

VIGNALI COSTRUZIONI SRL
Via I MAGGIO 2/C
Levata di Curtatone MN

**PIANO DI LOTTIZZAZIONE IN
SAN SILVESTRO DI CURTATONE**
Atr 502

RELAZIONE GEOLOGICA
(testo unitario D.M. 14.01.2008 –N.T.C.)

Il tecnico incaricato:
dr. Geol. Vanna Messori



Studio Geologia Ambiente Territorio
Strada Cipata, 34 - 46100 Mantova
Tel. 0376/270384- Fax 0376/270474
studiovanna@libero.it

NOVEMBRE 2012

INDICE:

1. Normativa	pag.3
2. Premessa	pag.3
3. Caratteri geologici	pag.6
3.1. Unità geologiche e litologiche	pag.7
3.2. Storia geologica del territorio	pag.9
4. Processi geomorfologici	pag.11
5. Rischi naturali, geologici e indotti	pag.12
6. Vincoli	pag.12
7. Idrogeologia	pag.13
8. Indagini geognostiche	pag.15
9. Sismicità	pag.21
10. Caratterizzazione fisico meccanica dei terreni	pag.25

1. NORMATIVA

La normativa di riferimento utilizzata per la redazione della presente relazione geologica è :

- **D.M. 14.01.2008** : testo unitario – norme tecniche per le costruzioni.
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici** : istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- **Consiglio superiore dei Lavori Pubblici** . pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.
- **Euro codice 8** -1998
- **Euro codice 7** – 1997-2002-
- **Piano regolatore comunale/piano governo del territorio.**
- **D.M. 11.03.1998** : norme tecniche per indagini sui terreni e sulle rocce.. (per zona sismica 4, Classi I e II).

2. PREMESSA

Il progetto prevede la lottizzazione di una vasta area situata tra l'abitato di San Silvestro e la nuova viabilità di collegamento tra Mn e Buscoido.

Si tratta di una area residenziale e commerciale che , ai sensi del D.M. 14.01.2008 rientra nella costruzione **tipo 2:opere ordinarie...**

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

e in presenza di azione sismica assume **la classe d'uso II** :

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. **Ambienti ad uso residenziale.** Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, *gli alberghi*. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento), *gli uffici, i negozi*.

Questa relazione, seguendo le indicazioni della norma vigente e del progetto, è finalizzata alla costruzione del modello geologico, inteso come :

“modello che deve fornire con preciso riferimento al progetto i lineamenti morfologici della zona nonché gli eventuali processi morfologici e di dissesti in atto e la loro tendenza evolutiva, la successione litostratigrafica locale, illustra i caratteri geostrutturali e la circolazione idrica superficiale sotterranea..” (art. C. 6.2.1 Circ 617/2009). Esso vede la ricostruzione concettuale del corpo geologico, i suoi processi evolutivi e descrive le interazioni tra insieme geologico e opera in progetto.

Il modello geologico, essendo comunque un costrutto logico derivante da dati oggettivi ma interpretabili, deve essere reso esplicito e ricostruibile sempre, per meglio comprendere le interazioni opera –evoluzione geologica.

Il **MGR** , modello geologico reale del sito in esame, già in parte descritto nelle relazioni del 2008, viene ripresentato con precisazioni inerenti le criticità ed i pericoli di natura geologica, a supporto delle valutazioni sismiche e geotecniche che seguiranno, funzionali alle conclusioni del Progettista.

L’opera in progetto, sulla base delle indicazioni del Progettista, viene inquadrata all’interno dei seguenti parametri .:

Tabella C.2.4.I.. - Intervalli di valori attribuiti a V_R al variare di V_N e C_U

VITA NOMINALE V_N	VALORI DI V_R			
	CLASSE D’USO			
	I	II	III	IV
≤ 10	35	35	35	35
≥ 50	≥ 35	≥ 50	≥ 75	≥ 100
≥ 100	≥ 70	≥ 100	≥ 150	≥ 200

CLASSE D’USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

(Tab. 2.4.II., NTC)

Pertanto sulla base delle indicazioni di progetto e delle indicazioni fornite dall'Ing. strutturista la struttura ha i seguenti parametri :

Parametri della struttura			
Classe d'uso	Vita Vn-anni	Coeff. Uso Cu	Periodo Vr-anni
II	50.0	1.0	50.0



Zona intervento

3. CARATTERI GEOLOGICI

L'evoluzione geologica della parte di Pianura Padana compresa nel territorio mantovano è collegata allo sviluppo della avanfossa alpina ed appenninica (AA.VV.), iniziato nel Plio-Pleistocene. Le unità geologiche affioranti nel mantovano sono di ambiente continentale e sono costituite da morene, da depositi fluvioglaciali ed alluvioni di età compresa tra il Pleistocene e Olocene.

Le caratteristiche litostratigrafiche della zona in oggetto compresa tra i fiumi Mincio e Po, appaiono essenzialmente legate alla dinamica fluviale, la quale costituisce il fattore condizionante il modellamento di tutta la media e bassa pianura mantovana.

I depositi sono di natura prevalentemente sabbiosa e, in subordine, limoso-argillosa; le alluvioni del Po sono qui ricoperte con discontinuità da modesti spessori di sedimenti limoso-argillosi, in parte depositati anche dal fiume Mincio.

I dati relativi alla geologia profonda della pianura derivano dalle perforazioni per la ricerca di idrocarburi che hanno permesso di accertare la prosecuzione delle strutture tettoniche dell'Appennino al di sotto delle alluvioni quaternarie dell'area padana e degli studi condotti per la localizzazione di centrali ENEL (1984 - ENEL).

Le strutture profonde, a livello regionale, che interessano l'area in esame sono riferibili alla Monoclinale Padana, ampia struttura interessata da faglie dirette, determinata da un'azione di basculamento relativamente veloce, contemporanea alla fase tettonica dell'Appennino esterno.

Le "faglie di Mantova e Sanguinetto", che più direttamente interessano il territorio, sono da considerare giovani e data la loro modesta dimensione e deformazione non sembrano possibili di elevata attività sismica.

Alcuni autori (Baraldi F. et Al. - 1980) suppongono la presenza di una faglia ad andamento circa N-S, S.Benedetto Po-Garolda, che studi sismici più recenti non ne hanno tuttavia confermato l'esistenza.

3.1 unità geologiche e litologia

Per la definizione della litologia di superficie sono state consultate varie pubblicazioni, tra le quali anche gli studi geologici allegati al PGT del Comune di Curtatone del 2008/2009.

La struttura geologica dell'area in esame, inserita nella media pianura mantovana è determinata essenzialmente dagli interventi deposizionali - fluviali operati dai fiumi Mincio e Po. Notevole importanza rivestono anche l'andamento irregolare del substrato sedimentario marino e i movimenti neotettonici che lo hanno riguardato a partire dal Quaternario.

La pianura pertanto è costituita in prevalenza da **sedimenti fini di tipo argilloso e limoso, alternati a sabbie limose e sabbie franche da medie a fini, secondo schemi interdigitati arealmente e verticalmente.**

Le strutture sedimentarie superficiali e medio profonde sono conseguentemente legate agli antichi paleoalvei dei corsi d'acqua principali ed a innalzamenti delle strutture sedimentarie marine del Quaternario.

Le caratteristiche stratigrafiche locali sono state ricavate dai dati provenienti dalle stratigrafie dei pozzi della zona, da indagini geognostiche eseguite dalla scrivente e da dati riportati in letteratura.

Sulla base di questo buon numero di dati certi è stata ricostruita la successione litostratigrafica della zona che è in sintesi la seguente:

subito sotto il piano campagna si trovano limi sabbiosi e sabbie limose; segue un banco argilloso compreso tra 40 e 60 metri talora con alternanze marnoso sabbiose; le sabbie medie chiare sono sottostanti le argille ed arrivano fino a circa novanta metri di profondità .

Le sabbie risultano prevalenti , ma frammiste a livelli e livelletti di argille e limi.

Nei documenti del PGT la zona "dell'atr 502 " è inserita nella classe 3 di fattibilità (con limitazioni) a causa della presenza del livello di falda ad una profondità < 5 m.

Depositi del livello fondamentale della pianura



Pagina 8 di 27

LITOLOGIA DI SUPERFICIE

Depositi all'interno delle fasce terrazzate



Terreni prevalentemente ghiaiosi



Terreni prevalentemente sabbiosi



Terreni prevalentemente argilloso-sabbiosi



Terreni prevalentemente argilloso-torbosi

3.2 storia geologica del territorio

Le testimonianze più rilevanti del passato sul territorio vanno riferite alle vicissitudini climatiche del Quaternario, ad un periodo cioè di un milione di anni da oggi e che è durato fino a circa 10000 anni fa.

Le glaciazioni hanno lasciato un'impronta indelebile su tutto il territorio influenzandone la geologia di superficie, la geomorfologia e, di rimbalzo, le componenti biotiche e abiotiche.

L'alternarsi delle fasi glaciali e interglaciali, l'avanzamento ed il ritiro del ghiacciaio gardesano, l'erosione e il trasporto di materiale litoide e la sua deposizione sotto forma di depositi morenici, rimaneggiati a loro volta, dagli scaricatori glaciali e ridepositati come depositi fluvio-glaciali, sono la componente fondamentale del paesaggio della zona settentrionale e mediana del mantovano .

Nel settore più a Nord dell'area sono rilevabili i depositi morenici: non stratificati essi risultano costituiti da materiali di dimensioni che variano dai grossi massi fino alla sabbia ed ai limi senza selezione granulometrica.

Connessi all'azione dell'acqua dei torrenti glaciali sono, invece, i depositi fluvioglaciali più o meno stratificati. E' evidente una certa selezione dei materiali litoidi da monte a valle.

I corsi d'acqua, che hanno potuto esondare fino a tempi più recenti, sono responsabili dei depositi alluvionali: è evidente una netta stratificazione granulometrica con direzione N-S con predominanza dei depositi ghiaioso-sabbiosi a Nord di Mantova e limo-argillosi a Sud del capoluogo.

Non mancano depositi lacustri di tipo torboso e torboso-limoso in varie zone del territorio.

Nel mantovano la base del Quaternario è collocata tra i 500 e i 1000 m nella zona collinare, pedecollinare e parte della bassa pianura; intorno ai 1500 m nella media pianura e in parte della bassa, intorno ai 2000 m in una limitata area sud occidentale della provincia.

Verso la fine del Pleistocene la conca padana appare colmata dai sedimenti marini; hanno inizio ora i processi geomorfologici messi in atto dal reticolo idrografico, con deposizione di sedimenti di tipo continentale, caratterizzati da spessori assai ridotti rispetto ai precedenti di tipo marino.

Le variazioni climatiche che hanno contrassegnato il clima generale della terra durante il Quaternario, caratterizzate da un abbassamento della temperatura di qualche grado, hanno provocato l'avanzata dei ghiacciai su grande parte del nostro emisfero. Il Pleistocene è considerato il periodo glaciale per eccellenza, nel quale si riscontrano periodi freddi detti glaciazioni (Donau, Günz, Mindel, Riss, Würm), alternati da periodi interglaciali con clima più caldo.

L'anfiteatro morenico del Benaco è derivato dai depositi frontali lasciati dal Ghiacciaio Retico all'epoca del suo massimo sviluppo che risale alla puntata glaciale del Riss. Nel territorio mantovano il Retico si è spinto fino a sud di Volta Mantovana e durante le fasi della ritirata ha lasciato consistenti depositi conglomeratici disposti in semicerchi di colline quasi concentrici.

Il riempimento delle aree esterne ai cordoni morenici avviene in epoca recente soprattutto durante l'ultimo intervallo interglaciale allorché si attivano i processi geomorfologici dei bacini idrografici con conseguente deposizione di sedimenti fluviali e fluvioglaciali.

Da questa complessa storia geologica della conca padana ha origine, quindi anche il territorio mantovano, la cui evoluzione è caratterizzata da molteplici avvenimenti, per alcuni aspetti non ancora ben chiari.

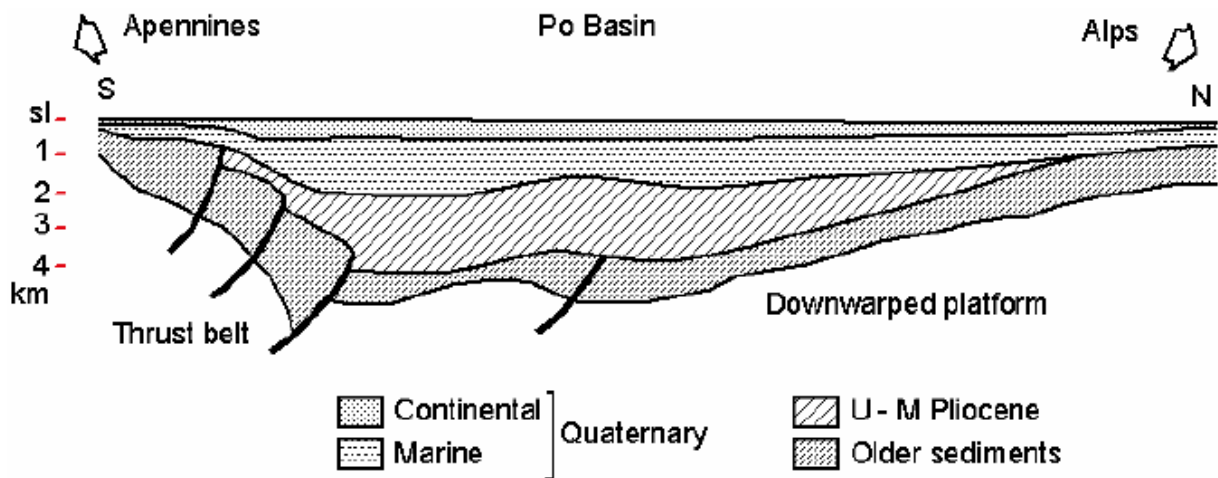
Il suo attuale assetto morfologico tipicamente di pianura, è caratterizzato da una ondulazione nella parte settentrionale di corrispondenza dell'anfiteatro morenico del Benaco.

La zona altimetricamente più elevata è quella delle colline moreniche che comprende una parte del Sistema Morenico Frontale del Garda, con quote variabili tra m 206 s.l.m. e m 70 s.l.m..

La stretta zona pedecollinare che segue alle colline moreniche è costituita da un altopiano la cui quota inferiore corrisponde a m 50 s.l.m.; ad essa fa seguito la media pianura padana, compresa tra m 50 s.l.m. e m 12 s.l.m. i cui terreni sono segnati dalle divagazioni dei fiumi quali il Mincio, l'Oglio, il Po.

Infine, la zona della bassa pianura padana compresa tra la sponda destra del Po ed il limite meridionale della Provincia i cui terreni, segnati dalle divagazioni del fiume Po ed in minor misura dal Secchia, presentano le quote più basse dell'intero territorio provinciale con valori compresi tra m 20 s.l.m. e m 10 s.l.m..

Le strutture tettoniche presenti nella piattaforma settentrionale sono sismicamente attive per cui ne segue che il processo orogenetico di formazione delle Alpi e degli Appennini non è ancora esaurito.



Sezione schematica del bacino padano con in evidenza la piattaforma settentrionale (downwarped platform) e il margine meridionale (thrust belt) (Ori 1993, modificato).

4. PROCESSI GEOMORFOLOGICI

Gli elementi geomorfologici che caratterizzano il territorio mantovano sono:

- le colline moreniche;
- la piana fluvioglaciale;
- le depressioni vallive dei fiumi Chiese, Oglio e Mincio delimitate da vari orli di terrazzi;
- il sistema di paleoalvei del Po e del Secchia;
- la vasta depressione che circonda la città di Mantova.

L'evoluzione e l'assetto morfologico dell'area d'indagine, che si inserisce nel contesto della media pianura mantovana, sono strettamente legati alle variazioni idrografiche subite dal Po e dal Mincio. Inserita tra il fiume Po che scorre a Sud ed il Mincio che scorre a Nord-Est l'area in studio risulta relativamente tranquilla in quanto i vari orli di terrazzo geomorfologico che caratterizzano il territorio scorrono più a Nord.

Il terrazzo principale è formato da scarpate che sono il prodotto di una antica fase erosiva del fiume Mincio, forse quando scorreva (Averone A. - 1911) a NE dell'attuale percorso.

Nell'ultima sua fase divagazionale il fiume Mincio ha formato quanto costituisce il suo attuale piano di divagazione, caratterizzato da una fascia di rilevante ampiezza ai lati dell'attuale alveo.

5. RISCHI NATURALI, GEOLOGICI E INDOTTI

I rischi che riserva un territorio come questo sono limitati :

- Non vi sono situazioni di frane, smottamenti e quant'altro data la topografia piatta e uniforme;
- l'isopieza misurata il 10/10/2012 risulta situata a quota – 3,50 dal p.c.
- **I terreni hanno discreta capacità portante**
- La zona è in classe sismica 4 ai sensi della O.P.C.M. n.3274 per cui ha una bassa sismicità; ad essa si assegna $S=5$. Sulla base delle indicazioni contenute nelle NTC relative alla valutazione delle accelerazioni la zona è assimilabile alla classe sismica 3.
- Nelle vicinanze vi sono aree altamente urbanizzate e varie zone commerciali.
- Non sono segnalate aree a presunto inquinamento dei terreni;

6. VINCOLI

Non sono segnalati vincoli particolari sugli strumenti di pianificazione locali e sovra locali.

7. IDROGEOLOGIA

La provincia di Mantova appartiene al grande bacino padano dove la potenza dell'acquifero è mediamente di 300-400 m.; la base di tale sistema può essere collocata in corrispondenza dell'interfaccia acque dolci-acque salate di fondo.

Questo sistema è riferibile ad una struttura multistrato, anche se fino alla profondità raggiunta dai pozzi (100-150 m circa) può essere considerato come monostrato variamente suddiviso, in diretta comunicazione con le acque superficiali (Baraldi F., 1987).

Considerato un acquifero a falda libera, solo in aree limitate sottoposto alla pressione delle coperture impermeabili, nel territorio mantovano questo grande sistema può essere suddiviso, in linea generale, in cinque grandi unità territoriali:

- Unità delle colline Moreniche;
- Unità precollinare;
- Unità del medio-mantovano;
- Unità del Sistema Oglio-Chiese;
- Unità dell'oltrepo mantovano.

All'Unità del **medio-mantovano** è ascrivibile l'acquifero che interessa gli emungimenti in studio.

Esso trova sede nei depositi fluvioglaciali citati nei capitoli precedenti e fluviali databili all'Olocene; resta solo da evidenziare oltre alla presenza di numerosi depositi prevalentemente sabbiosi anche la condizione di semi-confinamento che la falda assume localmente.

Il limite di questa unità, nella parte orientale, non è tracciabile in quanto essa si interseca con l'acquifero dell'Adige.

L'alimentazione è fornita dalla continua ricarica operata dal fiume Mincio e da altri corsi d'acqua minori.

I pozzi raggiungono portate stimate intorno a 70-80 l/s (Baraldi F. - 1987).

La circolazione idrica sotterranea evidenzia un deflusso principale da NNO a SSE con dispersioni di subalveo del fiume Mincio.

Idrogeologia della zona

Dall'analisi dei dati disponibili è stato possibile ricostruire l'andamento delle varie unità litologiche per cui si è definita la serie idrogeologica locale secondo lo schema di seguito riportato:

- copertura a bassa permeabilità costituita da sedimenti a granulometria fine, prevalentemente limosa e limo-sabbiosa, dello spessore medio di 1-1.5 m, costituente il tetto del primo acquifero;
- complesso permeabile costituito da sedimenti sabbiosi medio-fini, spesso limosi, potente qualche decina di metri, sede della **prima falda**;

- complesso impermeabile rappresentato da argille compatte, grigie, con intercalazioni torbose di piccolo spessore (30-50 cm), potente circa 10 m;
- complesso permeabile formato da sabbie medie, potente circa 20-25 m e sede della **seconda falda**;
- orizzonte impermeabile formato da argille compatte, color cenere, potente circa 15-20 m;
- complesso permeabile, composto da sabbie medio grosse, ospitante la **terza falda**; la sua potenza è di circa 40 metri ed è caratterizzata da portate utilizzabili;
- orizzonte impermeabile formato da argille bluastre o nere potente 20-25 metri, con possibile presenza di torba.

I livelli statici sono compresi tra -4.0 e 5.0 metri.

Le portate critiche sono di 40-50 l/sec con Ø 400 nella terza falda.

La tessitura argilloso limosa del suolo e gli spessi strati impermeabili di natura prevalentemente argillosa interposti tra le falde (1°-2° e 3° acquifero) offrono sufficienti garanzie di protezione nei confronti dei processi di filtrazione di sostanze inquinanti.

Caratteristiche delle isofreatiche

L'analisi dell'assetto idrogeologico della falda freatica si è desunto da rilevazioni del livello statico riportate in letteratura, da misurazioni ufficiali effettuate dalla Amministrazione Provinciale di Mantova nel 1990 e da misure in posto effettuate nel Maggio 1998.

I dati disponibili sul territorio sono:

- (1976) lo studio Baraldi F. e Pellegrini M. individua nella zona in esame, il livello statico medio annuo posto a 18-20 m s.l.m.;
- (1987) lo studio eseguito per la stesura del Piano Provinciale Cave fa ricadere l'area tra quelle con livello piezometrico medio annuale posto a circa 19 m s.l.m.;
- (1993) il "Rapporto sulla Valutazione della Vulnerabilità degli Acquiferi" realizzato da CISE Spa riporta, per la zona in oggetto un valore medio annuale del livello della falda di circa 18 m s.l.m.

Misurazioni effettuate all'interno di fori di sondaggi eseguiti nell'area hanno dato un valore del livello statico compreso tra 19 e 18 m s.l.m.

8) INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per adempiere alle indicazioni della normativa in vigore sono state eseguite in posto le seguenti prove:

- Indagine MASW per la stima del profilo delle **V_s**.
- Prove CPT eseguite sui terreni : 2 CPT a 10 m di profondità

Prova MASW

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 zona dipendente. Pertanto l'azione sismica di progetto in base alla quale si valuta il rispetto dei diversi stati limite viene definita partendo dalla pericolosità di base del sito di costruzione.

Al fine quindi di arrivare a definire il valore Vs30 fondamentale per la classifica del terreno si è proceduto alla esecuzione delle seguenti prove in sito : MASW

Località: Mantova /Curtatone

Introduzione

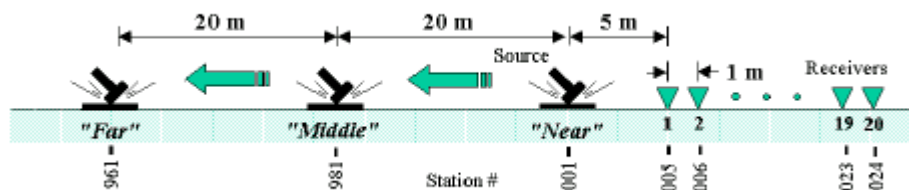
Nell'area è stata condotta un indagine di sismica attiva al fine di poter ricavare i valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s).

Nel sito è stata eseguita un'indagine basata sullo studio della propagazione di onde superficiali di Rayleigh.

Metodologia

La prova consiste nel produrre una sollecitazione sulla superficie del terreno e nel registrare le vibrazioni prodotte a distanze note e prefissate.

Nel sito si sono disposti 24 geofoni a 4.5 Hz con spaziatura regolare di 2 m, si eseguono diversi "scoppi" in linea (come riportato in figura) con lo stendimento alle seguenti distanze dal primo geofono: 2m – 4m – 6m – 8m- 10m – 12m.



Le acquisizioni avvengono a 7642 Hz per 1 sec.

Su questa acquisizione è eseguita un'analisi ω -p (trasformata τ -p & trasformata di Fourier) al fine di discriminare l'energia associata alle onde di Rayleigh (R).

Si riporta il grafico ad isolinee sul quale è identificata la curva di dispersione delle onde di Rayleigh (Figura 1).

Su di essa si esegue il picking del modo fondamentale (Figura 1).

Al fine di ottenere l'andamento delle Vs con la profondità, la curva ottenuta dal picking è invertita mediante una procedura automatica ai minimi quadrati (metodo Levenberg-Marquardt). Successivamente viene creato il profilo delle onde S associato alla curva teorica ottenuta.

Nella tabella sono riportati il miglior modello individuato dall'inversione ai minimi quadrati e quindi viene calcolato Il valore di Vs30 viene calcolato con la seguente formulazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

Sito "Mantova/Curtatone"

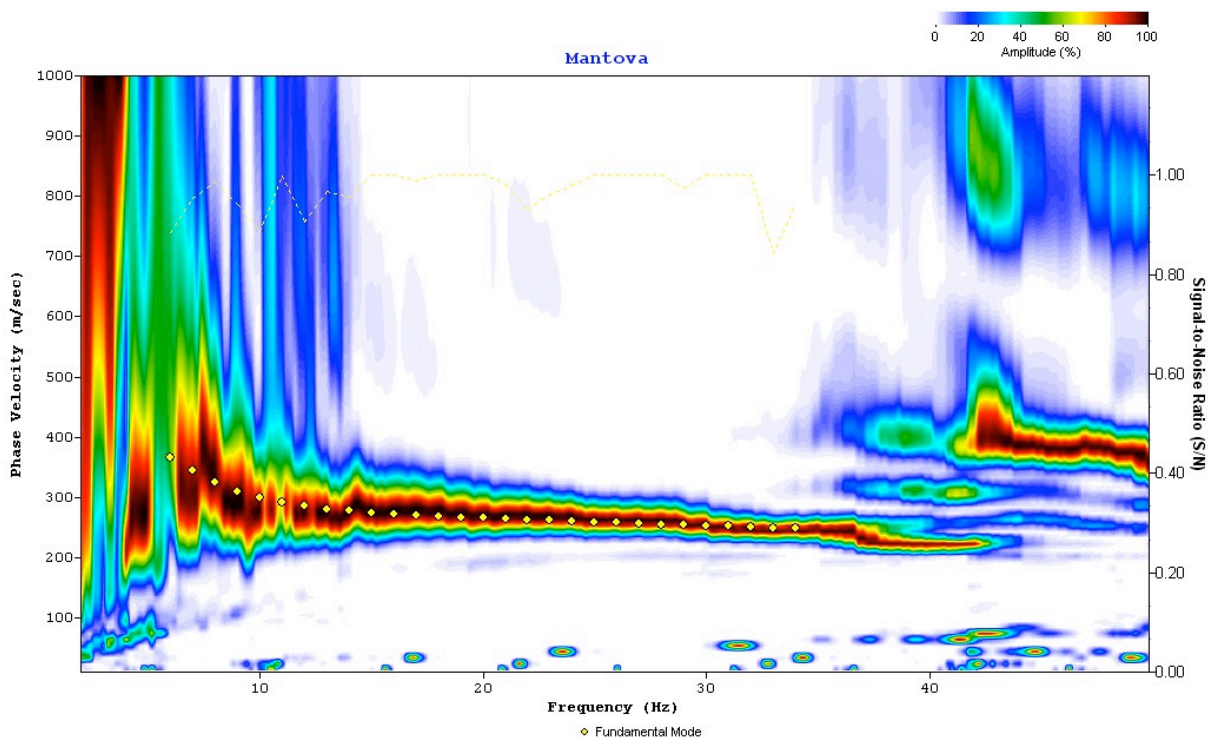


Figura 1. MASW –picking del modo fondamentale

Nel grafico di Figura 1, la fascia energetica associabile alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh è presente da circa 5 Hz fino a circa 35 Hz .

Su di essa si esegue il picking del modo fondamentale (Figura 1).

La modellazione numerica della curva di dispersione prevede che alla base del modello sia posto un semispazio a spessore infinito.

Si riporta:

in Figura 2: il profilo di velocità delle onde S associato alla curva teorica.

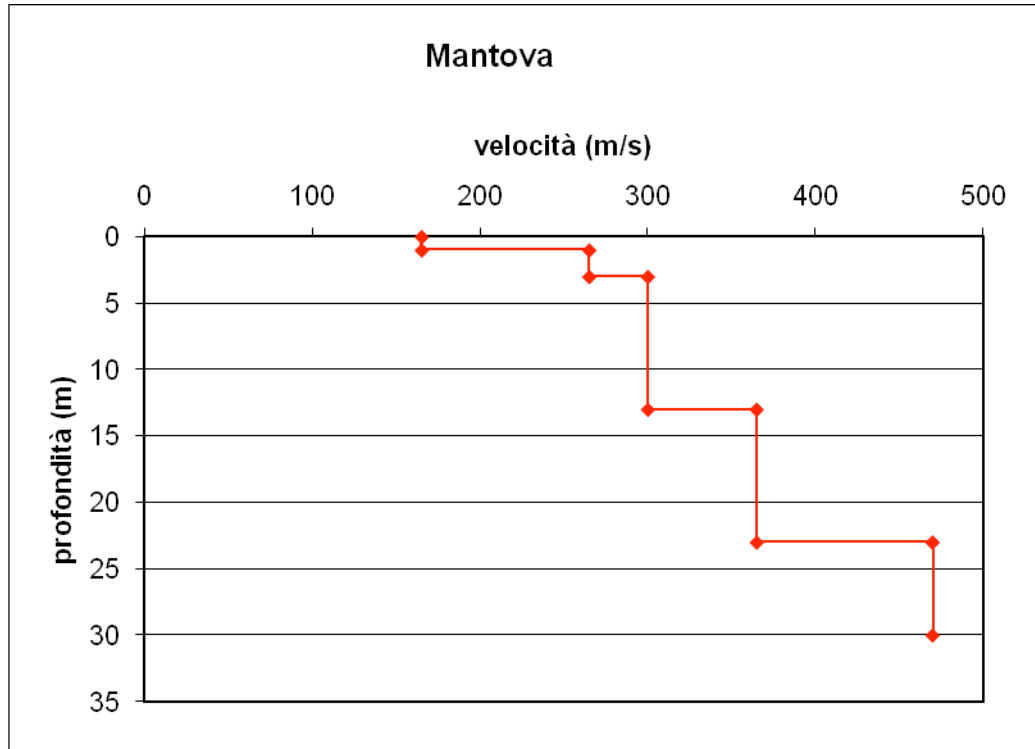


Figura 2 Profilo di velocità delle onde S stimato nel sito in esame

Strato	Profondità (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
1	1.0	1.0	165
2	3.0	2.0	265
3	13.0	10.0	300
4	23.0	10.0	365
semispazio			470

La V_{S30} risulta quindi uguale **336 m/s**

La **categoria di suolo di fondazione** è pertanto **C**

Prove CPT eseguite in posto

La prova penetrometrica statica tipo CPT (Cone Penetration Test) è standardizzata dall'ASTM (D 3441) ed è compresa nella "Raccomandazione" ISSMFE per la standardizzazione delle prove penetrometriche in Europa (1989).

Sono state eseguite due PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (C.P.T.) con un penetrometro statico da 30 t ton. con lettura meccanica (Manometro tipo BOURDOM) attrezzato con punta BEGEMANN (Friction Jacket Cone).

Dette prove sono state spinte a 10 m di profondità alla profondità di 10 m.

I diagrammi penetrometrici ottenuti con la restituzione ai manometri riportano:

- Resistenza alla punta R_p (Kg/cm²), log di sinistra a tratto continuo;
- Resistenza all'attrito laterale R_{al} (Kg/cm²), istogramma di centro a linea e punto;
- Rapporto di Begemann R_p/R_{al} , log. di destra tratteggiato.

I dati delle prove vengono elaborati al computer con l'ausilio del software del Dr. D. Merlin per ottenere le valutazioni litologiche ed i parametri geotecnici; i tabulati sono allegati alla presente relazione.

La prova CPT è uno strumento che fornisce informazioni continue lungo un profilo verticale attraverso misure fisiche dirette correlabili empiricamente con numerosi parametri geotecnici .

Essa è particolarmente efficace per .

- *rilevare l'andamento stratigrafico lungo una verticale;*
- *individuare i tipi di terreno attraversati;*
- *interpolare l'andamento degli strati fra verticali di sondaggio.*

I valori misurati possono essere utilizzati per valutare:

- *l'angolo di attrito e la compressibilità drenata dei terreni granulari*
- *la resistenza al taglio non drenata dei terreni coesivi*

La profondità di penetrazione nel terreno è funzione delle possibilità di spinta del penetrometro impiegato e della natura del terreno.

Ghiaia e ciottoli costituiscono normalmente un ostacolo alla penetrazione.

L'apparecchio di prova consta di due manometri di lettura, uno per le basse pressioni, l'altro per le alte; le letture in campagna su questi due manometri si eseguono tenendo conto che per il penetrometro si fa avanzare inizialmente la punta del Friction Jacket Cone di un tratto di 4 cm., esercitando una pressione sulle aste scorrevoli entro la colonna.

Con il penetrometro statico si misurano separatamente la R_p e la R_L ; la R_L è la risultante delle sollecitazioni a carattere tangenziale distribuite lungo la colonna delle aste. Tale risultante è da riferire nel tratto tra la quota di campagna e la profondità raggiunta dalla estremità inferiore della colonna delle aste.

Il peso delle aste non influisce nel calcolo delle resistenze, quindi il valore della R_L risente delle proprietà dei terreni presenti lungo questo tratto.

La presenza della falda idrica è segnalata da una brusca caduta dei valori di lettura ai manometri.

Per identificare i terreni attraversati ci si avvale di correlazioni empiriche che sfruttano la resistenza di punta e laterale.

La pressione ammissibile è quel valore del carico unitario (inteso come incremento netto di pressione in corrispondenza del piano di posa della fondazione) che determina nel sottosuolo tensioni verticali massime (al centro della superficie di carico) compatibili sia con la resistenza allo schiacciamento ammissibile dei vari strati sia con i cedimenti della struttura.

Nel caso specifico il progetto generale prevede costruzioni fuori terra.

Le fondazioni ipotizzate sono superficiali continue.

Utilizzando i parametri geotecnici ottenuti dalle prove penetrometriche, si esegue una **valutazione della portanza del terreno , considerando litotipi sabbiosi con matrice limosa.**

Il calcolo della pressione ammissibile viene eseguita in via generale, ipotizzando dati che tuttora sono in corso di definizione nel progetto definitivo.

D.M. del 11.03.1988 (non abrogato dalle NTC) :

I parametri geotecnici ottenuti dalle prove penetrometriche sono :

materiali	Coesione	falda	Y' t/mc	Ø
Sabbie limose e limi sabbiosi	/	-3.50 m dal p.c.	1.85 sopra falda 0.85 sotto falda	25°

La formula di Terzaghi è:

$$Q_{amm} \text{ (kg/cmq)} = c \cdot N_c + 0.5 \gamma B N_\gamma + \gamma D N_q$$

PROFONDITA' DI POSA D = 1.20 m rispetto al piano campagna

Sono stati assunti i seguenti elementi di calcolo:

- Fondazione continua

- Piano di posa delle fondazioni: $D = 1.20 \text{ m}$
- Peso specifico del terreno sopra il piano di posa $\gamma = 1,85 \text{ ton/mq}$
- $\phi = 25^\circ$
- $N_c = 20.72$; $N_y = 10.88$ $N_q = 10.66$
- $C_u = \text{coesione non drenata}$ $R_p/20 = 0 \text{ kg/cmq}$

$$Q_{amm} = 38,75 \text{ t/mq} = 380 \text{ KN/mq}$$

Assumendo il coefficiente di sicurezza $G = 3$ il carico ammissibile risulta essere:

$$38.75/3 = 12.91 \text{ t/mq} = \mathbf{1.29 \text{ kg/cmq}}$$

9. SISMICITÀ

Il territorio comunale di Curtatone è classificato ricadente nella **zona sismica 4**, ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003. si riporta la tabella dove ogni zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni:

zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

La tabella 3.2.V riporta Ss e Cc in funzione della categoria di suolo.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

C_c = coeff . f (categoria di suolo)

STIMA PERICOLOSITA' SISMICA

Per prima cosa si determina a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido). Allo scopo servono le coordinate geografiche decimali dell'opera.

utilizzando il software GEOSTRU si ottiene:

Parametri sismici

Sito in esame.

latitudine: 45,122856 [°]

longitudine: 10,736770 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	14058	45,103100	10,729880	2262,3
Sito 2	14059	45,104710	10,800570	5397,7
Sito 3	13837	45,154690	10,798290	5984,5
Sito 4	13836	45,153080	10,727520	3438,2

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superament o [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,033	2,540	0,216

Danno (SLD)	63	50	0,039	2,589	0,255
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,086	2,572	0,312
Prevenzione e dal collasso (SLC)	5	975	0,110	2,586	0,312

Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,740	1,000	0,010	0,005	0,484	0,200
SLD	1,500	1,650	1,000	0,012	0,006	0,570	0,200
SLV	1,500	1,540	1,000	0,026	0,013	1,271	0,200
SLC	1,500	1,540	1,000	0,040	0,020	1,616	0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Sintesi :

TIPO DI COSTRUZIONE	2
VITA NOMINALE	$V_n \geq 50$ anni
CLASSE D'USO	II
COEFFICIENTE D'USO	1.0
VITA DI RIFERIMENTO $V_r = V_n \cdot C_u$	50 anni

LIQUEFAZIONE SABBIE

La **liquefazione delle sabbie** è il comportamento dei suoli sabbiosi che, a causa di un aumento della pressione interstiziale, passano improvvisamente da uno stato solido a uno fluido, o con la consistenza di un liquido pesante. La liquefazione avviene più frequentemente in depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti, a granulometria uniforme, normalmente consolidati e saturi. Durante la fase di carico, le sollecitazioni indotte nel terreno, quali possono essere quelle derivanti da un evento sismico, possono causare un aumento delle pressioni interstiziali fino a eguagliare la tensione soprastante. Viene così annullata la resistenza al taglio del terreno secondo il principio delle pressioni efficaci di Terzaghi, e si assiste così a un fenomeno di fluidificazione del suolo.

A tale scopo si ricorda che:

- in un terreno saturo non coesivo può verificarsi in caso di sisma l'aumento della pressione interstiziale,
- possono quindi generarsi deformazioni permanenti significative od addirittura l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno (liquefazione),
- nel caso di fondazioni superficiali, la verifica alla liquefazione può essere omessa, quando:

- 1) il terreno sabbioso saturo è presente a prof. maggiore di 15 m
- 2) se $ag/g < 0,15$ e al contempo lo strato granulare da verificare soddisfa una delle seguenti condizioni:

- _ contenuto in argilla $> 20\%$ ed indice di plasticità $IP > 10$,
- _ contenuto in limo $> 35\%$ e resistenza $N1(60) > 20$
- _ frazione fine trascurabile e resistenza $N1(60) > 25$

dove $N1(60)$ è il valore della resistenza penetrometrica N_{spt} normalizzato per uno sforzo efficace di confinamento (profondità) pari a 100 KPa e ad un fattore energetico di esecuzione della prova di 0,6.,

Considerando la formula di Seed e Idriss si è valutata la liquefacibilità del deposito mediante software Geostru, il deposito sabbioso risulta LIQUEFACIBILE.

10. CARATTERIZZAZIONE FISICO MECCANICA DEI TERRENI

L'osservazione dei terreni affioranti nell'area d'intervento e le ricostruzioni litologico-stratigrafiche derivate dalle prove geognostiche eseguite permettono una sufficiente definizione del quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo in esame

Sulla scorta delle indagini svolte si riportano i principali parametri geotecnici attribuiti ai terreni.

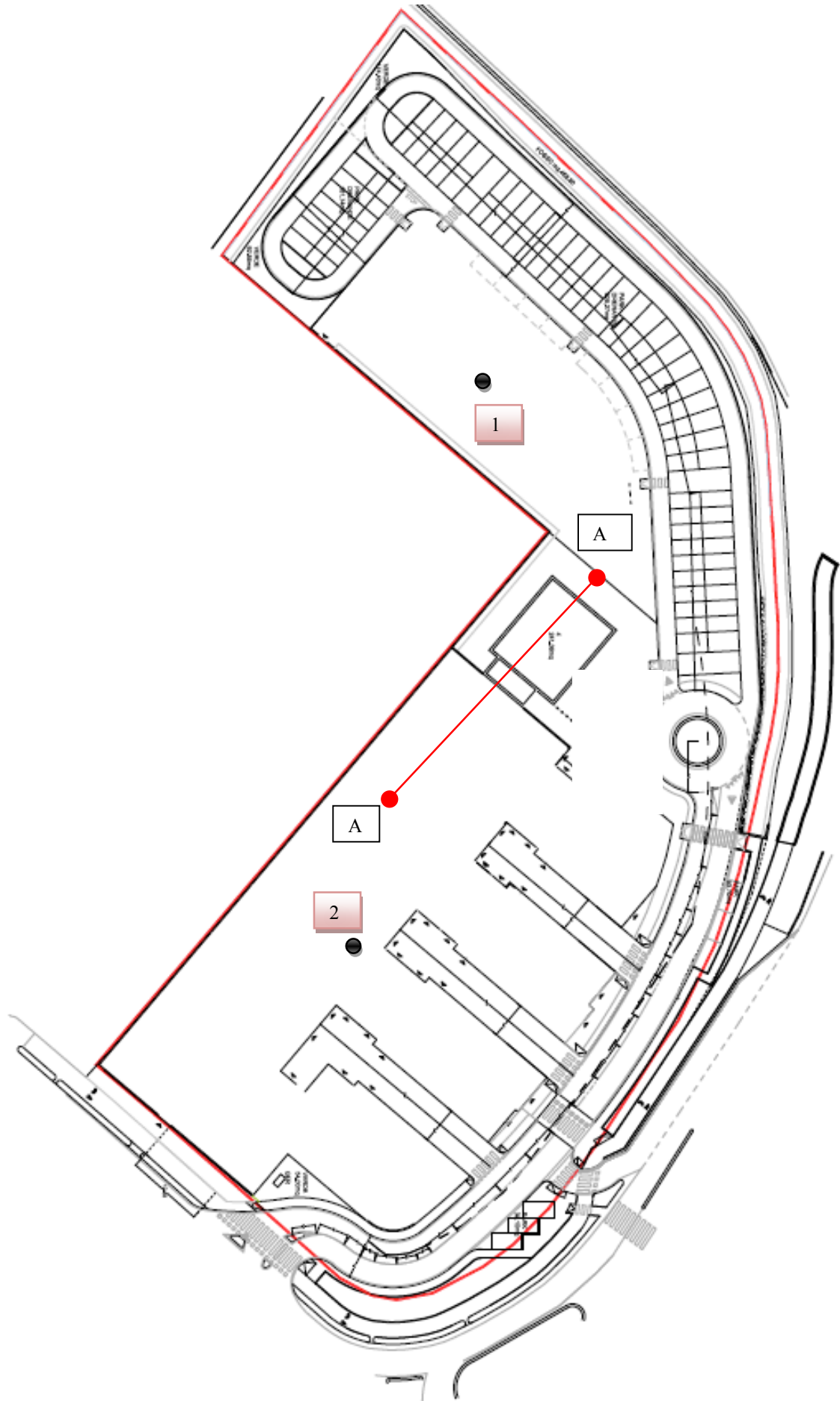
Unità geotecniche	Spessore m	Y t/mc	Cu kg/cmq	Ø medio	E Kg/cmq (medio)
Depositi sabbiosi e limo sabbiosi	>10	1.85	/	25°	280-300

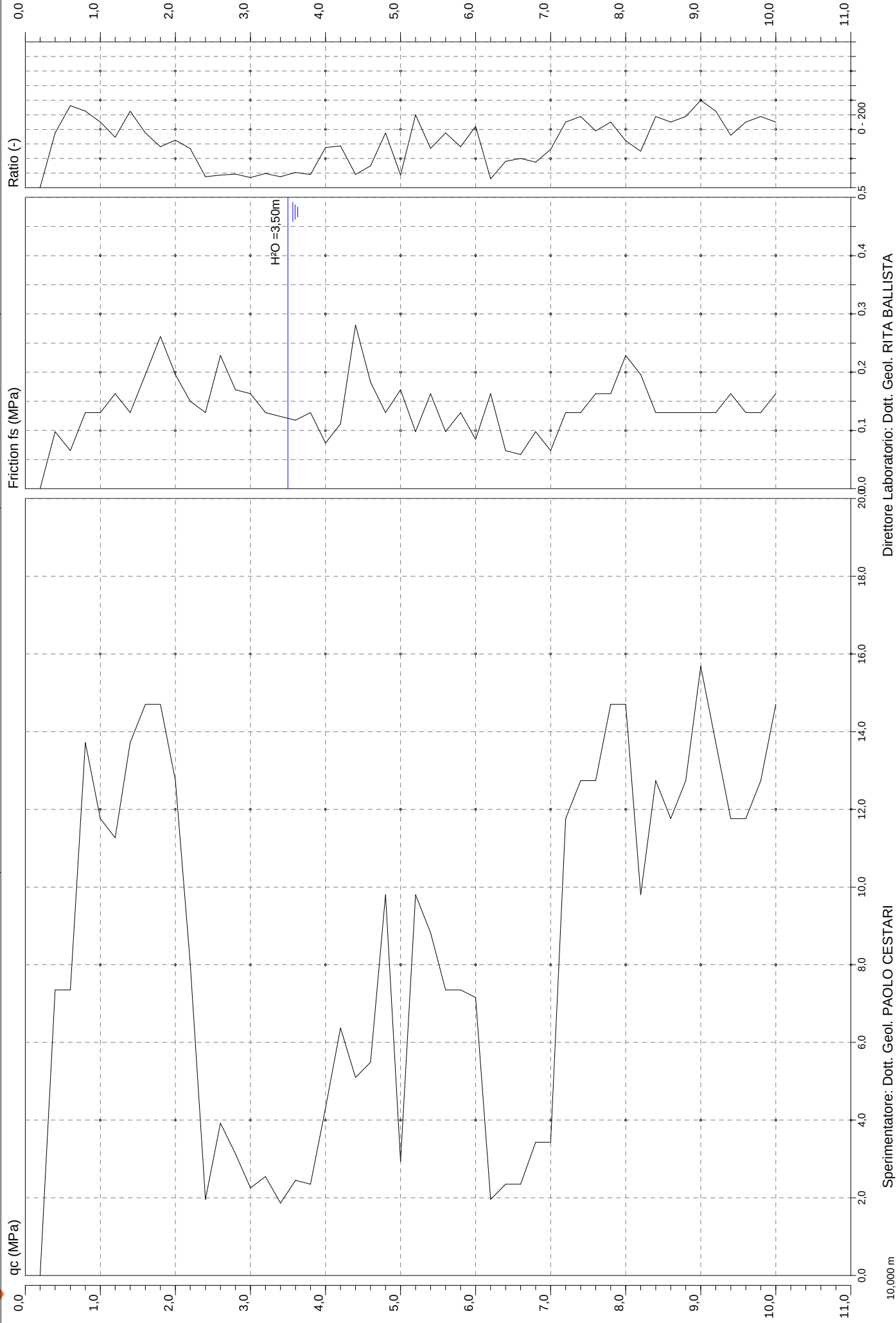
I depositi sabbiosi rilevati sono risultati liquefacibili.

Dr. Geol. Vanna Messori

ALLEGATI:

ubicazione MASW e CPT
grafici e parametri prove CPT





Sperimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT
1

riferimento

142-2012

 Committente: **Dott ssa VANNA MESSORA**

 Cantiere: **CURTATONE DI MANTOVA**

 Località: **CURTATONE DI MANTOVA**

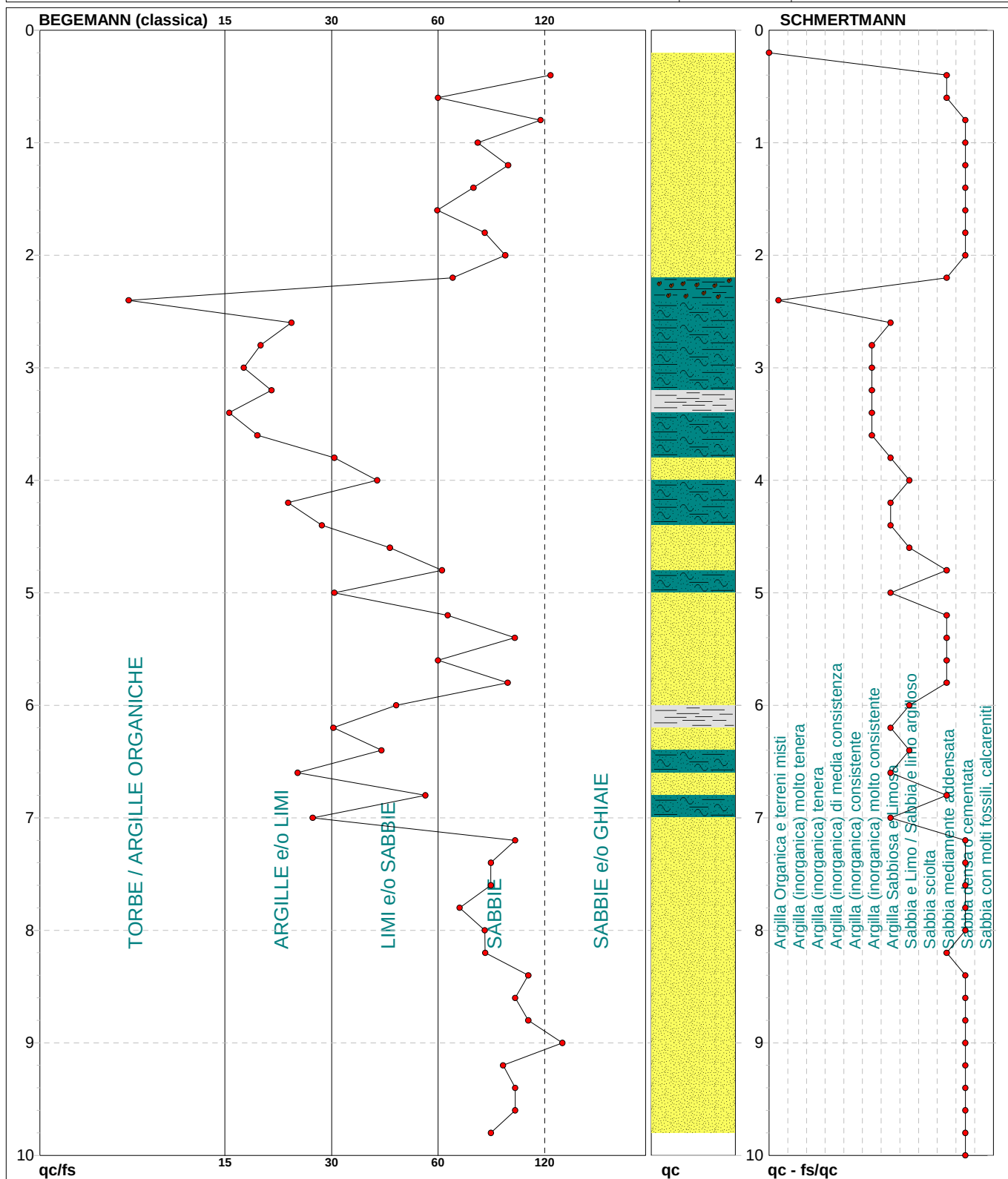
 U.M.: **MPa**

 Scala: **1:50**

 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data esec.: **10/10/2012**

 Falda: **-3,50 m**


Torbe / Argille org. : 2 punti, 4,08%

Argille e/o Limi : 13 punti, 26,53%

Limi e/o Sabbie : 10 punti, 20,41%

Sabbie: 23 punti, 46,94%

Sabbie e/o Ghiaie : 1 punti, 2,04%

Argilla Organica e terreni misti: 1 punti, 2,04%

Argilla (inorganica) molto consist.: 5 punti, 10,20%

Argilla Sabbiosa e Limosa: 8 punti, 16,33%

Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.: 4 punti, 8,16%

Sabbia mediamente addensata: 10 punti, 20,41%

Sabbia densa o cementata: 20 punti, 40,82%

nota:

FON025

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT
2

riferimento

142-2012

 Committente: **Dott ssa VANNA MESSORA**

 Cantiere: **CURTATONE DI MANTOVA**

 Località: **CURTATONE DI MANTOVA**

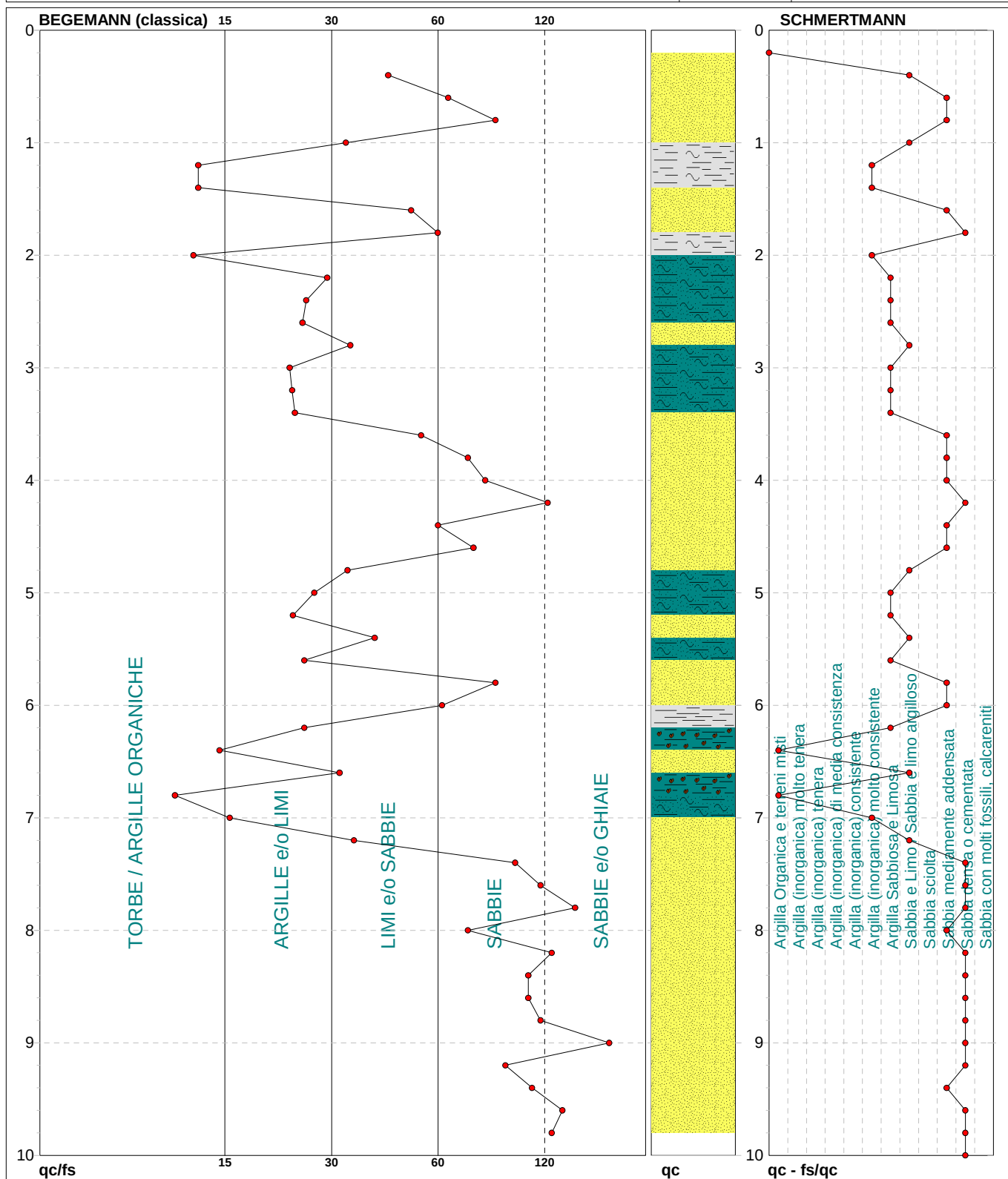
 U.M.: **MPa**

 Scala: **1:50**

 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data esec.: **10/10/2012**

 Falda: **-3,50 m**


Torbe / Argille org. :	6 punti, 12,24%	Argilla Organica e terreni misti:	2 punti, 4,08%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	10 punti, 20,41%
Argille e/o Limi :	11 punti, 22,45%	Argilla (inorganica) molto consist.:	4 punti, 8,16%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	7 punti, 14,29%
Limi e/o Sabbie :	13 punti, 26,53%			Sabbia mediamente addensata:	12 punti, 24,49%
Sabbie:	16 punti, 32,65%			Sabbia densa o cementata:	13 punti, 26,53%
Sabbie e/o Ghiaie :	3 punti, 6,12%				

nota:

FON025

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	1
	riferimento	142-2012

Committente:	Dott ssa VANNA MESSORA	U.M.:	MPa	Data eseg.:	10/10/2012
Cantiere:	CURTATONE DI MANTOVA	Pagina:	1		
Località:	CURTATONE DI MANTOVA	Elaborato:		Falda:	-3,50 m

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										
Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	øSc	øCa	øKo	øDB	øDM	øMe	F.L.	E'50	E'25	Mo
m	U.M.			t/m³	kPa	m/s	kPa	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)		U.M.	U.M.	U.M.
0,20	--	--		1,85	3,6	154	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	7,4	111,9		1,85	7,3	202	--	--	--	--	--	100	43	44	42	39	45	32	2,00	12,3	18,4	22,1
0,60	7,4	56,4		1,85	10,9	202	--	--	--	--	--	100	43	42	40	37	45	32	2,00	12,3	18,4	22,1
0,80	13,7	105,3		1,85	14,5	244	--	--	--	--	--	100	43	44	41	39	45	36	2,00	22,9	34,3	41,2
1,00	11,8	71,9		1,85	18,1	231	--	--	--	--	--	100	43	42	39	37	45	35	2,00	19,6	29,4	35,3
1,20	11,3	86,5		1,85	21,8	228	--	--	--	--	--	100	43	41	38	36	44	35	2,00	18,8	28,2	33,8
1,40	13,7	70,0		1,85	25,4	244	--	--	--	--	--	100	43	41	39	36	44	36	2,00	22,9	34,3	41,2
1,60	14,7	56,2		1,85	29,0	250	--	--	--	--	--	100	43	41	38	36	44	36	2,00	24,5	36,8	44,1
1,80	14,7	75,0		1,85	32,6	250	--	--	--	--	--	100	43	40	38	35	43	36	2,00	24,5	36,8	44,1
2,00	12,7	85,0		1,85	36,3	237	--	--	--	--	--	100	43	39	36	34	42	35	2,00	21,2	31,9	38,2
2,20	8,0	61,7		1,85	39,9	206	--	--	--	--	--	87	42	36	33	31	40	33	2,00	13,4	20,1	24,1
2,40	2,0	8,6		1,85	43,5	167	78,4	13,1	13,3	20,0	5,9	36	36	29	26	24	33	27	--	3,3	4,9	5,9
2,60	3,9	23,1		1,85	47,1	180	130,7	22,5	22,2	33,3	11,8	58	38	32	29	27	36	30	--	6,5	9,8	11,8
2,80	3,1	19,2		1,85	50,8	174	104,5	15,5	17,8	26,7	9,4	49	37	30	27	26	34	29	--	5,2	7,8	9,4
3,00	2,3	17,3		1,85	54,4	169	85,1	11,0	14,5	21,7	6,8	36	36	28	25	24	32	28	--	3,8	5,6	6,8
3,20	2,5	20,5		1,85	58,0	171	91,0	11,0	15,5	23,2	7,6	38	36	29	25	24	32	28	--	4,2	6,4	7,6
3,40	1,9	15,8		1,85	61,6	166	76,0	8,2	14,7	22,1	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	2,5	18,8		0,94	63,5	170	89,1	9,6	15,3	22,9	7,4	35	35	28	25	23	32	28	--	4,1	6,1	7,4
3,80	2,4	30,0		0,94	65,3	169	87,1	9,0	15,5	23,2	7,1	33	35	28	24	23	31	28	--	3,9	5,9	7,1
4,00	4,3	38,9		0,91	67,1	182	--	--	--	--	--	53	38	30	27	26	35	31	--	7,2	10,8	12,9
4,20	6,4	22,6		1,02	69,1	196	212,3	25,5	36,1	54,1	19,1	66	39	32	29	27	37	32	--	10,6	15,9	19,1
4,40	5,1	27,8		1,01	71,1	187	169,9	18,7	28,9	43,3	15,3	57	38	31	28	26	35	31	--	8,5	12,7	15,3
4,60	5,5	42,1		0,93	72,9	190	--	--	--	--	--	59	38	31	28	26	35	31	--	9,1	13,7	16,5
4,80	9,8	57,8		1,00	74,9	218	--	--	--	--	--	79	41	34	31	29	38	34	--	16,3	24,5	29,4
5,00	2,9	30,0		0,96	76,7	173	98,0	8,5	18,2	27,3	8,8	37	36	28	25	23	32	29	--	4,9	7,4	8,8
5,20	9,8	59,9		1,00	78,7	218	--	--	--	--	--	77	41	34	31	29	38	34	--	16,3	24,5	29,4
5,40	8,8	90,0		0,98	80,6	212	--	--	--	--	--	73	40	33	30	28	37	33	--	14,7	22,1	26,5
5,60	7,4	56,4		0,96	82,5	202	--	--	--	--	--	66	39	32	29	27	36	32	--	12,3	18,4	22,1
5,80	7,4	86,2		0,96	84,4	202	--	--	--	--	--	66	39	32	29	27	36	32	--	12,3	18,4	22,1
6,00	7,2	43,7		0,96	86,3	201	--	--	--	--	--	64	39	32	29	27	36	32	--	11,9	17,9	21,5
6,20	2,0	29,9		0,93	88,1	167	78,4	5,4	23,9	35,9	5,9	19	34	25	22	21	29	27	--	3,3	4,9	5,9
6,40	2,4	40,0		0,86	89,8	169	--	--	--	--	--	25	34	26	23	21	29	28	--	3,9	5,9	7,1
6,60	2,4	24,0		0,94	91,6	169	87,1	5,9	24,4	36,6	7,1	25	34	26	23	21	29	28	--	3,9	5,9	7,1
6,80	3,4	52,2		0,89	93,3	176	--	--	--	--	--	37	36	28	25	23	31	29	--	5,7	8,6	10,3
7,00	3,4	26,3		0,98	95,3	176	114,3	7,9	23,0	34,4	10,3	37	36	28	24	23	31	29	--	5,7	8,6	10,3
7,20	11,8	90,2		1,03	97,3	231	--	--	--	--	--	78	41	34	31	29	38	35	--	19,6	29,4	35,3
7,40	12,7	77,8		1,05	99,3	237	--	--	--	--	--	81	41	34	31	29	38	35	--	21,2	31,9	38,2
7,60	12,7	77,8		1,05	101,4	237	--	--	--	--	--	80	41	34	31	29	38	35	--	21,2	31,9	38,2
7,80	14,7	64,4		1,08	103,5	250	--	--	--	--	--	85	41	34	32	29	39	36	--	24,5	36,8	44,1
8,00	14,7	75,0		1,08	105,6	250	--	--	--	--	--	84	41	34	31	29	39	36	--	24,5	36,8	44,1
8,20	9,8	75,2		1,00	107,6	218	--	--	--	--	--	70	40	32	29	27	36	34	--	16,3	24,5	29,4
8,40	12,7	97,7		1,05	109,6	237	--	--	--	--	--	78	41	33	31	29	38	35	--	21,2	31,9	38,2
8,60	11,8	90,2		1,03	111,6	231	--	--	--	--	--	75	40	33	30	28	37	35	--	19,6	29,4	35,3
8,80	12,7	97,7		1,05	113,7	237	--	--	--	--	--	77	41	33	30	28	38	35	--	21,2	31,9	38,2
9,00	15,7	120,3		1,09	115,8	256	--	--	--	--	--	84	41	34	31	29	38	36	--	26,1	39,2	47,0
9,20	13,7	83,8		1,06	117,9	244	--	--	--	--	--	79	41	33	31	29	38	36	--	22,9	34,3	41,2
9,40	11,8	90,2		1,03	119,9	231	--	--	--	--	--	73	40	33	30	28	37	35	--	19,6	29,4	35,3
9,60	11,8	90,2		1,03	121,9	231	--	--	--	--	--	73	40	32	30	28	37	35	--	19,6	29,4	35,3
9,80	12,7	77,8		1,05	124,0	237	--	--	--	--	--	75	40	33	30	28	37	35	--	21,2	31,9	38,2
10,00	14,7	--		1,08	126,1	250	--	--	--	--	--	80	41	33	31	29	38	36	--	24,5	36,8	44,1

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	2
	riferimento	142-2012

Committente: Dott ssa VANNA MESSORA	U.M.: MPa	Data esec.: 10/10/2012
Cantiere: CURTATONE DI MANTOVA	Pagina: 1	
Località: CURTATONE DI MANTOVA	Elaborato:	Falda: -3,50 m

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	σ_{Sc} (°)	σ_{Ca} (°)	σ_{Ko} (°)	σ_{DB} (°)	σ_{DM} (°)	σ_{Me} (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
0,20	--	--		1,85	3,6	154	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	4,9	41,7		1,85	7,3	186	--	--	--	--	--	100	43	42	40	37	45	31	2,00	8,2	12,3	14,7	
0,60	5,9	60,0		1,85	10,9	192	--	--	--	--	--	100	43	41	39	36	44	32	2,00	9,8	14,7	17,6	
0,80	7,8	80,0		1,85	14,5	205	--	--	--	--	--	100	43	41	39	36	44	33	2,00	13,1	19,6	23,5	
1,00	7,4	32,2		1,85	18,1	202	--	--	--	--	--	100	43	40	37	34	43	32	2,00	12,3	18,4	22,1	
1,20	3,4	13,1		1,85	21,8	176	114,3	50,0	19,4	29,2	10,3	73	40	35	32	30	39	29	--	5,7	8,6	10,3	
1,40	3,4	13,1		1,85	25,4	176	114,3	41,2	19,4	29,2	10,3	69	40	34	31	29	38	29	--	5,7	8,6	10,3	
1,60	7,8	47,9		1,85	29,0	205	--	--	--	--	--	94	43	38	35	33	41	33	2,00	13,1	19,6	23,5	
1,80	11,8	56,3		1,85	32,6	231	--	--	--	--	--	100	43	39	36	34	43	35	2,00	19,6	29,4	35,3	
2,00	2,7	12,7		1,85	36,3	172	94,6	20,8	16,1	24,1	8,2	52	38	31	28	26	35	28	--	4,6	6,9	8,2	
2,20	2,5	28,7		1,85	39,9	170	89,1	17,1	15,1	22,7	7,4	46	37	30	27	26	34	28	--	4,1	6,1	7,4	
2,40	2,2	25,3		1,85	43,5	168	82,9	14,1	14,1	21,1	6,5	40	36	29	26	24	33	28	--	3,6	5,4	6,5	
2,60	2,3	24,7		1,85	47,1	169	85,1	13,1	14,5	21,7	6,8	39	36	29	26	24	33	28	--	3,8	5,6	6,8	
2,80	4,3	33,1		1,85	50,8	182	--	--	--	--	--	60	38	32	29	27	36	31	2,00	7,2	10,8	12,9	
3,00	3,4	22,9		1,85	54,4	176	114,3	15,9	19,4	29,2	10,3	50	37	30	27	26	34	29	--	5,7	8,6	10,3	
3,20	6,1	23,2		1,85	58,0	194	202,5	30,0	34,4	51,6	18,2	68	39	33	30	28	37	32	--	10,1	15,2	18,2	
3,40	5,4	23,6		1,85	61,6	189	179,7	23,9	30,5	45,8	16,2	63	39	32	29	27	36	31	--	9,0	13,5	16,2	
3,60	8,3	50,9		0,98	63,6	208	--	--	--	--	--	77	40	34	31	29	38	33	--	13,9	20,8	25,0	
3,80	8,8	67,7		0,98	65,5	212	--	--	--	--	--	78	41	34	31	29	38	33	--	14,7	22,1	26,5	
4,00	9,8	75,2		1,00	67,4	218	--	--	--	--	--	81	41	34	32	30	39	34	--	16,3	24,5	29,4	
4,20	10,8	110,0		1,02	69,4	224	--	--	--	--	--	84	41	35	32	30	39	34	--	18,0	27,0	32,3	
4,40	7,4	56,4		0,96	71,3	202	--	--	--	--	--	70	40	33	30	28	37	32	--	12,3	18,4	22,1	
4,60	6,9	70,0		0,95	73,2	199	--	--	--	--	--	67	39	32	29	28	37	32	--	11,4	17,2	20,6	
4,80	6,4	32,5		0,94	75,0	196	--	--	--	--	--	64	39	32	29	27	36	32	--	10,6	15,9	19,1	
5,00	2,9	26,5		0,96	76,9	173	98,0	8,5	18,3	27,4	8,8	37	36	28	25	23	32	29	--	4,9	7,4	8,8	
5,20	2,7	23,3		0,96	78,8	172	94,6	7,9	19,0	28,5	8,2	34	35	27	24	23	31	28	--	4,6	6,9	8,2	
5,40	2,7	38,4		0,87	80,5	172	--	--	--	--	--	33	35	27	24	23	31	28	--	4,6	6,9	8,2	
5,60	2,5	25,0		0,94	82,3	170	89,1	6,9	20,7	31,1	7,4	29	35	27	23	22	30	28	--	4,1	6,1	7,4	
5,80	7,8	80,0		0,97	84,2	205	--	--	--	--	--	68	39	32	29	27	37	33	--	13,1	19,6	23,5	
6,00	8,3	57,8		0,98	86,1	208	--	--	--	--	--	70	40	32	30	28	37	33	--	13,9	20,8	25,0	
6,20	2,0	25,0		0,93	87,9	167	78,4	5,4	23,9	35,8	5,9	19	34	25	22	21	29	27	--	3,3	4,9	5,9	
6,40	1,0	14,9		0,90	89,7	160	49,0	2,9	24,4	36,6	3,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,60	3,4	31,0		0,89	91,4	176	--	--	--	--	--	38	36	28	25	23	32	29	--	5,7	8,6	10,3	
6,80	1,9	11,4		0,99	93,4	166	76,0	4,9	25,9	38,8	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,00	3,6	15,9		0,99	95,3	178	120,9	8,4	22,6	34,0	10,9	38	36	28	25	23	32	30	--	6,0	9,1	10,9	
7,20	4,4	33,8		0,91	97,1	183	--	--	--	--	--	45	37	29	26	24	33	31	--	7,4	11,0	13,2	
7,40	11,8	90,2		1,03	99,1	231	--	--	--	--	--	78	41	33	31	29	38	35	--	19,6	29,4	35,3	
7,60	13,7	105,3		1,06	101,2	244	--	--	--	--	--	83	41	34	31	29	39	36	--	22,9	34,3	41,2	
7,80	12,7	130,0		1,05	103,3	237	--	--	--	--	--	80	41	34	31	29	38	35	--	21,2	31,9	38,2	
8,00	8,8	67,7		0,98	105,2	212	--	--	--	--	--	67	39	32	29	27	36	33	--	14,7	22,1	26,5	
8,20	14,7	112,8		1,08	107,3	250	--	--	--	--	--	84	41	34	31	29	39	36	--	24,5	36,8	44,1	
8,40	12,7	97,7		1,05	109,3	237	--	--	--	--	--	78	41	33	31	29	38	35	--	21,2	31,9	38,2	
8,60	12,7	97,7		1,05	111,4	237	--	--	--	--	--	78	41	33	30	28	38	35	--	21,2	31,9	38,2	
8,80	13,7	105,3		1,06	113,5	244	--	--	--	--	--	80	41	34	31	29	38	36	--	22,9	34,3	41,2	
9,00	15,7	160,0		1,09	115,6	256	--	--	--	--	--	84	41	34	31	29	39	36	--	26,1	39,2	47,0	
9,20	16,7	85,0		1,11	117,8	263	--	--	--	--	--	86	42	34	32	29	39	37	--	27,8	41,7	50,0	
9,40	9,8	100,0		1,00	119,7	218	--	--	--	--	--	67	39	32	29	27	36	34	--	16,3	24,5	29,4	
9,60	15,7	120,3		1,09	121,9	256	--	--	--	--	--	83	41	34	31	29	38	36	--	26,1	39,2	47,0	
9,80	14,7	112,8		1,08	124,0	250	--	--	--	--	--	80	41	33	31	29	38	36	--	24,5	36,8	44,1	
10,00	13,7	--		1,06	126,0	244	--	--	--	--	--	77	41	33	30	28	37	36	--	22,9	34,3	41,2	