

Piano Operativo Comunale Unione Bassa Romagna

RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA

ADOTTATO Delibera di C.C. n. _____ del _____
 APPROVATO Delibera di C.C. n. _____ del _____
 PUBBLICATO BUR n. _____ del _____

Sindaco del Comune di Fusignano

Nicola Pasi

Assessore competente

Andrea Minguzzi

Segretario Comunale

Marco Mordenti

Responsabile Unico del Procedimento

Gabriele Montanari

Redattore Geologica

Oberdan Drapelli





Responsabile dell' Area Territorio

Marco Mordenti

Tecnico di riferimento Comune di Fusignano

Silvia Didoni

Nucleo di progettazione e collaboratori tecnico amministrativi

Luca Baccarelli

Laura Dalpiaz

Silvia Didoni

Mirella Lama

Gabriele Montanari

Pamela Ricci Maccarini

Hanno contribuito alla redazione del POC

Segretario Unione

Marco Mordenti

Servizio Comunicazione Unione

Mariangela Baroni

Servizio Appalti e Contratti

Biffi Elide

Cenni Giancarla

LABORATORIO TECNOLOGICO

di POLLINI ADOLFO

CONSULTING – GEOTECNICA - CERTIFICAZIONI

VIA DEI LOMBARDI 13 - 48024 MASSA LOMBARDA - RA – Cell: 348 3581588 Tel. 0545 81660

Email: adolfopollini@yahoo.com

P. I.V.A. 02449120399

Cod. Fisc. PLLDLF55L02F0229I

RELAZIONE GEOLOGICA-TECNICA

(CON PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA)

COMUNE DI FUSIGNANO - RA -

PROGETTO : PROGETTO DI PIANO PARTICOLAREGGIATO DI
INIZIATIVA PRIVATA (P.P.I.P.) SITO IN FUSIGNANO VIA GARIBALDI-
VIA LACCHINI.

COMMITTENTE: PARROCCHIA DI S. GIOVANNI BATTISTA
VIA VIOLA N° 6
48010 FUSIGNANO

Lugo, APRILE 2013



INDICE

1) GENERALITA'	2
1.1) RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI.....	3
2) MODELLO GEOLOGICO.....	7
2.1) GEOLOGIA LOCALE.....	10
2.2) SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (AES).....	11
2.3) - SUBSINTEMA DI RAVENNA (AES8)	12
3) IDROGEOLOGIA LOCALE	15
3.1) ESECUZIONE DI CASSE DI LAMINAZIONE	18
4) INDAGINI ESEGUITE E STRUMENTAZIONE TECNICA.....	18
4.1) STRATIGRAFIA DEL TERRENO	22
5) MODELLO GEOTECNICO	22
5.1) CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI E.....	22
5.2)VERIFICA DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI.....	24
5.3) SCELTA DELL' APPROCCIO DI PROGETTO	25
5.4) DETERMINAZIONE DEL VALORE DI PROGETTO DELLE AZIONI.....	26
5.5) STATO LIMITE ULTIMO-STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLU-SLE)	26
5.6) PREVISIONE DEGLI ASSESTAMENTI	29
7) CENNI SULLA SISMICITA' DELL' AREA	30
7.1) MISURE DIGITALI DEL RUMORE SISMICO ESEGUITE CON IL "TROMINO" – SASW-MASW	31
7.2) FATTORI DI AMPLIFICAZIONE	33
8) CONCLUSIONI	37

1) GENERALITA'

La presente relazione, viene richiesta dalla committenza per la realizzazione di piano particolareggiato di iniziativa privata per da realizzarsi in Fusignano; il lotto in esame si trova nella porzione di pianura romagnola situata nella zona centrale dell'abitato di Fusignano e si trova compresa tra la via Garibaldi e la via Lacchini. Per la redazione della relazione ci si è basati sull'analisi estesa ad un adeguato intorno degli aspetti geomorfologici, litologici, e idrologici in modo da caratterizzare l'area nel suo insieme in quanto rivestono particolare importanza ai fini della eventuale futura edificazione. Una volta definiti gli obiettivi dell'indagine, si e' proceduto alla raccolta dei dati esistenti in bibliografia ed ai sopralluoghi di campagna. Per meglio caratterizzare la natura dei terreni e' sono realizzate n° 6 prove penetrometriche statiche eseguite con punta meccanica (cpt) spinte fino alla profondità di 30/15 m ciascuna dal p.c in modo da acquisire i parametri litologici e geotecnici necessari a verificare idoneità di massima. Per la classificazione sismica dell'area si è provveduto a realizzare una indagine geofisica mediante la realizzazione di 1 masw integrate al tromino digitale; tale indagine è stata realizzata dalla ditta Evia di Bologna le cui relazioni sono in calce allegate.

Il Comune di Fusignano è inserito nel Foglio 222 della Carta geologica d'Italia al 50.000. L'analisi del Foglio 222 è stata affrontata con l'obiettivo di ricostruire l'asset-to tridimensionale dei depositi della pianura e di rappresentarlo tramite la carta geologica di superficie (Carta Geologica sensu stricto), la carta di sottosuolo e numerose sezioni geologiche realizzate con diversi gradi di dettaglio (Foglio Allegato alla Carta Geologica - Geologia di Sottosuolo).

1.1) RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

- A.G.I. Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini Giugno 1977
- UNI Ente Nazionale Italiano di unificazione
- D.M. 11.03.88
- Circ. LL.PP. 24.09.88 n. 30483
- D.M. 09.01.96 circ. n°218/24/3
- Circ. ministero LL.PP.del 10/04/97 di cui al DM 16/01/96 norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- DPR 380/01 – Testo unico dell’edilizia
- L.R. n°20/2000 - Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio
- L.R. n°31/2002 Disciplina generale dell'edilizia
- O.P.C.M. n°3274 del 20/03/2003 normative tecniche per le costruzioni in zona sismica e successive modifiche.
- D.M. del 14.09.2005 “Norme Tecniche per le Costruzioni” e successive modifiche
- D.M. del 14.01.2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni” e successive modifiche.

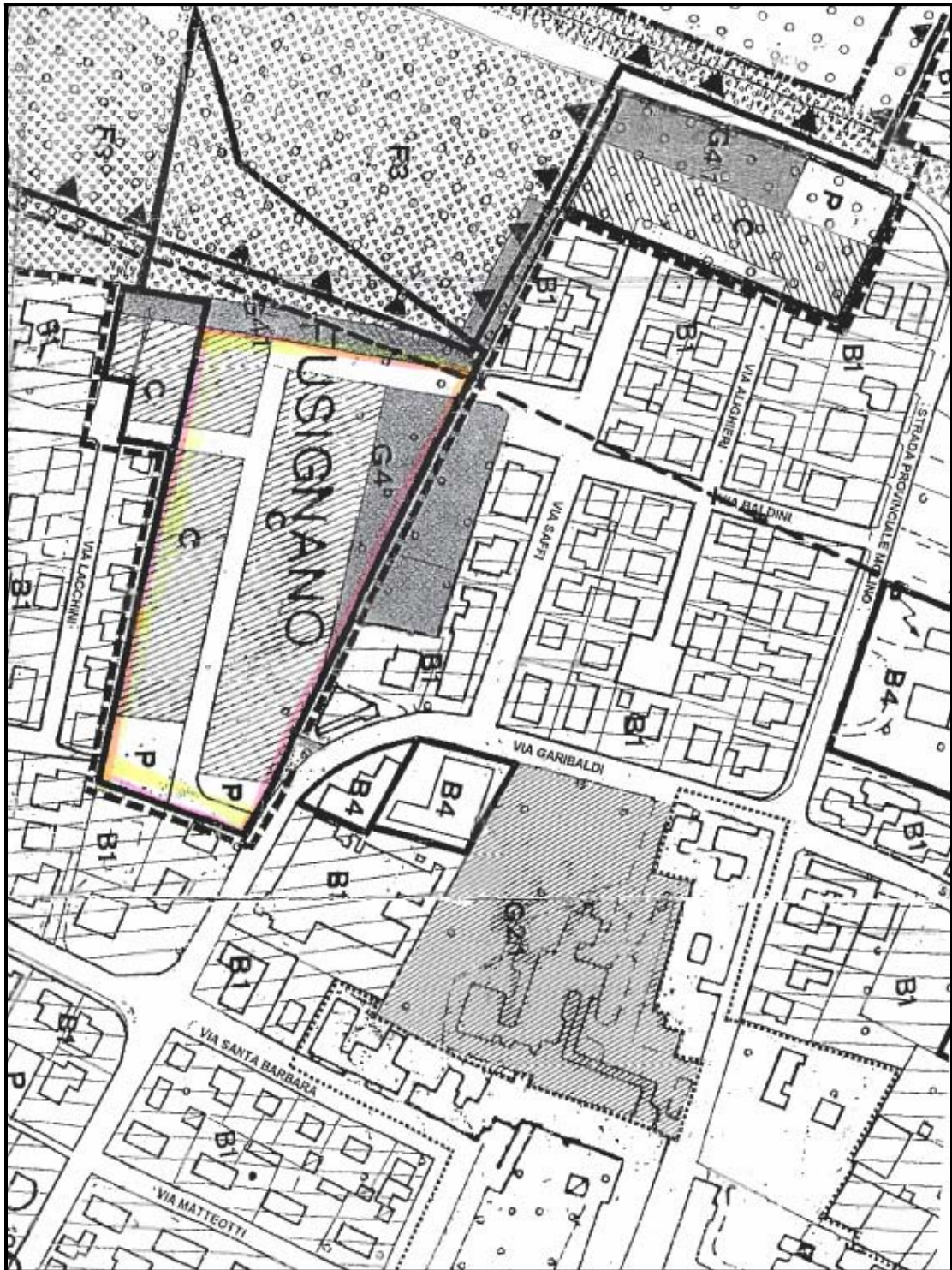


Figura 2: STRALCIO P.R.G.

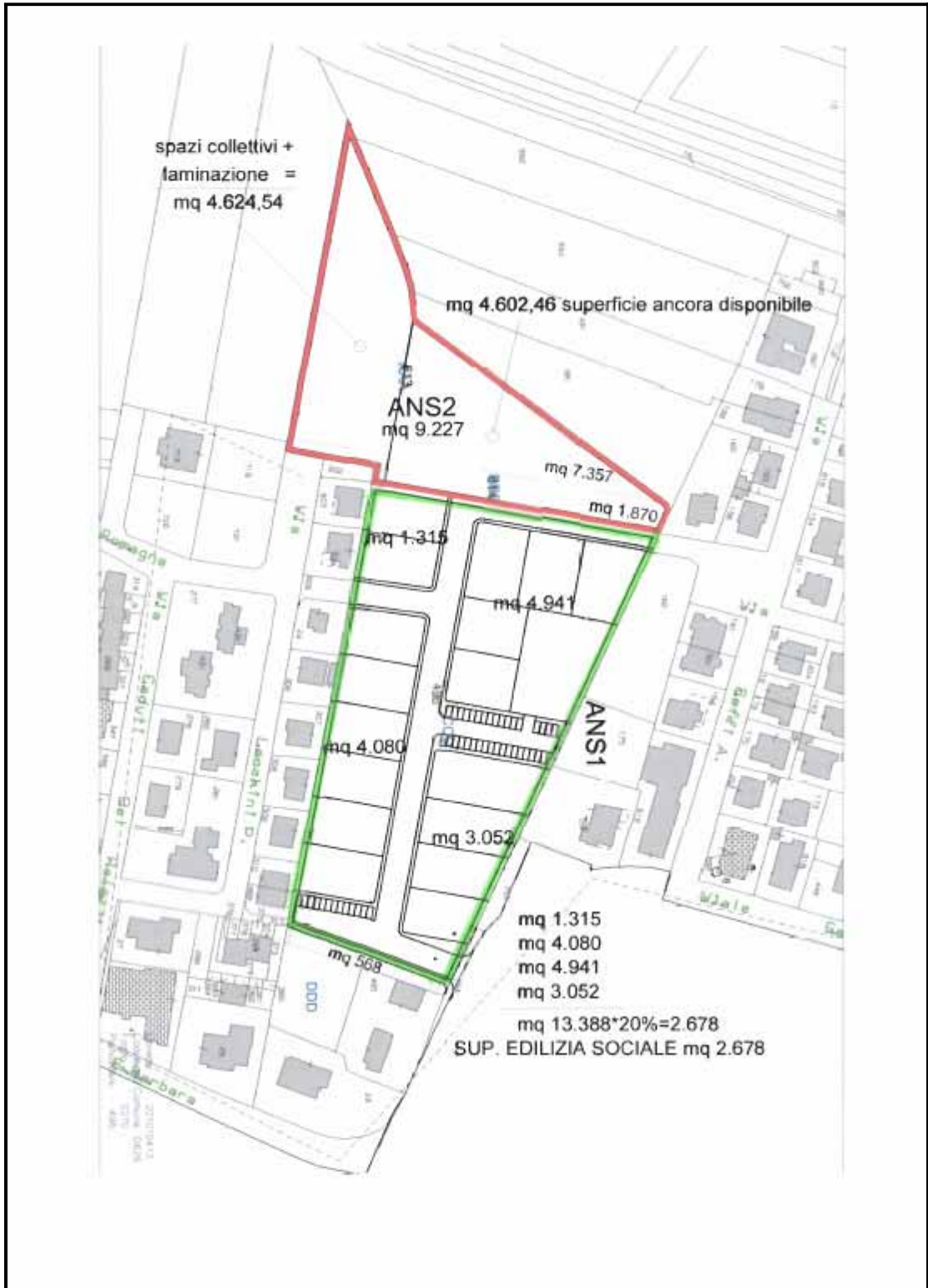


Fig. 3: planimetria catstale/progettuale

2) MODELLO GEOLOGICO

Il Comune di Fusignano è inserito nel Foglio 222 della Carta geologica d'Italia al 50.000. L'analisi del Foglio 222 è stata affrontata con l'obiettivo di ricostruire l'assetto tridimensionale dei depositi della pianura e di rappresentarlo tramite la carta geologica di superficie (Carta Geologica sensu stricto), la carta di sottosuolo e numerose sezioni geologiche realizzate con diversi gradi di dettaglio (Foglio Allegato alla Carta Geologica - Geologia di Sottosuolo). Per questo motivo il rilevamento geologico del Foglio è stato condotto attraverso l'analisi integrata di dati di superficie e di sottosuolo e, nell'ambito della Carta Geologica d'Italia, proprio la cartografia di sottosuolo qui prodotta costituisce un elemento di novità che viene considerato dai realizzatori del Foglio un importante strumento propedeutico per le analisi geologiche delle aree di pianura. Questo lavoro è stato realizzato grazie alla disponibilità di un archivio di dati stratigrafici: la banca dati geognostici, realizzata dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna. La banca dati, inoltre, è stata arricchita di nuove prove geognostiche, quali sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche e trivellate manuali, eseguite ad hoc durante il rilevamento del Foglio. Comprende un'area situata tra le province di Bologna e Ravenna (Fig. 4) e si estende dal settore compreso tra Imola e Lugo fino al territorio immediatamente a sud degli abitati di Molinella e Argenta e delle Valli di Comacchio. Questo territorio è caratterizzato da una superficie topografica piuttosto regolare che si immerge progressivamente verso NE fino a raggiungere il livello del mare; esso può essere distinto in due settori: un settore di alta pianura ed uno di bassa pianura. L'alta pianura si sviluppa a ridosso del margine appenninico ed è caratterizzata da quote comprese tra 50 e 10 m s.l.m., da gradienti relativamente elevati (circa 1 m di quota ogni 300 m) e da un reticolo idrografico generalmente inciso. Le quote topografiche più elevate si registrano nell'angolo di SO, a sud di Castel Guelfo, fino ad arrivare a nord all'allineamento Bagnacavallo-Lugo-Massa Lombarda-Buda. La bassa pianura è caratterizzata da quote inferiori (comprese tra 10 e -1 m s.l.m.), da gradienti bassi (circa 1 m di quota ogni 2 km) e da un reticolo idrografico non inciso, generalmente pensile. Nel margine

settentrionale del Foglio è tipicamente diffusa una morfologia valliva caratterizzata da ampie zone depresse (aree di intercanale e casse di espansione) separate da rilevati e dossi (argini e canali). In particolare, a nord degli abitati di S. Biagio e Filo e ad ovest di Longastrino (Foglio 223), si individuano aree topograficamente depresse che raggiungono quote di 1 m al di sotto del livello del mare. Tutta l'area in esame è occupata dai depositi di piana alluvionale tardo-qua-ternari della Pianura Padana mentre i depositi terrazzati di conoide del margine appenninico affiorano poco più a sud, nell'area di interesse del Foglio 239 e verso ovest nel Foglio 221 (Fig. 4). Il reticolo di corsi d'acqua è piuttosto fitto. I fiumi principali, che scorrono da SO verso NE, seguendo il gradiente topografico regionale, sono (da ovest) il T. Sillaro, il F. Santerno e il F. Senio. Nel margine NE del Foglio è presente, con andamento NO-SE quasi perpendicolare ai precedenti corsi d'acqua, un tratto artificializzato del F. Reno, nel quale confluiscono il T. Sillaro, in prossimità dell'abitato di S. Biagio, e il F. Santerno, a nord di Voltana. Questi corsi d'acqua sono alimentati da bacini idrografici montani relativamente poco estesi: quello del T. Sillaro è di c.a. 135 km², quello del F. Santerno è di c.a. 420 km² e quello del F. Senio è di c.a. 270 km². Nelle zone di alta pianura, limitatamente al margine di SO a sud di Castel Guelfo, il T. Sillaro è inciso nei depositi della pianura lungo scarpate di terrazzo di pochi metri. Nell'area restante i corsi d'acqua sono confinati entro argini, in gran parte artificiali, che diventano particolarmente elevati nel settore della bassa pianura dove il massimo dislivello argine-pianura raggiunge i 10 m. I corsi d'acqua secondari sono costituiti da una fitta rete di torrenti, fossi, scoli e canali di bonifica che drenano gran parte dell'area del Foglio, ma che si concentrano particolarmente nei quadranti settentrionali della bassa pianura.

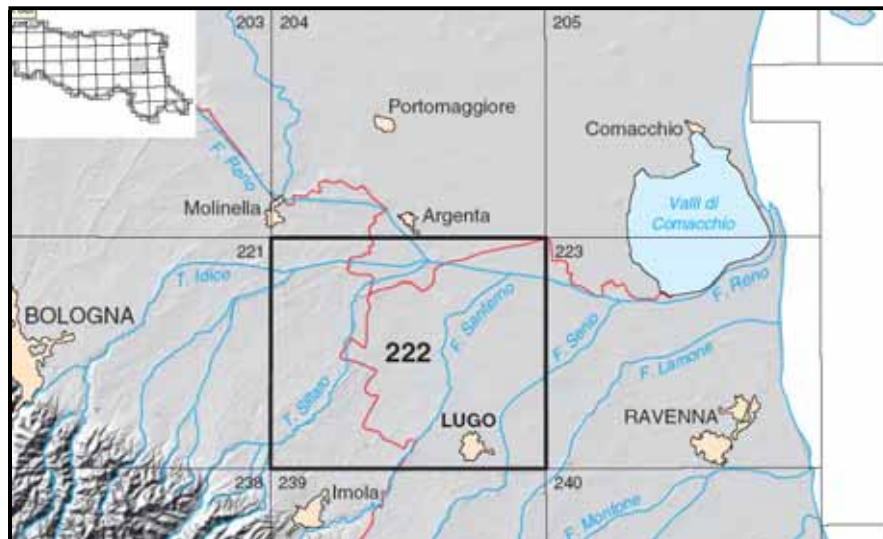


Figura 4: ubicazione del foglio 222

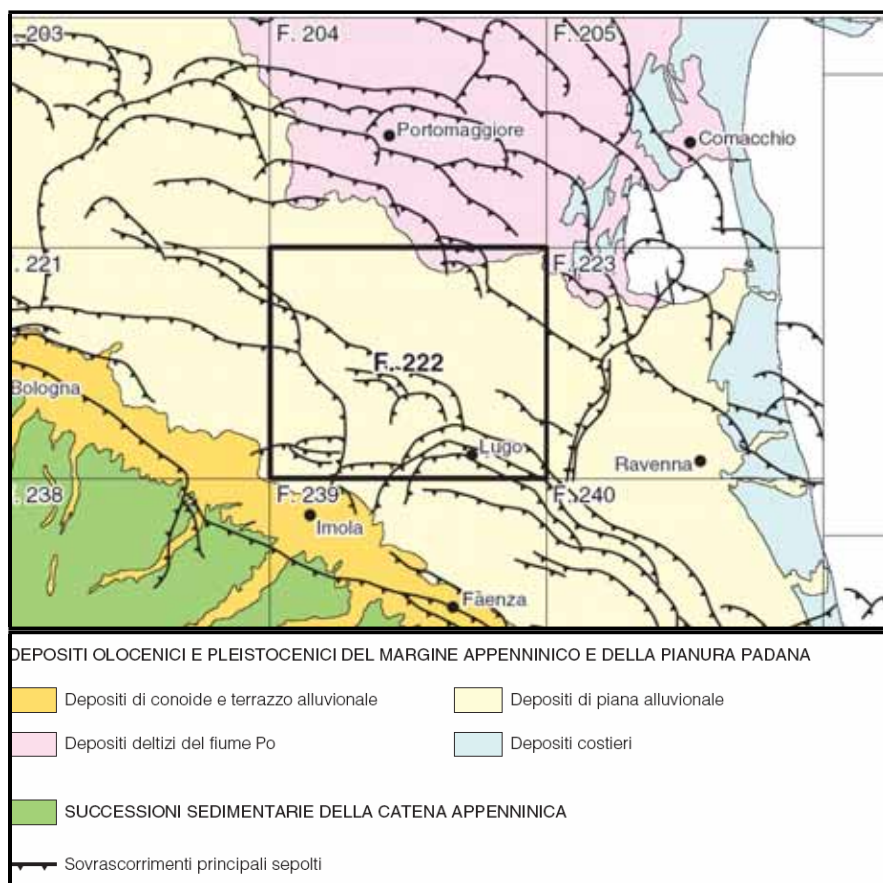


Figura 5: inquadramento geologico strutturale

2.1) GEOLOGIA LOCALE

Questo territorio della pianura, dista circa 30 chilometri dal margine collinare, dove affiorano le successioni sedimentarie marine che nella zona di Fusignano si trovano a grandissima profondità (circa un migliaio di metri) sotto la superficie topografica. Dalla parte opposta troviamo il mare ad una distanza di circa 20-25 chilometri, dall'attuale linea di costa. Nel sottosuolo i sedimenti Pliocenici e Quaternari ricoprono un substrato di età Miocenica, il quale risulta essere fortemente ripiegato e tettonizzato con strutture e successioni stratigrafiche molto simili a quelle rinvenibili nell'Appennino; il territorio comunale a tal proposito è situato sul fianco SO della "sinclinale romagnola", la quale è delimitata a SO dalla sinclinale di Cotignola e a NE dalla sinclinale di Alfonsine-Ravenna. Il substrato Miocenico è caratterizzato da una successione di pieghe anticlinali e sinclinali con vergenza NE ed andamento appenninico; è situato a profondità crescenti da un minimo di 1500 m ad un massimo di 4000 m. Al substrato miocenico si sovrappongono in giacitura trasgressiva e discordante le argille del Pliocene inferiore con intercalati frequenti livelli di sabbia. Questi terreni hanno spessore molto variabile essendo ridotti od addirittura mancanti al culmine delle anticlinali, mentre sono di spessore notevole nelle sinclinali. Ciò è conseguenza sia di emersione ed erosione nelle zone di anticlinale alla fine del Miocene e nel Pliocene inferiore, sia della subsidenza differenziata fra zone di anticlinali e di sinclinali. Gli strati del Pliocene inferiore sono ed interessati da fenomeni disgiuntivi simili a quelli che interessano il substrato miocenico, ma di minore intensità. Le formazioni più recenti, a partire dal Pliocene medio superiore, sono caratterizzate da deformazioni meno intense. I sedimenti del Pliocene medio superiore (argille marnose con intercalazioni di sabbie) sono trasgressivi sul Pliocene inferiore; lo spessore di questi sedimenti è condizionato dalla tettonica con uno spessore modesto (circa 100 m) sulle anticlinali ed uno spessore più rilevante nelle sinclinali (anche e oltre 1000 m).. L'influenza della tettonica si riduce e si attenua nel Quaternario; ai sedimenti del Pliocene superiore seguono con una certa continuità di sedimentazione le argille e argille limoso sabbiose tipiche del Calabriano, a sua volta seguite da sedimenti di ambiente marino litorale e salmastro consistenti in intercalazione di sabbie e di argille con banchi ricchi di macrofossili attribuibili al periodo post Calabriano (Emiliano, Siciliano e Milazziano). Seguono terreni prevalentemente di ambiente continentale (alluvioni argilloso limose con lenti sabbioso limose) a cui si intercalano livelli marini con depositi di ambiente litorale (sabbie di spiaggia e

duna) legate alle fasi interglaciali pleistoceniche, terminate le quali ha inizio il depositarsi di sedimenti continentali depositate durante la glaciazione Wurmiana. Il territorio del Comune, è stato raggiunto dal mare durante la trasgressione dell'Olocene; la linea di massima avanzata del mare, databile a circa 5000 anni fa, coincide circa con la S.S16 Adriatica che collega Ravenna a Ferrara. I sedimenti Olocenici nel territorio, sono rappresentati superficialmente da alluvioni argilloso limose con lenti sabbioso limose a cui si intercalano episodi lagunari argilloso limosi molli (circa normalconsolidati), a cui seguono strati sabbiosi, che rappresentano depositi di spiaggia o duna, alternati a livelli argilloso limosi molli fino a oltre i 20 metri di profondità. Nell'area in esame le quote rispetto al livello medio del mare, sono di circa 4-5 metri più alti rispetto a questo livello (dati dedotti dalla ctr). Il livello della falda nella zona è superficiale ed in certi periodi dell'anno può essere prossimo alla superficie topografica.

2.2) SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (AES)

Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) costituisce la porzione superiore del Supersintema Emiliano-Romagnolo. Nel Foglio 222 comprende tutti i depositi continentali affioranti che sono stati attraversati solo parzialmente dal sondaggio 222-S2 (Appendice 1), mentre sono stati attraversati per intero da due sondaggi del Foglio meridionale (239-S1 e 239-S10). In affioramento AES è costituito da depositi di pianura alluvionale ed, in parte, di piana deltizia. Nel sottosuolo sono più abbondanti i depositi di piana costiera. Il limite inferiore del sintema non affiora nel Foglio 222: nei Fogli immediatamente a sud è dato da un contatto erosivo e fortemente discordante sui depositi marini mio-pliocenici dell'Appennino e su IMO e corrisponde a quello dell'intero supersintema. Nel sottosuolo il limite inferiore è chiaramente espresso nel settore meridionale dove è dato da un contatto erosivo e discordante delle ghiaie di conoide alluvionale (AES) su depositi limosi, sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi fluviali e fluvio-deltizi (AEI; si veda in particolare Fig. 18). Verso NE tale limite si fa via via meno marcato da un punto di vista litologico, poiché mette a contatto i depositi fluvio-deltizi padani di AES con quelli di AEI ed è riconoscibile solo come superficie di avanzamento verso NE a scala regionale dei sistemi deposizionali più prossimali. Il limite superiore corrisponde all'attuale superficie topografica. La ciclicità sedimentaria.

2.3) - SUBSINTEMA DI RAVENNA (AES8)

Tutti i depositi quaternari affioranti nel Foglio 222 sono stati attribuiti a questo subsintema. Esso è attraversato per intero dalla gran parte delle indagini geognostiche della banca dati geologici trattandosi dell'unità affiorante e di spessore inferiore ad una trentina di metri, ed è pertanto l'unità meglio caratterizzata fra i depositi quaternari della pianura, per quanto riguarda sia la superficie sia il sottosuolo. La continuità fisica dei suoi depositi e delle superfici che la definiscono lungo tutta la pianura emiliano-romagnola orientale, la posizione stratigrafica e l'età hanno consentito di correlare questa unità con quella affiorante nell'area tipo (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 223 Ravenna, 2002). Nei settori intravallivi ed allo sbocco delle valli dei Fogli immediatamente a sud del Foglio 222 (es. Foglio 239) AES8 è dato da depositi fluviali organizzati in vari ordini di terrazzo, costituiti da ghiaie di canale fluviale ricoperte da traci-mazioni fluviali argillose, limose e sabbiose, variamente pedogenizzate. Questi depositi passano, nel settore di pianura alluvionale del Foglio 222, ad argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di tracimazione fluviale (piana inon-dabile, argine, rotta, ecc.) che dominano quasi tutta l'area in esame. Nel margine NE del Foglio questi depositi alluvionali passano ai depositi limoso-sabbiosi ed argillosi più meridionali dell'apparato deltizio del fiume Po. Il tetto del subsintema, che coincide con il piano topografico, presenta suoli con diverso grado di alterazione, i cui orizzonti superiori variano da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei, affiorano prevalentemente nel margine meridionale del Foglio. Essi hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro (Hue 10YR-2.5Y, Value 3-5, Chroma 2-4) ed uno spessore degli orizzonti decarbonatati da 0,5 ad 1 m. Al di sotto dell'orizzonte decarbonatato si sviluppano orizzonti ad accumulo di carbonato di calcio sotto forma di concrezioni o concentrazioni soffici (profilo A-Bw-Bk: Inceptisuolo).

Sulla base di quanto detto si possono riassumere i 2 principali elementi caratterizzanti AES8 in tutta l'area del Foglio:

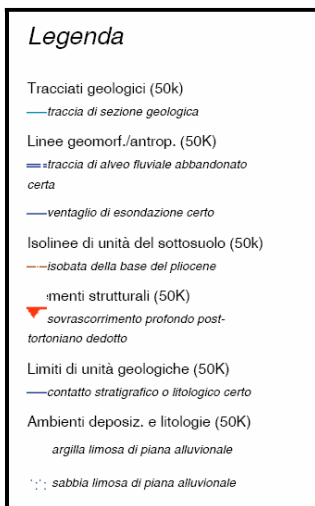
- 1) il limite inferiore è ben definito come contrasto di facies nel settore di alta pianura dove i primi depositi di AES8 sono caratterizzati da facies di piana alluvionale non drenata e palude e poggiano direttamente sui depositi di conoide alluvionale di AES7 e nel settore di pianura costiera dove i primi depositi di AES8 sono costituiti da depositi lagunari e marini e poggiano sui depositi fluviali di AES7. Nella porzione intermedia (settore centrale della pianura) il

limite è espresso in modo meno marcato, non corrisponde ad un netto cambio di ambiente, ed è riconoscibile solo per una generale tendenza al prevalere dei depositi fini di piana non drenata e palude sui depositi relativamente più grossolani di piana alluvionale sottostanti.

2) La porzione basale di AES8 è caratterizzata dalla frequente presenza di sedimenti ricchi di sostanza organica palustri e/o lagunari di natura trasgressiva che si accompagnano ad una generale disattivazione dei sistemi fluviali del ciclo sottostante ed ad un generale spostamento verso monte dei sistemi deposizionali.



Figura 6: carta geologica



3) IDROGEOLOGIA LOCALE

Le problematiche relative al presente lavoro richiedono la valutazione dell'assetto della falda freatica superficiale. L'area risulta essere in sinistra idrografica del fiume Senio, e dal punto di vista idrogeologico viene regolata dallo scolo dei Mulini di Lugo che lambisce la zona di indagine. Allo scopo di determinare la profondità del pelo libero e dell'andamento della falda, si è attinto a dati da bibliografia si sono misurati i livelli freaticometrici della zona mediante il ritrovamento e la relativa misurazione di alcuni pozzi rinvenuti nelle immediate vicinanze, nonché misurando il livello della falda nel foro rimasto aperto della prova penetrometrica eseguita. Sulla base dei valori misurati, riportati nella sottostante tabella sono state elaborate le carte tematiche. La carta delle isofreatiche costruita per interpolazione grafica fra i punti di misura, i valori non si discostano in modo sostanziale da quelli registrati in occasione delle massime di precipitazioni storiche avutosi nel finire degli anni '90. Sono state inoltre tracciate per interpolazione grafica le isobate, cioè le curve che uniscono i punti in cui la superficie freatica ha uguale profondità dalla superficie topografica. Questa direzione, abbastanza simile alla pendenza del terreno, fa supporre una situazione idrogeologica normale così dell'alimentazione come del deflusso, ed in ultima analisi, ad una sostanziale omogeneità delle caratteristiche fisiche del terreno; è comunque da segnalare che tale posizione è regolamentata dalla rete fognaria cittadina. Pur tenendo conto che il livello della falda freatica subisce inevitabili oscillazioni in rapporto alle mutevoli condizioni climatiche stagionali ed annuali, tuttavia, il modello strutturale della falda sembra ben delineato nei suoi principali aspetti. Diamo di seguito una tabella dei valori misurati riportando l'indicazione del numero convenzionale attribuito a ciascun pozzo, la relativa profondità della falda e la sua quota sul livello medio del mare. Il livello della falda è variabile e si attesta ad una profondità di circa - 0.40/0.90 m a seconda delle zone ed è soggetto a variazioni stagionali. Da segnalare che al momento dell'indagine in tutta la zona c'è stata un'ondata di maltempo con forti precipitazioni.

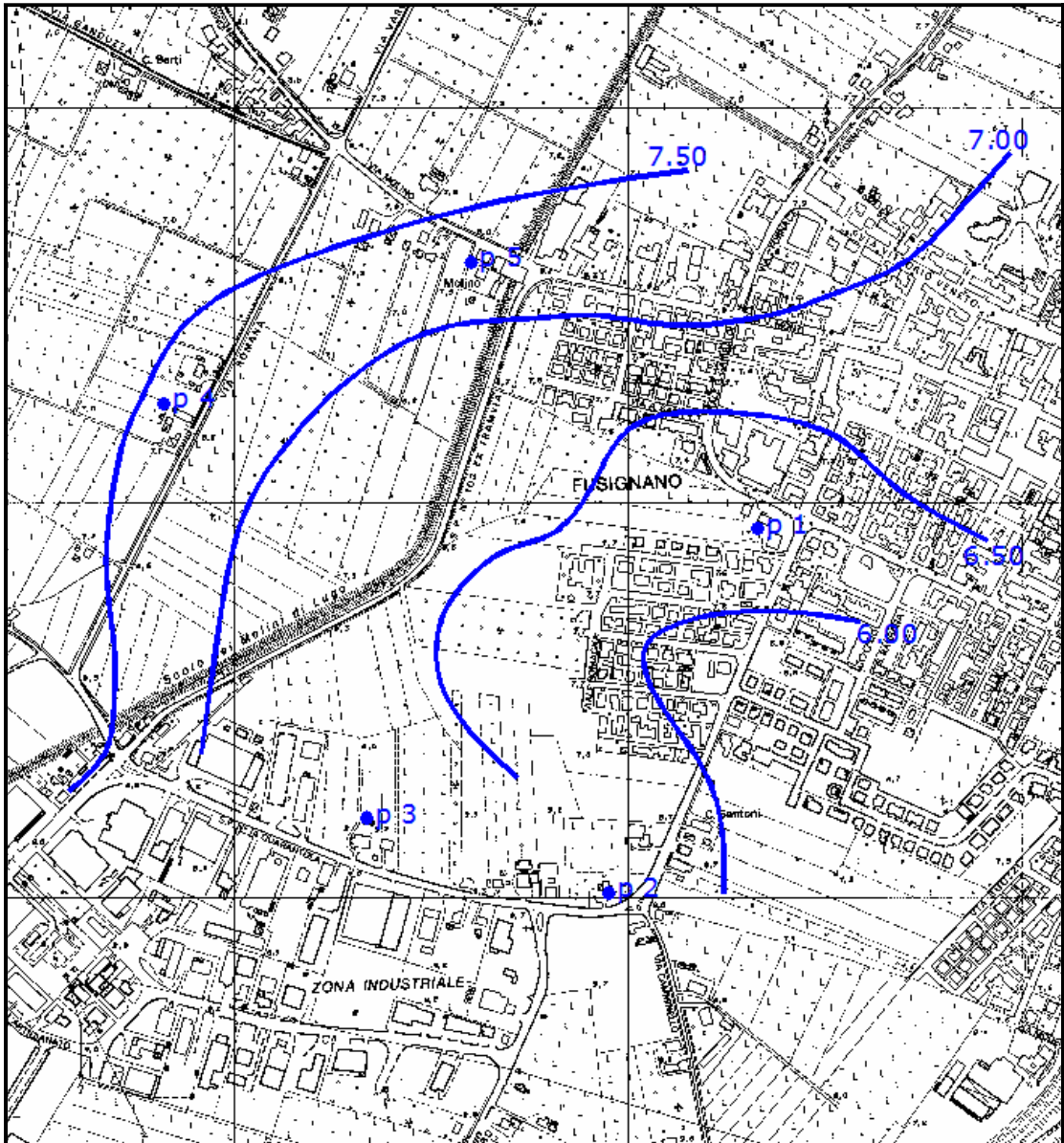


Figura 7 carta delle isofreatiche

3.1) ESECUZIONE DI CASSE DI LAMINAZIONE

Il piano di bacino del fiume Reno , di cui il sottobacino Senio fa parte , prevede all'art 20, per le zone soggette ad intervento urbanistico preventivo, l'invarianza idraulica dell'intervento di urbanizzazione mediante la realizzazione di vasche di laminazione nella misura di 500 mc per ha urbanizzato. Da esperienza maturata da codesto laboratorio e verificando numerosi sondaggi e prove penetrometriche nelle vicinanze, si può affermare che la permeabilità del terreno superficiale ha dato valori di circa $K=3.98 \cdot 10^{-8}$ cm/sec. L'area preposta per il bacino di laminazione, di un futuro insediamento pertanto, è da considerarsi impermeabile nel range di profondità di - 0.50 m - 1.00 m dal p.d.c. bene non superare tale profondità per non venire in contatto con la possibile risalita della falda freatica in periodi particolarmente piovosi. In fase di eventuale progettazione urbanistica occorrerà comunque valutare con precisione sia il punto preciso per la cassa di laminazione sia eseguire un maggiore numero di indagini atte ad una migliore caratterizzazione dei terreni; data la situazione si potrebbe optare per una vasca di laminazione interrata (in c.a.).

4) INDAGINI ESEGUITE E STRUMENTAZIONE TECNICA

Per la realizzazione e la stesura della relazione si è reso opportuno eseguire sei prove penetrometriche statiche spinte fino alla profondità di 15/30 metri. Le prove sono state eseguite al piano campagna che risulta essere mediamente più basso rispetto al piano stradale di circa 0.30/0.50 m. Le prove sono state eseguite con attrezzo Pagani da 20 tonnellate di spinta massima con punta meccanica (tipo Begemann). Si sono eseguite misure, ogni 20 cm di avanzamento, di resistenza alla punta locale (R_p) e misure di resistenza all'attrito laterale locale (R_f). Si è calcolato il rapporto R_p/R_f utile alla interpretazione stratigrafica. La prova penetrometrica statica CPT consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm / sec} \pm 0,5 \text{ cm / sec}$). La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta, opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica. La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale (punta / manicotto tipo "Begemann").

Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono $\varnothing = 35,7 \text{ mm}$
- area di punta conica $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo di apertura del cono $\alpha = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto..... $A_m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione.

Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture dei manometri, durante l'infissione dello strumento):

- **qc** (kg/cm²) = resistenza alla punta (conica)
- **fs** (kg/cm²) = resistenza laterale (manicotto)
- **Rt** (kg) = resistenza totale (aste esterne)

Oltre all'elaborazione dei **valori di resistenza** del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto Q_c / F_s fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di Q_c e del rapporto $FR = (F_s / Q_c) \%$ (Esperienze di Schmertmann 1978).

Per le caratteristiche sismiche si è effettuata 1 indagine Masw abbinate alla misura della H/V per la determinazione della Vs30. Tale indagine è stata effettuata dalla ditta Envia di Bologna.

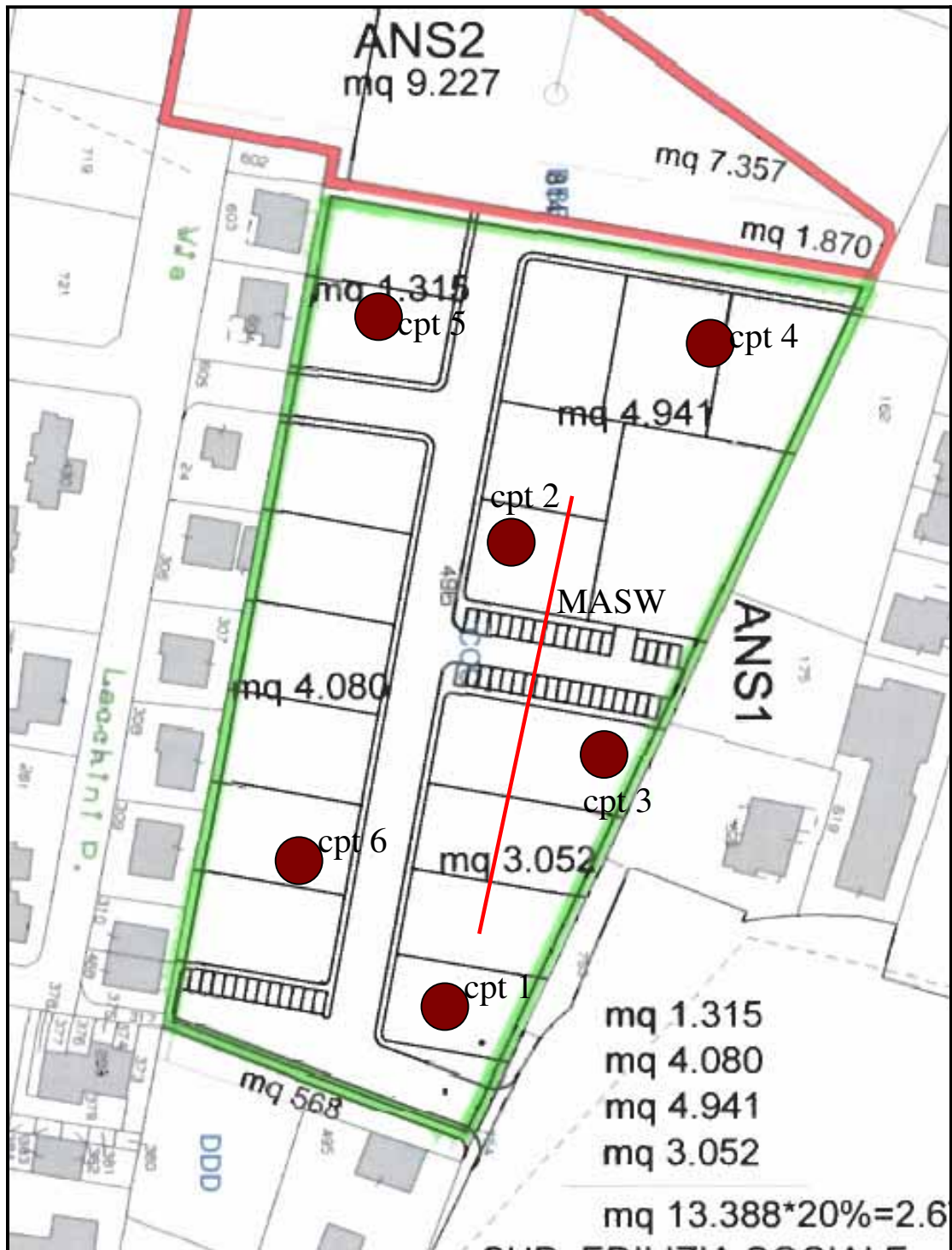


Figura 9 ubicazione delle prove in situ

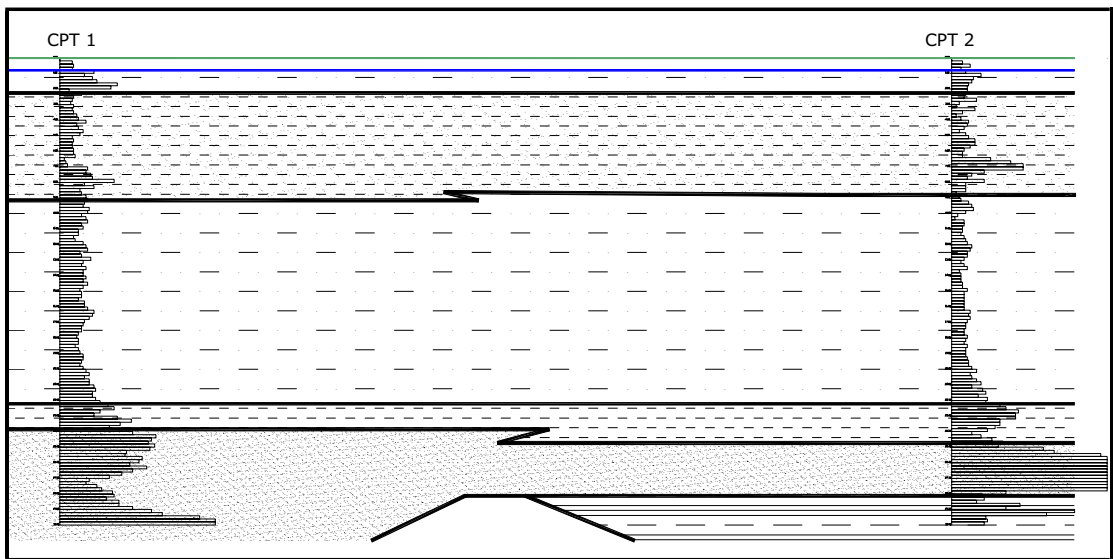
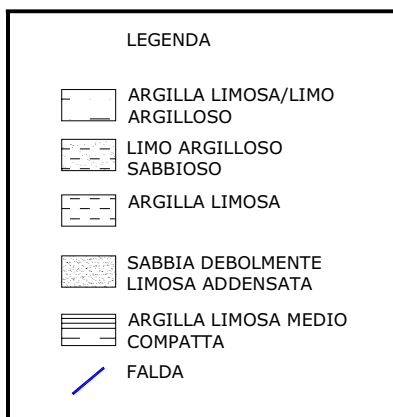


Figura 10 sezione geologica



4.1) STRATIGRAFIA DEL TERRENO

L'area in esame è costituita da sedimenti di chiara origine alluvionale con depositi generalmente fini o finissimi costituiti da alternanze di argille, argille limose intercalate da limi sabbiosi e sabbie. Questi terreni sono classificati nella Carta Geologica d'Italia come "alluvioni di pianura" e risalgono al Quaternario Continentale (Olocene).

Le indagini eseguite risultano sostanzialmente omogenee e le quote vengono riferite al p.c. attuale e nel complesso è possibile notare le seguenti unità litologiche:

1. 0.00 m a - 2.00 m circa: argilla limosa alternata a limo argilloso.
2. -2.00 m a - 9.00 m circa: limo argilloso con vene di limo sabbioso fittamente stratificato.
3. -9.00 m a - 22.00 m circa: alternanze di argilla limosa e limo argilloso.
4. -22.00 m a - 25.00 m circa: argilla limosa e limo argilloso.
5. -25.00 m a - 28.00 m circa: sabbia limosa da media a molto addensata.
6. -28.00 m a 30.00 m circa: argilla debolmente limosa mediamente compatta

Il livello della falda è variabile e si attesta ad una profondità di circa -0.70/1.00 m a seconda delle zone ed è soggetto a variazioni stagionali. Da segnalare che al momento dell'indagine in tutta la zona c'è stata un'ondata di maltempo con forti precipitazioni

5) MODELLO GEOTECNICO

5.1) CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI E

Sono stati calcolati i valori caratteristici X_k dei parametri del terreno, acquisiti attraverso le indagini geognostiche e alle conoscenze dell'area in esame. I valori caratteristici X_k si definiscono calcolando il 5° percentile della distribuzione media della serie di dati ottenuti dalle prove CPT.

Tale stima cautelativa indica un valore al di sotto del quale ci si può attendere che si collochi non più del 5% dei risultati ottenibili da una serie illimitata di prove, ossia al di sopra del quale troviamo il 95% dei valori della distribuzione media della serie di dati (coesione non drenata C_u e angolo d'attrito ϕ).

Successivamente applicando il fattore riduttivo γ_M , sono stati calcolati i valori di progetto della resistenza del terreno R_d .

I valori caratteristici sono:

- la coesione non drenata C_{uk} (per i terreni di natura coesiva)
- l'angolo di attrito interno efficace (per i terreni di natura granulare) ϕ_k

MEDIA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Prof.da m a m.	qc	qc/fs	$\gamma(t/mc)$	γ (t/mc)	ϕ_m	ϕ_k	Cum (kpa)	Cuk (kpa)	Ed Kg/cmq	Ey Kg/cmq	Ni
0.00-2.00	17.01	18.32	1.91	1.96	23	21	77	70	78	46	0.40
2.00-9.00	9.81	19.64	1.89	1.93	21	18	55	50	65	45	0.40
9.00-22.00	15.82	45.64	1.91	1.94	26.5	25.0	66	62	75	46	0.35
22.00-25.00	17.33	15.01	1.90	1.95	23	21	77	70	78	46	0.40
25.00-28.00	89.02	81.0	1.96	2.05	35	33	--	--	125	100	0.30
28.00-30.00	20.01	21.3	1.92	1.96	26	24	80	75	98	92	0.40

Dove:

- R_p = Resistenza media alla punta del penetrometro
 R_f = Rapporto stratigrafico R_p/F_s
 ϕ_m = Angolo di attrito medio
 ϕ_k = Angolo di attrito caratteristico
 c_{um} = Coesione in condizioni non drenata media
 c_{uk} = Coesione in condizioni non drenata caratteristica
 γ = Densità naturale del terreno
 m_v = Coefficiente di compressibilità volumetrica
 E_d = Modulo edometrico
 E_y = Modulo elastico (dedotto da tabelle programma Geo stru)

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative agli stati limite di esercizio (SLE), devono essere effettuate secondo le procedure illustrate nel D.M. del 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e successive modifiche. Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, mentre R_d è il valore di progetto della resistenza del terreno o del sistema geotecnico.

Queste verranno effettuate secondo la nuova normativa in fase di esecuzione dei singoli edifici che si andranno a realizzare facendo ben attenzione all'applicazione di tutti i parametri necessari per la realizzazione delle verifiche.

5.2) VERIFICA DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative agli stati limite di esercizio (SLE), devono essere effettuate secondo le procedure illustrate nel D.M. del 14.01.2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni” e successive modifiche. Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, mentre R_d è il valore di progetto della resistenza del terreno o del sistema geotecnico.

Il valore E_d si ricava dalla funzione

$$E_d = E \left[\gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad \text{ovvero} \quad E_d = \gamma_E \cdot E \left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

dove:

E_k = valore caratteristico dell'azione

F_k = azione caratteristica di progetto

X_k = parametro geotecnico caratteristico di progetto

a_d = geometria di progetto

γ_F = coefficiente parziale per le azioni

γ_E = coefficiente parziale per l'effetto delle azioni

γ_M = coefficiente parziale per il parametro geotecnico (coeff. di sicurezza)

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri di progetto X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d . L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come $E_d = E_k \cdot \gamma_E$.

Il valore R_d si ricava dalla funzione

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Nella formulazione della resistenza R_d , compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

5.3) SCELTA DELL'APPROCCIO DI PROGETTO

La verifica della suddetta condizione $E_d \leq R_d$ deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi. Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico; nell'approccio 2 si ha invece una sola combinazione.

Nella scelta dell'approccio di progetto bisogna tener conto che le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite (SLU di tipo geotecnico):

- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
- collasso per scorrimento sul piano di posa
- stabilità globale

Tabella 6.4.I (dell' NTC 2008) - *Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli SLU di fondazioni superficiali.*

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

5.4) DETERMINAZIONE DEL VALORE DI PROGETTO DELLE AZIONI

Il comune di FUSIGNANO (RA) ricade in Zona 2, ai sensi del OPCM 3274 del 20 marzo 2003 e successive variazioni, quindi la combinazione delle azioni da impiegare per la verifica agli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E è la seguente (v. § 2.5.3 dell' NTC 2008):

$$E + G1 + G2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \text{ (v. § 2.5.5 dell' NTC 2008)}$$

Dove:

- E sono le azioni derivanti da terremoti;
- G sono le azioni permanenti quali il peso proprio degli elementi strutturali e non, eventuali forze indotte dal terreno e forze risultanti dalla pressione dell'acqua;
- P è la pretensione o precompressione (se permanenti)
- Q azioni variabili nel tempo
- ψ rappresenta la durata percentuale relativa ai livelli di intensità dell'azione variabile (quasi permanente, frequente, raro).

Quanto detto fin ora dovrà essere usato per il calcolo e la verifica dello stato limite ultimo ed applicato ai valori di E_d fornito dal progettista assieme agli altri fattori riferiti alla struttura vera e propria (carichi tipo di fondazione ecc.) e decidendo quale tipo di approccio si intende intraprendere.

5.5) STATO LIMITE ULTIMO-STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLU-SLE)

Il progetto in esame consiste nella realizzazione di una nuova urbanizzazione a carattere prevalentemente residenziale. L'area in esame si trova ad una quota di circa -0.2/0.30 m più bassa rispetto al piano stradale sarà bene innalzare il piano di calpestio, con terreno di riporto, almeno fino al livello stradale onde evitare ristagni d'acqua piovana. Questo terreno è bene sia di idoneo materiale come ad esempio sabbietta da rilevati debitamente rullata e compattata. A titolo di primo orientamento si danno indicazioni sullo stato limite ultimo di una tipologia di fondazioni, ipotizzando una platea generica 10 x 10 impostata su di un rilevato di sabbia dello spessore di circa 0.30 m.

Per la determinazione della R_d si utilizzata la formula di Formula Brich-Hansen (EC 7 – EC 8). Affinché una fondazione possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (stato limite ultimo), deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza: $E_d \leq R_d$

Dove E_d è il carico di progetto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa; mentre R_d è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali , tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici. Nella valutazione analitica del carico limite di progetto R_d si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine.

IL CARICO LIMITE IN CONDIZIONI NON DRENATE E' CALCOLATO COME SEGUE:

Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$R/A' = (2 + \pi) c_u s_c i_c + q$$

Dove:

$A' = B' L'$ area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

c_u Coesione non drenata.

q pressione litostatica totale sul piano di posa.

s_c Fattore di forma

$s_c = 1 + 0,2 (B'/L')$ per fondazioni rettangolari

$s_c = 1,2$ Per fondazioni quadrate o circolari.

i_c Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H .

$$i_c = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - H/A'c_u} \right)$$

Fattori di forma

$s_q = 1 + (B'/L') \text{sen}\phi'$ per forma rettangolare

$s_q = 1 + \text{sen}\phi'$ per forma quadrata o circolare

$s_\gamma = 1 - 0,3(B'/L')$ per forma rettangolare

$s_\gamma = 0,7$ per forma quadrata o circolare

$s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1)$ per forma rettangolare, quadrata o circolare.

Il calcolo della stato limite ultimo viene effettuato sia in condizioni statiche (senza sisma) sia in condizioni dinamiche (con sisma)

Per modificare quanto sopra descritto con i parametri sismici, occorre inserire nella forma precedente i fattori correttivi .

FATTORI CORRETTIVI SISMICI

Per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma sulla determinazione del qlim vengono introdotti i fattori correttivi z:

$$z_q = \left(1 - \frac{k_o}{tg \phi}\right)^{0,35}$$

$$z_c = 1 - 0,32 \cdot k_o$$

$$z_\gamma = z_q$$

Dove K_o è il coefficiente sismico orizzontale.

Calcolo coefficienti sismici

Le NTC 2008 calcolano i coefficienti K_o e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = a_{max}/g$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

Dove:

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0,90 \leq S_S \leq 1,80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

ST (effetto di amplificazione topografica) per fondazioni in prossimità di pendii.

Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1 (ST = 1.0) T2 (ST = 1.20) T3(ST = 1.20) T4(ST = 1.40).

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$TR = -VR / \ln(1 - PVR)$$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

1: CONDIZIONI STATICHE/DINAMICHE

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Pressione limite 2.25/2.50 Kg/cm²

(si ricorda che questi valori vanno divisi per il coefficiente parziale R3 che per l'approccio 2 vale 2.3 come indicato Tabella 6.4.I (dell' NTC 2008)

5.6) PREVISIONE DEGLI ASSESTAMENTI

Si assumono come sovraccarichi applicati al terreno i valori di pressione ammissibile media sopra calcolati. Definendo i seguenti parametri [ΔP_n = incremento di carico dello strato n; mv_n = indice di compressibilità volumetrica dello strato n, dedotto da correlazioni empiriche con R_p (resistenza alla punta misurata con il penetrometro), dedotte da tabella ; H_n = spessore dello strato n; ΔS_n = cedimento dello strato n; $STOT$ = cedimento totale] ed applicandoli alla formula $\Delta S_n = \Delta P_n \times mv \times H_n$ si sono ottenuti i seguenti cedimenti.

TERRENI COESIVI		TORBOSI MOLTO COMPRIMIBILI		TERRENI GRANULARI	
Rp(kg/cm ²)	$\alpha = Mo/Rp$	umidità W %	$\alpha = Mo/Rp$	Rp(kg/cm ²)	$\alpha = Mo/Rp$
≤5	5.0	≤ %05	3.0	≤5	3
10	4.0	100%	1.5	100	3
15	3.3	200%	1.0	200	3

Sempre a titolo di primo orientamento si danno indicazioni per i cedimenti. Applicando come sovraccarico al terreno di appoggio una fondazione su platea impostata direttamente sullo strato di rilevato di circa 0.30 m che scarica una **pressione di esercizio** (secondo SLE) di circa 0.50 kg/cm² si sono ottenuti i seguenti cedimenti:

$$S_{TOT} = 3.50/4.00 \text{ cm}$$

7) CENNI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

La sismicità dell'area di costruzione viene regolata dal Decreto ministeriale 2008, recante "Norme tecniche per le costruzioni" – di seguito denominato "Decreto ministeriale". Il Decreto ministeriale detta la normativa tecnica nazionale per le costruzioni, di cui all'art. 54 del D.Lgs. n. 112/1998 e alle altre leggi citate nell'art. 1 dello stesso Decreto ministeriale. Per effetto dell'entrata in vigore del Decreto ministeriale cessa di avere efficacia (fatti salvi i profili indicati successivamente) la normativa tecnica dettata in via d'urgenza, per ragioni di pubblica incolumità, dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 maggio 2003 - di seguito denominata Ordinanza n. 3274/2003 - assunta nelle more dell'espletamento degli adempimenti che hanno portato all'approvazione del Decreto ministeriale. Inoltre la stessa Ordinanza fornisce in prima applicazione, sino alle deliberazioni delle Regioni, l'individuazione delle zone sismiche del territorio nazionale, indicando, in un apposito allegato, la **classificazione di ciascun Comune**. Questa prima classificazione costituiva il riferimento necessario per l'applicazione della normativa tecnica prevista dalla medesima Ordinanza.

Quindi anche il comune di Fusignano è entrato a far parte delle aree definite a "rischio sismico" e inserita in zona 2; la nuova classificazione sismica mette il territorio del comune di Fusignano in zona sismica 2 con accelerazione pari a 0.25 g.. La Regione Emilia Romagna ha emanato "L'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L. R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica". In queste linee di indirizzo si danno i valori di

accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}), per ogni comune della regione.

Per Fusignano si è data una accelerazione di 0.173.

Per quanto riguarda la categoria del suolo di fondazione, secondo la nuova normativa di legge, si inserisce tale suolo nella categoria “D” aventi una $V_{S30} < 180$ m/s che corrisponde ad un valore di $N_{spt} < 15$; $c_u < 70$ kPa.

Questo valore viene ricavato dall'indagine geofisica nelle immediate vicinanze che ha dato un valore di V_s pari a 172 m/sec.

Non è stato preso in considerazione il rischio liquefazione in quanto il terreno risulta essere in prevalenza coesivo e quindi non soggetto a tale fenomeno in caso di sisma.

Inoltre i livelli di limo sabbioso e sabbia limosa presenti hanno spessore limitato e troppo sottile (inferiori al metro) per essere interessati da questo fenomeno.

7.1) MISURE DIGITALI DEL RUMORE SISMICO ESEGUITE CON IL “TROMINO” – SASW-MASW

Dall'integrazione delle misure sismiche passive (Tromino) e attive (Masw) è possibile giungere alla valutazione dell'amplificazione sismica di risonanza del substrato di interesse e della V_{s30} . Il Tromino è uno strumento in grado di misurare i microtremori. Il tremore sismico, comunemente definito “rumore sismico”, esiste ovunque sulla superficie della terra. Esso è principalmente costituito da onde superficiali, ovvero da onde elastiche prodotte dall'interferenza costruttiva di onde P ed S che si propagano negli strati superficiali. Il rumore sismico è prodotto essenzialmente dal vento o dalle onde marine. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali. I microtremori sono solo 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 della velocità di queste ultime. Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo da rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le

componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoschi e Igaraschi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo. Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente facili da comprendere in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato. Considerando lo schema della figura sottostante in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (γ_1 e γ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2). Un'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizioni di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (γ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S è pari a:

$$f_r = \frac{V_{s1}}{4 \times H}$$

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi dello spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando la sopra riportata equazione. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) in contenuto di frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto. Un aspetto assai importante è che il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione per la risonanza del sottosuolo e degli edifici più o meno come una luce bianca diffusa illumina gli oggetti eccitando le lunghezze d'onda tipiche di ciascun oggetto e dandogli il suo tipico colore. Questo risulta molto importante a livello ingegneristico perché se un edificio ha frequenze proprie di vibrazione uguali a quelle del substrato su cui è fondato, durante un sisma, si assiste al fenomeno dell'accoppiamento delle vibrazioni. Questo effetto di amplificazione sismica produrrà un grande aumento della sollecitazione sugli edifici. La misurazione attiva delle SASW/MASW, permettono la misurazione della velocità delle onde di Rayleigh, comparabili con la velocità delle onde V_s , attraverso l'esecuzione di sismica attiva. Si utilizza il Tromino come acquisitore e a distanza prefissata lungo uno stendimento

lineare si posiziona un Trigger e si energizza il punto. Nel caso specifico è stato realizzato stendimento secondo uno schema X-X con campionature ogni 3 m. Stendimento X (m)= 3 6 9 12 15 18 21 24 27 30 33 36 39 42 45 48 51 La calibrazione delle misure dei microtremori e delle misure Masw è stata eseguita in base alle indagini geognostiche eseguite sul sito di indagine. La prova eseguita impiegando la suddetta metodologia dei microtremori ha evidenziato, combinata con la MASW, utilizzando l'inversione H/V con il metodo proposto da Nakamura, secondo la teoria descritta da Aki (1964) e Ben-Menahem & Sing (1981), correlata ed integrata con le misure attive MASW, una $V_{s30} = 186/188$ m/s. Nel caso specifico è possibile individuare, in prima analisi, la sottostante frequenza fondamentale per il deposito esaminato, anche se non ben evidenziata dalla curva H/V.

La progettazione e le verifiche del modello sismico delle opere in progetto potranno essere utilmente confrontate con la frequenza fondamentale del sito indagato.

7.2) FATTORI DI AMPLIFICAZIONE

Per calcolare i Fattori di Amplificazione (F.A.) richiesti nell'analisi semplificata devono essere realizzate indagini geotecniche che permettano la definizione dello spessore del deposito di copertura e della profondità del *bedrock* (H) e della velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato (V_{sH} e V_{s30}) del deposito di copertura.

Per il calcolo del fattore di amplificazione, si sono consultate le tabelle dell'allegato 2 della DAL 112/2007. In ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo (≥ 100 m da p.c.) (**PIANURA 2**)

Considerando una V_{s30} di inferiore 200 m/sec (come indicato dalla relazione geofisica allegata) si sono ottenuti i seguenti Fattori di Amplificazione:

F.A. P.G.A.= 1.5

F.A. INTENSITA' SPETTRALE $0.1s < T_0 < 0.5s = 1.8$

F.A. INTENSITA' SPETTRALE $0.5s < T_0 < 1.0s = 1.8$

NON E' STATA FORNITA ALCUNA CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DELL'AREA IN QUANTO LA STESSA NON PRESENTA PARTICOLARI MORFOLOGIE CHE POTREBBERO DARE AMPLIFICAZIONI DI SITO DIVERSE DA QUELLE ATTESE E CALCOLATE. PER TANTO L'AREA RISULTA UNIFORME DAL PUNTO DI VISTA SISMICO.

Parametri sismici

Sito in esame.

latitudine: 44,4676315975805
longitudine: 11,9560773595018
Classe: 2
Vita nominale:50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 16961	Lat: 44,4749Lon: 11,9493	Distanza: 969,767
Sito 2 ID: 16962	Lat: 44,4758Lon: 12,0193	Distanza: 5096,601
Sito 3 ID: 17184	Lat: 44,4258Lon: 12,0205	Distanza: 6917,571
Sito 4 ID: 17183	Lat: 44,4249Lon: 11,9506	Distanza: 4774,784

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: D
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,052 g
Fo: 2,453
Tc*: 0,261 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,065	g
Fo:	2,468	
Tc*:	0,275	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,172	g
Fo:	2,485	
Tc*:	0,287	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,226	g
Fo:	2,455	
Tc*:	0,291	[s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss:	1,800
Cc:	2,450
St:	1,000
Kh:	0,019
Kv:	0,009
Amax:	0,914
Beta:	0,200

SLD:

Ss: 1,800

Cc: 2,380

St: 1,000

Kh: 0,023

Kv: 0,012

Amax: 1,139

Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,760

Cc: 2,330

St: 1,000

Kh: 0,073

Kv: 0,036

Amax: 2,974

Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,570

Cc: 2,320

St: 1,000

Kh: 0,100

Kv: 0,050

Amax: 3,486

Beta: 0,280

*Geostru software - www.geostru.com

8) CONCLUSIONI

- La falda freatica e' presente nell'area alla profondità di circa - 0.70/1.00 m dal piano di esecuzione delle prove ed è soggetta a forti variazioni stagionali.
- **Per quanto riguarda la categoria del suolo di fondazione, secondo la nuova normativa di legge, si inserisce tale suolo nella categoria "D" aventi una $V_{S30} < 180$ m/s che corrisponde ad un valore di $N_{spt} < 15$; $c_u < 70$ kPa.**

Questo valore viene ricavato dall'indagine geofisica nelle immediate vicinanze che ha dato un valore di V_s pari a 172 m/sec.

- non è stato preso in considerazione il rischio liquefazione in quanto il terreno risulta essere in prevalenza coesivo e quindi non soggetto a tale fenomeno in caso di sisma.
- inoltre i livelli di limo sabbioso e sabbia limosa presenti hanno spessore limitato e troppo sottile (inferiori al metro) per essere interessati da questo fenomeno.
- dal punto di vista idrogeologico la situazione risulta essere pressoché quella riscontrata nelle carte tematiche; non esistono esistenze di paleomorfologie sepolte di particolare interesse (paleoalvei) tali da creare rischi sismici mediante interazione con le strutture di fondazione.
- L'area in esame è costituita da sedimenti di chiara origine alluvionale con depositi generalmente fini o finissimi costituiti da alternanze di sabbie, argille, argille limose intercalate da limi sabbiosi e sabbie.
- Le prove pentrometriche risultano alquanto omogenee. Questi terreni sono classificati nella Carta Geologica d'Italia come "alluvioni di pianura" e risalgono al Quaternario Continentale (Olocene).
- le opere di fondazione andranno attestate al substrato intatto inalterato e stabile dal punto di vista geomeccanico e sismico.
- non esistono morfologie particolari in riferimento alle problematiche sismiche (scarpate corsi d'acqua ecc.) tali da amplificare il fenomeno sismico.
- tutta la lottizzazione dovrà essere considerata come un sistema chiuso per quanto riguarda la regimentazione delle acque meteoriche, per cui tutti gli scarichi dovranno essere convogliati all'unico collettore sul canale consorziale.
- Eventuali fossi che dovessero insistere sul terreno da lottizzare dovranno essere lasciati comunque funzionanti. In ragione dell'ubicazione dell'area la raccolta e regimazione

delle acque superficiali e' affidata alla rete fognaria cittadina e il grado di efficienza della rete scolante non presenta problematiche in essere. le fondazioni saranno effettuate in base alla tipologia dei singoli edifici.

- In base agli aspetti geomorfologici e idrogeologici dell'area l'edificazione può essere messa in atto senza particolari limitazioni
- Viste le buone caratteristiche geomeccaniche dei terreni e la destinazione d'uso dell'area, si prevede, che con l'adozione di fondazioni dirette, i cedimenti, come da ipotesi di calcolo, rientrino nella norma.
- La verifica allo **SLU** della fondazione nella condizione $\Phi = 0$ e $c_u > 0$ (condizioni non drenate) sono le seguenti :

Platea

1: CONDIZIONI STATICHE/DINAMICHE

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Pressione limite 2.25/2.50 Kg/cm²

(si ricorda che questi valori vanno divisi per il coefficiente parziale R3 che per l'approccio 2 vale 2.3 come indicato Tabella 6.4.I (dell' NTC 2008)

- Sempre a titolo di primo orientamento si danno indicazioni per i cedimenti. Applicando come sovraccarico al terreno di appoggio una fondazione su platea impostata direttamente sullo strato di rilevato di circa 0.30 m che scarica una **pressione di esercizio** (secondo SLE) di circa 0.50 kg/cm² si sono ottenuti i seguenti cedimenti:
 $S_{TOT} = 3.50/4.00 \text{ cm}$
- **NON E' STATA FORNITA ALCUNA CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DELL'AREA IN QUANTO LA STESSA NON PRESENTA PARTICOLARI MORFOLOGIE CHE POTREBBERO DARE AMPLIFICAZIONI DI SITO DIVERSE DA QUELLE ATTESE E CALCOLATE. PER TANTO L'AREA RISULTA UNIFORME DAL PUNTO DI VISTA SISMICO. CONSULTANDO LE TAVOLE DEL POC VIGENTE, NELL'AREA NON SONO PRESENTI AREE SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA PER CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E NON SONO PRESENTI AREE SOGGETTE A LIQUEFAZIONE CICLICA IN CASO DI SISMA**

- **NELLA RELAZIONE SI SONO DATI SOLO I PARAMETRI GEOTECNICI MEDI E CARATTERISTICI DEL TERRENO DI FONDAZIONE SECONDA LA NUOVA NORMATIVA, IN QUANTO AL MOMENTO NON È STATA FORNITA ALCUN ALTRA INDICAZIONE SUL TIPO DI FONDAZIONE E SUI CARICHI SU A CUI ESSA VERRÀ SOTTOPOSTA; LA VERIFICA DELLE PRESTAZIONI SARÀ REALIZZATA, SALVO DIVERSE INDICAZIONI, DAL TECNICO PROGETTISTA.**

LUGO APRILE 2013

REDATTO:

DOTT. GEOLOGO OBERDAN DRAPELLI

PROVINCIA DI RAVENNA

COMUNE DI FUSIGNANO

Via Lacchini

COMMITTENTE:

Spett.le Geolog s.r.l.

via Cerchio, 57



Ravenna

PROGETTO:

Indagine sismica integrata per
la stima del parametro Vs30

DM 14/01/2008

RELAZIONE GEOFISICA

	<p>dott. geol. Paolo Durante Ordine dei Geologi della Regione Abruzzo n.511</p>	
	<p>dott. geol. Giulio Dal Forno Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna n.1294</p>	
Data:04/04/2013	Rif. Commessa: C052-2013	Ed.: Finale



INDICE

1.	Premessa	2
2.	Normativa di riferimento	2
3.	Il metodo <i>MASW</i>	4
4.	Il metodo <i>HVSR</i>	5
5.	Risultati dell'indagine sismica integrata.....	6
6.	Bibliografia.....	8

ELENCO ALLEGATI

Allegato 1 Documentazione fotografica

Allegato 2 Sismogrammi indagine *MASW*

Allegato 3 Spettro di dispersione e curva *H/V*

Allegato 4 Velocità onde S in funzione della profondità



1. Premessa

Su richiesta della Società Geolog s.r.l., è stata effettuata una indagine sismica integrata (MASW + HVSR) in un'area ubicata in via Lacchini nel Comune di Fusignano (RA), al fine di stimare il parametro V_{s30} caratteristico dell'area, ossia la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m di profondità rispetto alla quota di imposta della fondazione, come prescritto dall'art. 3.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008.

2. Normativa di riferimento

Il D.M. 14 gennaio 2008 prevede che, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si renda necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi (art. 7.11.3). In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può far riferimento a un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (cfr. Tabelle 1-2). Ai fini dell'identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio S entro i primi 30 metri di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per i muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. La stima della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, il sito può essere classificato sulla base dei valori di N_{SPT} o della $C_{u,30}$. Le tabelle sotto riportate, oltre a una breve descrizione delle classi di sottosuolo, indicano gli intervalli dei tre parametri che individuano ciascuna di esse.

	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		V_{s30} (m/s)	$N_{SPT,30}$ (colpi/30 cm)	$C_{u,30}$ (kPa)
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>	> 800	-	-
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_{s30} compresi tra 360 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>	360-800	> 50	> 250



C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 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)	180–360	15-50	70–250
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} 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)	< 180	< 15	< 70
E	<i>Terreni dei sottosuoli tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)</i>			

Tabella 1 – Classificazione dei suoli secondo il D.M. 14 gennaio 2008 (Tabella 3.2.II).

	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		V_{s30} (m/s)	$N_{SPT,30}$ (colpi/30 cm)	$C_{u,30}$ (kPa)
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	< 100	-	10-20
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o di qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

Tabella 2 – Categorie aggiuntive di sottosuolo (Tabella 3.2.III - D.M. 14 gennaio 2008).

Il valore del parametro V_{s30} , secondo la normativa, è calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n h_i / v_i} \quad \text{m/s} \quad (1)$$

Dove h_i e v_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di n strati presenti nei 30 metri al di sotto del piano fondale. Tale velocità equivalente è ottenuta imponendo l'equivalenza tra i tempi di arrivo delle onde di taglio in un terreno omogeneo equivalente, di spessore pari a 30 m, e nel terreno stratificato in esame, di spessore complessivo ancora pari a 30 m. Essa assume quindi valori differenti da quelli ottenuti dalla media delle velocità dei singoli strati pesata sui relativi spessori, soprattutto in presenza di strati molto deformabili di limitato spessore. Lo scopo della definizione è quello di privilegiare il contributo degli strati più deformabili (C3.2.2 Circ. Min. 617 del 2 febbraio 2009).



3. Il metodo MASW

Per mezzo della tecnica *MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)*, Park et al., (1999), e quindi dello studio delle onde superficiali che comunemente dominano una porzione considerevole dei sismogrammi nelle indagini sismiche (sia per ampiezza relativa che per durata del segnale), è possibile ottenere delle stime del profilo di velocità delle onde S.

Le onde superficiali sono onde sismiche che si propagano parallelamente alla superficie del terreno, la cui ampiezza diminuisce esponenzialmente con la profondità e la cui energia si propaga in una fascia superficiale corrispondente a circa una lunghezza d'onda λ . In un mezzo reale, caratterizzato da proprietà meccaniche variabili con la profondità, le onde superficiali, in funzione di λ , penetrano strati con diverse caratteristiche e quindi la loro propagazione ne risulta influenzata in termini di velocità e tempi di arrivo: onde con λ differente si propagano a velocità di fase cf differente e pertanto si separano lungo il loro tragitto. Tale fenomeno è noto come dispersione.

L'idea su cui si fonda il metodo *MASW*, come altre metodologie che analizzano le onde superficiali, è quella di utilizzare il fenomeno della dispersione per derivare informazioni indirette sulle proprietà fisiche e reologiche del terreno, tra cui la densità, i parametri elastici e le velocità delle onde di taglio. A partire dall'intero campo d'onda, acquisito in campagna utilizzando un numero variabile di geofoni (di solito 12-24) allineati a spaziatura regolare (similmente a un classico esperimento di sismica a rifrazione), l'obiettivo del metodo è di derivare una curva di dispersione sperimentale velocità di fase – frequenza ($cf - f$), la cui forma è associata alle proprietà meccaniche del terreno da indagare. Tale curva si può ottenere seguendo differenti metodologie di elaborazione del campo d'onda (trasformata tempo di ritardo-*slowness* $\tau-p$, trasformata $f-k$). Il risultato è una nuova rappresentazione del campo d'onda dal dominio spazio-tempo a quello frequenza-*slowness* o frequenza-velocità di fase (la *slowness* è infatti il reciproco della velocità). Dato che le onde superficiali mostrano le ampiezze e le durate maggiori nel dominio spazio-tempo, anche nel dominio frequenza-velocità di fase, i massimi dello spettro saranno relativi alle differenti frequenze con cui si propagano le onde superficiali stesse. Dall'estrazione delle coppie frequenza-velocità di fase corrispondenti ai massimi d'intensità dello spettro si deriva la curva di dispersione sperimentale. In realtà, l'interpretazione degli spettri risulta spesso complicata dall'intrecciarsi dei modi superiori rispetto a quello fondamentale e/o alla generazione e propagazione di onde guidate. Un miglioramento nell'interpretazione degli spettri può essere ottenuto dalla comparazione tra spettro osservato e, in sovrapposizione, le curve di dispersione teoriche per i diversi modi di un modello ritenuto plausibile per l'area in esame (Dal Moro, 2008). Generalmente quando la rigidità degli strati aumenta gradualmente con la profondità il modo fondamentale risulta predominante a tutte le frequenze. Tuttavia esistono diverse stratigrafie, con strati rigidi compresi tra strati soffici o strati soffici compresi tra strati rigidi o con variazioni brusche di rigidità con la



profondità, in cui i modi superiori al primo diventano predominanti in certi intervalli di frequenza (Roma, 2006). Per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio è poi necessario procedere alla fase d'inversione della curva di dispersione per ottenere un modello delle proprietà fisiche del sottosuolo.

4. Il metodo HVSR

Il metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) proposto da Nogoshi e Igarashi (1970) e successivamente modificato da Nakamura (1989), si basa sull'analisi del rapporto spettrale tra le componenti orizzontale (*H*) e verticale (*V*) del rumore sismico registrato in un sito. Il rumore sismico è presente ovunque ed è generato sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) che dall'attività antropica. Il rumore sismico è indicato spesso come microtremore poiché è caratterizzato da oscillazioni molto deboli (dell'ordine dei $\mu m/s$). I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume, P o S, ma soprattutto da onde superficiali, la cui velocità è comunque prossima a quella delle onde S (Mulargia et al., 2007). Esiste un consenso generale sull'efficacia del metodo *HVSR* di fornire stime sulla frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo, almeno nel caso di un modello semplice unidimensionale con strato soffice al di sopra di uno strato rigido (Lachet and Bard, 1994; Lermo and Chavez-Garcia, 1994; Ibs-von Seht and Wohlenberg, 1999). In questo caso semplice, tale frequenza f_0 è legata allo spessore h dello strato soffice attraverso la seguente relazione:

$$f_0 = \frac{V_s}{4h} \quad \text{Hz} \quad (2)$$

Naturalmente, la complessità stratigrafica del sottosuolo produce curve *H/V* sperimentali con svariati picchi, per le quali non è possibile applicare un modello semplice. Tuttavia, attraverso il confronto delle curve sperimentali con curve *H/V* sintetiche, è possibile derivare profili di velocità delle onde di taglio S nel sottosuolo, in presenza di adeguati vincoli, ottenuti da prove geognostiche dirette o da altre indagini geofisiche (Fäh et al., 2001; Castellaro and Mulargia, 2009).

La tecnica di misura del rumore sismico richiede tempi di registrazione pari a 15-20 minuti e necessita di sensori tridirezionali da sismologia con messa in bolla, digitalizzatore 24 bit con elevata dinamica, elevato guadagno ed elevata frequenza di campionamento nativo, con minimizzazione del rumore elettro/meccanico.



5. Risultati dell'indagine sismica integrata

Le indagini *MASW* sono state realizzate con sismografo "Echo 24/2002" a 24 canali prodotto da *Ambrogeo* (Piacenza) connesso a 24 geofoni verticali con frequenza propria pari a 4,5 Hz, interspaziati tra loro di 2 m per un totale di 46 m ([allegato 1](#)). I dati sono stati acquisiti e salvati da un PC portatile alimentato a batteria. La sorgente sismica utilizzata è una massa battente di 8 kg, posta ad una distanza di 4 m dal geofono 24.

Le misure di rumore sismico sono state effettuate a una distanza ridotta dal profilo *MASW* per un tempo di registrazione pari a 20 minuti. La strumentazione utilizzata è un tromografo digitale "Tromino Engy" della *Micromed S.p.A.*

In [allegato 2](#) sono riportati i sismogrammi registrati da ognuno dei geofoni durante l'indagine *MASW*.

Lo spettro frequenza-velocità di fase, ottenuto attraverso il *software Geopsy* (Progetto *SESAME*), è riportato in [allegato 3](#) assieme alla curva *H/V* e al grafico delle componenti dei canali velocimetrici relativi alla misura di rumore sismico. Allo spettro frequenza-velocità di fase sono sovrimposti il *picking* del modo fondamentale (crocette nere) e le curve di dispersione sintetiche del modo fondamentale e di alcuni modi superiori (pallini bianchi) per il modello statisticamente migliore ottenuto dall'inversione. Questo modello è il risultato dell'inversione della curva di dispersione sperimentale ottenuta dall'indagine *MASW* ed eseguita attraverso due *software* differenti, *WaveEq* (*Geometrics*) e *SWAMI* (*Georgia Institute of Technology*). La minima frequenza scelta nell'operazione di *picking* è pari a circa 5,6 Hz e presenta una velocità di fase di 155 m/s, valori corrispondenti indicativamente ad una profondità compresa tra 9 e 14 m. Oltre tali profondità il profilo delle velocità viene inoltre stimato attraverso *fit* della curva *H/V* ottenuta dall'acquisizione del rumore sismico.

In [allegato 4](#) sono riportati il grafico dell'andamento della velocità delle onde S in funzione della profondità, la tabella con i valori numerici con evidenziati i valori di velocità e i relativi spessori utilizzati per il calcolo del parametro *Vs30* e il grafico della variazione del parametro *Vs30* in funzione della profondità del piano di fondazione della struttura in progetto. Dai dati in tabella il tecnico incaricato potrà decidere di utilizzare per il calcolo del *Vs30* i differenti modelli presi singolarmente o in combinazione.

Dal modello di velocità derivato con la tecnica *MASW* è stato stimato il parametro *Vs30* rispetto all'attuale piano campagna, pari a **172 m/s**.

Ai sensi dell'art. 3.2.2 del D.M. 14/01/2008, unicamente sulla base del parametro *Vs30* relativo all'attuale piano campagna, il sottosuolo ricade in **categoria D**. Tuttavia il geologo incaricato sulla base della conoscenza stratigrafica dell'area, derivata dalla sua esperienza professionale e dalle indagini geognostiche condotte nel sito in oggetto, nonché considerando le caratteristiche



dell'opera in progetto e la tipologia di fondazioni, è tenuto a validare l'attribuzione alla suddetta categoria e valutare se approfondire l'indagine per la definizione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica mediante studi specifici sulla risposta sismica locale, come indicato all'art. 7.11.3 del D.M. 14/01/2008.

Bologna, 4 aprile 2013

Dott. Geol. Giulio Dal Forno



Dott. Geol. Paolo Durante





6. Bibliografia

Castellaro S. and Mulargia F., (2009). The effect of velocity inversions on H/V, *Pure Appl. Geophys.* Volume 166, Number 4, 567-592.

Dal Moro, G., (2008) – *Tre divagazioni: il mito dell'inversione, MASW in Friuli, esempio di studio congiunto MASW-rifrazione* - Giornata di studio sul "Monitoraggio dinamico per la valutazione della sicurezza sismica dei ponti", Centro Internazionale di Scienze Meccaniche (CISM), Udine, 18 aprile 2008.

Fäh D., Kind F. and Giardini D., (2001). A theoretical investigation of average H/V ratios, *Geophys. J. Int.* **145**, 535-549.

Ibs-von Seht M. and J. Wohlenberg, (1999). Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments, *Bull. Seismol. Soc. Am.* **89**, 250-259.

Lachet C. and P. Y. Bard, (1994). Numerical and theoretical investigations on the possibilities and limitation of Nakamura's technique, *J. Phys. Earth* **42**, 377-397.

Lermo J. and F. J. Chavez-Garcia, (1994). Are microtremors useful in site response evaluation?, *Bull. Seismol. Soc. Am.* **84**, 1350-1364.

Mulargia F., Castellaro S., Rossi P.L., (2007). Effetti di sito e Vs30: una risposta alla normativa antisismica. *Il Geologo dell'Emilia Romagna Anno VII-2007 N.25 - Nuova serie*

Nakamura Y., (1989). A method for dynamic characteristics estimates of subsurface using microtremor on the round surface, *QR of RTI*, **30**, 25-33.

Nogoshi M. e Igarashi T., (1970). On the propagation characteristics of microtremors, *J. Seism. Soc. Japa*, **23**, 264-280.

Park, C.B., Miller, R.D., and Xia J., (1999)- *Multichannel Analysis of surface waves* - *Geophysics*, **64**, 800-808.

Roma, V., (2006) – *Caratterizzazione sismica dei suoli con Il metodo MASW (Multichannel Analysis of surface waves)*- http://www.masw.it/downloads/Opuscolo_MASW_22_Gen_2007.pdf. microtremor on the round surface, *QR of RTI*, **30**, 25-33.

NORMATIVA

D. Min. Infrastrutture 14 gennaio 2008 (Suppl. Ord. alla G.U. 4.2.2008, n. 29) – *Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni*.

Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP. (Suppl.Ord. alla G.U. 26.2.2009, n. 47) – *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008*.

Allegato 1 – Documentazione fotografica

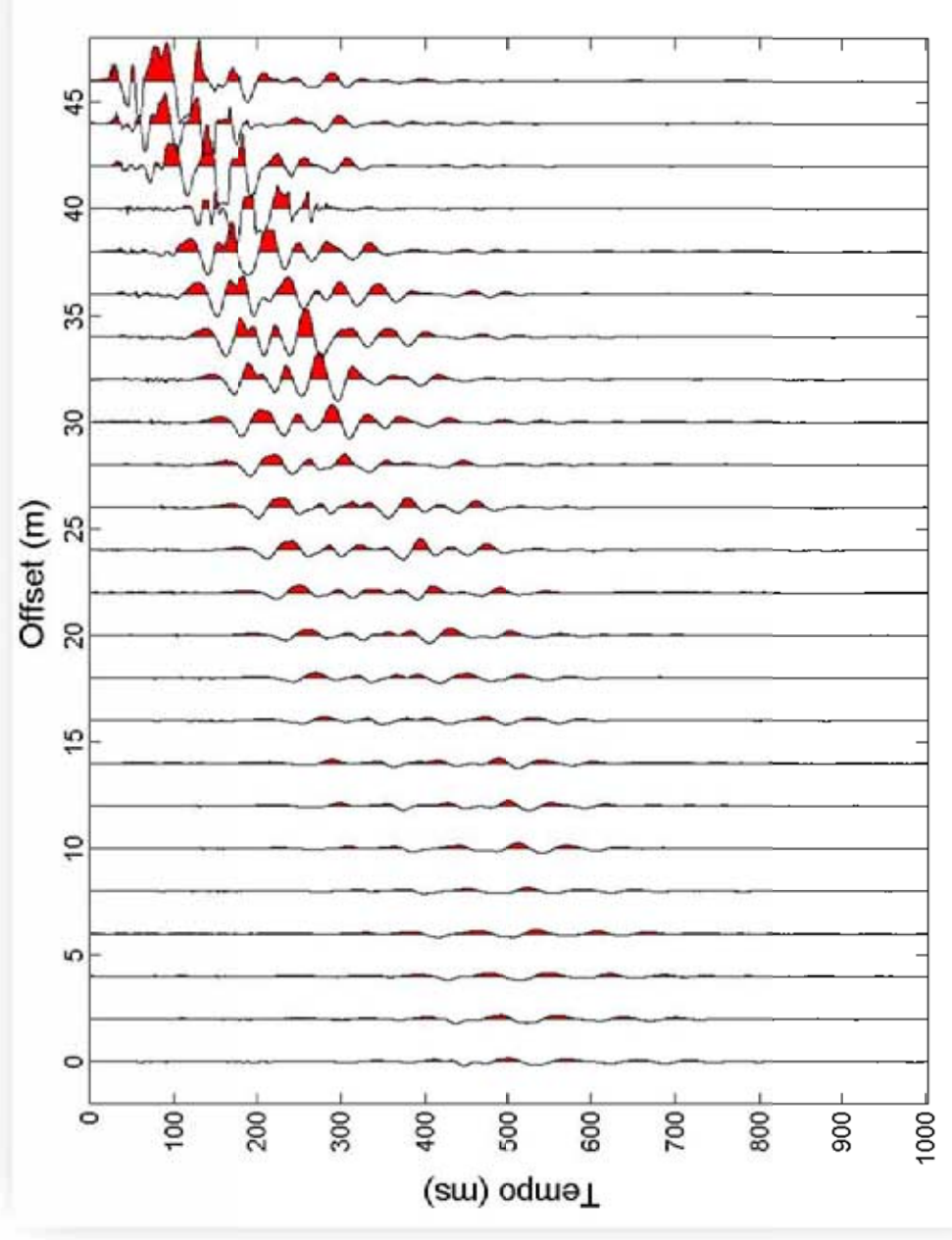


Foto 1 – Ubicazione profilo sismico



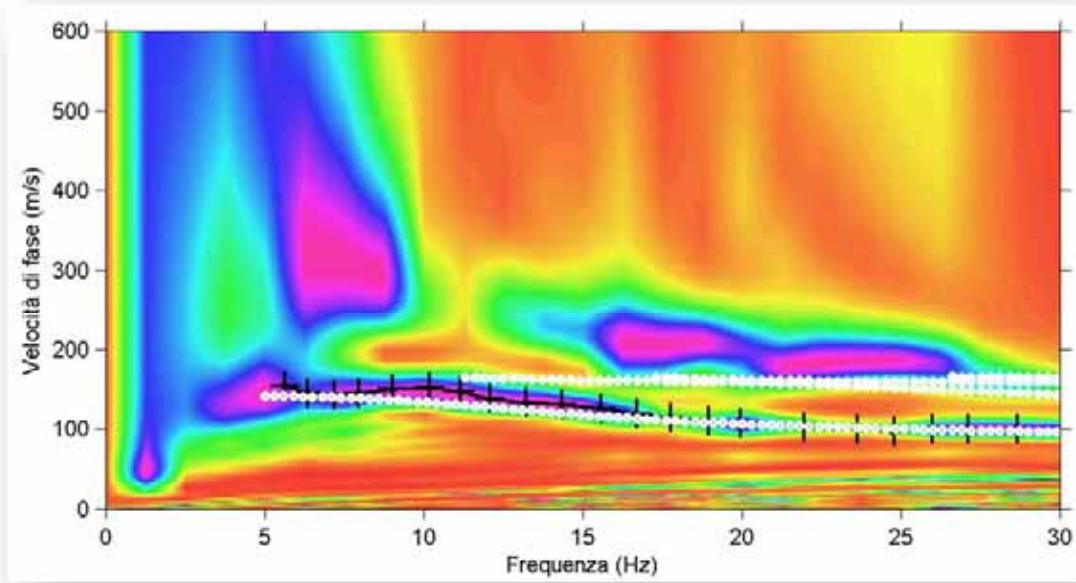
Foto 2 – Ubicazione misura HVSR

Allegato 2 – Sismogrammi



Sismogrammi acquisiti dai 24 geofoni durante l'indagine. La sorgente è posta ad una distanza di 4 m dal geofono 24. La spaziatura tra i geofoni è di 2 m.

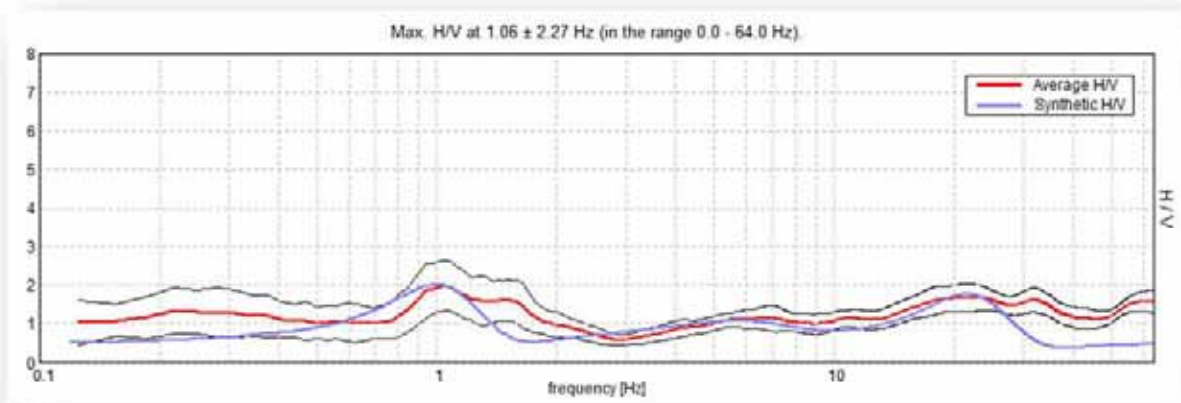
Allegato 3 – Spettro di dispersione



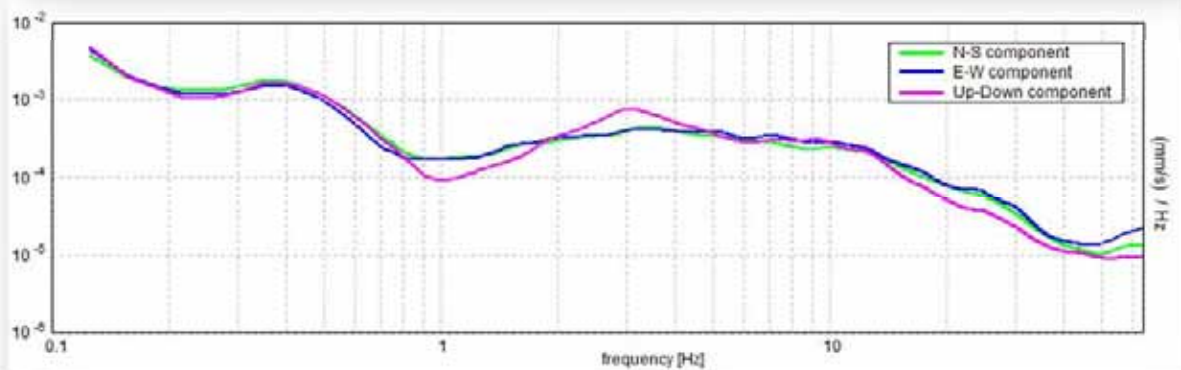
in alto: Spettro frequenza-velocità di fase dei dati acquisiti durante l'indagine. Sovrimposti allo spettro sono il picking del modo fondamentale (crochette nere) e le curve di dispersione sintetiche del modo fondamentale e di alcuni modi superiori (pallini bianchi).

in basso: Curva H/V **(A)** e andamento delle tre componenti velocimetriche (N-S, E-W, Up-Down) **(B)**

A

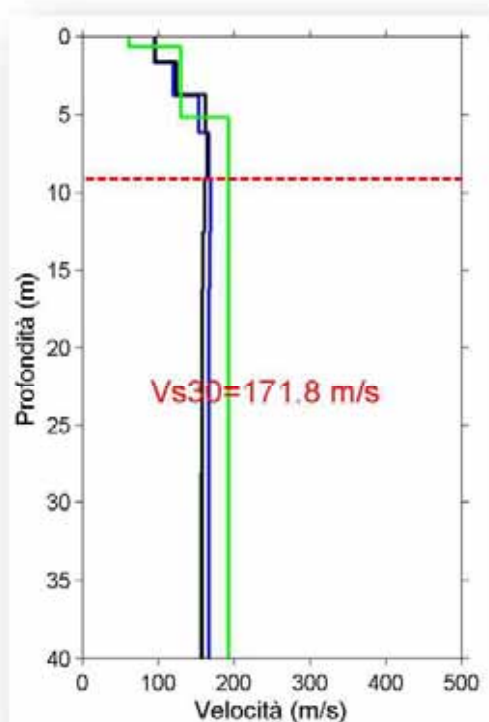


B



Allegato 4 – Velocità onde S in funzione della profondità

A



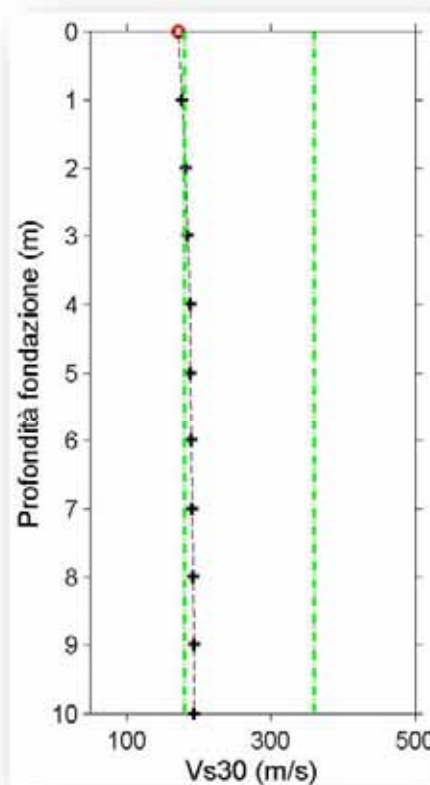
(A) Andamento della velocità delle onde S in funzione della profondità. Vengono riportati in nero i valori ottenuti con il programma WaveEq (Geometrics) e in blu i valori derivati con il programma SWAMI (Georgia Institute of Technology), relativamente all'indagine MASW; in verde viene indicato l'andamento ottenuto mediante inversione della curva H/V, vincolata nella parte superficiale attraverso i valori ottenuti dall'indagine MASW. La linea tratteggiata in rosso rappresenta la profondità stimata per la frequenza più bassa scelta durante l'operazione di *picking*. A profondità maggiori l'andamento delle velocità delle onde S è stimato mediante *fit* della curva H/V.

B

Spessore (m)	Vs WaveEq (m/s)	Spessore (m)	Vs SWAMI (m/s)	Spessore (m)	Vs HVSR (m/s)
1.7	97.3	1.7	95.8	0.7	62.0
2.1	124.7	2.1	120.2	4.5	130.0
2.5	162.8	2.4	154.0	42.0	193.0
2.9	165.4	3.0	167.5	inf	380.0
3.3	161.9	3.3	169.0		
3.7	158.9	3.7	167.8		
4.2	157.5	4.2	166.9		
4.6	157.1	4.6	166.6		
15.0	157.1	15.0	166.5		
inf	165.4	inf	166.5		

(B) La prima, terza e quinta colonna riportano gli spessori degli strati dei modelli ottenuti dall'indagine MASW (colonne 1 e 3) e dall'indagine HVSR (colonna 5). La seconda e la quarta colonna contengono le velocità stimate attraverso la tecnica MASW utilizzando i programmi WaveEq e SWAMI; la sesta colonna riporta le velocità stimate mediante inversione della curva H/V. h (C) andamento del parametro V_{s30} in funzione della variazione della profondità del piano fondale della struttura in progetto. Le linee in tratteggio di colore verde indicano i limiti 180 m/s e 360 m/s rispetto alla tabella 1 (cfr. §2).

C

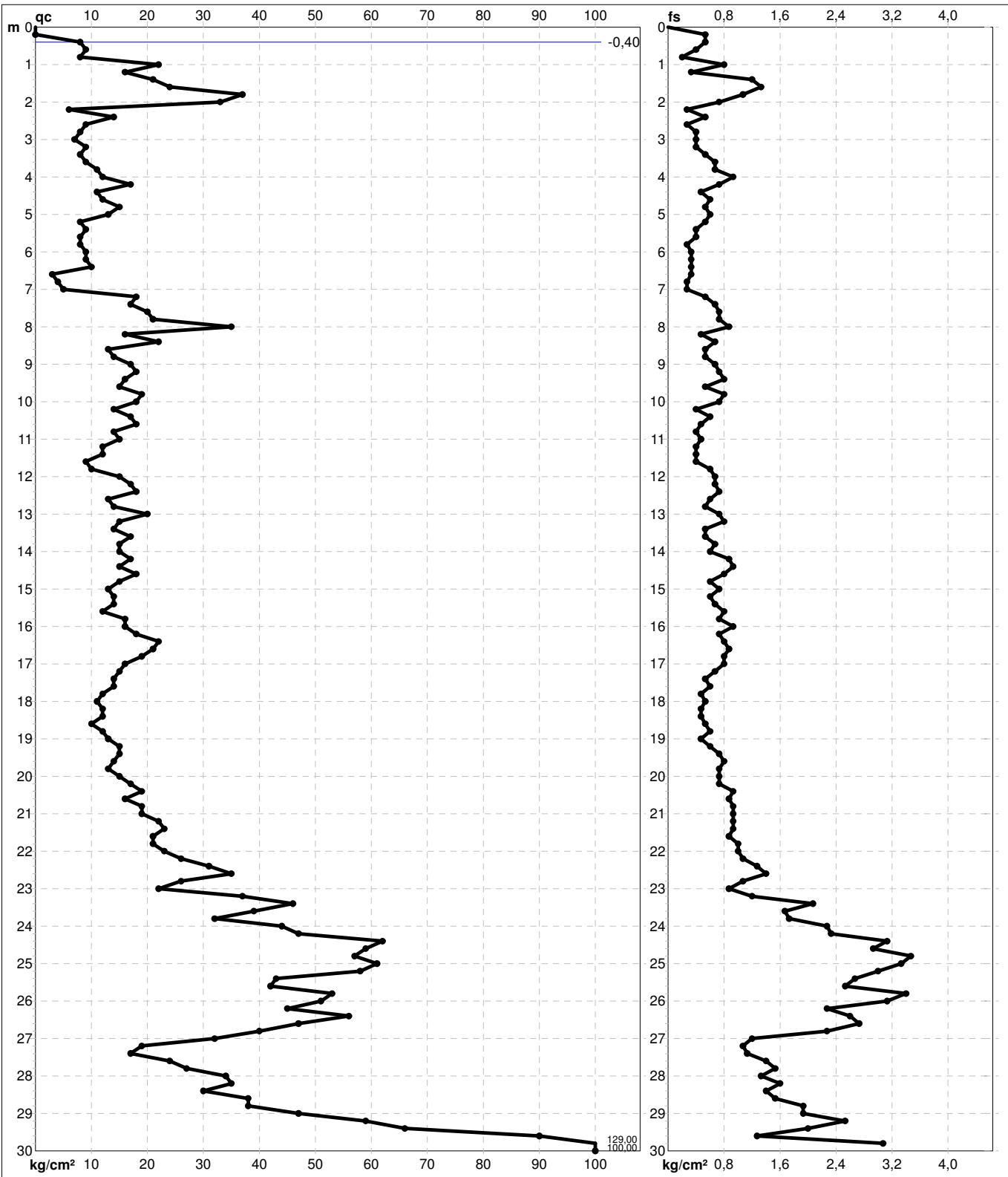


PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	1
referimento	085-2013
certificato n°	85-1

Committente: **PARROCCHIA DI SAN GIOVANNI BATTISTA**
 Cantiere: **PIANO PARTICOLAREGGIATO**
 Località: **FUSIGNANO (RA)-VIA GARIBALDI**

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: 04/04/2013
 Scala: 1:150 Data certificato: 19/04/2013
 Pagina: 1 Quota inizio: Piano Campagna
 Elaborato: Falda: -0,40 m da quota inizio



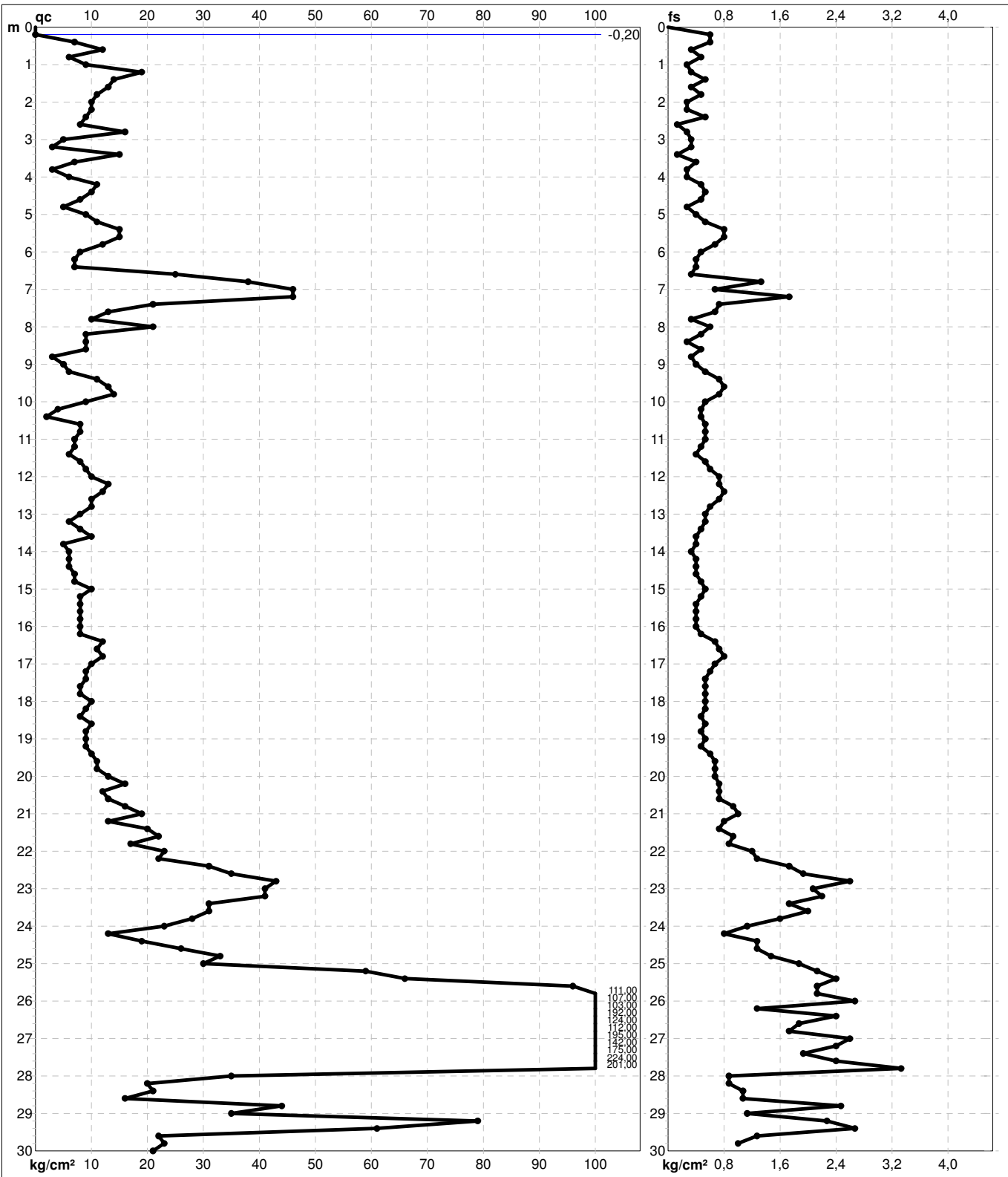
		Penetrometro: TG63-200 Responsabile: Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	--	--	---

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	2
referimento	085-2013
certificato n°	85-2

Committente: **PARROCCHIA DI SAN GIOVANNI BATTISTA**
 Cantiere: **PIANO PARTICOLAREGGIATO**
 Località: **FUSIGNANO (RA)-VIA GARIBALDI**

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: 04/04/2013
 Scala: 1:150 Data certificato: 19/04/2013
 Pagina: 1 Quota inizio: Piano Campagna
 Elaborato: Falda: -0,20 m da quota inizio



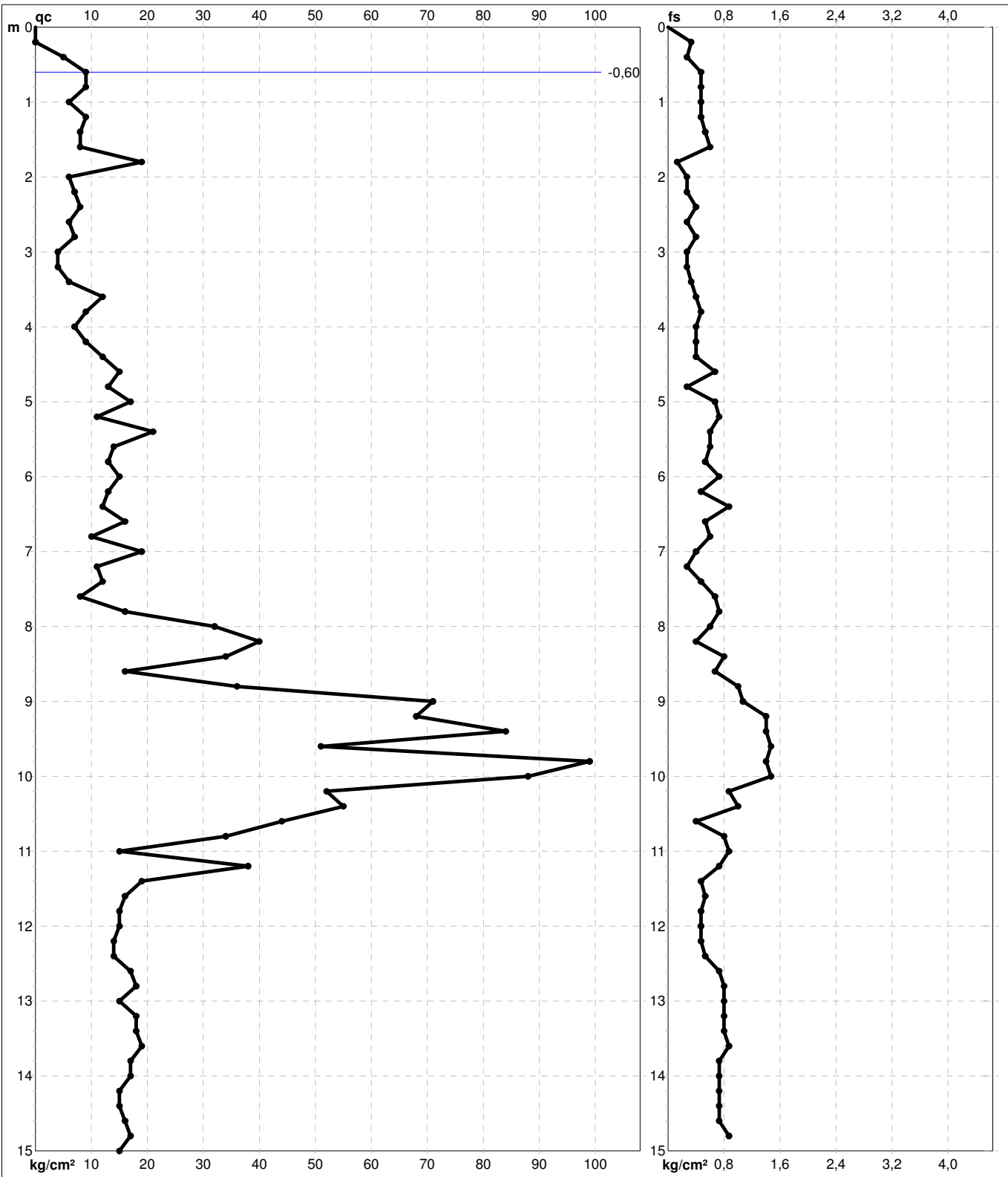
	Penetrometro: TG63-200 Responsabile: Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	--	---

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	3
riferimento	085-2013
certificato n°	85-3

Committente: **PARROCCHIA DI SAN GIOVANNI BATTISTA**
 Cantiere: **PIANO PARTICOLAREGGIATO**
 Località: **FUSIGNANO (RA)-VIA GARIBALDI**

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: 12/04/2013
 Scala: 1:75 Data certificato: 19/04/2013
 Pagina: 1 Quota inizio: Piano Campagna
 Elaborato: Falda: -0,60 m da quota inizio



	Penetrometro: TG63-200 Responsabile: Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	--	---

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT

4

riferimento

085-2013

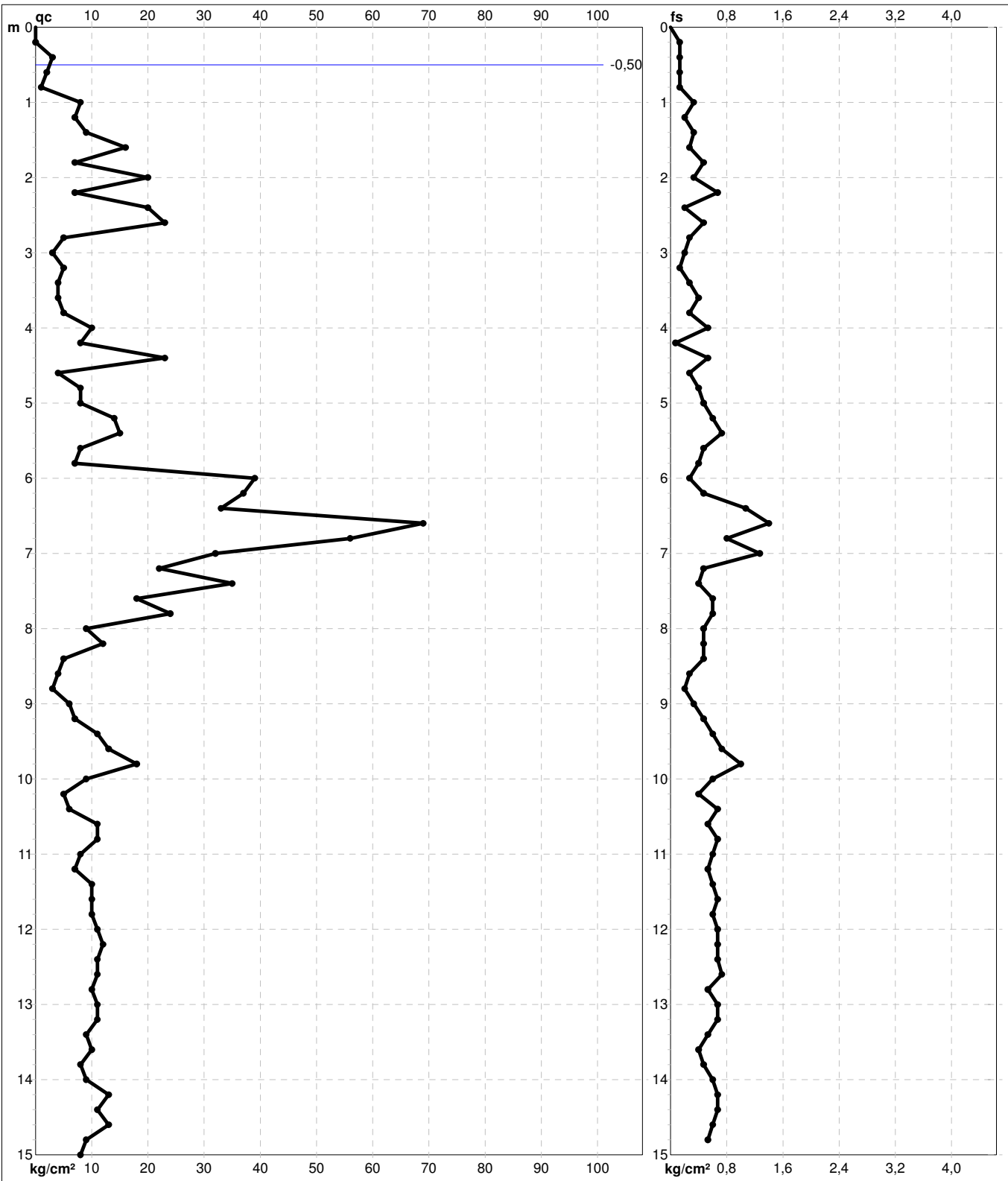
certificato n°

85-4

Committente: **PARROCCHIA DI SAN GIOVANNI BATTISTA**
Cantiere: **PIANO PARTICOLAREGGIATO**
Località: **FUSIGNANO (RA)-VIA GARIBALDI**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:75**
Pagina: **1**
Elaborato:

Data esec.: **12/04/2013**
Data certificato: **19/04/2013**
Quota inizio: **Piano Campagna**
Falda: **-0,50 m da quota inizio**



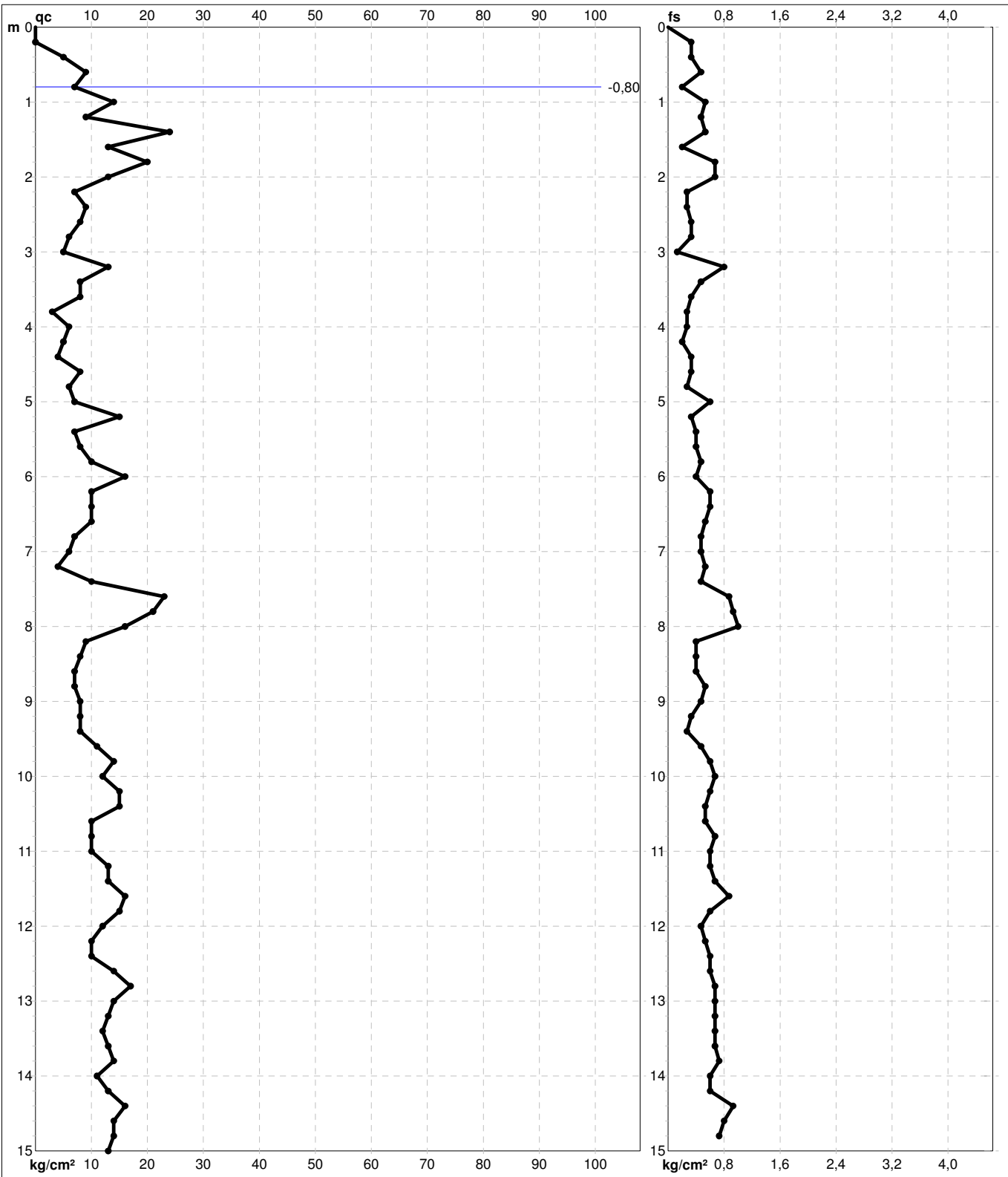
	Penetrometro: TG63-200 Responsabile: Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	--	---

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	5
riferimento	085-2013
certificato n°	85-5

Committente: **PARROCCHIA DI SAN GIOVANNI BATTISTA**
 Cantiere: **PIANO PARTICOLAREGGIATO**
 Località: **FUSIGNANO (RA)-VIA GARIBALDI**

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: 15/04/2013
 Scala: 1:75 Data certificato: 19/04/2013
 Pagina: 1 Quota inizio: Piano Campagna
 Elaborato: Falda: -0,80 m da quota inizio



	Penetrometro: TG63-200 Responsabile: Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	--	---

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT

6

riferimento

085-2013

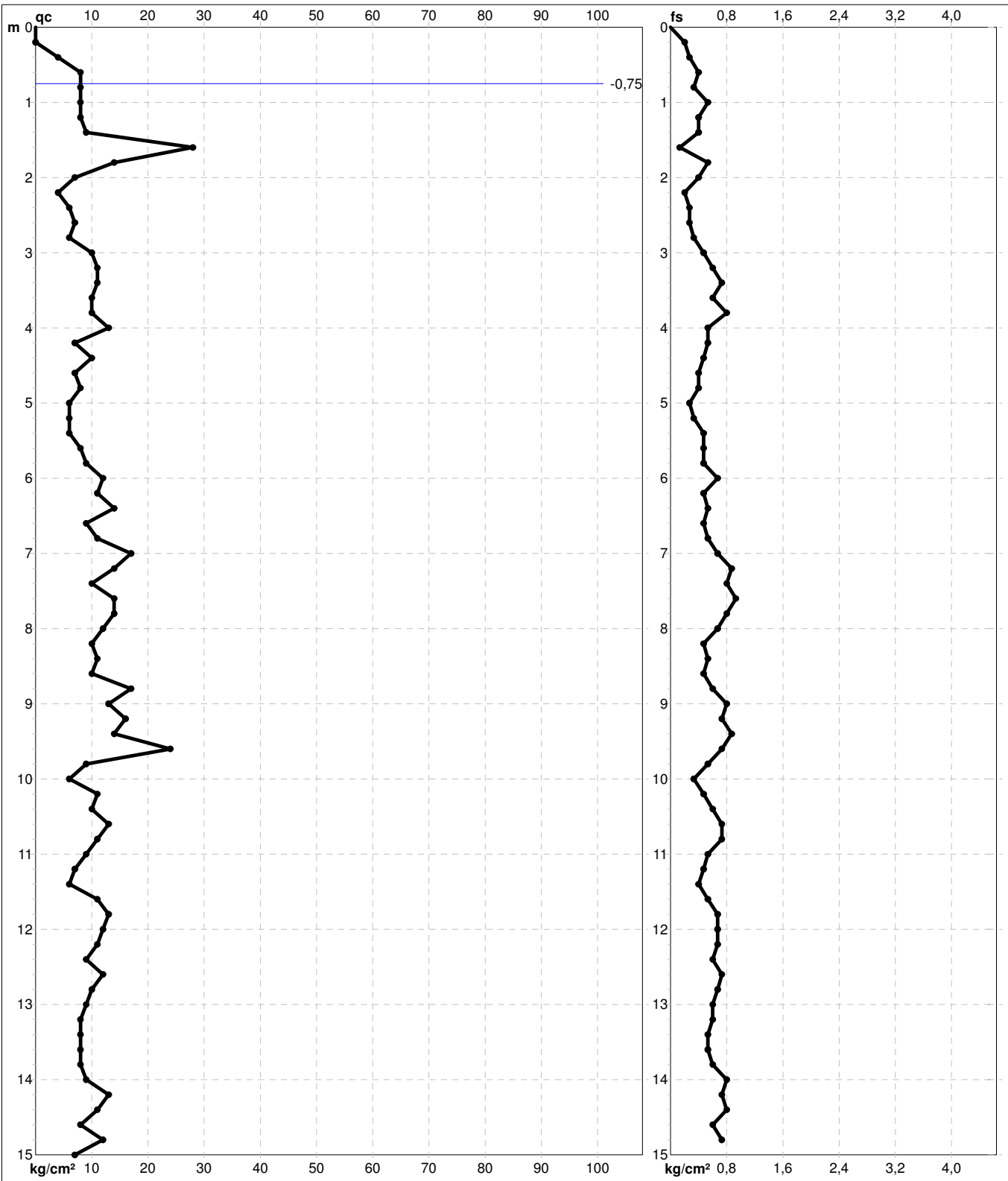
certificato n°

85-6

Committente: **PARROCCHIA DI SAN GIOVANNI BATTISTA**
Cantiere: **PIANO PARTICOLAREGGIATO**
Località: **FUSIGNANO (RA)-VIA GARIBALDI**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:75**
Pagina: **1**
Elaborato:

Data esec.: **15/04/2013**
Data certificato: **19/04/2013**
Quota inizio: **Piano Campagna**
Falda: **-0,75 m da quota inizio**



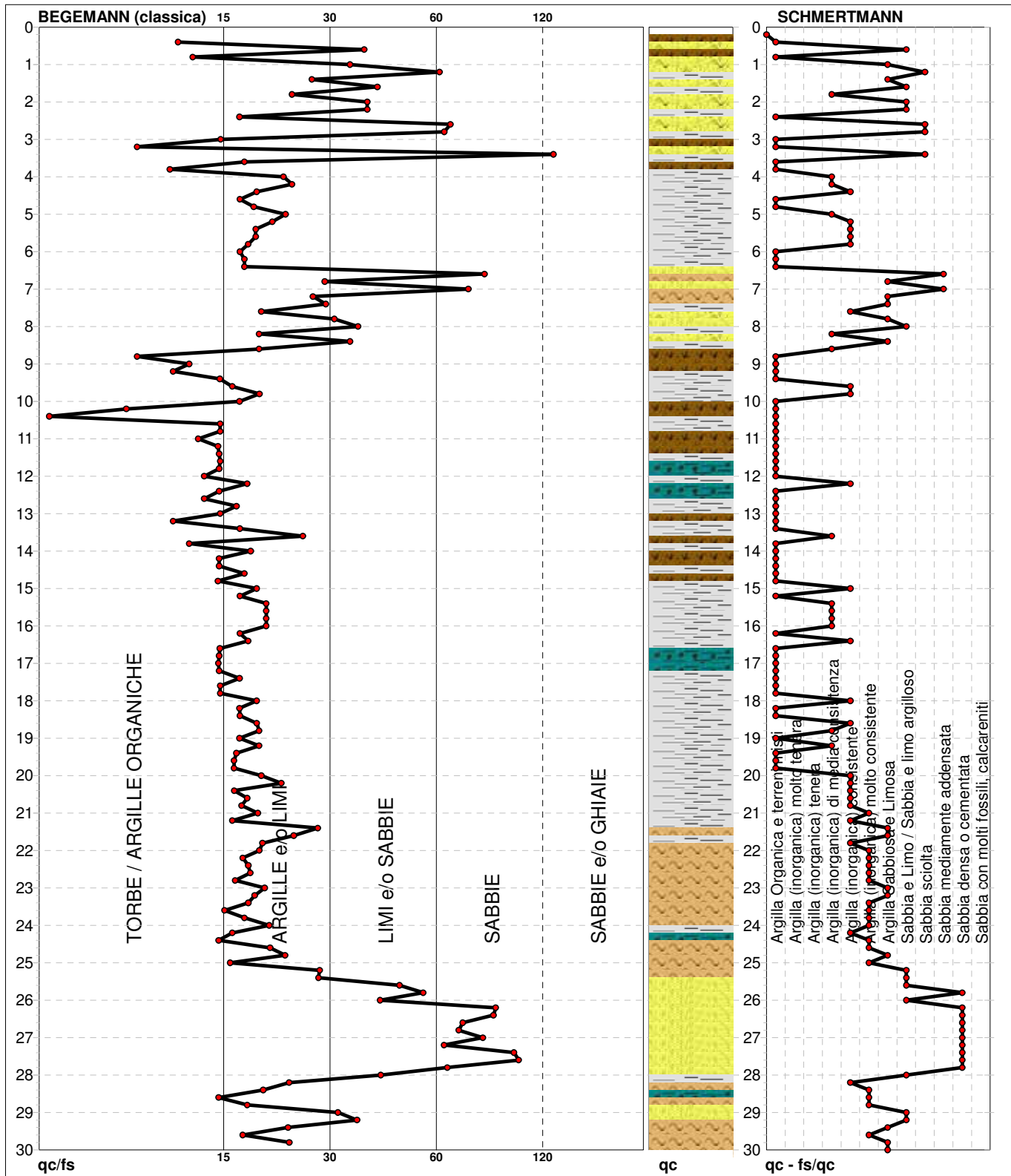
	Penetrometro: TG63-200 Responsabile: Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	--	---

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	2
referimento	085-2013
certificato n°	85-2

Committente: **PARROCCHIA DI SAN GIOVANNI BATTISTA**
 Cantiere: **PIANO PARTICOLAREGGIATO**
 Località: **FUSIGNANO (RA)-VIA GARIBALDI**

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: 04/04/2013
 Scala: 1:150 Data certificato: 19/04/2013
 Pagina: 1
 Elaborato: Falda: -0,20 m da quota inizio



Torbe / Argille org. :	27 punti, 18,12%	Argilla Organica e terreni misti:	54 punti, 36,24%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	14 punti, 9,40%
Argille e/o Limi :	93 punti, 62,42%	Argilla (inorganica) media consist.:	13 punti, 8,72%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	12 punti, 8,05%
Limi e/o Sabbie :	17 punti, 11,41%	Argilla (inorganica) consistente:	22 punti, 14,77%	Sabbia sciolta:	4 punti, 2,68%
Sabbie:	12 punti, 8,05%	Argilla (inorganica) molto consist.:	17 punti, 11,41%	Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 1,34%
				Sabbia densa o cementata:	10 punti, 6,71%

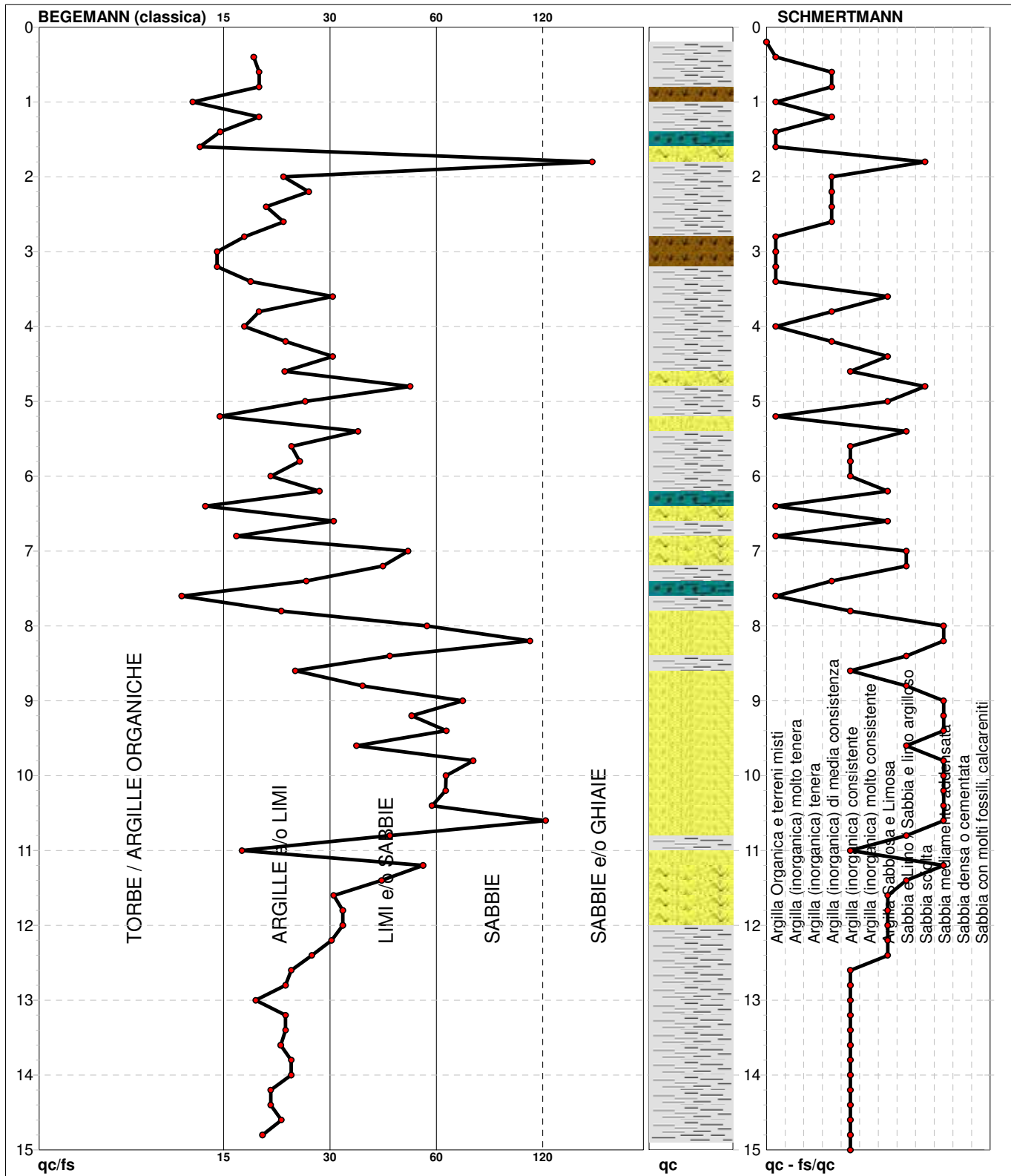
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	3
referimento	085-2013
certificato n°	85-3

Committente: **PARROCCHIA DI SAN GIOVANNI BATTISTA**
 Cantiere: **PIANO PARTICOLAREGGIATO**
 Località: **FUSIGNANO (RA)-VIA GARIBALDI**

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: 12/04/2013
 Scala: 1:75 Data certificato: 19/04/2013
 Pagina: 1
 Elaborato: Falda: -0,60 m da quota inizio



Torbe / Argille org. :	7 punti, 9,46%	Argilla Organica e terreni misti:	13 punti, 17,57%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	8 punti, 10,81%
Argille e/o Limi :	42 punti, 56,76%	Argilla (inorganica) media consist.:	10 punti, 13,51%	Sabbia sciolta:	2 punti, 2,70%
Limi e/o Sabbie :	20 punti, 27,03%	Argilla (inorganica) consistente:	19 punti, 25,68%	Sabbia mediamente addensata:	11 punti, 14,86%
Sabbie:	4 punti, 5,41%				
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 1,35%				

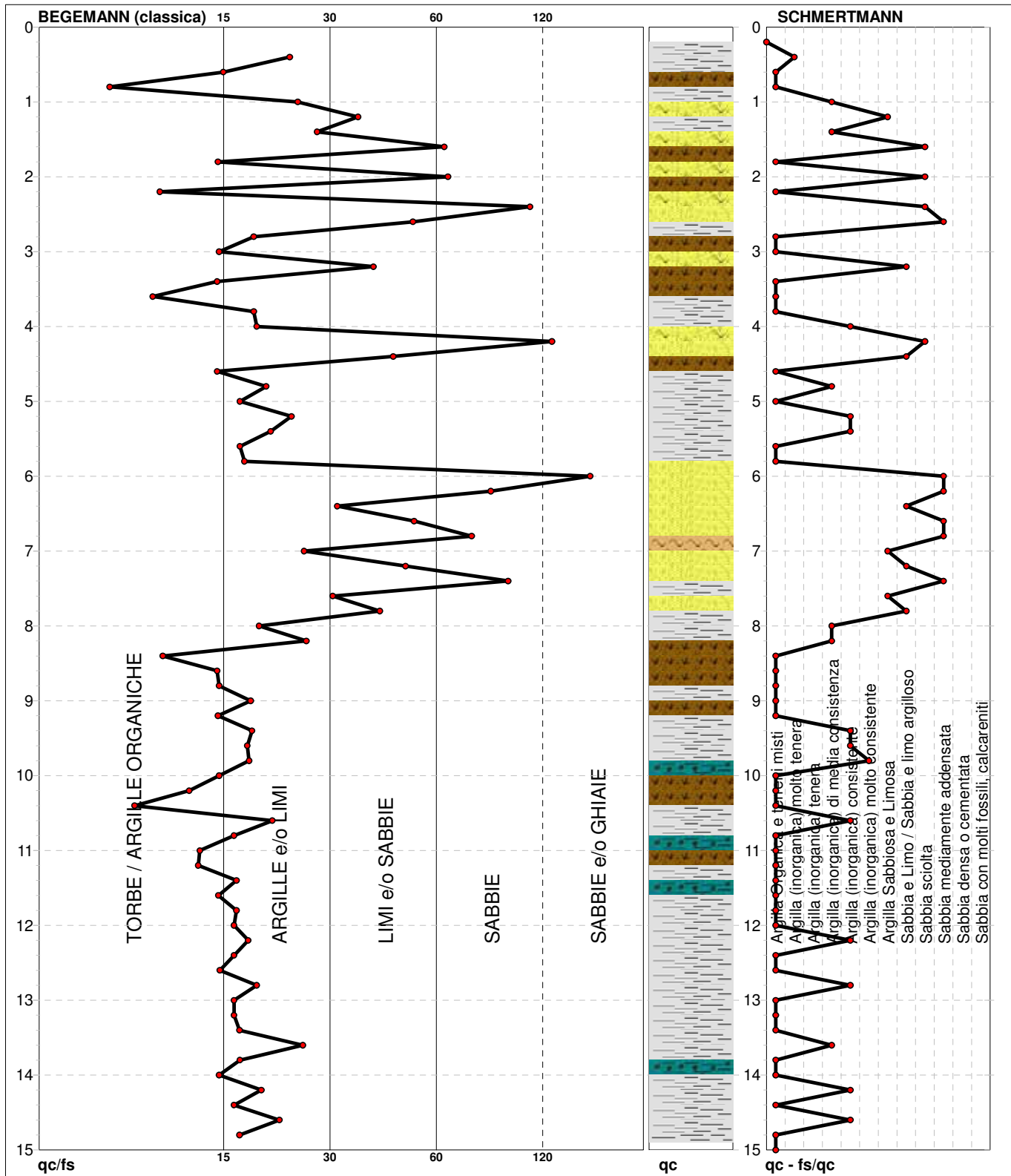
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	4
referimento	085-2013
certificato n°	85-4

Committente: **PARROCCHIA DI SAN GIOVANNI BATTISTA**
 Cantiere: **PIANO PARTICOLAREGGIATO**
 Località: **FUSIGNANO (RA)-VIA GARIBALDI**

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: 12/04/2013
 Scala: 1:75 Data certificato: 19/04/2013
 Pagina: 1
 Elaborato: Falda: -0,50 m da quota inizio



Torbe / Argille org. :	19 punti, 25,68%	Argilla Organica e terreni misti:	37 punti, 50,00%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	3 punti, 4,05%
Argille e/o Limi :	39 punti, 52,70%	Argilla (inorganica) molto tenera:	1 punti, 1,35%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	5 punti, 6,76%
Limi e/o Sabbie :	9 punti, 12,16%	Argilla (inorganica) media consist.:	6 punti, 8,11%	Sabbia sciolta:	4 punti, 5,41%
Sabbie:	6 punti, 8,11%	Argilla (inorganica) consistente:	10 punti, 13,51%	Sabbia mediamente addensata:	6 punti, 8,11%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 1,35%	Argilla (inorganica) molto consist.:	1 punti, 1,35%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

5

referimento

085-2013

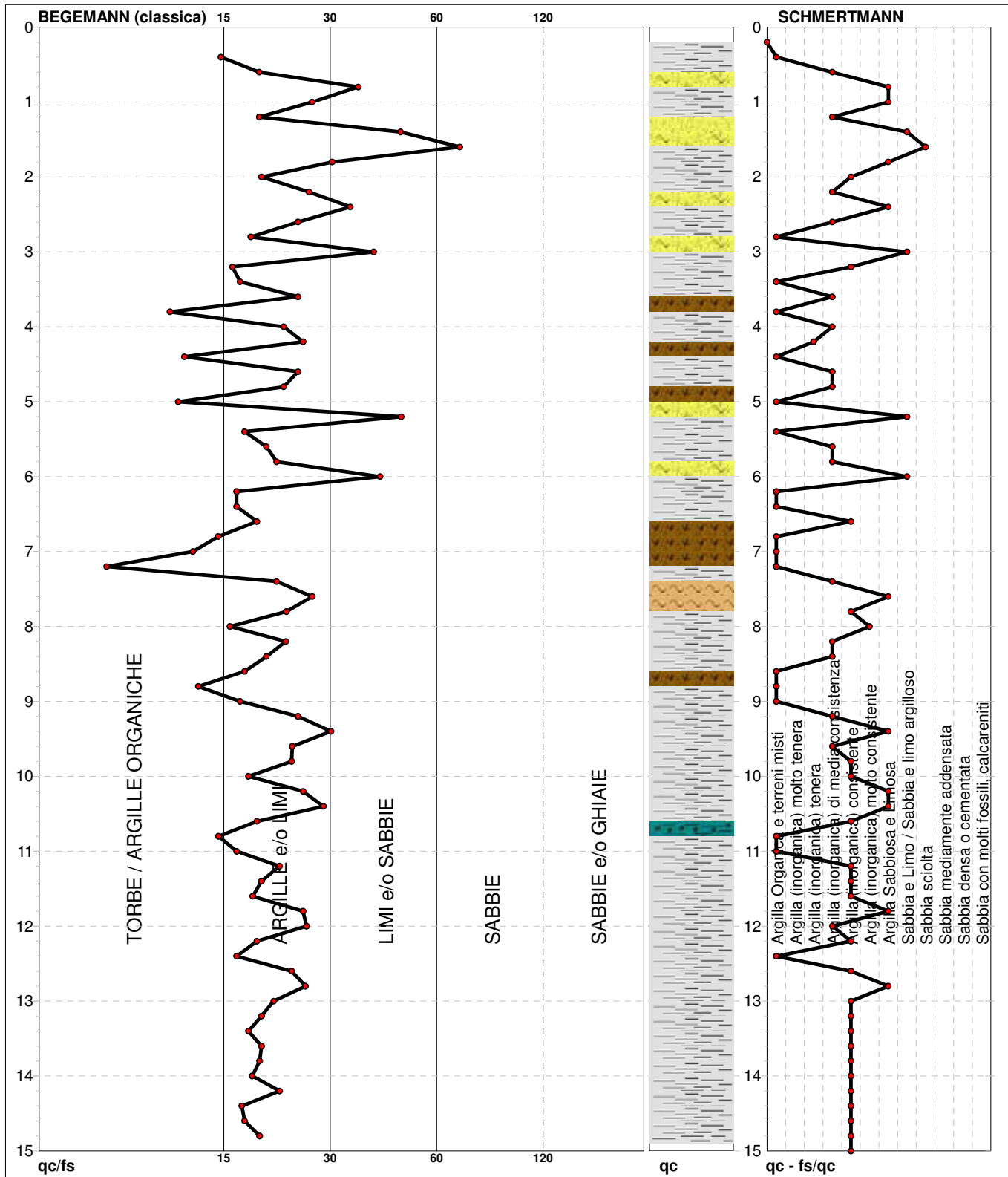
certificato n°

85-5

Committente: **PARROCCHIA DI SAN GIOVANNI BATTISTA**
 Cantiere: **PIANO PARTICOLAREGGIATO**
 Località: **FUSIGNANO (RA)-VIA GARIBALDI**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:75**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

Data eseg.: **15/04/2013**
 Data certificato: **19/04/2013**
 Falda: **-0,80 m da quota inizio**



Torbe / Argille org. :	9 punti, 12,16%	Argilla Organica e terreni misti:	18 punti, 24,32%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	10 punti, 13,51%
Argille e/o Limi :	58 punti, 78,38%	Argilla (inorganica) tenera:	1 punti, 1,35%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	4 punti, 5,41%
Limi e/o Sabbie :	6 punti, 8,11%	Argilla (inorganica) media consist.:	16 punti, 21,62%	Sabbia sciolta:	1 punti, 1,35%
Sabbie:	1 punti, 1,35%	Argilla (inorganica) consistente:	22 punti, 29,73%		
		Argilla (inorganica) molto consist.:	1 punti, 1,35%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

6

riferimento

085-2013

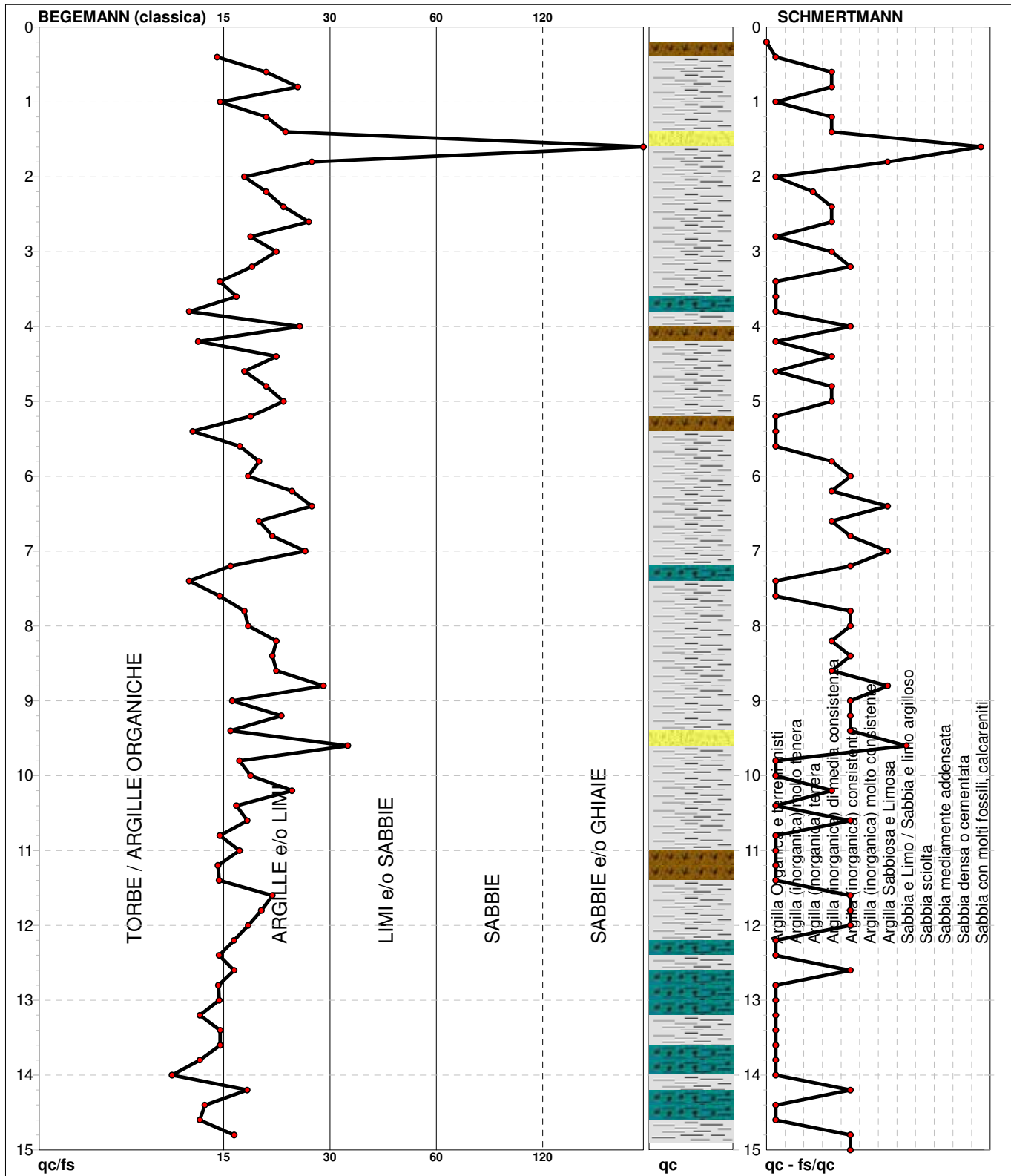
certificato n°

85-6

Committente: **PARROCCHIA DI SAN GIOVANNI BATTISTA**
 Cantiere: **PIANO PARTICOLAREGGIATO**
 Località: **FUSIGNANO (RA)-VIA GARIBALDI**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:75**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

Data exec.: **15/04/2013**
 Data certificato: **19/04/2013**
 Falda: **-0,75 m da quota inizio**



Torbe / Argille org. :	16 punti, 21,62%	Argilla Organica e terreni misti:	32 punti, 43,24%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	1 punti, 1,35%
Argille e/o Limi :	56 punti, 75,68%	Argilla (inorganica) tenera:	1 punti, 1,35%	Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punti, 1,35%
Limi e/o Sabbie :	1 punti, 1,35%	Argilla (inorganica) media consist.:	16 punti, 21,62%		
		Argilla (inorganica) consistente:	18 punti, 24,32%		
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 1,35%				

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT**1**

riferimento

085-2013

certificato n°

85-1

Committente: **PARROCCHIA DI SAN GIOVANNI BATTISTA**Cantiere: **PIANO PARTICOLAREGGIATO**Località: **FUSIGNANO (RA)-VIA GARIBALDI**U.M.: **kg/cm²**

Data eseg.: 04/04/2013

Data certificato: 19/04/2013

Pagina: 1

Elaborato:

Falda: -0,40 m da quota inizio

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	0,0	0		0,00	0,53	0		15,20	14,0	25		14,00	0,60	23	4,3
0,40	8,0	16		8,00	0,53	15	6,6	15,40	14,0	23		14,00	0,67	21	4,8
0,60	9,0	17		9,00	0,40	23	4,4	15,60	12,0	22		12,00	0,80	15	6,7
0,80	8,0	14		8,00	0,20	40	2,5	15,80	16,0	28		16,00	0,73	22	4,6
1,00	22,0	25		22,00	0,80	28	3,6	16,00	16,0	27		16,00	0,93	17	5,8
1,20	16,0	28		16,00	0,33	48	2,1	16,20	18,0	32		18,00	0,73	25	4,1
1,40	21,0	26		21,00	1,20	18	5,7	16,40	22,0	33		22,00	0,80	28	3,6
1,60	24,0	42		24,00	1,33	18	5,5	16,60	21,0	33		21,00	0,87	24	4,1
1,80	37,0	57		37,00	1,07	35	2,9	16,80	19,0	32		19,00	0,80	24	4,2
2,00	33,0	49		33,00	0,73	45	2,2	17,00	16,0	28		16,00	0,80	20	5,0
2,20	6,0	17		6,00	0,27	22	4,5	17,20	15,0	27		15,00	0,67	22	4,5
2,40	14,0	18		14,00	0,53	26	3,8	17,40	14,0	24		14,00	0,53	26	3,8
2,60	9,0	17		9,00	0,27	33	3,0	17,60	14,0	22		14,00	0,60	23	4,3
2,80	8,0	12		8,00	0,40	20	5,0	17,80	12,0	21		12,00	0,47	26	3,9
3,00	7,0	13		7,00	0,40	18	5,7	18,00	11,0	18		11,00	0,53	21	4,8
3,20	9,0	15		9,00	0,40	23	4,4	18,20	12,0	20		12,00	0,47	26	3,9
3,40	8,0	14		8,00	0,53	15	6,6	18,40	12,0	19		12,00	0,47	26	3,9
3,60	9,0	17		9,00	0,67	13	7,4	18,60	10,0	17		10,00	0,53	19	5,3
3,80	11,0	21		11,00	0,67	16	6,1	18,80	12,0	20		12,00	0,60	20	5,0
4,00	12,0	22		12,00	0,93	13	7,8	19,00	13,0	22		13,00	0,47	28	3,6
4,20	17,0	31		17,00	0,73	23	4,3	19,20	15,0	22		15,00	0,60	25	4,0
4,40	11,0	22		11,00	0,47	23	4,3	19,40	15,0	24		15,00	0,73	21	4,9
4,60	12,0	19		12,00	0,60	20	5,0	19,60	14,0	25		14,00	0,80	18	5,7
4,80	15,0	24		15,00	0,53	28	3,5	19,80	13,0	25		13,00	0,73	18	5,6
5,00	13,0	21		13,00	0,60	22	4,6	20,00	15,0	26		15,00	0,73	21	4,9
5,20	8,0	17		8,00	0,53	15	6,6	20,20	17,0	28		17,00	0,73	23	4,3
5,40	9,0	17		9,00	0,40	23	4,4	20,40	19,0	30		19,00	0,93	20	4,9
5,60	8,0	14		8,00	0,40	20	5,0	20,60	16,0	30		16,00	0,87	18	5,4
5,80	8,0	14		8,00	0,27	30	3,4	20,80	19,0	32		19,00	0,93	20	4,9
6,00	9,0	13		9,00	0,33	27	3,7	21,00	19,0	33		19,00	0,93	20	4,9
6,20	9,0	14		9,00	0,33	27	3,7	21,20	22,0	36		22,00	0,93	24	4,2
6,40	10,0	15		10,00	0,33	30	3,3	21,40	23,0	37		23,00	0,93	25	4,0
6,60	3,0	8		3,00	0,33	9	11,0	21,60	21,0	35		21,00	0,87	24	4,1
6,80	4,0	9		4,00	0,27	15	6,8	21,80	21,0	34		21,00	1,00	21	4,8
7,00	5,0	9		5,00	0,27	19	5,4	22,00	23,0	38		23,00	1,00	23	4,3
7,20	18,0	22		18,00	0,53	34	2,9	22,20	26,0	41		26,00	1,07	24	4,1
7,40	17,0	25		17,00	0,67	25	3,9	22,40	31,0	47		31,00	1,27	24	4,1
7,60	20,0	30		20,00	0,73	27	3,7	22,60	35,0	54		35,00	1,40	25	4,0
7,80	21,0	32		21,00	0,73	29	3,5	22,80	26,0	47		26,00	1,07	24	4,1
8,00	35,0	46		35,00	0,87	40	2,5	23,00	22,0	38		22,00	0,87	25	4,0
8,20	16,0	29		16,00	0,47	34	2,9	23,20	37,0	50		37,00	1,20	31	3,2
8,40	22,0	29		22,00	0,67	33	3,0	23,40	46,0	64		46,00	2,07	22	4,5
8,60	13,0	23		13,00	0,53	25	4,1	23,60	39,0	70		39,00	1,67	23	4,3
8,80	14,0	22		14,00	0,53	26	3,8	23,80	32,0	57		32,00	1,73	18	5,4
9,00	17,0	25		17,00	0,67	25	3,9	24,00	44,0	70		44,00	2,27	19	5,2
9,20	18,0	28		18,00	0,73	25	4,1	24,20	47,0	81		47,00	2,33	20	5,0
9,40	16,0	27		16,00	0,80	20	5,0	24,40	62,0	97		62,00	3,13	20	5,0
9,60	15,0	27		15,00	0,53	28	3,5	24,60	59,0	106		59,00	2,93	20	5,0
9,80	19,0	27		19,00	0,80	24	4,2	24,80	57,0	101		57,00	3,47	16	6,1
10,00	18,0	30		18,00	0,73	25	4,1	25,00	61,0	113		61,00	3,33	18	5,5
10,20	14,0	25		14,00	0,40	35	2,9	25,20	58,0	108		58,00	3,00	19	5,2
10,40	17,0	23		17,00	0,60	28	3,5	25,40	43,0	88		43,00	2,67	16	6,2
10,60	18,0	27		18,00	0,47	38	2,6	25,60	42,0	82		42,00	2,53	17	6,0
10,80	14,0	21		14,00	0,40	35	2,9	25,80	53,0	91		53,00	3,40	16	6,4
11,00	15,0	21		15,00	0,47	32	3,1	26,00	51,0	102		51,00	3,13	16	6,1
11,20	12,0	19		12,00	0,40	30	3,3	26,20	45,0	92		45,00	2,27	20	5,0
11,40	12,0	18		12,00	0,40	30	3,3	26,40	56,0	90		56,00	2,60	22	4,6
11,60	9,0	15		9,00	0,40	23	4,4	26,60	47,0	86		47,00	2,73	17	5,8
11,80	10,0	16		10,00	0,60	17	6,0	26,80	40,0	81		40,00	2,27	18	5,7
12,00	15,0	24		15,00	0,67	22	4,5	27,00	32,0	66		32,00	1,20	27	3,8
12,20	17,0	27		17,00	0,67	25	3,9	27,20	19,0	37		19,00	1,07	18	5,6
12,40	18,0	28		18,00	0,73	25	4,1	27,40	17,0	33		17,00	1,13	15	6,6
12,60	13,0	24		13,00	0,60	22	4,6	27,60	24,0	41		24,00	1,40	17	5,8
12,80	14,0	23		14,00	0,53	26	3,8	27,80	27,0	48		27,00	1,53	18	5,7
13,00	20,0	28		20,00	0,73	27	3,7	28,00	34,0	57		34,00	1,33	26	3,9
13,20	15,0	26		15,00	0,80	19	5,3	28,20	35,0	55		35,00	1,60	22	4,6
13,40	14,0	26		14,00	0,53	26	3,8	28,40	30,0	54		30,00	1,40	21	4,7
13,60	17,0	25		17,00	0,53	32	3,1	28,60	38,0	59		38,00	1,53	25	4,0
13,80	15,0	23		15,00	0,67	22	4,5	28,80	38,0	61		38,00	1,93	20	5,1
14,00	15,0	25		15,00	0,60	25	4,0	29,00	47,0	76		47,00	1,93	24	4,1
14,20	17,0	26		17,00	0,87	20	5,1	29,20	59,0	88		59,00	2,53	23	4,3
14,40	15,0	28		15,00	0,93	16	6,2	29,40	66,0	104		66,00	2,00	33	3,0
14,60	18,0	32		18,00	0,80	23	4,4	29,60	90,0	120		90,00	1,27	71	1,4
14,80	15,0	27		15,00	0,60	25	4,0	29,80	129,0	148		129,00	3,07	42	2,4
15,00	13,0	22		13,00	0,73	18	5,6	30,00	100,0	146		100,00			

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT =10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata

0.20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT**2**

riferimento

085-2013

certificato n°

85-2

Committente: **PARROCCHIA DI SAN GIOVANNI BATTISTA**Cantiere: **PIANO PARTICOLAREGGIATO**Località: **FUSIGNANO (RA)-VIA GARIBALDI**U.M.: **kg/cm²**

Data eseg.: 04/04/2013

Data certificato: 19/04/2013

Pagina: 1

Elaborato:

Falda: -0,20 m da quota inizio

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	0,0	0		0,00	0,60	0		15,20	8,0	16		8,00	0,47	17	5,9
0,40	7,0	16		7,00	0,60	12	8,6	15,40	8,0	15		8,00	0,40	20	5,0
0,60	12,0	21		12,00	0,33	36	2,8	15,60	8,0	14		8,00	0,40	20	5,0
0,80	6,0	11		6,00	0,47	13	7,8	15,80	8,0	14		8,00	0,40	20	5,0
1,00	9,0	16		9,00	0,27	33	3,0	16,00	8,0	14		8,00	0,40	20	5,0
1,20	19,0	23		19,00	0,33	58	1,7	16,20	8,0	14		8,00	0,47	17	5,9
1,40	14,0	19		14,00	0,53	26	3,8	16,40	12,0	19		12,00	0,67	18	5,6
1,60	13,0	21		13,00	0,33	39	2,5	16,60	11,0	21		11,00	0,73	15	6,6
1,80	11,0	16		11,00	0,47	23	4,3	16,80	12,0	23		12,00	0,80	15	6,7
2,00	10,0	17		10,00	0,27	37	2,7	17,00	10,0	22		10,00	0,67	15	6,7
2,20	10,0	14		10,00	0,27	37	2,7	17,20	9,0	19		9,00	0,60	15	6,7
2,40	9,0	13		9,00	0,53	17	5,9	17,40	9,0	18		9,00	0,53	17	5,9
2,60	8,0	16		8,00	0,13	62	1,6	17,60	8,0	16		8,00	0,53	15	6,6
2,80	16,0	18		16,00	0,27	59	1,7	17,80	8,0	16		8,00	0,53	15	6,6
3,00	5,0	9		5,00	0,33	15	6,6	18,00	10,0	18		10,00	0,53	19	5,3
3,20	3,0	8		3,00	0,33	9	11,0	18,20	9,0	17		9,00	0,53	17	5,9
3,40	15,0	20		15,00	0,13	115	0,9	18,40	8,0	16		8,00	0,47	17	5,9
3,60	7,0	9		7,00	0,40	18	5,7	18,60	10,0	17		10,00	0,53	19	5,3
3,80	3,0	9		3,00	0,27	11	9,0	18,80	9,0	17		9,00	0,47	19	5,2
4,00	6,0	10		6,00	0,27	22	4,5	19,00	9,0	16		9,00	0,53	17	5,9
4,20	11,0	15		11,00	0,47	23	4,3	19,20	9,0	17		9,00	0,47	19	5,2
4,40	10,0	17		10,00	0,53	19	5,3	19,40	10,0	17		10,00	0,60	17	6,0
4,60	8,0	16		8,00	0,47	17	5,9	19,60	11,0	20		11,00	0,67	16	6,1
4,80	5,0	12		5,00	0,27	19	5,4	19,80	11,0	21		11,00	0,67	16	6,1
5,00	9,0	13		9,00	0,40	23	4,4	20,00	13,0	23		13,00	0,67	19	5,2
5,20	11,0	17		11,00	0,53	21	4,8	20,20	16,0	26		16,00	0,73	22	4,6
5,40	15,0	23		15,00	0,80	19	5,3	20,40	12,0	23		12,00	0,73	16	6,1
5,60	15,0	27		15,00	0,80	19	5,3	20,60	13,0	24		13,00	0,73	18	5,6
5,80	12,0	24		12,00	0,67	18	5,6	20,80	16,0	27		16,00	0,93	17	5,8
6,00	8,0	18		8,00	0,47	17	5,9	21,00	19,0	33		19,00	1,00	19	5,3
6,20	7,0	14		7,00	0,40	18	5,7	21,20	13,0	28		13,00	0,80	16	6,2
6,40	7,0	13		7,00	0,40	18	5,7	21,40	20,0	32		20,00	0,73	27	3,7
6,60	25,0	31		25,00	0,33	76	1,3	21,60	22,0	33		22,00	0,93	24	4,2
6,80	38,0	43		38,00	1,33	29	3,5	21,80	17,0	31		17,00	0,87	20	5,1
7,00	46,0	66		46,00	0,67	69	1,5	22,00	23,0	36		23,00	1,20	19	5,2
7,20	46,0	56		46,00	1,73	27	3,8	22,20	22,0	40		22,00	1,27	17	5,8
7,40	21,0	47		21,00	0,73	29	3,5	22,40	31,0	50		31,00	1,73	18	5,6
7,60	13,0	24		13,00	0,67	19	5,2	22,60	35,0	61		35,00	1,93	18	5,5
7,80	10,0	20		10,00	0,33	30	3,3	22,80	43,0	72		43,00	2,60	17	6,0
8,00	21,0	26		21,00	0,60	35	2,9	23,00	41,0	80		41,00	2,07	20	5,0
8,20	9,0	18		9,00	0,47	19	5,2	23,20	41,0	72		41,00	2,20	19	5,4
8,40	9,0	16		9,00	0,27	33	3,0	23,40	31,0	64		31,00	1,73	18	5,6
8,60	9,0	13		9,00	0,47	19	5,2	23,60	31,0	57		31,00	2,00	16	6,5
8,80	3,0	10		3,00	0,33	9	11,0	23,80	28,0	58		28,00	1,60	18	5,7
9,00	5,0	10		5,00	0,40	13	8,0	24,00	23,0	47		23,00	1,13	20	4,9
9,20	6,0	12		6,00	0,53	11	8,8	24,20	13,0	30		13,00	0,80	16	6,2
9,40	11,0	19		11,00	0,73	15	6,6	24,40	19,0	31		19,00	1,27	15	6,7
9,60	13,0	24		13,00	0,80	16	6,2	24,60	26,0	45		26,00	1,27	20	4,9
9,80	14,0	26		14,00	0,73	19	5,2	24,80	33,0	52		33,00	1,47	22	4,5
10,00	9,0	20		9,00	0,53	17	5,9	25,00	30,0	52		30,00	1,87	16	6,2
10,20	4,0	12		4,00	0,47	9	11,8	25,20	59,0	87		59,00	2,13	28	3,6
10,40	2,0	9		2,00	0,47	4	23,5	25,40	66,0	98		66,00	2,40	28	3,6
10,60	8,0	15		8,00	0,53	15	6,6	25,60	96,0	132		96,00	2,13	45	2,2
10,80	8,0	16		8,00	0,53	15	6,6	25,80	111,0	143		111,00	2,13	52	1,9
11,00	7,0	15		7,00	0,53	13	7,6	26,00	107,0	139		107,00	2,67	40	2,5
11,20	7,0	15		7,00	0,47	15	6,7	26,20	103,0	143		103,00	1,27	81	1,2
11,40	6,0	13		6,00	0,40	15	6,7	26,40	192,0	211		192,00	2,40	80	1,3
11,60	8,0	14		8,00	0,53	15	6,6	26,60	124,0	160		124,00	1,87	66	1,5
11,80	9,0	17		9,00	0,60	15	6,7	26,80	112,0	140		112,00	1,73	65	1,5
12,00	10,0	19		10,00	0,73	14	7,3	27,00	195,0	221		195,00	2,60	75	1,3
12,20	13,0	24		13,00	0,73	18	5,6	27,20	142,0	181		142,00	2,40	59	1,7
12,40	12,0	23		12,00	0,80	15	6,7	27,40	175,0	211		175,00	1,93	91	1,1
12,60	10,0	22		10,00	0,73	14	7,3	27,60	224,0	253		224,00	2,40	93	1,1
12,80	10,0	21		10,00	0,60	17	6,0	27,80	201,0	237		201,00	3,33	60	1,7
13,00	8,0	17		8,00	0,53	15	6,6	28,00	35,0	85		35,00	0,87	40	2,5
13,20	6,0	14		6,00	0,53	11	8,8	28,20	20,0	33		20,00	0,87	23	4,4
13,40	8,0	16		8,00	0,47	17	5,9	28,40	21,0	34		21,00	1,07	20	5,1
13,60	10,0	17		10,00	0,40	25	4,0	28,60	16,0	32		16,00	1,07	15	6,7
13,80	5,0	11		5,00	0,40	13	8,0	28,80	44,0	60		44,00	2,47	18	5,6
14,00	6,0	12		6,00	0,33	18	5,5	29,00	35,0	72		35,00	1,13	31	3,2
14,20	6,0	11		6,00	0,40	15	6,7	29,20	79,0	96		79,00	2,27	35	2,9
14,40	6,0	12		6,00	0,40	15	6,7	29,40	61,0	95		61,00	2,67	23	4,4
14,60	7,0	13		7,00	0,40	18	5,7	29,60	22,0	62		22,00	1,27	17	5,8
14,80	7,0	13		7,00	0,47	15	6,7	29,80	23,0	42		23,00	1,00	23	4,3
15,00	10,0	17		10,00	0,53	19	5,3	30,00	21,0	36		21,00			

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT =10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata

0.20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT**3**

riferimento

085-2013

certificato n°

85-3

Committente: **PARROCCHIA DI SAN GIOVANNI BATTISTA**
 Cantiere: **PIANO PARTICOLAREGGIATO**
 Località: **FUSIGNANO (RA)-VIA GARIBALDI**

U.M.: **kg/cm²**
 Pagina: 1
 Elaborato:

Data esec.: 12/04/2013
 Data certificato: 19/04/2013
 Falda: -0,60 m da quota inizio

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	0,0	0		0,00	0,33	0									
0,40	5,0	10		5,00	0,27	19	5,4								
0,60	9,0	13		9,00	0,47	19	5,2								
0,80	9,0	16		9,00	0,47	19	5,2								
1,00	6,0	13		6,00	0,47	13	7,8								
1,20	9,0	16		9,00	0,47	19	5,2								
1,40	8,0	15		8,00	0,53	15	6,6								
1,60	8,0	16		8,00	0,60	13	7,5								
1,80	19,0	28		19,00	0,13	146	0,7								
2,00	6,0	8		6,00	0,27	22	4,5								
2,20	7,0	11		7,00	0,27	26	3,9								
2,40	8,0	12		8,00	0,40	20	5,0								
2,60	6,0	12		6,00	0,27	22	4,5								
2,80	7,0	11		7,00	0,40	18	5,7								
3,00	4,0	10		4,00	0,27	15	6,8								
3,20	4,0	8		4,00	0,27	15	6,8								
3,40	6,0	10		6,00	0,33	18	5,5								
3,60	12,0	17		12,00	0,40	30	3,3								
3,80	9,0	15		9,00	0,47	19	5,2								
4,00	7,0	14		7,00	0,40	18	5,7								
4,20	9,0	15		9,00	0,40	23	4,4								
4,40	12,0	18		12,00	0,40	30	3,3								
4,60	15,0	21		15,00	0,67	22	4,5								
4,80	13,0	23		13,00	0,27	48	2,1								
5,00	17,0	21		17,00	0,67	25	3,9								
5,20	11,0	21		11,00	0,73	15	6,6								
5,40	21,0	32		21,00	0,60	35	2,9								
5,60	14,0	23		14,00	0,60	23	4,3								
5,80	13,0	22		13,00	0,53	25	4,1								
6,00	15,0	23		15,00	0,73	21	4,9								
6,20	13,0	24		13,00	0,47	28	3,6								
6,40	12,0	19		12,00	0,87	14	7,3								
6,60	16,0	29		16,00	0,53	30	3,3								
6,80	10,0	18		10,00	0,60	17	6,0								
7,00	19,0	28		19,00	0,40	48	2,1								
7,20	11,0	17		11,00	0,27	41	2,5								
7,40	12,0	16		12,00	0,47	26	3,9								
7,60	8,0	15		8,00	0,67	12	8,4								
7,80	16,0	26		16,00	0,73	22	4,6								
8,00	32,0	43		32,00	0,60	53	1,9								
8,20	40,0	49		40,00	0,40	100	1,0								
8,40	34,0	40		34,00	0,80	43	2,4								
8,60	16,0	28		16,00	0,67	24	4,2								
8,80	36,0	46		36,00	1,00	36	2,8								
9,00	71,0	86		71,00	1,07	66	1,5								
9,20	68,0	84		68,00	1,40	49	2,1								
9,40	84,0	105		84,00	1,40	60	1,7								
9,60	51,0	72		51,00	1,47	35	2,9								
9,80	99,0	121		99,00	1,40	71	1,4								
10,00	88,0	109		88,00	1,47	60	1,7								
10,20	52,0	74		52,00	0,87	60	1,7								
10,40	55,0	68		55,00	1,00	55	1,8								
10,60	44,0	59		44,00	0,40	110	0,9								
10,80	34,0	40		34,00	0,80	43	2,4								
11,00	15,0	27		15,00	0,87	17	5,8								
11,20	38,0	51		38,00	0,73	52	1,9								
11,40	19,0	30		19,00	0,47	40	2,5								
11,60	16,0	23		16,00	0,53	30	3,3								
11,80	15,0	23		15,00	0,47	32	3,1								
12,00	15,0	22		15,00	0,47	32	3,1								
12,20	14,0	21		14,00	0,47	30	3,4								
12,40	14,0	21		14,00	0,53	26	3,8								
12,60	17,0	25		17,00	0,73	23	4,3								
12,80	18,0	29		18,00	0,80	23	4,4								
13,00	15,0	27		15,00	0,80	19	5,3								
13,20	18,0	30		18,00	0,80	23	4,4								
13,40	18,0	30		18,00	0,80	23	4,4								
13,60	19,0	31		19,00	0,87	22	4,6								
13,80	17,0	30		17,00	0,73	23	4,3								
14,00	17,0	28		17,00	0,73	23	4,3								
14,20	15,0	26		15,00	0,73	21	4,9								
14,40	15,0	26		15,00	0,73	21	4,9								
14,60	16,0	27		16,00	0,73	22	4,6								
14,80	17,0	28		17,00	0,87	20	5,1								
15,00	15,0	28		15,00											

H = profondità

qc = resistenza di punta

L1 = prima lettura (punta)

fs = resistenza laterale calcolata

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

0.20 m sopra quota qc

Lt = terza lettura (totale)

F = rapporto Begemann (qc / fs)

CT =10,00 costante di trasformazione

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT**4**

riferimento

085-2013

certificato n°

85-4

Committente: **PARROCCHIA DI SAN GIOVANNI BATTISTA**Cantiere: **PIANO PARTICOLAREGGIATO**Località: **FUSIGNANO (RA)-VIA GARIBALDI**U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 12/04/2013

Data certificato: 19/04/2013

Pagina: 1

Elaborato:

Falda: -0,50 m da quota inizio

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0,20	0,0	0		0,00	0,13	0									
0,40	3,0	5		3,00	0,13	23	4,3								
0,60	2,0	4		2,00	0,13	15	6,5								
0,80	1,0	3		1,00	0,13	8	13,0								
1,00	8,0	10		8,00	0,33	24	4,1								
1,20	7,0	12		7,00	0,20	35	2,9								
1,40	9,0	12		9,00	0,33	27	3,7								
1,60	16,0	21		16,00	0,27	59	1,7								
1,80	7,0	11		7,00	0,47	15	6,7								
2,00	20,0	27		20,00	0,33	61	1,7								
2,20	7,0	12		7,00	0,67	10	9,6								
2,40	20,0	30		20,00	0,20	100	1,0								
2,60	23,0	26		23,00	0,47	49	2,0								
2,80	5,0	12		5,00	0,27	19	5,4								
3,00	3,0	7		3,00	0,20	15	6,7								
3,20	5,0	8		5,00	0,13	38	2,6								
3,40	4,0	6		4,00	0,27	15	6,8								
3,60	4,0	8		4,00	0,40	10	10,0								
3,80	5,0	11		5,00	0,27	19	5,4								
4,00	10,0	14		10,00	0,53	19	5,3								
4,20	8,0	16		8,00	0,07	114	0,9								
4,40	23,0	24		23,00	0,53	43	2,3								
4,60	4,0	12		4,00	0,27	15	6,8								
4,80	8,0	12		8,00	0,40	20	5,0								
5,00	8,0	14		8,00	0,47	17	5,9								
5,20	14,0	21		14,00	0,60	23	4,3								
5,40	15,0	24		15,00	0,73	21	4,9								
5,60	8,0	19		8,00	0,47	17	5,9								
5,80	7,0	14		7,00	0,40	18	5,7								
6,00	39,0	45		39,00	0,27	144	0,7								
6,20	37,0	41		37,00	0,47	79	1,3								
6,40	33,0	40		33,00	1,07	31	3,2								
6,60	69,0	85		69,00	1,40	49	2,0								
6,80	56,0	77		56,00	0,80	70	1,4								
7,00	32,0	44		32,00	1,27	25	4,0								
7,20	22,0	41		22,00	0,47	47	2,1								
7,40	35,0	42		35,00	0,40	88	1,1								
7,60	18,0	24		18,00	0,60	30	3,3								
7,80	24,0	33		24,00	0,60	40	2,5								
8,00	9,0	18		9,00	0,47	19	5,2								
8,20	12,0	19		12,00	0,47	26	3,9								
8,40	5,0	12		5,00	0,47	11	9,4								
8,60	4,0	11		4,00	0,27	15	6,8								
8,80	3,0	7		3,00	0,20	15	6,7								
9,00	6,0	9		6,00	0,33	18	5,5								
9,20	7,0	12		7,00	0,47	15	6,7								
9,40	11,0	18		11,00	0,60	18	5,5								
9,60	13,0	22		13,00	0,73	18	5,6								
9,80	18,0	29		18,00	1,00	18	5,6								
10,00	9,0	24		9,00	0,60	15	6,7								
10,20	5,0	14		5,00	0,40	13	8,0								
10,40	6,0	12		6,00	0,67	9	11,2								
10,60	11,0	21		11,00	0,53	21	4,8								
10,80	11,0	19		11,00	0,67	16	6,1								
11,00	8,0	18		8,00	0,60	13	7,5								
11,20	7,0	16		7,00	0,53	13	7,6								
11,40	10,0	18		10,00	0,60	17	6,0								
11,60	10,0	19		10,00	0,67	15	6,7								
11,80	10,0	20		10,00	0,60	17	6,0								
12,00	11,0	20		11,00	0,67	16	6,1								
12,20	12,0	22		12,00	0,67	18	5,6								
12,40	11,0	21		11,00	0,67	16	6,1								
12,60	11,0	21		11,00	0,73	15	6,6								
12,80	10,0	21		10,00	0,53	19	5,3								
13,00	11,0	19		11,00	0,67	16	6,1								
13,20	11,0	21		11,00	0,67	16	6,1								
13,40	9,0	19		9,00	0,53	17	5,9								
13,60	10,0	18		10,00	0,40	25	4,0								
13,80	8,0	14		8,00	0,47	17	5,9								
14,00	9,0	16		9,00	0,60	15	6,7								
14,20	13,0	22		13,00	0,67	19	5,2								
14,40	11,0	21		11,00	0,67	16	6,1								
14,60	13,0	23		13,00	0,60	22	4,6								
14,80	9,0	18		9,00	0,53	17	5,9								
15,00	8,0	16		8,00											

H = profondità

qc = resistenza di punta

L1 = prima lettura (punta)

fs = resistenza laterale calcolata

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

0.20 m sopra quota qc

Lt = terza lettura (totale)

F = rapporto Begemann (qc / fs)

CT =10,00 costante di trasformazione

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT**5**

riferimento

085-2013

certificato n°

85-5

Committente: **PARROCCHIA DI SAN GIOVANNI BATTISTA**Cantiere: **PIANO PARTICOLAREGGIATO**Località: **FUSIGNANO (RA)-VIA GARIBALDI**U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 15/04/2013

Data certificato: 19/04/2013

Pagina: 1

Elaborato:

Falda: -0,80 m da quota inizio

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0,20	0,0	0		0,00	0,33	0									
0,40	5,0	10		5,00	0,33	15	6,6								
0,60	9,0	14		9,00	0,47	19	5,2								
0,80	7,0	14		7,00	0,20	35	2,9								
1,00	14,0	17		14,00	0,53	26	3,8								
1,20	9,0	17		9,00	0,47	19	5,2								
1,40	24,0	31		24,00	0,53	45	2,2								
1,60	13,0	21		13,00	0,20	65	1,5								
1,80	20,0	23		20,00	0,67	30	3,4								
2,00	13,0	23		13,00	0,67	19	5,2								
2,20	7,0	17		7,00	0,27	26	3,9								
2,40	9,0	13		9,00	0,27	33	3,0								
2,60	8,0	12		8,00	0,33	24	4,1								
2,80	6,0	11		6,00	0,33	18	5,5								
3,00	5,0	10		5,00	0,13	38	2,6								
3,20	13,0	15		13,00	0,80	16	6,2								
3,40	8,0	20		8,00	0,47	17	5,9								
3,60	8,0	15		8,00	0,33	24	4,1								
3,80	3,0	8		3,00	0,27	11	9,0								
4,00	6,0	10		6,00	0,27	22	4,5								
4,20	5,0	9		5,00	0,20	25	4,0								
4,40	4,0	7		4,00	0,33	12	8,3								
4,60	8,0	13		8,00	0,33	24	4,1								
4,80	6,0	11		6,00	0,27	22	4,5								
5,00	7,0	11		7,00	0,60	12	8,6								
5,20	15,0	24		15,00	0,33	45	2,2								
5,40	7,0	12		7,00	0,40	18	5,7								
5,60	8,0	14		8,00	0,40	20	5,0								
5,80	10,0	16		10,00	0,47	21	4,7								
6,00	16,0	23		16,00	0,40	40	2,5								
6,20	10,0	16		10,00	0,60	17	6,0								
6,40	10,0	19		10,00	0,60	17	6,0								
6,60	10,0	19		10,00	0,53	19	5,3								
6,80	7,0	15		7,00	0,47	15	6,7								
7,00	6,0	13		6,00	0,47	13	7,8								
7,20	4,0	11		4,00	0,53	8	13,3								
7,40	10,0	18		10,00	0,47	21	4,7								
7,60	23,0	30		23,00	0,87	26	3,8								
7,80	21,0	34		21,00	0,93	23	4,4								
8,00	16,0	30		16,00	1,00	16	6,3								
8,20	9,0	24		9,00	0,40	23	4,4								
8,40	8,0	14		8,00	0,40	20	5,0								
8,60	7,0	13		7,00	0,40	18	5,7								
8,80	7,0	13		7,00	0,53	13	7,6								
9,00	8,0	16		8,00	0,47	17	5,9								
9,20	8,0	15		8,00	0,33	24	4,1								
9,40	8,0	13		8,00	0,27	30	3,4								
9,60	11,0	15		11,00	0,47	23	4,3								
9,80	14,0	21		14,00	0,60	23	4,3								
10,00	12,0	21		12,00	0,67	18	5,6								
10,20	15,0	25		15,00	0,60	25	4,0								
10,40	15,0	24		15,00	0,53	28	3,5								
10,60	10,0	18		10,00	0,53	19	5,3								
10,80	10,0	18		10,00	0,67	15	6,7								
11,00	10,0	20		10,00	0,60	17	6,0								
11,20	13,0	22		13,00	0,60	22	4,6								
11,40	13,0	22		13,00	0,67	19	5,2								
11,60	16,0	26		16,00	0,87	18	5,4								
11,80	15,0	28		15,00	0,60	25	4,0								
12,00	12,0	21		12,00	0,47	26	3,9								
12,20	10,0	17		10,00	0,53	19	5,3								
12,40	10,0	18		10,00	0,60	17	6,0								
12,60	14,0	23		14,00	0,60	23	4,3								
12,80	17,0	26		17,00	0,67	25	3,9								
13,00	14,0	24		14,00	0,67	21	4,8								
13,20	13,0	23		13,00	0,67	19	5,2								
13,40	12,0	22		12,00	0,67	18	5,6								
13,60	13,0	23		13,00	0,67	19	5,2								
13,80	14,0	24		14,00	0,73	19	5,2								
14,00	11,0	22		11,00	0,60	18	5,5								
14,20	13,0	22		13,00	0,60	22	4,6								
14,40	16,0	25		16,00	0,93	17	5,8								
14,60	14,0	28		14,00	0,80	18	5,7								
14,80	14,0	26		14,00	0,73	19	5,2								
15,00	13,0	24		13,00											

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT =10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata

0.20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT**6**

riferimento

085-2013

certificato n°

85-6

Committente: **PARROCCHIA DI SAN GIOVANNI BATTISTA**Cantiere: **PIANO PARTICOLAREGGIATO**Località: **FUSIGNANO (RA)-VIA GARIBALDI**U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 15/04/2013

Data certificato: 19/04/2013

Pagina: 1

Elaborato:

Falda: -0,75 m da quota inizio

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	0,0	0	-	0,00	0,20	0									
0,40	4,0	7	-	4,00	0,27	15	6,8								
0,60	8,0	12	-	8,00	0,40	20	5,0								
0,80	8,0	14	-	8,00	0,33	24	4,1								
1,00	8,0	13	-	8,00	0,53	15	6,6								
1,20	8,0	16	-	8,00	0,40	20	5,0								
1,40	9,0	15	-	9,00	0,40	23	4,4								
1,60	28,0	34	-	28,00	0,13	215	0,5								
1,80	14,0	16	-	14,00	0,53	26	3,8								
2,00	7,0	15	-	7,00	0,40	18	5,7								
2,20	4,0	10	-	4,00	0,20	20	5,0								
2,40	6,0	9	-	6,00	0,27	22	4,5								
2,60	7,0	11	-	7,00	0,27	26	3,9								
2,80	6,0	10	-	6,00	0,33	18	5,5								
3,00	10,0	15	-	10,00	0,47	21	4,7								
3,20	11,0	18	-	11,00	0,60	18	5,5								
3,40	11,0	20	-	11,00	0,73	15	6,6								
3,60	10,0	21	-	10,00	0,60	17	6,0								
3,80	10,0	19	-	10,00	0,80	13	8,0								
4,00	13,0	25	-	13,00	0,53	25	4,1								
4,20	7,0	15	-	7,00	0,53	13	7,6								
4,40	10,0	18	-	10,00	0,47	21	4,7								
4,60	7,0	14	-	7,00	0,40	18	5,7								
4,80	8,0	14	-	8,00	0,40	20	5,0								
5,00	6,0	12	-	6,00	0,27	22	4,5								
5,20	6,0	10	-	6,00	0,33	18	5,5								
5,40	6,0	11	-	6,00	0,47	13	7,8								
5,60	8,0	15	-	8,00	0,47	17	5,9								
5,80	9,0	16	-	9,00	0,47	19	5,2								
6,00	12,0	19	-	12,00	0,67	18	5,6								
6,20	11,0	21	-	11,00	0,47	23	4,3								
6,40	14,0	21	-	14,00	0,53	26	3,8								
6,60	9,0	17	-	9,00	0,47	19	5,2								
6,80	11,0	18	-	11,00	0,53	21	4,8								
7,00	17,0	25	-	17,00	0,67	25	3,9								
7,20	14,0	24	-	14,00	0,87	16	6,2								
7,40	10,0	23	-	10,00	0,80	13	8,0								
7,60	14,0	26	-	14,00	0,93	15	6,6								
7,80	14,0	28	-	14,00	0,80	18	5,7								
8,00	12,0	24	-	12,00	0,67	18	5,6								
8,20	10,0	20	-	10,00	0,47	21	4,7								
8,40	11,0	18	-	11,00	0,53	21	4,8								
8,60	10,0	18	-	10,00	0,47	21	4,7								
8,80	17,0	24	-	17,00	0,60	28	3,5								
9,00	13,0	22	-	13,00	0,80	16	6,2								
9,20	16,0	28	-	16,00	0,73	22	4,6								
9,40	14,0	25	-	14,00	0,87	16	6,2								
9,60	24,0	37	-	24,00	0,73	33	3,0								
9,80	9,0	20	-	9,00	0,53	17	5,9								
10,00	6,0	14	-	6,00	0,33	18	5,5								
10,20	11,0	16	-	11,00	0,47	23	4,3								
10,40	10,0	17	-	10,00	0,60	17	6,0								
10,60	13,0	22	-	13,00	0,73	18	5,6								
10,80	11,0	22	-	11,00	0,73	15	6,6								
11,00	9,0	20	-	9,00	0,53	17	5,9								
11,20	7,0	15	-	7,00	0,47	15	6,7								
11,40	6,0	13	-	6,00	0,40	15	6,7								
11,60	11,0	17	-	11,00	0,53	21	4,8								
11,80	13,0	21	-	13,00	0,67	19	5,2								
12,00	12,0	22	-	12,00	0,67	18	5,6								
12,20	11,0	21	-	11,00	0,67	16	6,1								
12,40	9,0	19	-	9,00	0,60	15	6,7								
12,60	12,0	21	-	12,00	0,73	16	6,1								
12,80	10,0	21	-	10,00	0,67	15	6,7								
13,00	9,0	19	-	9,00	0,60	15	6,7								
13,20	8,0	17	-	8,00	0,60	13	7,5								
13,40	8,0	17	-	8,00	0,53	15	6,6								
13,60	8,0	16	-	8,00	0,53	15	6,6								
13,80	8,0	16	-	8,00	0,60	13	7,5								
14,00	9,0	18	-	9,00	0,80	11	8,9								
14,20	13,0	25	-	13,00	0,73	18	5,6								
14,40	11,0	22	-	11,00	0,80	14	7,3								
14,60	8,0	20	-	8,00	0,60	13	7,5								
14,80	12,0	21	-	12,00	0,73	16	6,1								
15,00	7,0	18	-	7,00											

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT =10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata

0.20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100