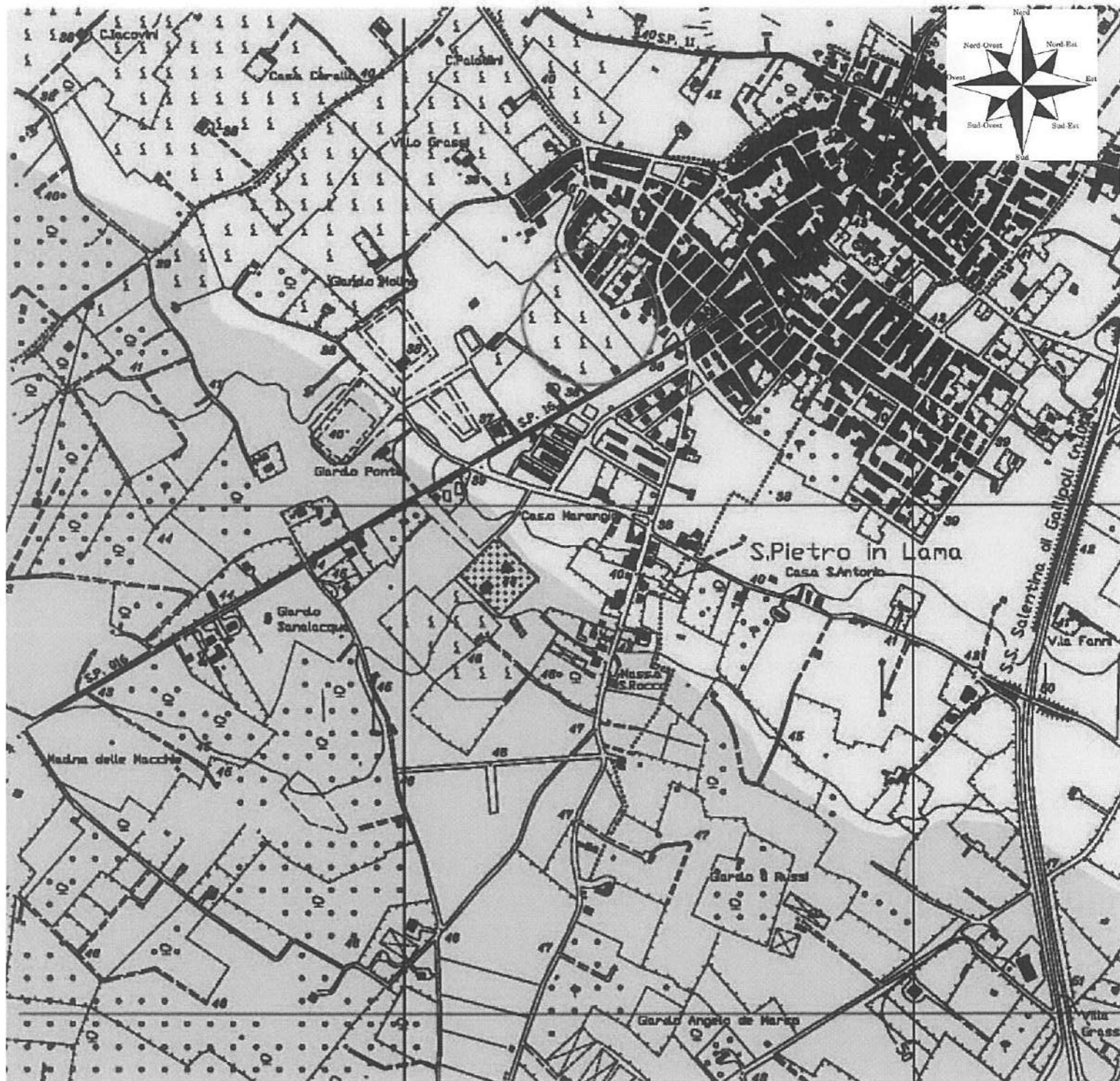
Su tale formazione si è deposita l'unità calcarenitico-marnosa, di età miocenica ("Pietra Leccese" e "Calcareniti di Andrano"), presente nel sottosuolo del area, ma non visibile in affioramento.

Alla base dell'unità, il passaggio ai calcari mesozoici su cui è trasgressiva è spesso marcato da un livello di argille giallastre, lignite e "Terre Rosse" che localmente può assumere spessori anche di qualche decina di metri.

La serie stratigrafica continua, in alto con depositi calcarenitici e calciruditici di colore dal biancastro al giallo-rossiccio, teneri e molto fossiliferi, a luoghi marnosi, riferibili al Pleistocene inferiore ("Calcareniti Pleistoceniche"), su cui si sono sedimentate marne argillose e argille più o meno siltose, di colore grigio-azzurro che sfumano, verso l'alto, in sabbie giallastre, interessate da strati più o meno cementati e noduli arenacei di età pleistocenica. ("Argille e Sabbie Pleistoceniche"). Tali depositi, affioranti direttamente nell'area d'interesse, si ritrovano spesso in eteropia di facies tra loro, sono sovrapposti o appoggiati lateralmente a formazioni più antiche, sulle quali sono in trasgressione ed in discordanza stratigrafica.

---

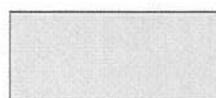
Tav 3 Stralcio Carta Geologica



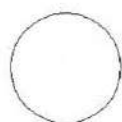
Cartografia : Stralcio CTPN 512100 "Dragoni" e 512060 "Monteroni di Lecce"



Pc 3-1 Sabbie di Uggiano (Plioc. Inf)



C 7-6 Dolomie di Galatina (Cretaceo)



Ubicazione area

---



## - 2 - DESCRIZIONE IDROGEOLOGICA GENERALE

Lo studio idrogeologico condotto è stato integrato con i dati provenienti dai pozzi per l'approvvigionamento idrico e dalla bibliografia esistente.

In tutto il territorio circostante il sito in oggetto manca una vera e propria idrografia superficiale; le linee temporanee di deflusso superficiale si sviluppano seguendo i gradienti topografici, comunque si tratta comunque di drenaggio temporaneo legato alle acque di precipitazione meteorica; quest'ultime si infiltrano efficacemente nel terreno, e seguendo pendenze preferenziali alimentano le falde idriche sottosuperficiali. In particolare si riscontra che nell'area posta immediatamente a sud-est di quella d'interesse, precisamente a ridosso della S.P. San Pietro in Lama – Copertino, si manifesta un accumulo di acque di precipitazione in occasione di eventi particolarmente eccezionali a causa principalmente della presenza di aree più depresse e soprattutto di un'infrastruttura stradale che ne impedisce il normale deflusso. Tale situazione trova riscontro anche nelle perimetrazioni effettuate dall'Autorità di Bacino che evidenzia la presenza di aree a diversa pericolosità idraulica. Tale fenomeno non interessa direttamente l'area oggetto del presente studio anche se le porzioni più marginali e poste a S-E risultano interessate dalla perimetrazione PAI.

Per quanto concerne l'idrogeologia dell'area questa risulta fortemente condizionata dalle formazioni geologiche affioranti ed in particolare dal loro tipo e grado di permeabilità. I depositi pliocenici in affioramento nell'area d'interesse sono permeabili per porosità con valori tra  $K = 8 \times 10^{-3}$  cm/s e  $K = 7 \times 10^{-4}$  cm/s e solo in corrispondenza delle zone dove sono presenti livelli e/o banchi limo-argillosi impermeabili possono ritenere, a pochi metri dalla superficie topografica, livelli idrici.

Dai dati dei pozzi d'acqua presenti nella zona, si può parlare quindi di più acquiferi presenti sul territorio, il primo all'interno dei terreni pliocenici che, per porosità e fessurazione ospitano una falda a profondità di circa -6.0 m dal piano campagna, il cui livello può risalire in relazione alle abbondanze pluviometriche e alla persistenza delle stesse. Questa è definita effimera a causa del carattere stagionale della stessa e strettamente correlata ai regimi termo-pluviometrici; tale falda non è riportata nel Piano Tutela Acque della Regione Puglia di cui si allega in tav.4 uno stralcio.

Al di sotto un livello idrico è contenuto nei depositi miocenici che normalmente, si comportano come terreni scarsamente permeabili con livelli praticamente impermeabili ( $k = 7 \times 10^{-4}$  ,  $6 \times 10^{-5}$  cm/s) e laddove si spingono in profondità al disotto del livello del mare costringono la falda profonda a circolare in pressione. A volte però la serie stratigrafica miocenica presenta dei livelli che risultano permeabili per effetto di una fratturazione più intensa e per carsismo, permettendo così l'instaurarsi di una circolazione idrica sotterranea in forma o diffusa o concentrata. In particolare nel sottosuolo dell'abitato di San Pietro in Lama è presente una falda idrica che circola in un livello particolarmente fratturato e carsificato di rocce mioceniche. E' un livello idrico particolarmente cospicuo e costituisce un'importante riserva d'acqua per tutta l'area circostante come è testimoniato dalla presenza di numerosi pozzi ivi attestatisi.

Tale falda è direttamente comunicante con ben nota falda "profonda" sottostante mediante le faglie presenti hanno messo a contatto, in profondità, le rocce carbonatiche mesozoiche con le calcareniti mioceniche.

Infine la falda profonda, è presente nei calcari mesozoici, generalmente caratterizzati da moltissime microfessure di pochi mm di spessore (dove viene immagazzinata la maggior parte delle acque), e da macrofessure con limitata capacità complessiva di immagazzinamento ed altissima trasmissività..

Se si escludono pochi casi, la porosità primaria di questi calcari è generalmente scarsa e non di rado trascurabile, mentre è più elevata quella secondaria; si ritrovano infatti molto spesso fessure che vengono

gradualmente allargate dall'azione chimico-fisica delle acque di infiltrazione, e nelle quali si può notare anche una ricementazione dovuta a dissoluzione calcarea con riempimenti di calcite microcristallina.

La tav. 5, stralcio del Piano Tutela Acque della Regione Puglia riporta le isopieze" della falda profonda.

Come si evince, nella zona in esame il carico piezometrico è pari a 3,0 metri s.l.m.m., ciò comporta, che i pozzi localizzati attingono alla falda presente a profondità non inferiori a -35,0 m dal p.c..

La caratteristica più rilevante della falda carsica salentina, è che galleggia per tutta la sua estensione sull'acqua di mare di invasione continentale, (l'acqua dolce infatti è caratterizzata da una densità inferiore a quella dell'acqua marina) con collegamento sotterraneo tra le acque dei mari Ionio e Adriatico.

La falda assume quindi una configurazione di lente biconvessa, con spessori massimi nella parte centrale della Penisola.

Tra i due liquidi a diversa densità, esiste una zona di transizione il cui spessore tende ad aumentare man mano che ci si allontana dalla costa.

L'interfaccia di contatto acqua dolce - acqua salata, si trova ad una profondità che aumenta andando dalla costa verso l'interno ed è possibile calcolarla per mezzo della formula di Ghyben - Herzberg:

$$H = [\rho_f / (\rho_m - \rho_f)] * h$$

dove:

H = Profondità dell'interfaccia;

$\rho_f$  = Densità dell'acqua dolce ( $\sim 1.0028 \text{ g/cm}^3$ );

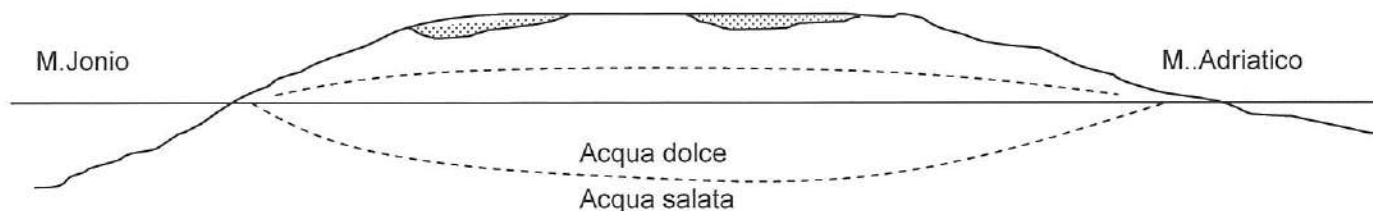
$\rho_m$  = Densità dell'acqua marina ( $\sim 1.028 \text{ g/cm}^3$ );

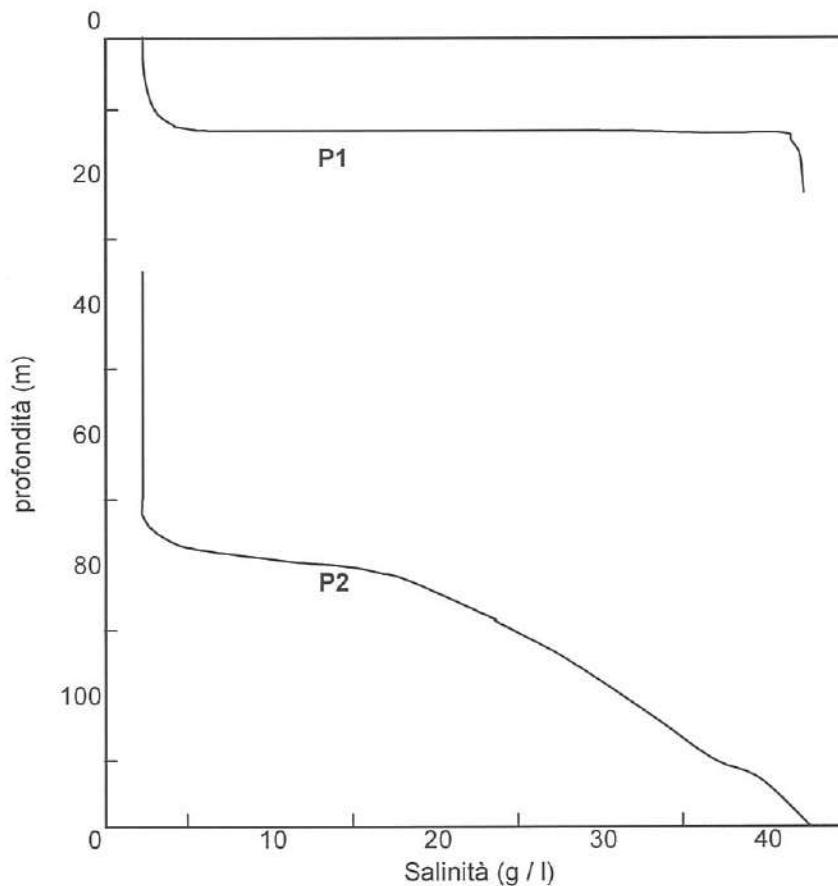
h = Livello statico.

Ciò è evidenziato dalla fig. 2 di seguito, dove si nota in corrispondenza dell'interfaccia, un aumento pressoché istantaneo di salinità nel pozzo P1, (posto in prossimità della costa) ed un aumento graduale della salinità con la profondità nel pozzo P2 (ubicato a circa 10 Km di distanza dalla stessa costa).

Il fenomeno di ingressione marina è ben evidente nelle zone costiere, dove si verifica un "inquinamento" ad opera del cloroione a danno delle acque di falda; ciò è dovuto ad una depressione progressiva della superficie piezometrica, pertanto il carico idraulico diminuisce e l'interfaccia tende ad avvicinarsi alla superficie piezometrica con la conseguente invasione dell'entroterra da parte dell'acqua marina.

**Fig.1 - Sezione idrogeologica semplificata dell'acquifero salentino, direzione E-O.**

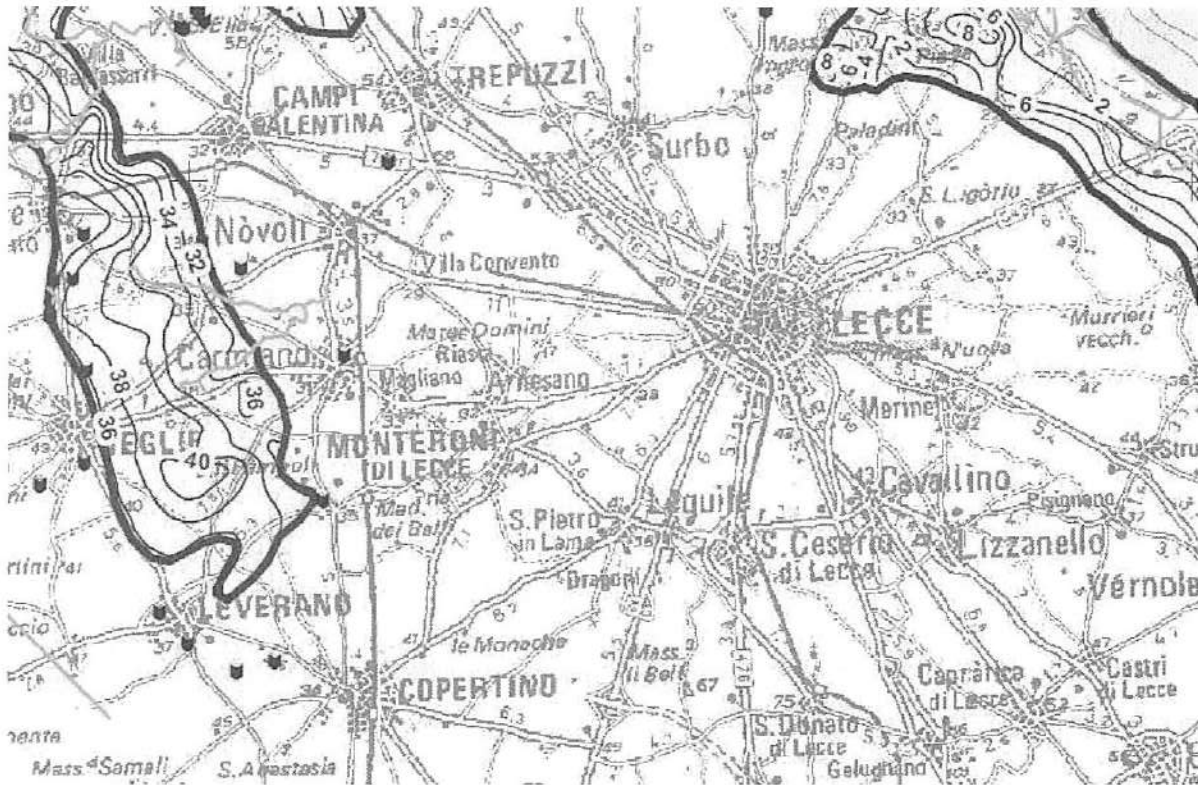




**Fig. 2 – Andamento medio della salinità con la profondità dal livello piezometrico in alcuni pozzi della penisola Salentino (Da Tadolini-Tulipano, 1970)**

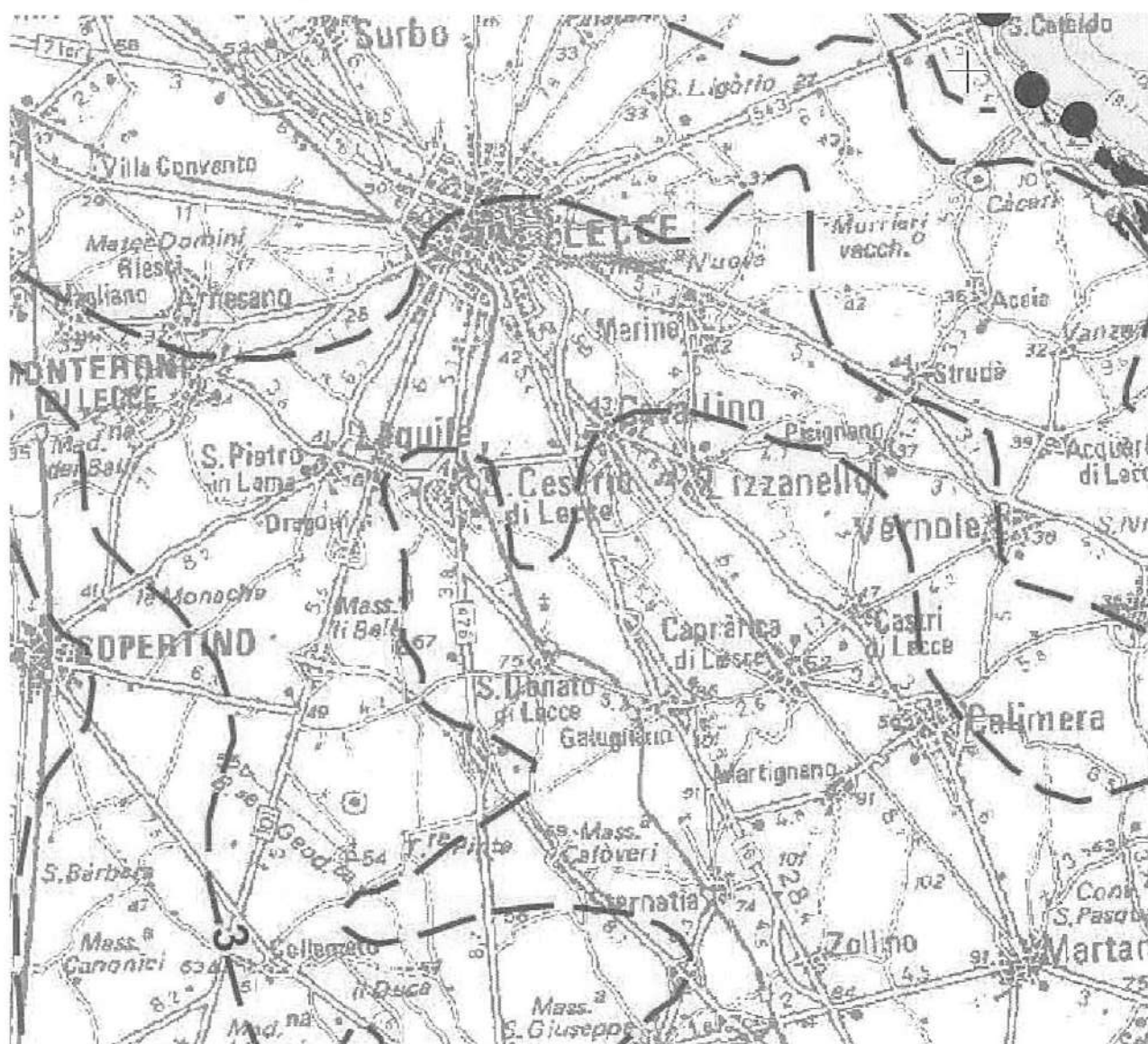
La permeabilità per fessurazione, o permeabilità in grande, è specifica invece delle rocce fessurate, quali i calcari e, subordinatamente, anche delle calcareniti. La formazione miocenica in facies calcarea, infatti, ha un buon grado di permeabilità ( $k=10^{-4} + 10^{-5}m/s$ ) a causa dell'intenso stato di fratturazione delle rocce. A ciò si accompagna, in più luoghi ed a vari livelli, un diffuso stato di carsificazione che ha determinato la formazione di orizzonti particolarmente permeabili, separati tra loro da altri più compatti. Dal punto di vista dell'idrografia sotterranea, il territorio esaminato rispecchia la variabilità litologica e conseguentemente le diverse permeabilità che caratterizzano i sedimenti rinvenibili sia in affioramento sia in profondità.

Tav. 4 - Isofreatiche della falda superficiale



Isofreatiche (m s.l.m.)

Tav.5 - Isopieze della falda profonda (dal PTA)



Isopieze riferite alla quota zero del livello medio marino m.s.l.m. (stralcio P.T.A.)



### - 3 – INDAGINI GEOGNOSTICHE E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI INTERESSATI

Per la definizione di una più esatta stratigrafia dell'area e delle caratteristiche geotecniche dei terreni che saranno interessati dal progetto di lottizzazione sono state eseguite delle indagini in situ come indicato sulla Tav 6 di seguito allegata.

La ditta GEOPRO ha eseguito un sondaggio geognostico a carotaggio continuo utilizzando una sonda meccanica a rotazione della MAIT mod. T14, e carotiere semplice del  $\phi$  101 mm. Durante la perforazione l'analisi dei campioni estratti ha consentito di disegnare la stratigrafia di seguito allegata.

#### ***S<sub>1</sub> = 15,3 m dal p.campagna***

Nel foro di sondaggio sono state inoltre effettuate delle prove SPT. La documentazione dei campioni estratti è riportata in allegato.

Sono inoltre state eseguite n. 3 prove penetrometriche dinamiche leggere, i cui diagrammi sono riportati di seguito.

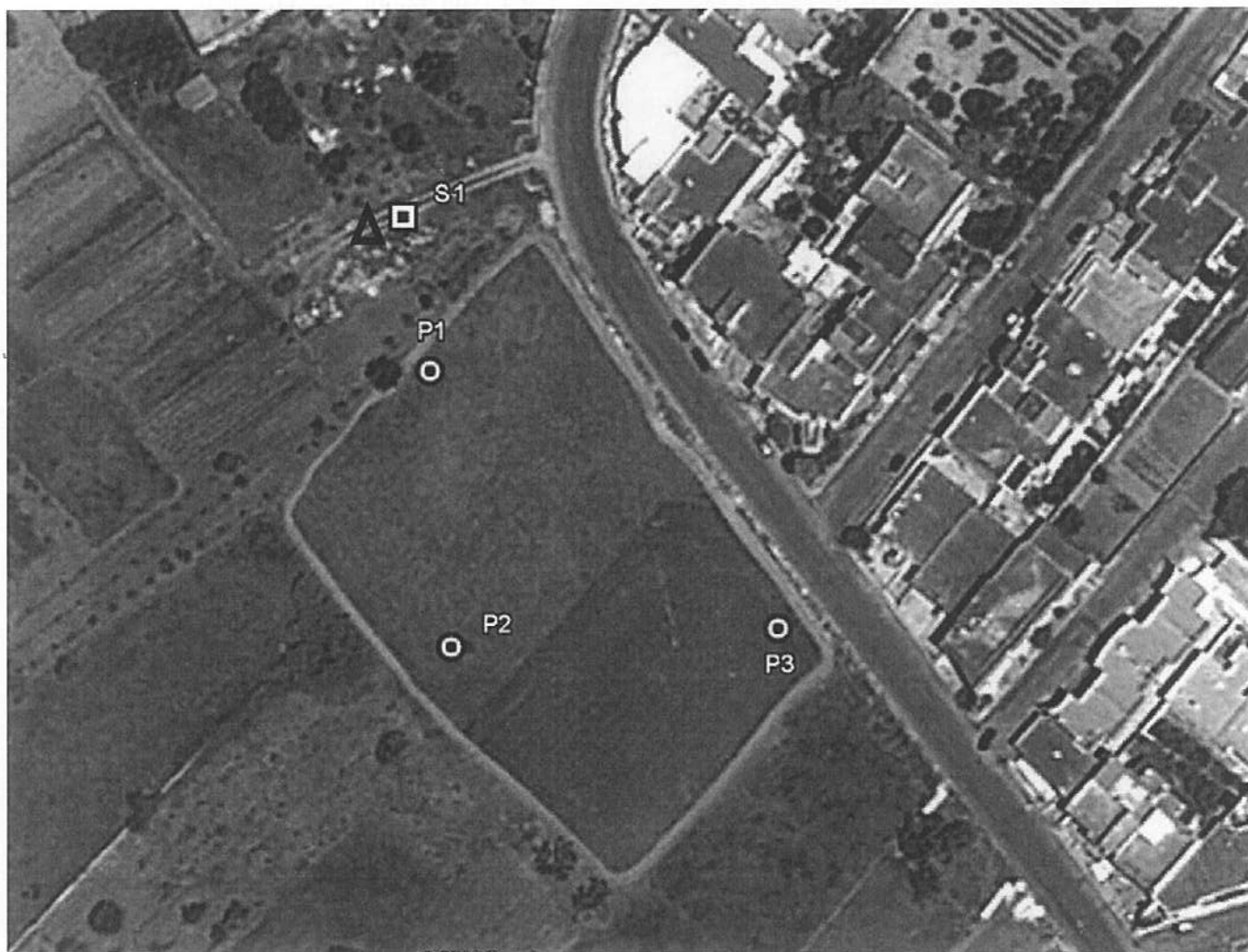
Le prove, le analisi e le conoscenze generali dell'area, permettono di ricostruire la stratigrafia e le caratteristiche meccaniche dei sedimenti in successione a partire dal piano campagna.

#### ***Sondaggio Geognostico***

Il sondaggio geognostico è stato eseguito nell'unica zona attualmente accessibile ai mezzi d'opera. I risultati ottenuti sono in linea con quanto ottenuto da precedenti indagini simili svolte per opere pubbliche e private eseguite dallo scrivente in aree limitrofe.

Dalla stratigrafia di seguito allegata (Tav 7) si nota in particolare la presenza di un livello più superficiale dello spessore di 1,2 m circa di terreno vegetale sotto il quale vi sono dei limi argillosi grigio-verdastri con inclusioni di noduli calcarei millimetrici sino alla profondità di circa 4,9 m dal p.c. Al di sotto di tale quota aumenta la porzione sabbiosa con numerose inclusioni calcarenitiche che passano verso il basso a sabbie a grana fine limose nocciola con livelli calcarenitici tipo "panchina" sino a circa 10,9 m dal p.c.. Al disotto e sino a 15,3 m da p.c. si distinguono dei limi argilloso-sabbiosi grigi abbastanza omogenei.

Tav 6 - Ubicazione indagini geognostiche



Prove penetrometriche dinamiche



Sondaggio geognostico a carotaggio continuo



Indagine sismica passiva con vibralog



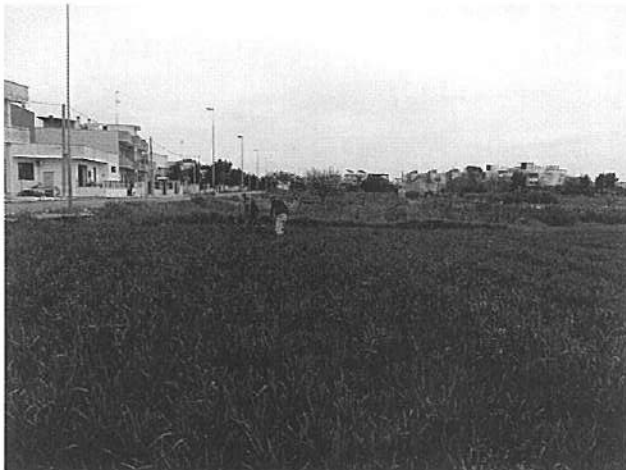
Fot 1 Ubicazione Sondaggio 1



Fot 2 Ubicazione Penetrometrica 1


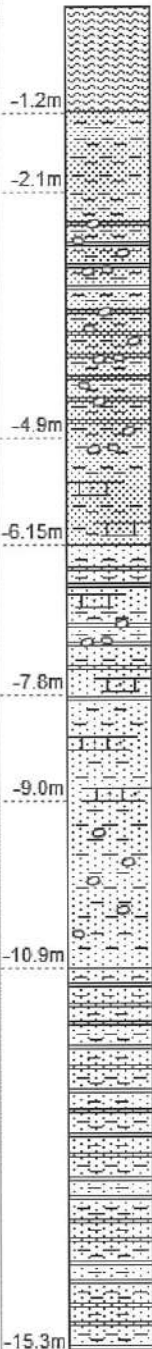


Fot 3 Ubicazione Penetrometrica 2



Fot 4 Ubicazione Penetrometrica 3

Tab 7 – Stratigrafia sondaggio geognostico S1

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO ø 101 mm					
	Committente: dott. Emanuele Spedicato				
	Cantiere: Via P. Nenni - San Pietro in Lama (LE)				
Successione litologica	Descrizione	Campioni	SPT	$\gamma$ t/m <sup>3</sup>	$\phi$
<p style="text-align: center;"><b>S<sub>1</sub></b></p> 	p.campagna ▽				
	Terreno vegetale sabbioso-limoso di colore rosso-arancio				
	Limi sabbiosi nocciola verdini includenti noduli polverulenti carbonatici biancastrì				
	Limi argillosi di colore nocciola verdastro con fiammate grigie con inclusioni di noduli millimetrici				
	Aumento della percentuale sabbiosa di colore nocciola con inclusioni di concrezioni eterometriche calcarenitiche anche centimetriche			5,70-6,15 m N <sub>SPT</sub> = 3+6+8	
	Sabbie limose deb. argillose giallastre includenti abbondanti concrezioni eterometriche calcarenitiche				
	Inclusione di livelletti centimetrici calcarenitici tipo "panchina"				
	Sabbie calcaree a grana fine limose di colore nocciola con alterazioni color ruggine includente meno abbondanti concrezioni calcarenitiche. Alla base livello centimetrico più cementato				
	Limi argillo-sabbiosi di colore grigio				

Quota s.l.m.m.

Livello statico -6,2 m

03/04/2014



Foto 5 – Sondaggio 1



## Standard Penetration Test

Questa prova è puntuale ed interessa sempre il terreno alla base del foro di sondaggio già liberato dalle aste di perforazione.

Lo strumento utilizzato per tale tipo di prova è un "martino" della "Nenzi", è costituito da un tubo lungo cui scorre (per un tratto di 76.2cm) un maglio (M) del peso di 63.5Kg.

Durante la prova tale tubo è tenuto sospeso fuori dal foro di sondaggio con l'estremità superiore agganciata alla fune metallica dell'organo della sonda. All'estremità inferiore dal "martino" (alla base di una piastra in ferro) sono avvitate delle aste usate solo per tale tipo di prova. Queste sono inserite all'interno del foro ed alla loro parte inferiore è montato un campionatore standard (Raymond) che poggia direttamente sul terreno alla base del foro del sondaggio. A seconda della natura del terreno, all'estremità inferiore del campionatore può essere inserita una punta chiusa o una punta aperta. Nel nostro caso è stata usata la punta aperta.

La prova consiste nel misurare il numero (N) dei colpi necessari per infiggere nel terreno, alla base del foro ed alla profondità voluta, il campionatore.

Tale operazione è stata eseguita battendo ripetutamente con il maglio M provvisto di dispositivo con sgancio automatico, sulla piastra in ferro avvitata direttamente alle aste.

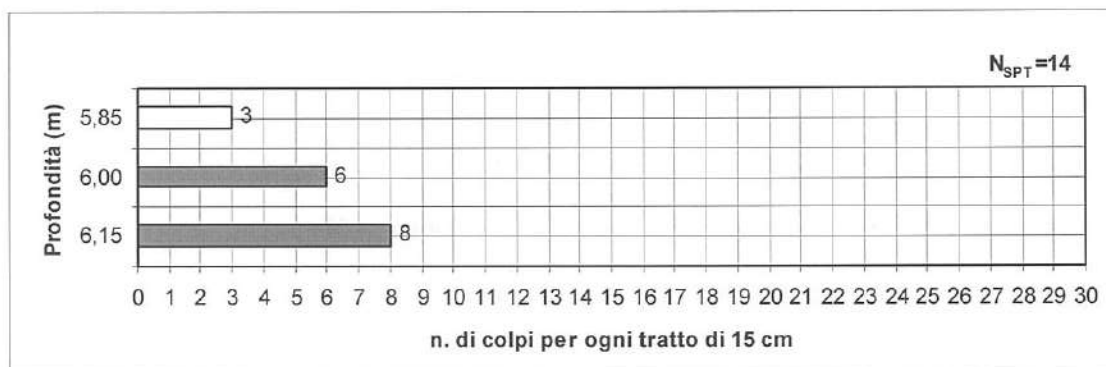
Si è misurato il numero di colpi ( $n_1$ ;  $n_2$  ed  $n_3$ ), necessari per ottenere l'avanzamento del campionatore nel terreno per tre tratti successivi di 15 cm.

Nell'insieme ciascuna prova interessa un tratto di terreno di 45 cm, ma in effetti il valore di  $N_{SPT}$  che si ottiene ed utile al calcolo, esprime il numero dei colpi dato dalla somma dei colpi ( $n_2+n_3$ ) necessari solo per l'infissione nel 2° e 3° tratto ossia per gli ultimi trenta centimetri).

La prova è standardizzata, non è continua, è puntuale e diretta, i dati ottenuti specie per i terreni sabbiosi e limosi, permettono valide correlazioni con importanti parametri geomeccanici del terreno.

Il valore di  $N_{SPT}$  permette anche di ricavare il carico ammissibile del terreno alla profondità interessata dalla prova stessa.

### Risultati ottenuti



### Sondaggio S<sub>1</sub>

$N_{SPT} = 14$

Profondità: 5,70÷6,15

Dai risultati di tali prove sono stati desunti i valori di densità relativa e quindi di resistenza al taglio dei terreni granulari presenti, utilizzando la duplice correlazione densità relativa  $DR = f(NSPT)$  e angolo di attrito  $\varphi' = f(DR)$ , ed inoltre i valori del modulo di elasticità  $E$ .

Stima della densità relativa  $DR = f(NSPT)$

Molte relazioni empiriche e basate su sperimentazioni sono state proposte da vari autori, soprattutto per terreni incoerenti, al fine di derivare dai valori delle prove SPT ( $NSPT$ ) la densità relativa ( $DR$ ) dei depositi, tenendo in opportuno conto i valori di pressione efficace  $\sigma'_{vo}$ .

I valori di  $NSPT$  per terreni sotto falda vengono allo scopo corretti mediante l'espressione di

*Terzaghi (1948)*:  $N'_{SPT} = 15 + 0,5(NSPT - 15)$  pertanto  $N'_{stp} = 14,5$

I valori di densità relativa sono stati calcolati tramite la correlazione di *Gibbs e Holtz (1957)*

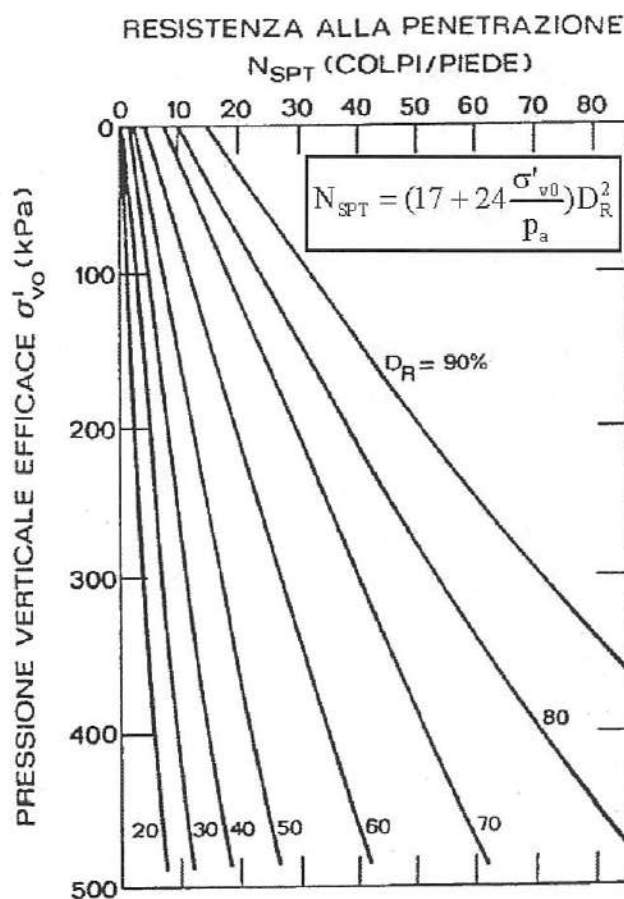


Grafico per ricavare  $D_R$  da  $N_{SPT}$  in sabbie (Gibbs & Holtz 1957)

nei grafici  $p_a$  = pressione atmosferica (stesse unità di misura di  $\sigma'_{vo}$  – ad es.  $p_a = 100$  kPa)

### Stima dell'angolo di resistenza al taglio

Il valore del parametro di resistenza al taglio in condizioni efficaci ( $\varphi'$ ) è stato stimato.

indirettamente a partire dai valori calcolati di densità relativa facendo ricorso alla correlazione proposta da Malcev(1964)

$$\varphi = 20 - 5 \text{Log}(\sigma) + 3,73 \text{Log}(N_{spt})$$

Non valida per  $\varphi > 38^\circ$

$\sigma$  = pressione litostatica efficace in  $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$

### Stima del modulo di elasticità

Per quanto attiene il modulo di elasticità, esso è stato stimato sia sulla base del metodo di Bowles (1982)

Si riporta di seguito scheda riepilogativa dei parametri geotecnici mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della GeoStru Software

**Tabella 8 - Scheda riepilogativa parametri geotecnici prova STP**

#### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	14	6,15	14,5	Gibbs & Holtz 1957	95,58

#### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito ( $^\circ$ )
Strato 1	14	6,15	14,5	Malcev (1964)	30,53

#### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )
Strato 1	14	6,15	14,5	Bowles (1982) Sabbia Media	147,50

#### Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )
Strato 1	14	6,15	14,5	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	57,25

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	14	6,15	14,5	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma ( $\text{t}/\text{m}^3$ )
Strato 1	14	6,15	14,5	Meyerhof ed altri	1,87

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	14	6,15	14,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	14	6,15	14,5	(A.G.I.)	0,33

**Modulo di deformazione a taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	14	6,15	14,5	Ohsaki (Sabbie pulite)	802,79

**Liquefazione**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	14	6,15	14,5	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0.04-0.10

### **Prove penetrometriche dinamiche**

Con un penetrometro dinamico leggero della "Pagani" DL 030 sono state eseguite n° 3 prove penetrometriche in prossimità del fabbricato e vicino al sondaggio S1. Queste nell'insieme hanno interessato i litotipi in successione fino ad una profondità massima di 9,8 m dal p.c..

La prova penetrometrica dinamica è "puntuale" ma continua, le caratteristiche dei sedimenti attraversati risultano suddivise e calcolate per tratti decimetrici.

Negli istogrammi P1+P3 ottenuti, il numero dei colpi N riportato sulle ascisse è espresso in funzione di H riportato sulle ordinate. Il valore N rappresenta i colpi necessari per ingaggiare nel terreno, per tratti di 10 cm, delle aste di ferro lunghe un metro e del peso di 2.4Kg. Alla loro base è inserita una punta a sezione conica dalle caratteristiche geometriche standardizzate ( $A = 10\text{cm}^2$ ,  $\phi = 60^\circ$ ).

Sull'estremità superiore della batteria di aste poggia una piastra rigida su cui cade ripetutamente, da una altezza standardizzata di 20cm, una massa battente  $M = 30\text{Kg}$ .

Il valore H, riportato sulle ordinate di ciascun istogramma, è la profondità di indagine suddivisa in tratti decimetrici.

L'esame dell'andamento dell'istogramma ottenuto, permette il riconoscimento e quindi la differenziazione dei terreni incoerenti da quelli coerenti. Questo è possibile per la loro diversa modalità di rottura. Dai valori di N, si ottengono le indicazioni necessarie per definire le varie caratteristiche meccanico-fisiche del sottosuolo alla profondità in cui dovrà operare.

In base al valore di N considerato applicando la formula degli Olandesi, è possibile ricavare la resistenza di rottura dinamica ( $R_d$ ) del terreno:

$$R_d = \frac{M^2 \cdot h}{A \cdot \frac{10}{N} (M + P)}$$

Dove:

$M = 30\text{kg}$  (peso del maglio)

$h = 20\text{ cm}$  (altezza di caduta costante di M)

$A = 10\text{ cm}^2$  (sezione della punta conica)

$10/N\text{ cm}$  (con N corrispondente al numero di colpi per ogni approfondimento di 10 cm)

$P = 2.4\text{ kg/ml}$  (peso delle aste).

Moltiplicando il valore di  $R_d$  ottenuto, per un valore correttivo CHI, caratteristico dello strumento e tabulato (cfr fig. di seguito) in funzione della profondità, si otterrà  $R_d^*$ .

Dalla  $q_{am} = R_d^*/20$ , è possibile ottenere (con un coefficiente di sicurezza  $\mu = 3$ ) il carico ammissibile che si può attribuire allo "strato" di terreno preso in considerazione (cfr tavole in allegato).

In presenza di terreni "difficili" le cui caratteristiche geotecniche sono scadenti o peggiorano rapidamente in funzione del contenuto in acqua, l'esperienza porta ad attribuire un coefficiente di sicurezza più elevato usando la:  $q^*_{am} = R_d^*/25$ .

Le elaborazioni dei dati ottenuti sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della GeoStru Software (Allegato 2).

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

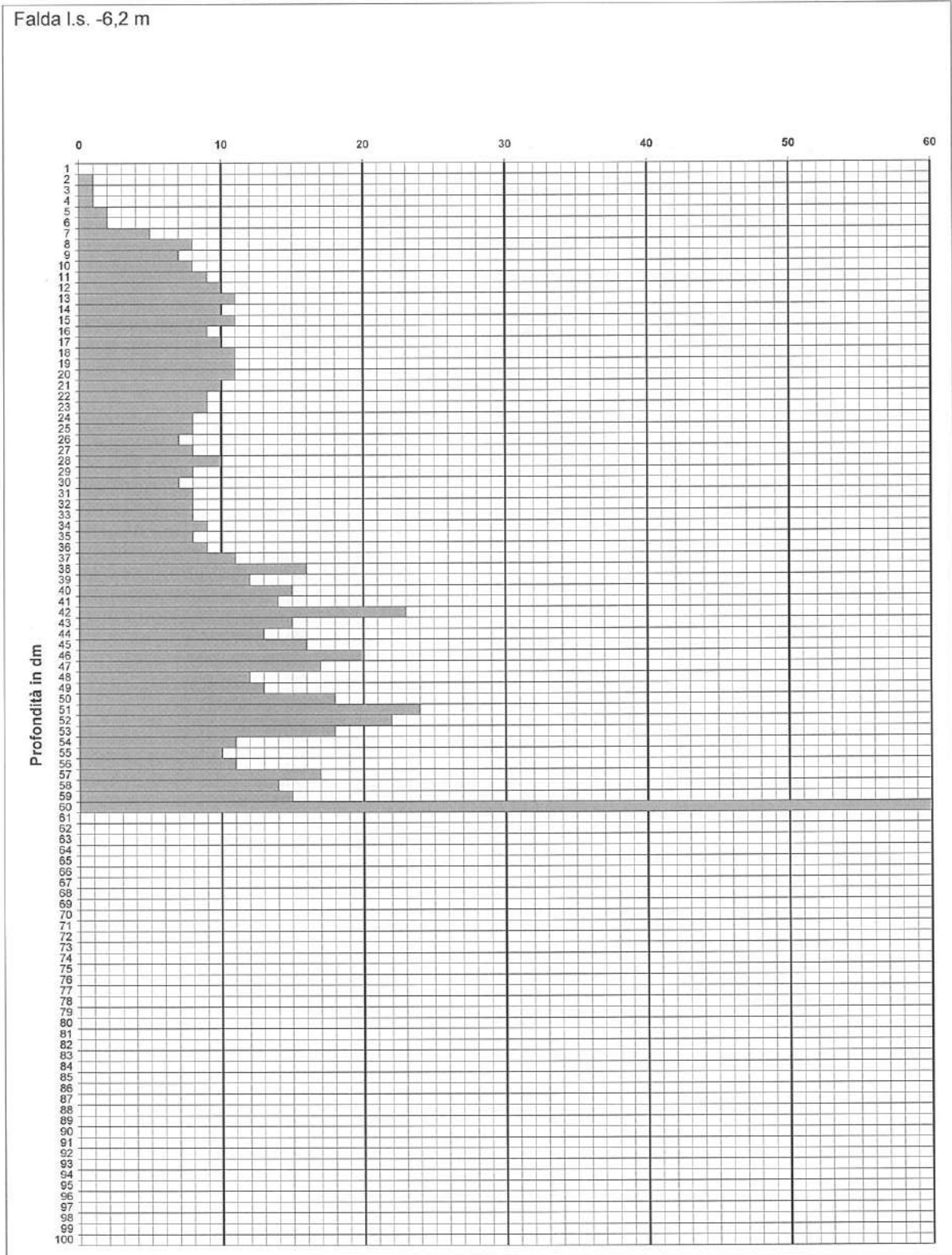


Prova P<sub>1</sub>

Asta n°	Chi	m.l.	N(10)	R*d	q <sub>am</sub>	q* <sub>am</sub>
1	0,653	0,1				
1	0,653	0,2	1	3,63	0,18	0,15
1	0,653	0,3	1	3,63	0,18	0,15
1	0,653	0,4	1	3,63	0,18	0,15
1	0,653	0,5	2	7,26	0,36	0,29
1	0,653	0,6	2	7,26	0,36	0,29
1	0,653	0,7	5	18,14	0,91	0,73
1	0,653	0,8	8	29,02	1,45	1,16
1	0,653	0,9	7	25,39	1,27	1,02
1	0,653	1,0	8	29,02	1,45	1,16
2	0,642	1,1	9	29,89	1,49	1,20
2	0,642	1,2	10	33,21	1,66	1,33
2	0,642	1,3	11	36,53	1,83	1,46
2	0,642	1,4	10	33,21	1,66	1,33
2	0,642	1,5	11	36,53	1,83	1,46
2	0,632	1,6	9	29,42	1,47	1,18
2	0,632	1,7	10	32,69	1,63	1,31
2	0,632	1,8	11	35,96	1,80	1,44
2	0,632	1,9	11	35,96	1,80	1,44
2	0,632	2,0	11	35,96	1,80	1,44
3	0,623	2,1	10	30,15	1,51	1,21
3	0,623	2,2	9	27,13	1,36	1,09
3	0,623	2,3	9	27,13	1,36	1,09
3	0,623	2,4	8	24,12	1,21	0,96
3	0,623	2,5	8	24,12	1,21	0,96
3	0,615	2,6	7	20,83	1,04	0,83
3	0,615	2,7	8	23,81	1,19	0,95
3	0,615	2,8	10	29,76	1,49	1,19
3	0,615	2,9	8	23,81	1,19	0,95
3	0,615	3,0	7	20,83	1,04	0,83
4	0,607	3,1	8	22,07	1,10	0,88
4	0,607	3,2	8	22,07	1,10	0,88
4	0,607	3,3	8	22,07	1,10	0,88
4	0,607	3,4	9	24,83	1,24	0,99
4	0,607	3,5	8	22,07	1,10	0,88
4	0,600	3,6	9	24,55	1,23	0,98
4	0,600	3,7	11	30,00	1,50	1,20
4	0,600	3,8	16	43,64	2,18	1,75
4	0,600	3,9	12	32,73	1,64	1,31
4	0,600	4,0	15	40,91	2,05	1,64
5	0,594	4,1	14	35,64	1,78	1,43
5	0,594	4,2	23	58,55	2,93	2,34
5	0,594	4,3	15	38,19	1,91	1,53
5	0,594	4,4	13	33,09	1,65	1,32
5	0,594	4,5	16	40,73	2,04	1,63
5	0,588	4,6	20	50,40	2,52	2,02
5	0,588	4,7	17	42,84	2,14	1,71
5	0,588	4,8	12	30,24	1,51	1,21
5	0,588	4,9	13	32,76	1,64	1,31
5	0,588	5,0	18	45,36	2,27	1,81
6	0,583	5,1	24	56,72	2,84	2,27
6	0,583	5,2	22	52,00	2,60	2,08
6	0,583	5,3	18	42,54	2,13	1,70
6	0,583	5,4	11	26,00	1,30	1,04
6	0,583	5,5	10	23,64	1,18	0,95
6	0,578	5,6	11	25,78	1,29	1,03
6	0,578	5,7	17	39,84	1,99	1,59
6	0,578	5,8	14	32,81	1,64	1,31
6	0,578	5,9	15	35,15	1,76	1,41
6	0,578	6,0	60	140,59	7,03	5,62

P<sub>1</sub>

Falda l.s. -6,2 m

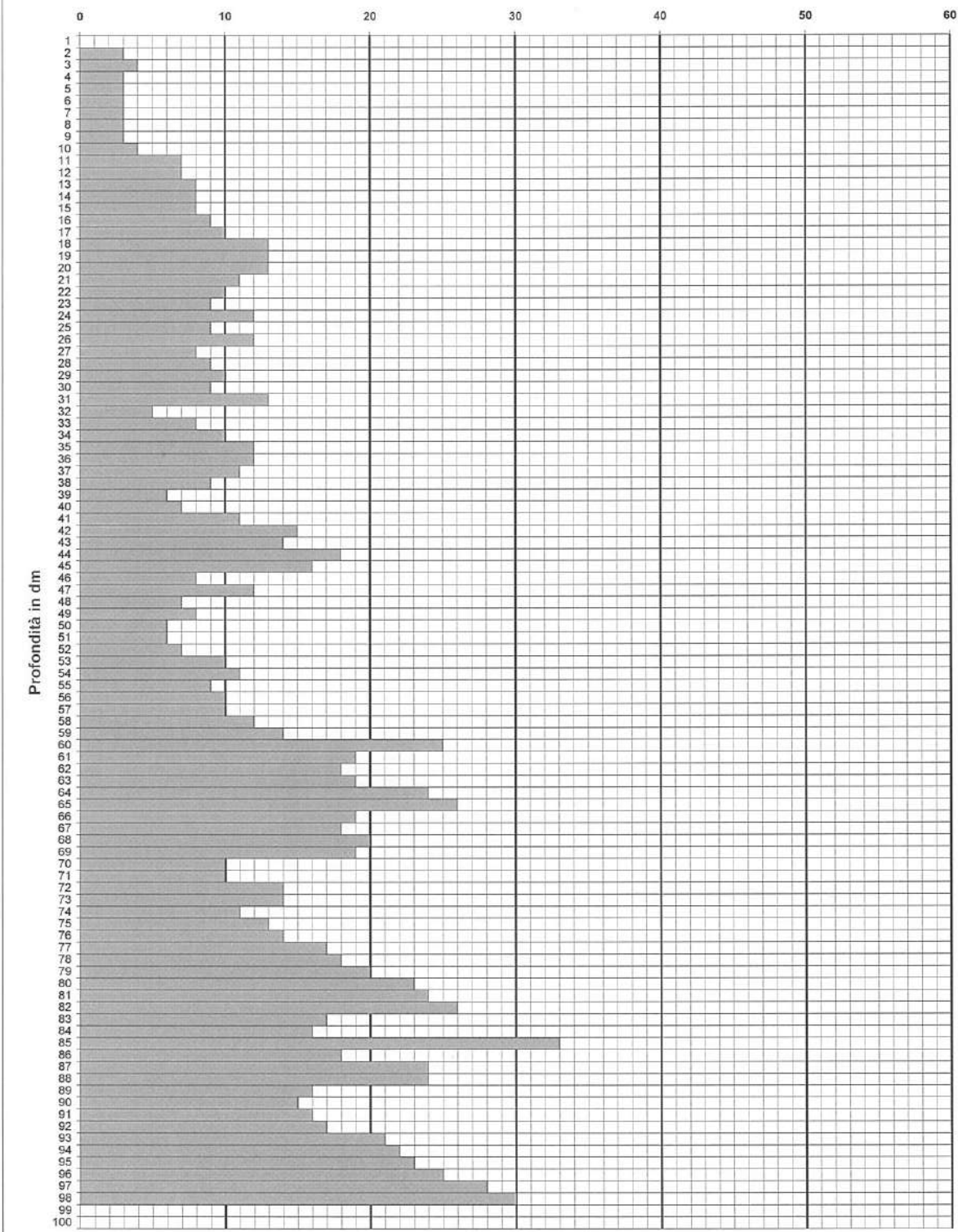


## Prova P<sub>2</sub>

Asta n°	Chi	m.l.	N(10)	R'd	q <sub>am</sub>	q* <sub>am</sub>
1	0,653	0,1				
1	0,653	0,2	3	10,88	0,54	0,44
1	0,653	0,3	4	14,51	0,73	0,58
1	0,653	0,4	3	10,88	0,54	0,44
1	0,653	0,5	3	10,88	0,54	0,44
1	0,653	0,6	3	10,88	0,54	0,44
1	0,653	0,7	3	10,88	0,54	0,44
1	0,653	0,8	3	10,88	0,54	0,44
1	0,653	0,9	3	10,88	0,54	0,44
1	0,653	1,0	4	14,51	0,73	0,58
<hr/>						
2	0,642	1,1	7	23,24	1,16	0,93
2	0,642	1,2	7	23,24	1,16	0,93
2	0,642	1,3	8	26,57	1,33	1,06
2	0,642	1,4	8	26,57	1,33	1,06
2	0,642	1,5	8	26,57	1,33	1,06
2	0,632	1,6	9	29,42	1,47	1,18
2	0,632	1,7	10	32,69	1,63	1,31
2	0,632	1,8	13	42,50	2,12	1,70
2	0,632	1,9	13	42,50	2,12	1,70
2	0,632	2,0	13	42,50	2,12	1,70
<hr/>						
3	0,623	2,1	11	33,16	1,66	1,33
3	0,623	2,2	10	30,15	1,51	1,21
3	0,623	2,3	9	27,13	1,36	1,09
3	0,623	2,4	12	36,17	1,81	1,45
3	0,623	2,5	9	27,13	1,36	1,09
3	0,615	2,6	12	35,71	1,79	1,43
3	0,615	2,7	8	23,81	1,19	0,95
3	0,615	2,8	9	26,78	1,34	1,07
3	0,615	2,9	10	29,76	1,49	1,19
3	0,615	3,0	9	26,78	1,34	1,07
<hr/>						
4	0,607	3,1	13	35,87	1,79	1,43
4	0,607	3,2	5	13,80	0,69	0,55
4	0,607	3,3	8	22,07	1,10	0,88
4	0,607	3,4	10	27,59	1,38	1,10
4	0,607	3,5	12	33,11	1,65	1,32
4	0,600	3,6	12	32,73	1,64	1,31
4	0,600	3,7	11	30,00	1,50	1,20
4	0,600	3,8	9	24,55	1,23	0,98
4	0,600	3,9	6	16,36	0,82	0,65
4	0,600	4,0	7	19,09	0,95	0,76
<hr/>						
5	0,594	4,1	11	28,00	1,40	1,12
5	0,594	4,2	15	38,19	1,91	1,53
5	0,594	4,3	14	35,64	1,76	1,43
5	0,594	4,4	18	45,82	2,29	1,83
5	0,594	4,5	16	40,73	2,04	1,63
5	0,588	4,6	8	20,16	1,01	0,81
5	0,588	4,7	12	30,24	1,51	1,21
5	0,588	4,8	7	17,64	0,88	0,71
5	0,588	4,9	8	20,16	1,01	0,81
5	0,588	5,0	6	15,12	0,76	0,60
<hr/>						
6	0,583	5,1	6	14,18	0,71	0,57
6	0,583	5,2	7	16,54	0,83	0,66
6	0,583	5,3	10	23,64	1,18	0,95
6	0,583	5,4	11	26,00	1,30	1,04
6	0,583	5,5	9	21,27	1,06	0,85
6	0,578	5,6	10	23,43	1,17	0,94
6	0,578	5,7	10	23,43	1,17	0,94
6	0,578	5,8	12	28,12	1,41	1,12
6	0,578	5,9	14	32,81	1,64	1,31
6	0,578	6,0	25	58,58	2,93	2,34
<hr/>						
7	0,573	6,1	19	41,87	2,09	1,67
7	0,573	6,2	18	39,67	1,98	1,59
7	0,573	6,3	19	41,87	2,09	1,67
7	0,573	6,4	24	52,89	2,64	2,12
7	0,573	6,5	26	57,30	2,87	2,29
7	0,569	6,6	19	41,58	2,08	1,66
7	0,569	6,7	18	39,39	1,97	1,58
7	0,569	6,8	20	43,77	2,19	1,75
7	0,569	6,9	19	41,58	2,08	1,66
7	0,569	7,0	10	21,88	1,09	0,88
<hr/>						
8	0,565	7,1	10	20,67	1,03	0,83
8	0,565	7,2	14	28,94	1,45	1,16
8	0,565	7,3	14	28,94	1,45	1,16
8	0,565	7,4	11	22,74	1,14	0,91
8	0,565	7,5	13	26,87	1,34	1,07
8	0,561	7,6	14	28,73	1,44	1,15
8	0,561	7,7	17	34,89	1,74	1,40
8	0,561	7,8	18	36,94	1,85	1,48
8	0,561	7,9	20	41,05	2,05	1,64
8	0,561	8,0	23	47,21	2,36	1,89
<hr/>						
9	0,557	8,1	24	46,63	2,33	1,87
9	0,557	8,2	26	50,52	2,53	2,02
9	0,557	8,3	17	33,03	1,65	1,32
9	0,557	8,4	16	31,09	1,55	1,24
9	0,557	8,5	33	64,12	3,21	2,56
9	0,554	8,6	18	34,79	1,74	1,39
9	0,554	8,7	24	46,38	2,32	1,86
9	0,554	8,8	24	46,38	2,32	1,86
9	0,554	8,9	16	30,92	1,55	1,24
9	0,554	9,0	15	28,99	1,45	1,16
<hr/>						
10	0,551	9,1	16	29,39	1,47	1,18
10	0,551	9,2	17	31,22	1,56	1,25
10	0,551	9,3	21	38,57	1,93	1,54
10	0,551	9,4	22	40,41	2,02	1,62
10	0,551	9,5	23	42,24	2,11	1,69
10	0,548	9,6	25	45,67	2,28	1,83
10	0,548	9,7	28	51,15	2,56	2,05
10	0,548	9,8	30	54,80	2,74	2,19

P<sub>2</sub>

Falda l.s. -6,2 m



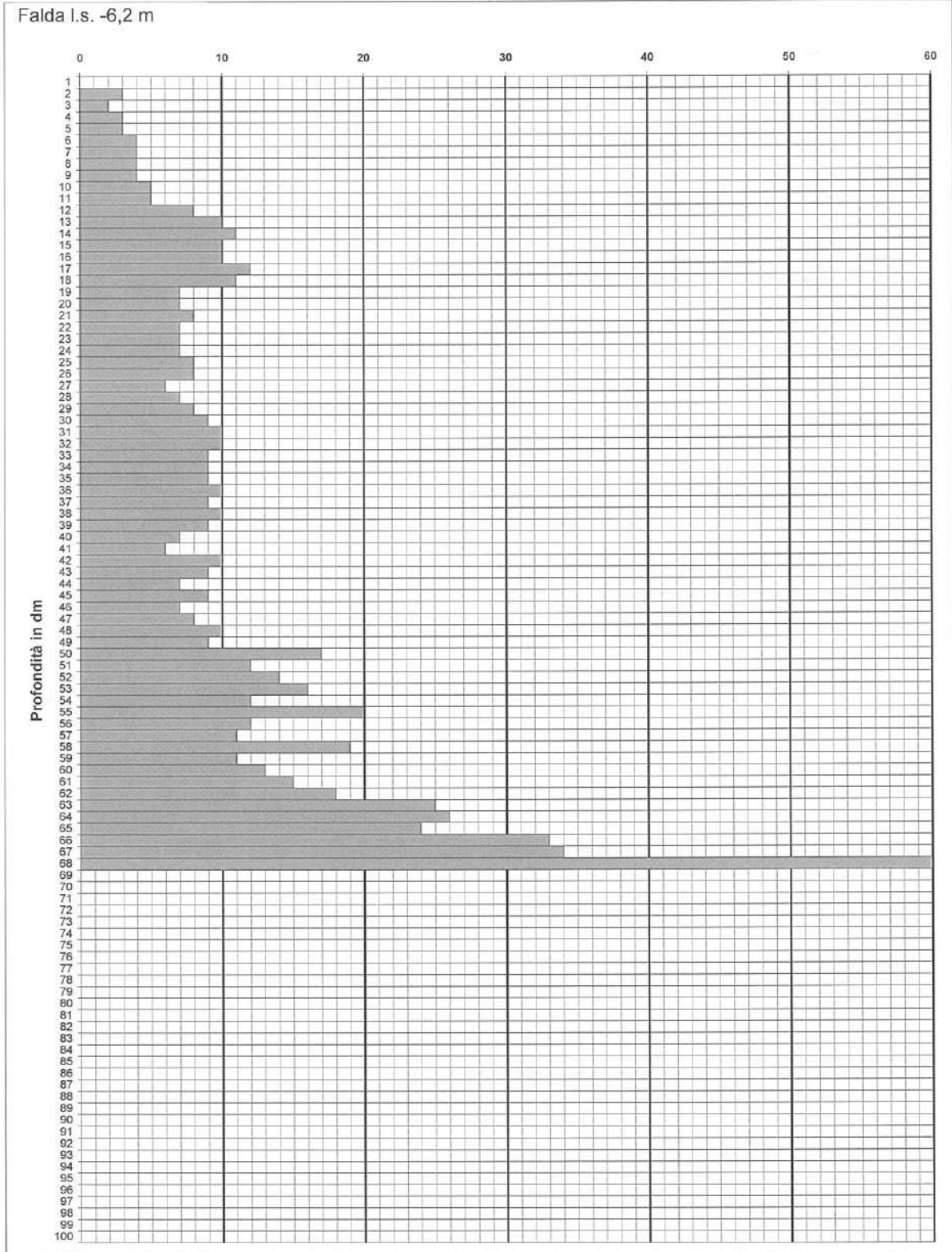
### Prova P<sub>3</sub>

Asta n°	Chi	m.l.	N(10)	R*d	q <sub>am</sub>	q* <sub>am</sub>
1	0,653	0,1				
1	0,653	0,2	3	10,88	0,54	0,44
1	0,653	0,3	2	7,26	0,36	0,29
1	0,653	0,4	3	10,88	0,54	0,44
1	0,653	0,5	3	10,88	0,54	0,44
1	0,653	0,6	4	14,51	0,73	0,58
1	0,653	0,7	4	14,51	0,73	0,58
1	0,653	0,8	4	14,51	0,73	0,58
1	0,653	0,9	4	14,51	0,73	0,58
1	0,653	1,0	5	18,14	0,91	0,73
2	0,642	1,1	5	16,60	0,83	0,66
2	0,642	1,2	8	26,57	1,33	1,06
2	0,642	1,3	10	33,21	1,66	1,33
2	0,642	1,4	11	36,53	1,83	1,46
2	0,642	1,5	10	33,21	1,66	1,33
2	0,632	1,6	10	32,89	1,63	1,31
2	0,632	1,7	12	39,23	1,96	1,57
2	0,632	1,8	11	35,96	1,80	1,44
2	0,632	1,9	7	22,88	1,14	0,92
2	0,632	2,0	7	22,88	1,14	0,92
3	0,623	2,1	8	24,12	1,21	0,96
3	0,623	2,2	7	21,10	1,06	0,84
3	0,623	2,3	7	21,10	1,06	0,84
3	0,623	2,4	7	21,10	1,06	0,84
3	0,623	2,5	8	24,12	1,21	0,96
3	0,615	2,6	8	23,81	1,19	0,95
3	0,615	2,7	6	17,85	0,89	0,71
3	0,615	2,8	7	20,83	1,04	0,83
3	0,615	2,9	8	23,81	1,19	0,95
3	0,615	3,0	9	26,78	1,34	1,07
4	0,607	3,1	10	27,59	1,38	1,10
4	0,607	3,2	10	27,59	1,38	1,10
4	0,607	3,3	9	24,83	1,24	0,99
4	0,607	3,4	9	24,83	1,24	0,99
4	0,607	3,5	9	24,83	1,24	0,99
4	0,600	3,6	10	27,27	1,36	1,09
4	0,600	3,7	9	24,55	1,23	0,98
4	0,600	3,8	10	27,27	1,36	1,09
4	0,600	3,9	9	24,55	1,23	0,98
4	0,600	4,0	7	19,09	0,95	0,76
5	0,594	4,1	6	15,27	0,78	0,61
5	0,594	4,2	10	25,46	1,27	1,02
5	0,594	4,3	9	22,91	1,15	0,92
5	0,594	4,4	7	17,82	0,89	0,71
5	0,594	4,5	9	22,91	1,15	0,92
5	0,588	4,6	7	17,64	0,88	0,71
5	0,588	4,7	8	20,16	1,01	0,81
5	0,588	4,8	10	25,20	1,28	1,01
5	0,588	4,9	9	22,88	1,13	0,91
5	0,588	5,0	17	42,84	2,14	1,71
6	0,583	5,1	12	28,36	1,42	1,13
6	0,583	5,2	14	33,09	1,65	1,32
6	0,583	5,3	16	37,82	1,89	1,51
6	0,583	5,4	12	28,36	1,42	1,13
6	0,583	5,5	20	47,27	2,36	1,89
6	0,578	5,6	12	28,12	1,41	1,12
6	0,578	5,7	11	25,78	1,29	1,03
6	0,578	5,8	19	44,52	2,23	1,78
6	0,578	5,9	11	25,78	1,29	1,03
6	0,578	6,0	13	30,46	1,52	1,22
7	0,573	6,1	16	33,06	1,65	1,32
7	0,573	6,2	18	39,67	1,98	1,59
7	0,573	6,3	25	55,10	2,75	2,20
7	0,573	6,4	26	57,30	2,87	2,29
7	0,573	6,5	24	52,89	2,64	2,12
7	0,569	6,6	33	72,22	3,61	2,89
7	0,569	6,7	34	74,41	3,72	2,98
7	0,569	6,8	60	131,31	6,57	5,25



P<sub>3</sub>

Falda l.s. -6,2 m



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3**

**TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale	2,27	1,00	Terzaghi-Peck (1948)	0,15
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	Terzaghi-Peck (1948)	0,25
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	Terzaghi-Peck (1948)	0,25
[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	Terzaghi-Peck (1948)	0,50

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale	2,27	1,00	Robertson (1983)	4,54
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	Robertson (1983)	15,18
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	Robertson (1983)	15,18
[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	Robertson (1983)	16,10

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale	2,27	1,00	Stroud e Butler (1975)	10,42
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	Stroud e Butler (1975)	34,82
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	Stroud e Butler (1975)	34,82
[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	Stroud e Butler (1975)	36,93

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale	2,27	1,00	Schultze	5,71
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	Schultze	66,89
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	Schultze	66,89
[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	Schultze	72,18

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Terreno vegetale	2,27	1,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	2,27	1,00	Meyerhof ed altri	1,58
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	Meyerhof ed altri	1,88
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	Meyerhof ed altri	1,88

[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	Meyerhof ed altri	1,90
-----------------------------	------	------	-------------------	------

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] - Terreno vegetale	2,27	1,00	Meyerhof ed altri	1,85
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	Meyerhof ed altri	1,90
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	Meyerhof ed altri	1,90
[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	Meyerhof ed altri	1,91

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno vegetale	2,27	1,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	68,96
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	107
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	120,85
[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	132,83

**TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	7,59	Gibbs & Holtz 1957	29,51
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	7,59	Gibbs & Holtz 1957	25,15
[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	8,05	Gibbs & Holtz 1957	22,21
[5] - Sabbia Limosa	15,13	9,80	15,13	Gibbs & Holtz 1957	29,89

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	7,59	Meyerhof (1956)	22,17
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	7,59	Meyerhof (1956)	22,17
[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	8,05	Meyerhof (1956)	22,3
[5] - Sabbia Limosa	15,13	9,80	15,13	Meyerhof (1956)	24,32

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	7,59	Schmertmann (1978) (Sabbie)	60,72
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	7,59	Schmertmann (1978) (Sabbie)	60,72

[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	8,05	Schmertmann (1978) (Sabbie)	64,40
[5] - Sabbia Limosa	15,13	9,80	15,13	Schmertmann (1978) (Sabbie)	121,04

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	7,59	Farrent 1963	53,89
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	7,59	Farrent 1963	53,89
[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	8,05	Farrent 1963	57,16
[5] - Sabbia Limosa	15,13	9,80	15,13	Farrent 1963	107,42

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	7,59	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	7,59	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	8,05	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[5] - Sabbia Limosa	15,13	9,80	15,13	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	7,59	Meyerhof ed altri	1,64
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	7,59	Meyerhof ed altri	1,64
[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	8,05	Meyerhof ed altri	1,66
[5] - Sabbia Limosa	15,13	9,80	15,13	Meyerhof ed altri	1,88

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	7,59	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	7,59	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	8,05	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91
[5] - Sabbia Limosa	15,13	9,80	15,13	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95

#### Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	7,59	(A.G.I.)	0,34
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	7,59	(A.G.I.)	0,34

[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	8,05	(A.G.I.)	0,34
[5] - Sabbia Limosa	15,13	9,80	15,13	(A.G.I.)	0,32

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	7,59	Ohsaki (Sabbie pulite)	436,86
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	7,59	Ohsaki (Sabbie pulite)	436,86
[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	8,05	Ohsaki (Sabbie pulite)	461,70
[5] - Sabbia Limosa	15,13	9,80	15,13	Ohsaki (Sabbie pulite)	835,53

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	7,59	Ohta & Goto (1978) Limi	107
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	7,59	Ohta & Goto (1978) Limi	120,85
[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	8,05	Ohta & Goto (1978) Limi	132,83
[5] - Sabbia Limosa	15,13	9,80	15,13	Ohta & Goto (1978) Limi	162,51

#### Liquefazione

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs liquefazione
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	7,59	Seed e Idriss (1971)	---
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	7,59	Seed e Idriss (1971)	---
[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	8,05	Seed e Idriss (1971)	---
[5] - Sabbia Limosa	15,13	9,80	15,13	Seed e Idriss (1971)	4,811

#### Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	7,59	Navfac 1971-1982	1,58
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	7,59	Navfac 1971-1982	1,58
[4] - Sabbia limo-argillosa	8,05	5,70	8,05	Navfac 1971-1982	1,68
[5] - Sabbia Limosa	15,13	9,80	15,13	Navfac 1971-1982	3,15

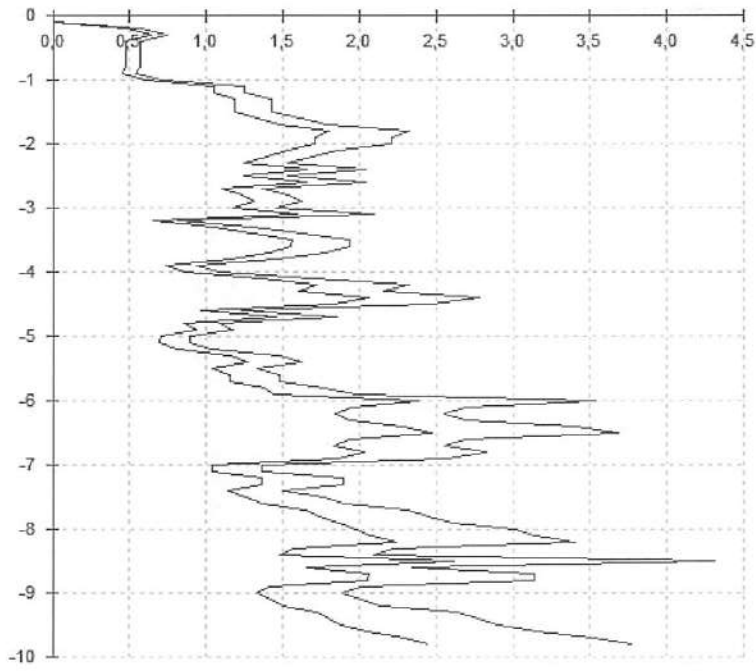
#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Limo sabbioso	7,59	2,30	7,59	Robertson 1983	15,18
[3] - Limo sabbioso-argilloso	7,59	3,90	7,59	Robertson 1983	15,18
[4] - Sabbia limo-	8,05	5,70	8,05	Robertson 1983	16,10

argillosa					
[5] - Sabbia Limosa	15,13	9,80	15,13	Robertson 1983	30,26



### Pressioni sullo strato

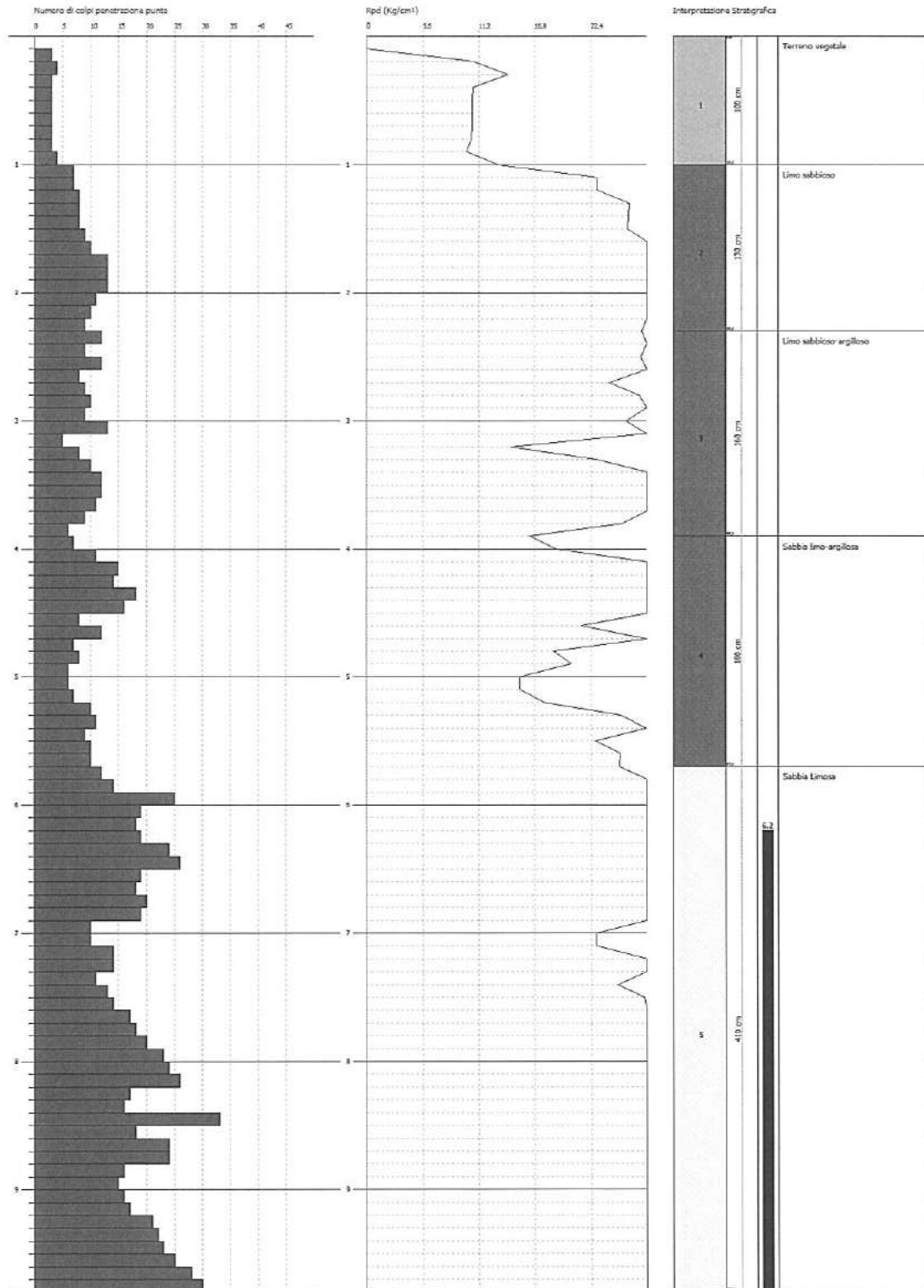


- Pressione ammissibile sullo strato con riduzione ( $\text{Kg/cm}^2$ )
- Pressione ammissibile sullo strato ( $\text{Kg/cm}^2$ )

Comitente:  
 Cantone:  
 Località:

Data: 02/04/2014

Scala 1:41



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

In base a quanto sopra detto e alle prove eseguite, la stratigrafia e le caratteristiche meccaniche dei terreni che saranno interessati dalle opere fondali da realizzare possono essere schematizzate come segue:

Strato 1 : da 0.00 a 1,00÷1.20 m dal p.c. circa

Litotipo : terreno vegetale

Strato 2 : da 1,00+1.20 a 2.30 m dal p.c. circa

Litotipo : Limi sabbiosi nocciola-verdini

$$\gamma = 1.8 \text{ g/cm}^3$$

$$\varphi = 22^\circ$$

$$E = 60 \div 62 \text{ Kg/cm}^2$$

Strato 3 : da 2.30 a 5.00 m dal p.c. circa

Litotipo : Limo argilloso nocciola verdastro(umido)

$$\gamma = 1.8 \text{ g/cm}^3$$

$$C_u = 0.15 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varphi = 21^\circ$$

$$E = 66 \div 68 \text{ Kg/cm}^2$$

Strato 4 : da 5.00 a 11.00 m dal p.c. circa

Litotipo :Sabbie Limose di colore giallastro con incluse concrezioni calcarenitiche e livelli calcarenitici

$$\gamma = 1.9 \text{ g/cm}^3$$

$$\varphi = 30^\circ$$

$$E = 120 \div 140 \text{ Kg/cm}^2$$

Strato 4 : da 11.00 a 15.00 m dal p.c. circa

Litotipo :Limi argilloso-sabbiosi di colore grigiastro

$$\gamma = 1.9 \text{ g/cm}^3$$

$$\varphi = 25^\circ$$

$$E = 120 \div 125 \text{ Kg/cm}^2$$

#### 4 · COMPATIBILITA' GEMORFOLOGICA E IDRAULICA

##### 4.1 Compatibilità geomorfologica

Dal punto di vista della compatibilità morfologica è possibile affermare come i gradienti morfologici nell'area, siano limitati con differenze di quota minime. Dall'andamento delle stesse isoipse si può confermare come l'area non sia ubicata in un impluvio naturale, mentre l'esiguo gradiente altimetrico imprime nella circolazione d'acqua superficiale un andamento disomogeneo. In ragione di ciò non sono presenti fenomeni che possano portare ad alcuna instabilità vista l'assenza di pendenze significative né tanto meno di gradini morfologici. Tale situazione è confermata anche dalla Cartografia regionale dell'AdB riporta in Tav 6 e aggiornata in base alle ultime perimetrazioni approvate con le Delibere del Comitato Istituzionale e PUTT Puglia, si può affermare che l'area in esame non è interessata da perimetrazioni per quanto concerne la pericolosità geomorfologica.

Tav 6 – Stralcio Carta Pericolosità Geomorfologica



#### **4.1 Compatibilità idraulica**

Dal punto di vista della compatibilità idraulica, come già accennato nel Par 2, l'area oggetto di studio non presenta particolari problematiche mentre quella posta immediatamente a sud-est di quella d'interesse e precisamente a ridosso della S.P. San Pietro in Lama – Copertino, è interessata da accumuli di acque di precipitazione in occasione di eventi particolarmente eccezionali a causa principalmente della presenza di aree più depresse e quindi dell'infittimento delle direttrici di scorrimento e soprattutto di un'infrastruttura stradale che ne impedisce il normale deflusso.

Tale situazione trova riscontro anche nelle perimetrazioni effettuate dall'Autorità di Bacino che evidenzia la presenza di aree a diversa pericolosità idraulica della porzione meridionale del centro abitato come riportato nella Tav 7.

La perimetrazione effettuata dall'Autorità di Bacino individua le aree in cui la sezione idraulica non è sufficiente a smaltire la portata attesa, e quindi all'individuazione delle aree allagabili con diversi tempi di ritorno. Il tracciamento delle aree inondabili avviene sulla base della piena stimati con la modellazione idrologica e idraulica per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni. Le aree inondabili sono tracciate e contraddistinte secondo le seguenti indicazioni:

- **AP (Area ad alta probabilità di esondazione)** Fascia colorata di blu che rappresenta il limite di esondazione della portata con tempo di ritorno 30 anni.
- **MP (Area a moderata probabilità di esondazione)** Fascia colorata di azzurro che riporta l'inviluppo dei fenomeni di inondazione per la portata duecentennale
- **BP (Area a bassa probabilità di esondazione)** Fascia colorata di celeste che rappresenta il limite raggiungibile in caso di portata di piena con tempo di ritorno 500 anni .

Per il tracciamento delle suddette perimetrazioni si è fatto ricorso sia a calcoli idraulici che all'esame di documenti storici si di tipo tecnico (relazioni studi ) che descrittivo (estratti di articoli di giornali, etc).

Si precisa che in tale area sono stati recentemente completati i lavori di adeguamento della rete cittadina della fogna bianca e di realizzazione di un nuovo recapito finale delle acque meteoriche costituito da una vasca assorbente, ubicata poco più S del centro abitato. Tali opere avranno certamente un'azione mitigatrice rispetto ai possibili fenomeni di allagamento delle aree interessate dal rischio idraulico. Pertanto, in considerazione di quanto anzidetto e che gli studi idrologici eseguiti dall'Autorità di Bacino sono certamente antecedenti a tali opere sarà necessario riperimetrare le aree interessate dal rischio idraulico in quanto risulteranno ridotte rispetto all'attuale perimetrazione.

Dalla sovrapposizione cartografica delle aree interessate dal rischio idraulico a quelle oggetto di lottizzazione (tav 8) si evidenzia come solo una modestissima porzione di superficie, che sarà occupata da immobili, è interessata dalla perimetrazione PAI come area a Bassa Pericolosità ;

mentre una modesta porzione destinata a verde pubblico è indicata come area a Media Pericolosità.

Allo stato attuale, in considerazione degli interventi previsti in progetto e dallo studio geomorfologico dell'area, si ritiene che gli interventi previsti nel lotto di studio non incrementino la pericolosità idraulica dei terreni posti a S-E e cartografata dall'Autorità di Bacino in quanto il carico idrico pluviometrico insistente sul lotto di riferimento, che prima confluiva nella zona a pericolosità idraulica, sarà opportunamente regimato e convogliato nel sistema fognario previsto in progetto; il recapito di tutte le acque pluviali sarà il nuovo collettore messo in opera lungo la via Pietro Nenni. Pertanto si ritiene che la mancanza dell'apporto idrico pluviometrico proveniente dalle aree interessate dal piano di lottizzazione possa ridimensionare notevolmente le aree a diversa pericolosità poste più a valle di quella di studio anche in considerazione che i recenti interventi di adeguamento del recapito finale hanno certamente mitigato in modo sostanziale le aree a possibile inondazione.

Per quanto concerne i settori a monte dell'area d'interesse, dallo studio dell'andamento delle direttrici di deflusso si ritiene che lo scorrimento delle acque superficiali non interessi le opere oggetto di studio in quanto queste ultime, trovandosi a valle delle direttrici di deflusso principali e aventi direzione NE-SW, sono intercettate dalla rete di fognatura bianca già esistente (tav 9).



Tav 7 – Stralcio Carta Pericolosità idraulica e rischio



**Pericolosità e Rischio**

**Peric. Idraulica**

■ bassa (BP)

■ media (MP)

■ alta (AP)

**Rischio**

■ R1

■ R2

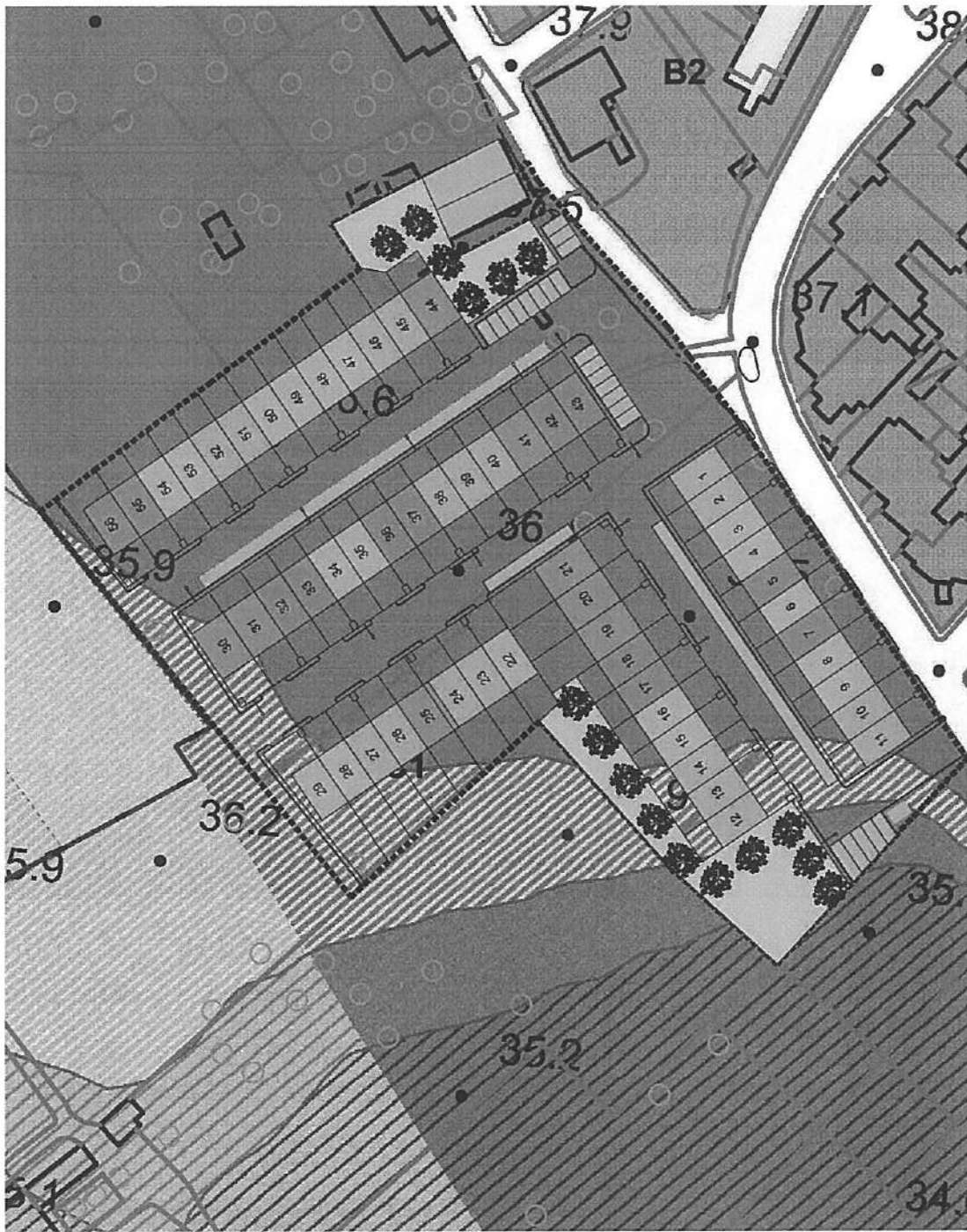
■ R3

■ R4

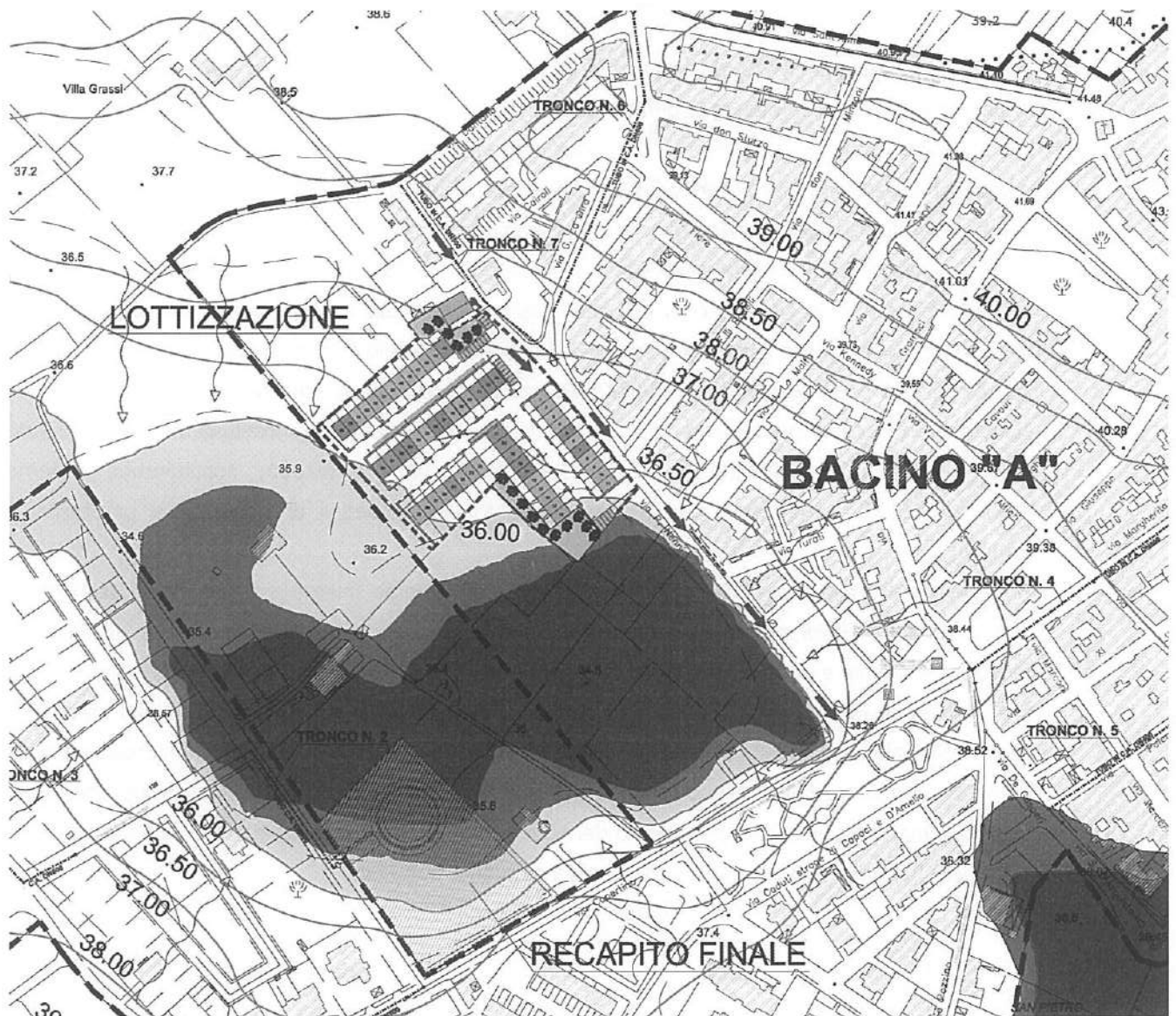
Area di lottizzazione



Tav 8 Inserimento del Piano di lottizzazione nel PUG



Tav 9 – Stralcio aerofotogrammetrico con sovrapposizione area d'intervento a aree a pericolosità idraulica



Area di lottizzazione



Diretrici di deflusso



Collettore Fognario



AP (Area ad alta probabilità di esondazione)



MP (Area a moderata probabilità di esondazione)



BP (Area a bassa probabilità di esondazione)

## 5 · SISMICITA' E RISPOSTA SISMICA LOCALE

I criteri normativi raccomandati dalla Comunità Europea attraverso l'Eurocodice 8 propongono di garantire un definito livello di protezione rispetto a scuotimenti sismici che hanno un'elevata probabilità (90%) di non essere superati nell'arco di 50 anni.

Considerando che l'azzeramento del rischio non è praticamente realizzabile, tale criterio comunitario assicura di contenere in un limite assai basso (10%) il rischio che eventi sismici possano produrre sollecitazioni superiori a quelle che le opere ingegneristiche possono sopportare.

La Fig. 1 riporta uno stralcio della Carta della pericolosità sismica riferito al territorio salentino: l'area interessata dall'intervento di progetto risulta classificata come zona a bassa pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima del suolo (riferita a suoli rigidi di Cat. A così come definiti al p.to 3.2.1 del D.M. 14/09/2005) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

Nell'attuale impostazione del testo unico per le costruzioni, la normativa costituita dal testo integrato delle OPCM 3274 (20/3/2003); 3316 (2/10/2003); 3431 (3/5/2005) costituirebbe insieme all'eurocodice 8 il riferimento per il conseguimento degli obiettivi di sicurezza e prestazionali prefissi.

A seguito dell'*ordinanza PCM n. 3274 del 20.03.2003* (come integrata e modificata dall'OPCM 3316), recante "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" il territorio nazionale è stato suddiviso in n° 4 zone sismiche, ciascuna caratterizzata da un diverso valore del parametro *ag* (accelerazione orizzontale massima attesa su suolo di categoria A). I valori convenzionali di *ag* (espressi come frazione dell'accelerazione di gravità *g*) attribuiti a ciascuna zona sismica, sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (corrispondenti ad un periodo di ritorno di 475 anni) ed assumono i valori riportati nella seguente *Tabella*:

*Zone sismiche e valori di ag*

<b>Zona</b>	<b>Valore di ag</b>
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

A seguito di tale ordinanza, la Regione Puglia ha emanato la *Deliberazione di Giunta Regionale 2 marzo 2004, n. 153* con la quale ha provveduto alla prima, benché temporanea, riclassificazione sismica del territorio regionale. L'Allegato 1 di tale deliberazione classifica tutti i comuni pugliesi in 4 zone sismiche. Il territorio comunale di Lecce, al pari di quello degli altri comuni della provincia di Lecce, rientra in *zona sismica 4* corrispondente al "Non Classificato" sia della precedente classificazione (Decreti sino al 1984) che della proposta di riclassificazione elaborata dal Gruppo di



Lavoro appositamente costituito dalla Commissione Nazionale Grandi Rischi con risoluzione del 23.04.1997.

Sebbene la Zona Sismica 4 sia quella caratterizzata dal più basso rischio sismico, la normativa, recepita anche a livello regionale, prevede per la progettazione di alcune categorie di edifici individuati quali strategici e rilevanti ai fini della protezione civile e dell'eventuale collasso degli stessi (si veda quanto riportato nell'All. 2 della Delib. G.R n. 153 del 2 marzo 2004), di adottare le stesse norme tecniche previste per la Zona Sismica 3.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica. Il primo passo consiste nella determinazione di **ag (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido)**.

Per tale determinazione in base alle coordinate geografiche dell'opera da verificare si determina la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

La suddivisione in differenti categorie di profilo stratigrafico prevede i seguenti litotipi:

- A – Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
- B – Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT >50, o coesione non drenata  $C_u > 250 \text{ KPa}$ ).
- C – Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < \text{NSPT} < 50$ ;  $70 < C_u < 250 \text{ KPa}$ ).
- D – Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di Vs30 < 180 m/s ( $\text{NSPT} < 15$ ;  $C_u < 70 \text{ KPa}$ ).
- E – Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di Vs30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con Vs30 > 800 m/s.

## *Indagine sismica in situ*

Il criterio di classificazione specie in presenza di materiale sciolti è basato sul calcolo del valore medio della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio ( $V_{s30}$ ) nei terreni situati al di sotto del piano fondale e per una profondità di 30,0 metri.

Tale classificazione in altri casi è possibile anche attraverso la correlazione dei parametri geotecnici: NSPT e Cu. La loro definizione comporta però l'esecuzione di un foro di sondaggio sino a 30,0m dal p.f. e di opportune prove in situ o di laboratorio su campioni appositamente prelevati.

Per la valutazione delle  $V_{s30}$  si è utilizzata una tecnica di indagine passiva che utilizza la misura del rumore sismico ambientale (microtremori) presente sulla superficie terrestre; tale rumore è generato oltre che dall'attività dinamica terrestre, dai fenomeni atmosferici e dall'attività antropica.

L'indagine sismica passiva sfrutta lo studio dei microtremori poiché si basa su oscillazioni più piccole rispetto a quelle che possono essere indotte da un terremoto.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non viene generato artificialmente come nel caso della sismica attiva.

Al rumore di fondo che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20Hz a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume p o s; in essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde s, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime.

Tra i metodi maggiormente consolidati per estrarre informazioni del sottosuolo risulta essere quello dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (HVSr o HV Horizontal to Vertical Spectral Ratio) applicato da Nogoshi e Igarashi (1970).

Nakamura (1989) utilizzò tale tecnica per determinare l'amplificazione sismica locale. La tecnica HVSr (o di Nakamura) è una tecnica sperimentale che consente di valutare alcune caratteristiche di depositi sedimentari (suoli). Il metodo ha comunque dimostrato di essere idoneo per valutare il periodo fondamentale di depositi sedimentari (in modo particolare quando l'impedenza di questi è in grande contrasto con l'impedenza del bedrock). La principale applicazione della tecnica del rapporto spettrale H/V è quindi quella di consentire in modo semplice e veloce l'identificazione della frequenza fondamentale  $f_0$  di diverse zone.

La tecnica HVSr consente quindi di valutare la frequenza fondamentale di risonanza di uno strato soffici a partire dalle sole registrazioni del rumore in superficie. Se si considera la struttura geologica tipica di un deposito sedimentario (fig. 1), si vede come il tremore registrato in superficie si possa considerare come composto da onde superficiali e da onde di volume.



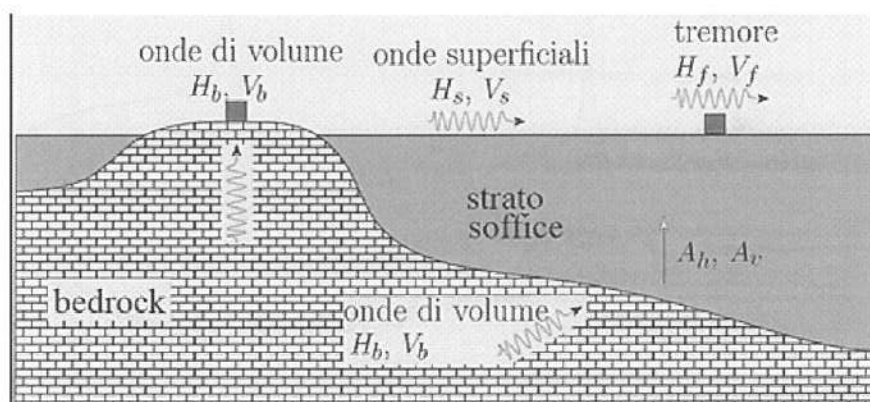


Fig. 1 Struttura geologica tipica di un deposito sedimentario.

Tali onde verranno modificate dall'azione filtrante dello strato sofficie. Si possono definire due spettri relativi alle misure del moto superficiale orizzontale ( $H_f$ ) e verticale ( $V_f$ ).  $H_b$  e  $V_b$  sono gli spettri orizzontale e verticale del moto nel *bedrock* e  $H_s$  e  $V_s$  sono gli spettri del moto orizzontale e verticale delle onde di superficie.

Nakamura ha quindi definito il rapporto QTS come:

$$QTS = \frac{H_f}{V_f} = \frac{A_h * H_b + H_s}{A_v * V_b + V_s} = \frac{H_b}{V_b} \cdot \frac{\left[ A_h + \frac{H_s}{H_b} \right]}{\left[ A_v + \frac{V_s}{V_b} \right]}$$

Per basse frequenze ( $f < (2-3)f_0$ ) non c'è amplificazione significativa del moto verticale; inoltre, gli spettri  $H_b$  e  $V_b$  nel *bedrock* non hanno ancora ricevuto alcuna rilevante amplificazione. Con l'ulteriore ipotesi di predominanza delle onde provenienti dal *bedrock* su quelle superficiali si può dimostrare che il QTS è una approssimazione per difetto del fattore di amplificazione orizzontale  $A_h$  cercato (fig. 2).

La tecnica dei rapporti spettrali HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è non invasiva, rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessuna perforazione, né di stendimenti di cavi.

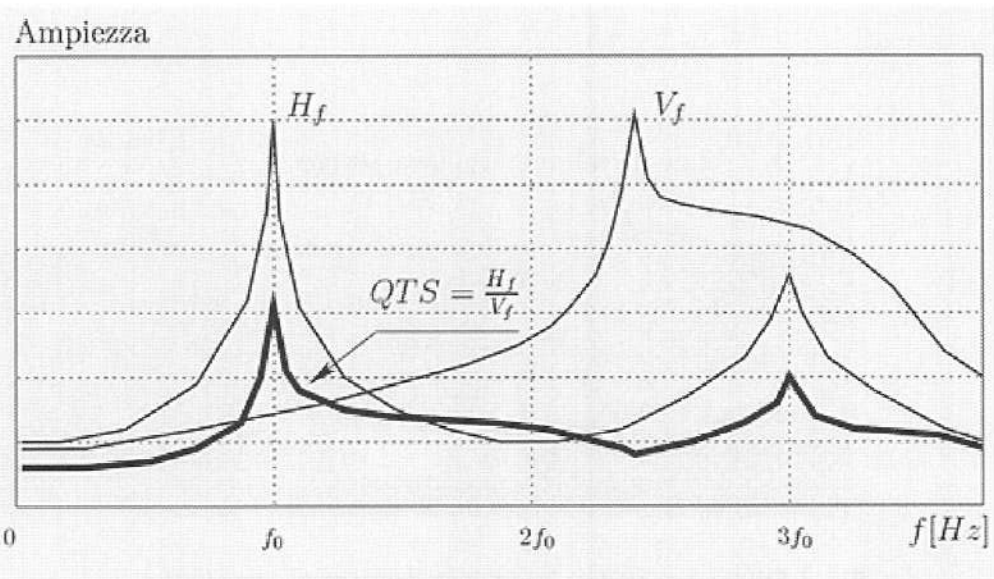
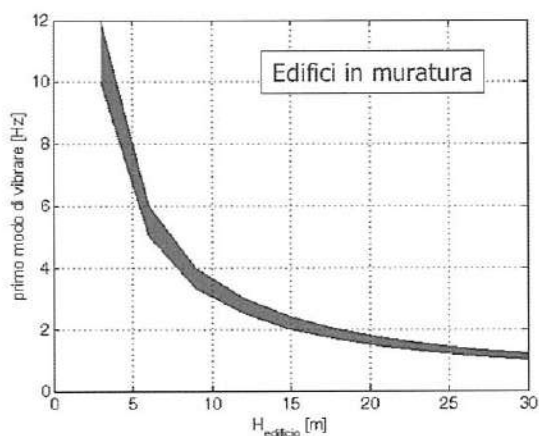
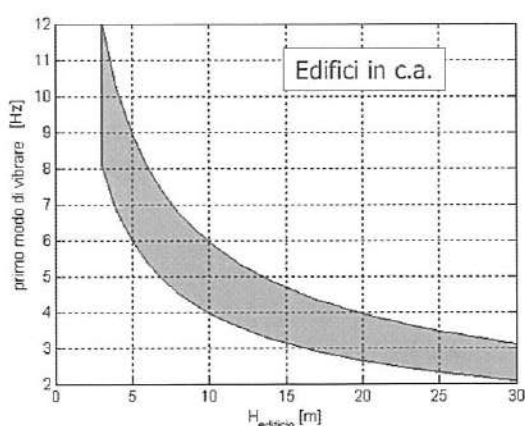


Fig.2-Confronto schematico tra gli spettri orizzontale( $H_f$ ), verticale( $V_f$ ) ed il rapporto  $QTS = H_f/V_f$

Per la caratterizzazione sismica di un sito, la tecnica sismica passiva a stazione singola è verosimilmente quella che ha più aspetti positivi perché misura (non calcola) quello che interessa (le frequenze di risonanza), senza limiti di profondità nell'intervallo di interesse ingegneristico. Il parametro nel caso specifico viene *misurato* e non *derivato* da altre relazioni più o meno complicate con errori che si propagano ad ogni passaggio.

I risultati che si possono ottenere sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosa per la stabilità degli stessi.
- la velocità media delle onde di taglio  $V_s$  calcolata tramite un apposito codice di calcolo.



E' necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia e riconoscibile nella curva H/V. E' inoltre possibile calcolare la **Vs30** e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle NTC2008.

Le misurazioni del rumore ambientale sono state effettuate con un **Vibralog** della M.A.E., un sismografo triassiale con geofoni da 4,5Hz dotato di 3 sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente. I segnali così acquisiti (sismogrammi) sono stati successivamente elaborati con un software basato su linee guida del progetto di ricerca SESAME (European Research Project- 2004) impostando i seguenti parametri:

- larghezza della finestra di analisi;
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;
- rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti;

Nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock) la profondità  $h$  della discontinuità sismica può essere ricavata dalla formula semplice della risonanza:

$$H = \{V_o(1-X)/4fr + 1\} 1/1-X - 1$$

Dove **Vo** è la velocità al tetto dello strato, **X** un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione, ecc.) e **fr** la frequenza fondamentale di risonanza.

Mediante l'elaborazione dei dati è stato possibile ottenere la curva H/V e partendo da questa calcolare la Vs30 nei primi 30m del substrato.

La stima del valore Vs30 a partire da misure H/V a stazione singola, è possibile se da misure dirette è nota la profondità  $H$  del bedrock o bedrock-like. E' immediato calcolare il valore di Vs30 attraverso misure di  $f_r$ .

Se  $H \leq 30m$ , allora:

$$Vs_{30} = \frac{30}{t_H + t_{30-H}} = \frac{30}{\frac{1}{4f_r} + \frac{(30-H)}{V_B}}$$

Dove,  $V_B$  è la velocità delle onde S nel bedrock o bedrock-like.

Nell'effettuare i sondaggi sismici nell'area interessata dal progetto, le fasi operative si sono così succedute:

-Predisposizione del sismografo e del contenitore dei geofoni sul piano campagna ed avvio della prova predisponendo la frequenza di campionamento (250Hz) e la durata (15 min.) della prova.

- I dati rilevati dal sismografo sono stati registrati in una scheda SD per la loro successiva elaborazione.

Lo studio ed interpretazione dei vari dati prevede l'analisi spettrale con l'individuazione della curva HVSR e quindi della frequenza di picco  $f_0$ . Con i dati ottenuti è stato quindi possibile realizzare la modellazione del profilo delle Vs30.

Nelle pagine seguenti sono riportati i risultati dell'elaborazione.

Dalle registrazioni del rumore sismico, sono stati ricavati ed analizzati vari dati tra cui le curve (*sismogrammi*) dello spettro di velocità delle tre componenti del moto: verticale; Nord-Sud ed Est-Ovest.

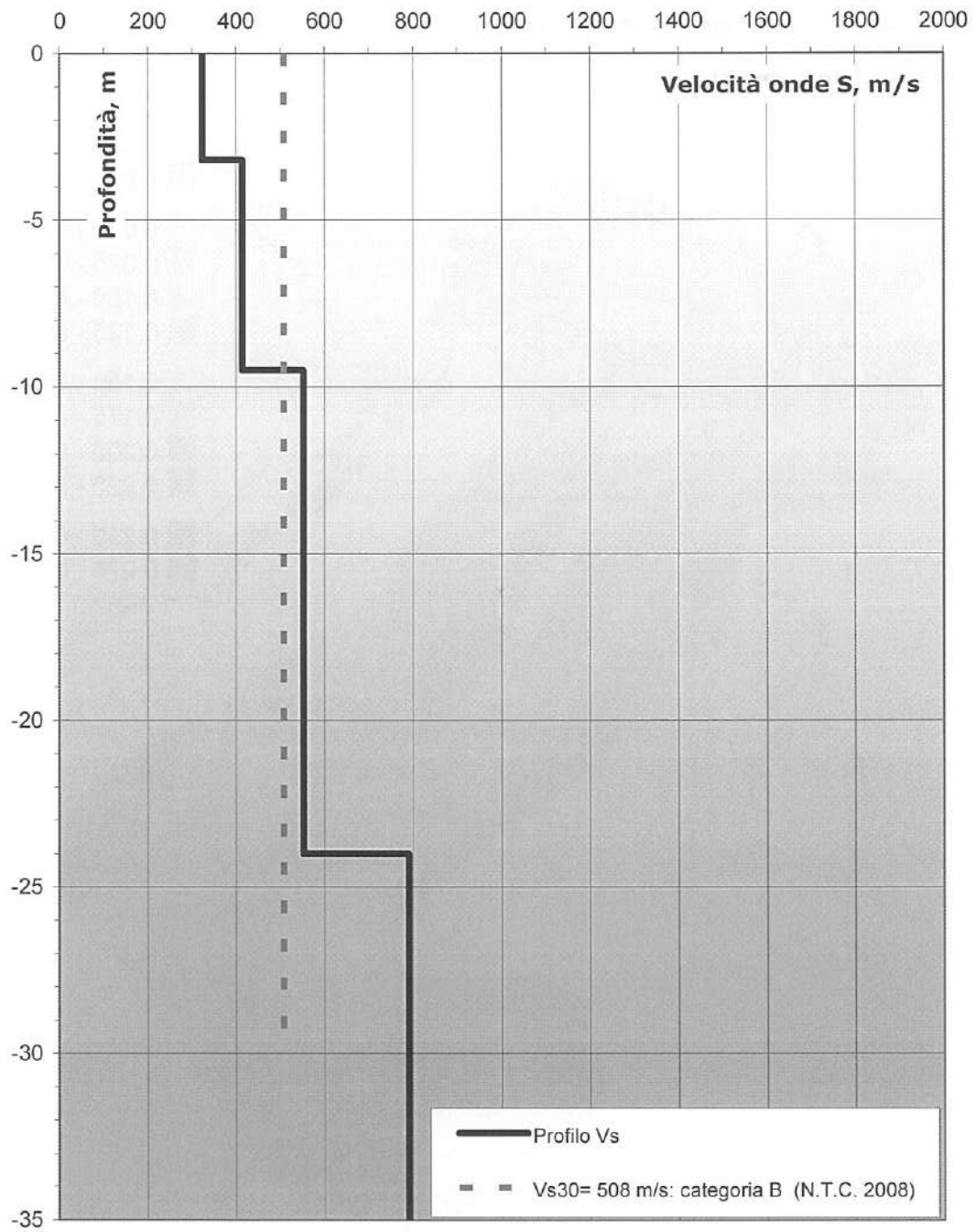
Dalla inversione delle misure di tremore, si è ricostruito il modello del sottosuolo in termini di profili di velocità  $V_s$ . Attraverso l'analisi di più modelli teorici, sono state esaminate le variazioni dei rapporti tra  $V_s$ ,  $V_p$ ,  $\gamma$  ed  $H$ .

E' così possibile calcolare il parametro  $V_{s30}$  e di conseguenza caratterizzare il sito in una delle categorie di suolo di fondazione definite nella nuova normativa sismica. **Per la zona indagata la categoria risulta "B", con  $V_{s30} = 508$  m/s.**



*Fot 6 - Ubicazione indagine passiva con Vibralog*

Tav 10 – Profilo Vs





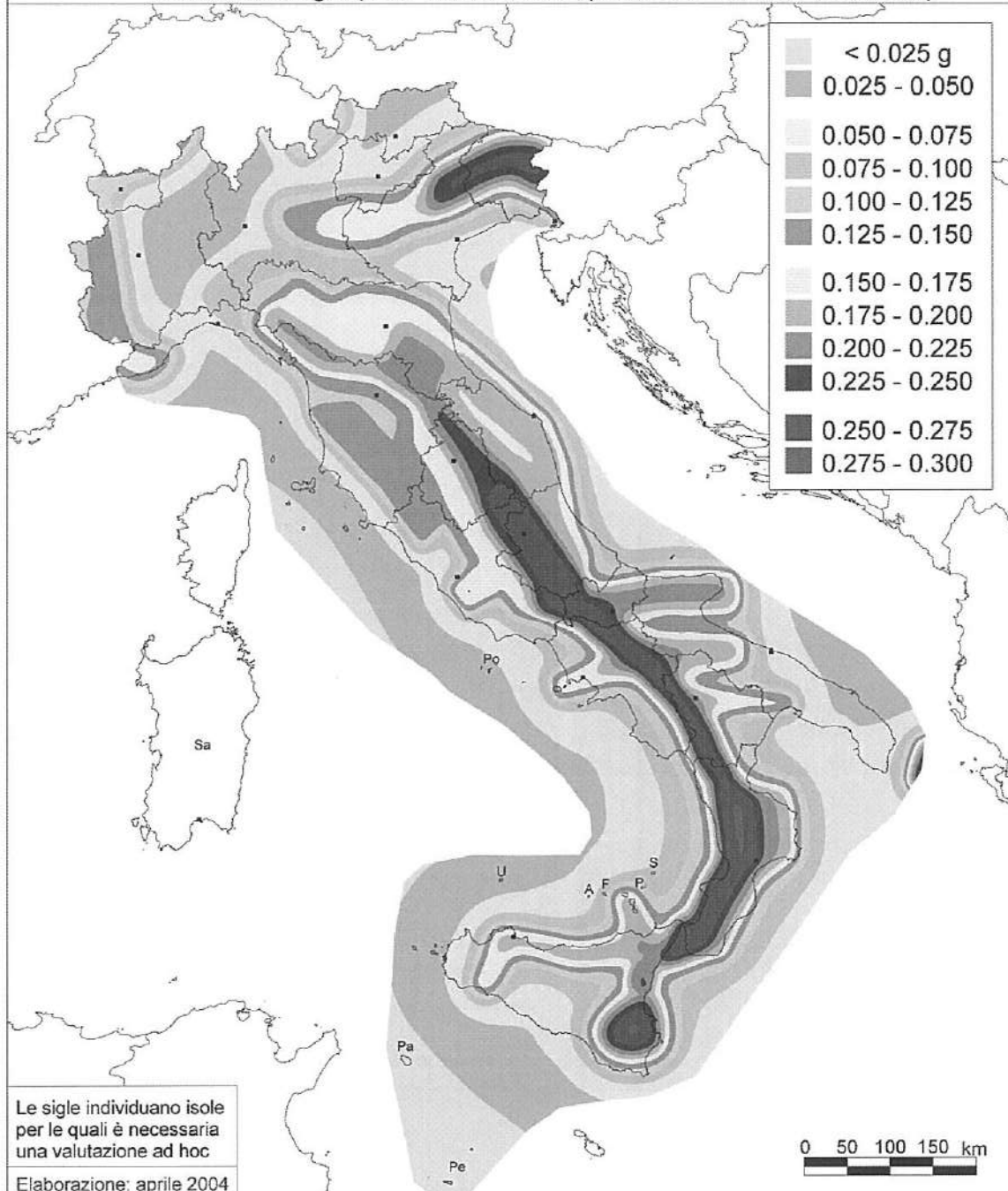
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

## Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo  
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)





## 6 - CONCLUSIONI

Le opere di lottizzazione oggetto del presente studio interessano un'area a S dell'abitato di San Pietro in Lama e precisamente alla via P Nenni; questa ha un'estensione di circa 15.000 mq.

In considerazione dello studio sopra riportato, si evidenzia che nell'area oggetto dell'intervento, al di sotto di una copertura di terreno vegetale avente uno spessore di circa 1,00 m, sono presenti dei limi argillosi e sabbie limose di colore verdastro le cui caratteristiche meccaniche impongono una certa cautela in quanto possono risentire della presenza d'acqua.

In fase esecutiva bisognerà comunque prestare attenzione agli scavi di sbancamento, affinché si verifichino le ipotesi formulate in fase progettuale, la presenza infatti di variazioni litologiche localizzate, per la presenza di terreni "peggiori" dal punto di vista meccanico, invaliderebbe i calcoli in termini di portanza.

Lo studio idrogeologico ha evidenziato principalmente la presenza di una falda "superficiale" posta a circa 6,0 m da p.c. la cui presenza sarà da considerare soprattutto nelle valutazioni progettuali per quanto concerne l'apparato fondale degli immobili da realizzare.

Per quanto concerne la compatibilità geomorfologica ed idrogeologica, è possibile affermare come i gradienti altimetrici nell'area siano limitati, con esigue differenze di quota. Dalla consultazione della cartografia del AdB, è emerso come tali emergenze sono assenti.

Per la compatibilità idraulica, dall'analisi della cartografia AdB si evidenzia come solo una modestissima porzione di superficie è interessata dalla perimetrazione PAI come area a Bassa Pericolosità e Media Pericolosità. Tali aree, in considerazione del recente completamento dei lavori di adeguamento della rete della fogna bianca e di realizzazione di un nuovo recapito finale delle acque meteoriche costituito da una vasca assorbente, risulteranno certamente ridotte rispetto all'attuale perimetrazione. Inoltre gli interventi previsti nel lotto di studio non incrementeranno la pericolosità idraulica dei terreni posti immediatamente a valle in quanto, il carico idrico pluviometrico insistente sul lotto di riferimento, che prima confluiva nella zona a pericolosità idraulica, sarà opportunamente regimato e convogliato nel sistema fognario previsto in progetto. Pertanto, in considerazione di quanto anzidetto, si ritiene che le opere da realizzare, oggetto del presente studio, siano compatibili con quanto previsto dal PAI.

Lequile (LE) Aprile 2014

Il Tecnico  
dott. geol. Emanuele Spedicato



The stamp is circular with a double-line border. The text inside the stamp reads: "ORDINE DEI GEOL. PUGLIA" around the top and bottom edges, and "Dott. Geol. SPEDICATO EMANUELE N. 547" in the center. A large, stylized signature is written over the stamp.

