



# Comune di Toano

Provincia di Reggio Emilia

corso Trieste, 65  
42010 Toano (RE)  
tel. 0522 805110 . fax 0522 805542  
protocollo@comune.toano.re.it



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU

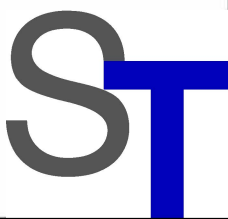
progettazione

## Studio Togninelli ingegneria

restauro e consolidamento . ingegneria sismica . calcoli strutturali . progettazione . sicurezza

ing. Gianluca Togninelli  
ing. Marco Iattici Romei

via Aldo Moro, 2/a  
42035 Castelnovo ne' Monti (RE)  
tel. 0522 1170328  
info@studiotogninelli.it



progetto

**realizzazione di nuova struttura sociale  
di comunità da adibire a centro socio  
riabilitativo semiresidenziale per disabili  
"Erica" e centro di terapia  
occupazionale "Labor"**

PNRR M5C3 LINEA DI INTERVENTO 1.1.1

**CUP: F75E22000300006**

cod. protocollo pratica  
2022/018

committente

**Comune di Toano**

RUP e responsabile del servizio

**geom. Erica Bondi**

progettista, CSP, DL, DLS e CSE

**ing. Gianluca Togninelli**

elaborato

**relazione geologica,  
geotecnica e sismica**

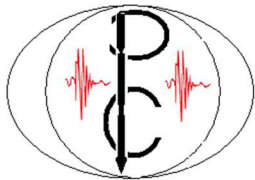
# B3

rev

data

00

sett/2023



## STUDIO GEOLOGICO CALICETTI PAOLO

VIA LOMBARDIA 46, CASTELNUOVO RANGONE, 41051 (MO)

CLCPLA85H14G393Q

Telefono: 3476656452

P.I. 03533010363

E-mail: paolo.calicetti@gmail.com

### RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

**OGGETTO:** RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA STRUTTURA ADIBITA A CENTRO DISABILI

**LUOGO:** S.P 90 Cavola, Toano (RE).



Il tecnico: Calicetti Geol. Paolo



*Paolo Calicetti*

maggio 2022

## Sommario

|  |    |
|--|----|
| Sommario .....   | 1  |
| 1. Introduzione .....  | 3  |
| 2. Inquadramento dell'area.....                                  | 3  |
| <b>2.1 Inquadramento geografico</b> .....                        | 3  |
| <b>2.2 Inquadramento geologico</b> .....                         | 5  |
| <b>2.3 Caratteri geomorfologici</b> .....                        | 8  |
| 3. Realizzazione del progetto .....                              | 10 |
| 4. Indagini di cantiere .....                                    | 10 |
| 4.1 <i>Prova penetrometrica dinamica</i> .....                   | 11 |
| 5. Modello geotecnico e litologico del terreno .....             | 12 |
| 6. Sismicità dell'area.....                                      | 13 |
| 6.2 Fenomeni di amplificazione sismica .....                     | 17 |
| 7. Indagini geofisiche .....                                     | 19 |
| 8. Analisi della risposta sismica locale.....                    | 19 |
| 8.1 Spettro di risposta per SLV .....                            | 21 |
| 8.2 Spettro di risposta per SLD .....                            | 27 |
| 9. Vincolo idrogeologico .....                                   | 33 |
| 10. Verifica della capacità portante.....                        | 34 |
| 10.1 Verifica capacità portante su fondazioni superficiali ..... | 34 |
| 10.2 Verifica capacità portante su fondazioni profonde.....      | 36 |
| 11. Conclusioni .....  | 38 |
| Tavola 1- Monitoraggio inclinometrico .....                      | 41 |
| Tavola 2- Dati di campagna delle prove penetrometriche.....      | 44 |
| Tavola 3- Acquisizioni sismica rifrazione .....                  | 59 |

## 1. Introduzione

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza al D.M 17 gennaio 2018 NTC, pertanto il presente studio verrà suddiviso nelle seguenti sezioni: **relazione geologica** riguardante la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (par. 6.2.1 D.M 17/01/2018); **relazione geotecnica** basata sulle indagini geognostiche eseguite, fornisce la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato (par. 6.2.1 D.M 17/01/2018; Relazione concernente la “risposta sismica del sito” (ai sensi del D.M 17/01/2018). È inoltre conforme al O.P.C.M. n. 3274/2003 e successivo DGR 1164 del 23/07/2018 .

Nel mese di maggio 2022 su incarico del Comune di Toano è stato redatto il presente documento finalizzato a determinare i parametri geotecnici e sismici per le verifiche all'interazione opera-terreno riguardanti la realizzazione di una nuova struttura ad uso pubblico a Cavola nel Comune di Toano (RE). Il modello così ricreato permetterà di definire le scelte progettuali migliori in funzione delle condizioni litologiche e morfologiche dell'area in oggetto, mettendo in evidenza le eventuali criticità geologiche e i relativi interventi di mitigazione.

## 2. Inquadramento dell'area

### 2.1 Inquadramento geografico

L'area oggetto d'indagine, vedi fig. 2.1.1 è situata ad ovest della S.P 90 nell'ex campo da calcio della frazione di Cavola, a nord della stessa frazione del Comune di Toano in provincia di Reggio Emilia, come consultabile nella seguente cartografia:

Elemento n° 218153 CAVOLA alla scala 1:5.000 fig.2.1.2

Sezione n° 218150 CAVOLA alla scala 1:10.000

Tavola n° 218 se CARPINETI in scala 1:25.000 fig. 2.1.3





Fig. 2.1.1- Area oggetto d'indagine.

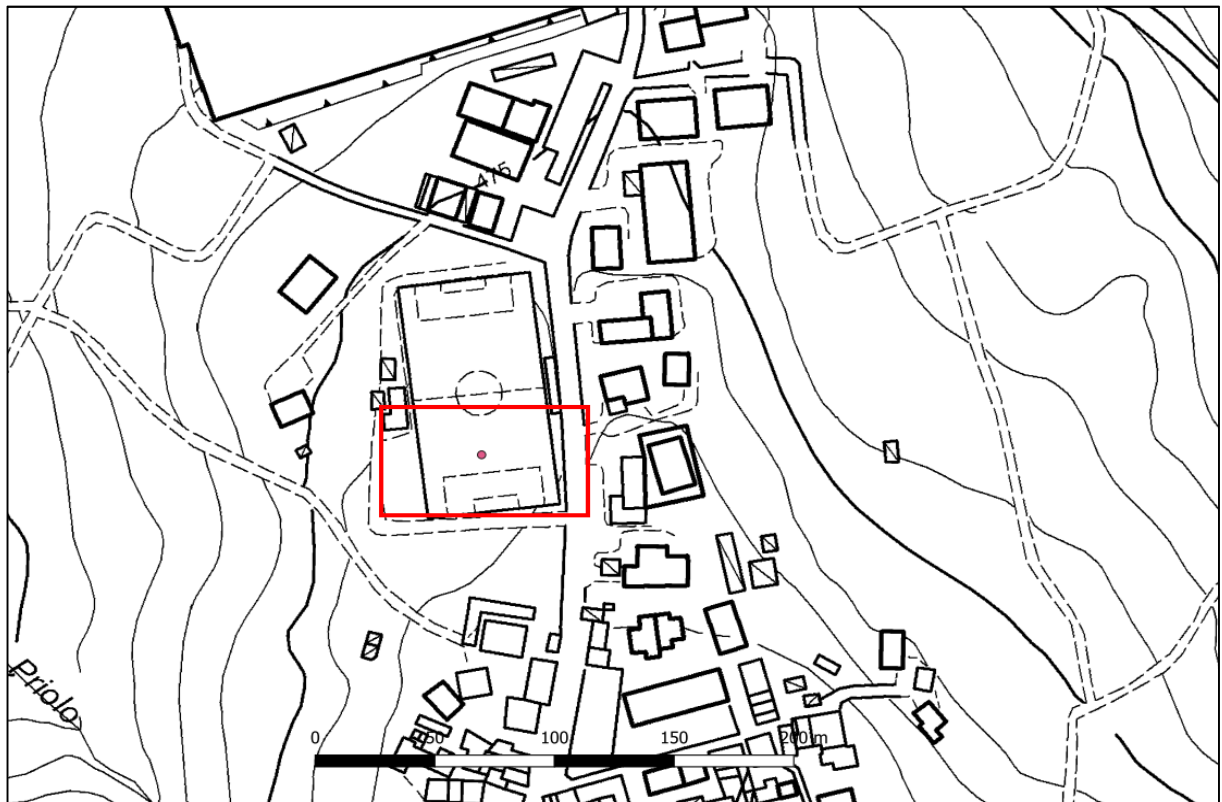


Fig. 2.1.2- Estratto in scala 1:2.500 da Elemento n° 218153 CAVOLA alla scala 1:2.500.

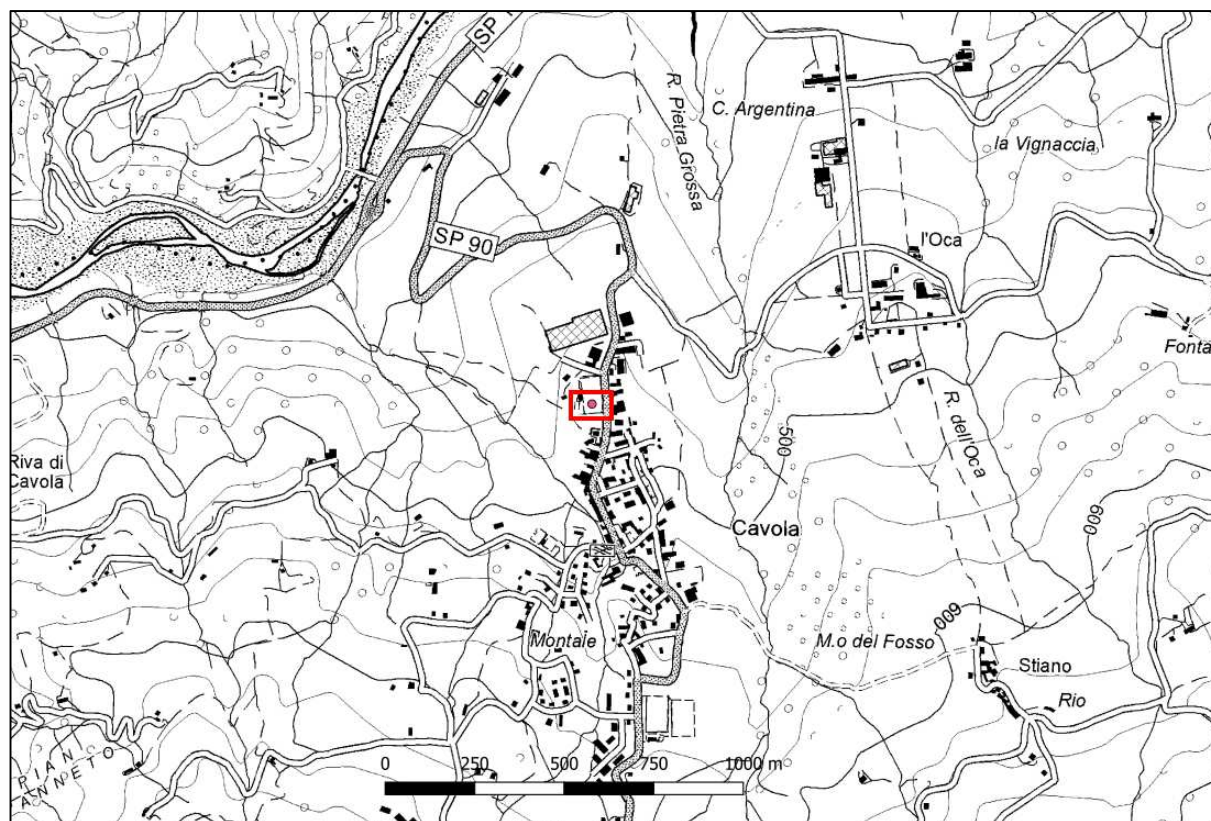


Fig. 2.1.3- Tavola n° 218 se CARPINETI in scala 1:25.000.

## 2.2 Inquadramento geologico

L'area di studio (vedi cap.1.2), ricade all'interno dell'appennino medio- settentrionale ed è situata a 380 m s.l.m.

L'appennino settentrionale, costituito da unità tettoniche con vergenza orientale, ovvero senso di movimento da Ovest ad Est è dominato da litologie argilloso-marnose che muta poi in formazioni calcareo-dolomitiche nelle zone centrali e meridionali che impartiscono forme più aspre e maestose. Il limite occidentale della catena è legato allo sprofondamento post-orogenico recente del mar Tirreno, mentre quello orientale è sepolto dai depositi plio-quadernari delle avanfosse, per questo il margine orografico della catena viene a trovarsi anche qualche decina di km arretrato rispetto quella geologica. L'appennino è una catena a falde polifasica, sviluppatasi in un arco di tempo che va dal cretaceo fino all'attuale, in seguito alla collisione tra due blocchi continentali con il piano di subduzione rivolto verso S-W, la zolla Europa e la microplacca Adriatica inizialmente connessa alla zolla Africana. Il processo di collisione tra queste due zolle continentali è stato preceduto chiusura del paleo-oceano ligure-piemontese. La catena deriva così dalla complessa deformazione dei sedimenti depositi nei differenti domini paleogeografici. Il dominio ligure corrisponde in larga misura all'area oceanica, il dominio epiligure si imposta a partire dall'Eocene medio sulle unità liguri già tettonizzate, il dominio subligure sviluppato sulla crosta assottigliata africana adiacente

alla zona oceanica e il dominio tosco –umbro appartenente alla zolla africana. Alla fine del processo deformativo, i sedimenti sono risultati traslati, sovrascorsi in modo complesso strutturati in unità ed elementi tettonici interessati da un trasporto significativo rispetto al loro originario dominio di sedimentazione, oppure in successioni stratigrafiche interessate da un minor grado di alloctonia; le principali unità e successioni affioranti nel territorio indagato sono le Unità Liguri, Unità Subliguri, Successione Epiligure, Falda Toscana. La progressiva deformazione e l'emersione della catena proseguono fino al Quaternario. Lungo il bordo appenninico padano i sedimenti plio-Quaternari risultano piegati in corrispondenza del "Lineamento Frontale Appenninico" che rappresenta il punto di raccordo fra la catena in sollevamento e quella sepolta.

Le Unità Liguri, subliguri e la successione epiligure comprendono tutte quelle unità alloctone costituite da successioni pelagiche deposte su crosta oceanica e di transizione del paleo-oceano ligure-piemontese tra il Giurassico e l'Eocene medio (liguri). L'insieme di queste unità è sovrascorso sulle unità toscane e umbro-marchigiano-romagnole da ovest verso est prevalentemente durante le fasi mioceniche. La successione epiligure si è deposta in discordanza sulle unità Liguri, Subliguri e Sestola-Vidiciatico durante la migrazione verso est terminata nel Pliocene inferiore. Lo spessore della coltre alloctona non è omogeneo ma risente dei sollevamenti dovuti all'attività delle strutture attive e recenti, in particolare di quelle profonde.

Di seguito è riportata la carta geologica del sito e sono descritte in sintesi le formazioni geologiche e le coperture quaternarie affioranti nell'intorno dell'area di studio.



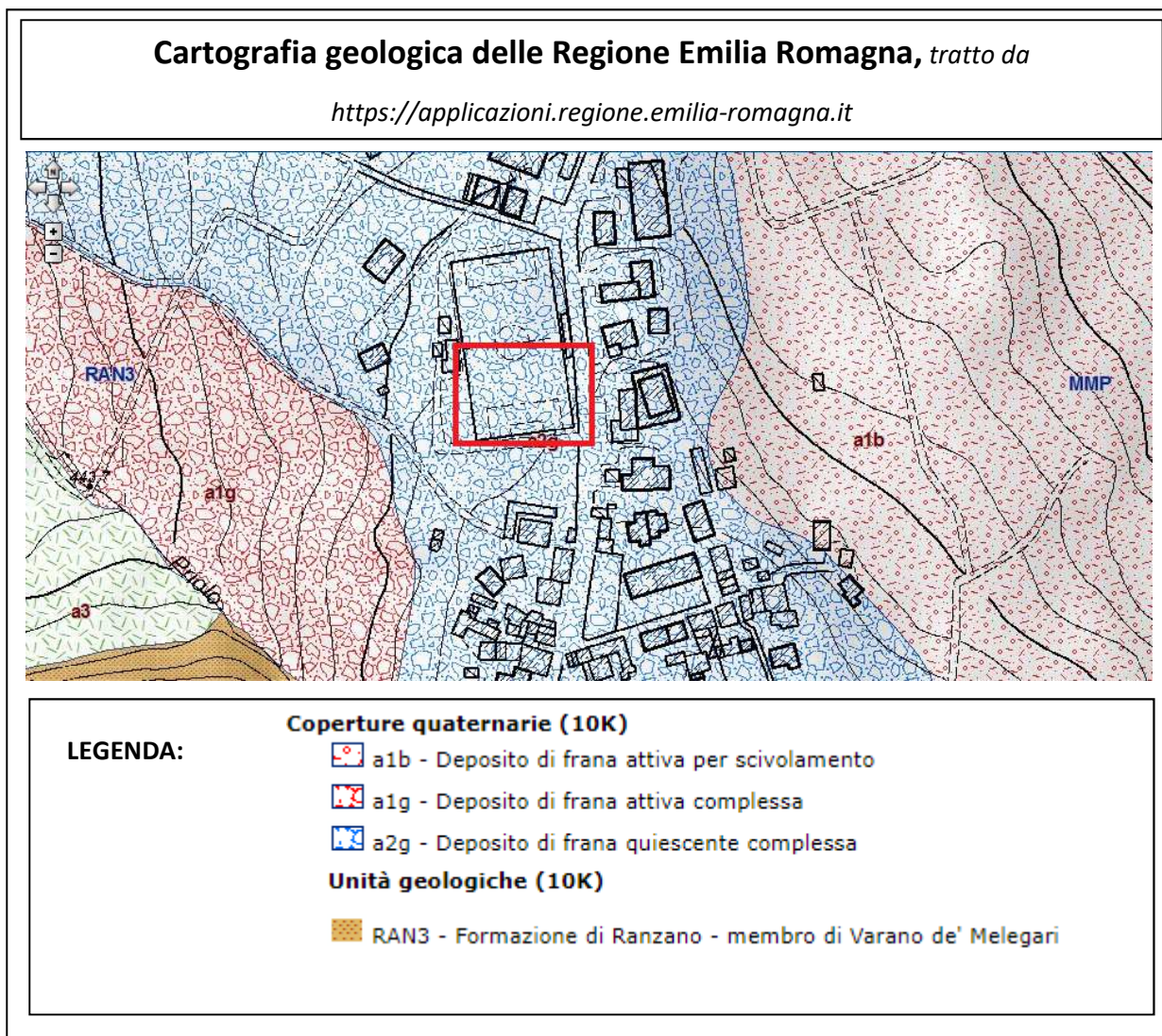


Fig. 2.2.1- Carta geologica R.E.R illustra la litologia presente nell'area oggetto d'indagine.

### Depositi quaternari

#### a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento

Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio.

#### a1g - Deposito di frana attiva complessa

Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.

#### a2g - Deposito di frana quiescente complessa

Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.

### Unità Epiguri



### **RAN3 - Formazione di Ranzano - membro di Varano de' Melegari**

Torbiditi arenaceo-pelitiche con  $A/P < 1$  in strati da sottili a spessi, tabulari o lenticolari; litareniti risedimentate fini o finissime, grigio verdastre, particolarmente ricche di frammenti di rocce carbonatiche, passanti a pelite e pelite marnosa scura. Le peliti possono localmente costituire anche l'intero strato. Nell'area del Foglio 218 sono frequenti gli intervalli caotici, sono presenti anche livelli ricchi di frammenti di serpentinoscisti e altre metamorfiti di alta pressione e strati sottili di vulcanoareniti feldspatiche di composizione andesitica. Passaggio inferiore netto su RAN2. Potenza massima di oltre 600 m.

### **2.3 Caratteri geomorfologici**

L'area oggetto d'indagine si trova sulla dorsale in cui si sviluppa l'abitato di Cavola. In particolare si tratta della sede dell'ex campo da calcio, la cui parte nord è già stata utilizzata per la realizzazione nel 2005, di una struttura polifunzionale. L'area si presenta pertanto pianeggiante nel sedime che sarà occupato dalla nuova struttura in oggetto, ovvero la parte sud dell'ex campo sportivo, e con scarpate con pendii  $> 12^\circ$  ad est e ad ovest del lotto vedi immagine 2.3.1.



*Fig. 2.3.1- Profilo morfologico dell'area in oggetto, tratto da Google Earth.*

Per quanto riguarda l'idrografia l'area si trova alla destra idrografica del Fiume Secchia. L'azione erosiva dei corsi d'acqua ha influenzato notevolmente la morfologia dell'intera area costituita da coperture prevalentemente pelitiche creando profonde valli e ripide scarpate.

Da un punto di vista geologico l'area ricade in un contesto particolare, caratterizzato da depositi di frana quiescente confinanti ad est e ad ovest, ovvero in prossimità delle scarpate della dorsale, da frane attive.

L'eterogeneità del materiale di copertura è dovuta alla Formazione geologica costituita da intercalazioni di materiale arenaceo pelitico e marnoso arenaceo influenzato dai movimenti gravitativi.

A seguito si riporta un estratto della tavola di PTCP 2010 in fig. 2.3.2.

L'area è soggetta al vincolo idrogeologico.

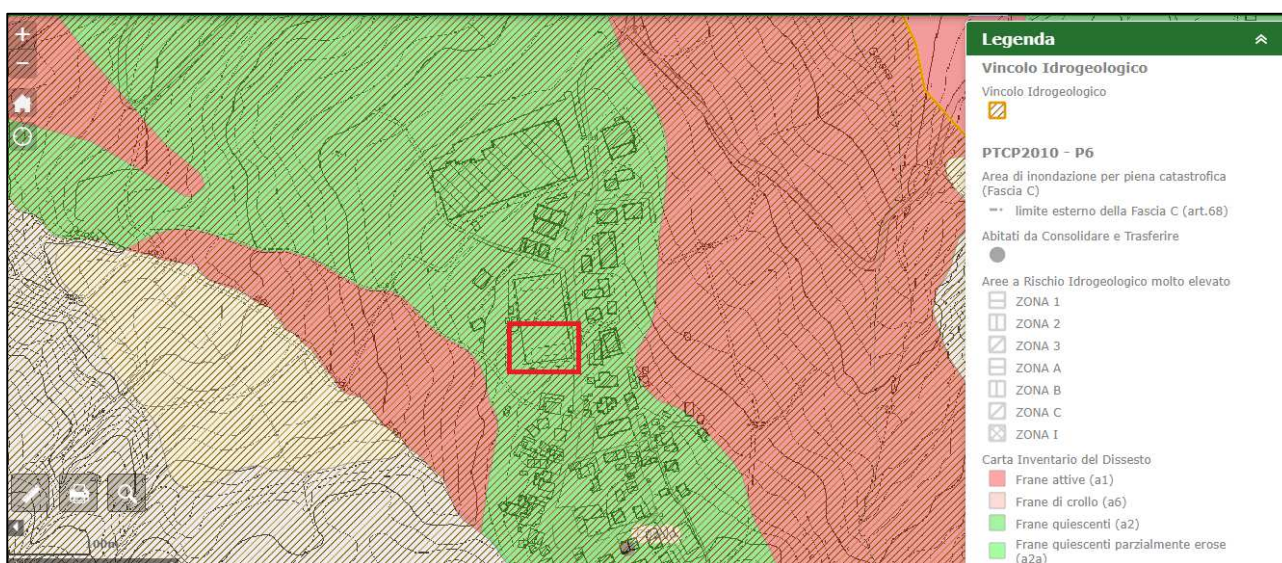


Fig. 2.3.1- La cartografia tratta dal PTCP 2010 illustra come l'area ricada in depositi di frana quiescente e sia soggetta a vincolo idrogeologico (tratteggiato).

Dato il quadro geologico particolarmente instabile della zona, in passato furono installati vari inclinometri a monitoraggio dell'evoluzione e della progressione dei movimenti franosi.

In allegato 1 si riportano le misure inclinometriche tratte dalla relazione geologica relativa alla realizzazione del pala forum nella parte a nord del campo da calcio. Si tratta degli inclinometri CAV6I e CAV4I, ubicati a ridosso del campo sportivo (vedi ubicazione in allegato 1). Il monitoraggio inclinometrico viene gestito periodicamente dalla Regione Emilia Romagna.

A seguito si riportano le considerazioni relative al monitoraggio inclinometrico antecedenti all'anno 2005:

*Le letture inclinometriche evidenziano il malessere in modo inequivocabile.*

- *Il CAV4I , ubicato a Est rispetto al crinale e al campo sportivo, è quello che rileva il movimento più evidente ( fascia di plasticizzazione dislocata a partire dai 14.00 con una risultante di oltre 160 mm alla quota compresa fra i 7.00 e 8.00 m) . Le ultime letture però, fatte dopo gli interventi di consolidamento, evidenziano un significativo rallentamento della traslazione.*
- *Il CAV6I, posto dalla stessa parte del campo sportivo a poche decine di metri di distanza sul lato SW del medesimo, evidenzia una leggera deformazione a partire dai 50 m di profondità ma la punta massima ( ≈ 60 mm) della deformata la si rinviene alla profondità di 4-5.00 m dal p.c.*

### 3. Realizzazione del progetto

Il progetto consiste nella realizzazione di una struttura ad uso pubblico come centro per disabili.

### 4. Indagini di cantiere

Data l'approfondita campagna geognostica svolta nel 2005 per la realizzazione della palazzina polifunzionale e annessa abitazione civile che ha coinvolto l'intero ex-campo da calcio, per la determinazione dei parametri geotecnici, geofisici e litologici del sito vengono utilizzati i risultati delle indagini pregresse riportate in allegato 2. Le elaborazioni hanno tenuto conto delle NTC 2018.

In particolare furono svolte n. 15 DPSH e n. 5 Indagini sismiche

Questa soluzione ha portato alla definizione litologica e geotecnica del terreno e quindi alla suddivisione in spessori in base alle loro caratteristiche litotecniche e al loro grado di addensamento e consistenza.

Dalle indagini sismiche è stato possibile definire la sismostratigrafia del sito e quindi suddividere in spessori dalle caratteristiche sismiche omogenee ad una profondità difficilmente raggiungibile con le prove meccaniche.



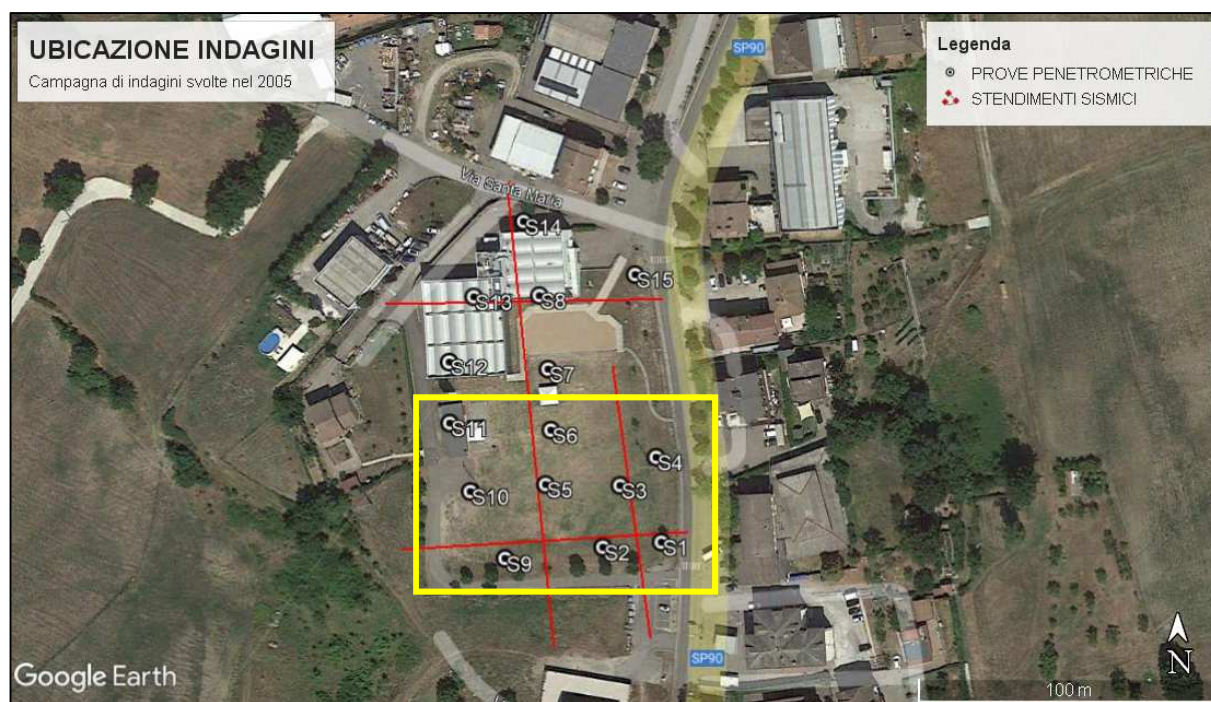


Fig. 4.5- Ubicazione delle indagini- in giallo l'area in oggetto.

#### 4.1 Prova penetrometrica dinamica

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) misurando il numero di colpi  $N$  necessari. Questo tipo di indagine è molto diffusa ed utilizzata data la sua semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La sua elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno. L'utilizzo dei dati ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona. L'ubicazione delle prove è stata riportata precedentemente in fig. 4.3. A seguito viene riportata la tabella con le caratteristiche dello strumento sopra citato.

| Caratteristiche penetrometro | Dinamico super pesante DPSH |
|------------------------------|-----------------------------|
| Peso Massa battente          | 63,5Kg                      |
| Altezza di caduta libera     | 0,75m                       |
| Peso sistema di battuta      | 8Kg                         |

|                                 |                   |
|---------------------------------|-------------------|
| Diametro punta conica           | 50,46 mm          |
| Area di base punta              | 20cm <sup>2</sup> |
| Lunghezza delle aste            | 1m                |
| Peso aste a metro               | 6,3Kg/m           |
| Profondità giunzione prima asta | 0,80m             |
| Avanzamento punta               | 0,20m             |
| Numero colpi per punta          | N(20)             |
| Coeff. Correlazione             | 3,007             |
| Rivestimento/fanghi             | No                |
| Angolo di apertura punta        | 90°               |

Tab. 4.1.1 Caratteristiche del penetrometro dinamico utilizzato.

## 5. Modello geotecnico e litologico del terreno

I risultati delle prove effettuate in campagna, com'è possibile osservare dalla tav. 1 in allegati, vengono riassunti elaborando un modello litologico e geotecnico presentato nella tabella a seguire. Dai parametri geotecnici sono infatti stati suddivisi diversi "spessori" di caratteristiche omogenee. È stata individuata la falda all'interno del foro della DPSH 13 a – 10,5 m di profondità .

| <u>Profondità da P.C (m)</u>           | <u>Descrizione materiale</u>   | <u>Parametri</u>     |                         |
|--|--|----------------------|-------------------------|
| <u>STRATO 1</u><br><br><b>P.C- 1 m</b> | <b>Terreno vegetale e argille debolmente limose moderatamente consistenti.</b> | <u>Cu</u>            | 0,2 kg/cm <sup>2</sup>  |
|  |  | <u>Ang. attrito</u>  | 24°                     |
|  |  | <u>C'</u>            | 0,02 kg/cm <sup>2</sup> |
|  |  | <u>N30</u>           | 1-2                     |
|  |  | <u>γ<sub>d</sub></u> | 1,7 t/m <sup>3</sup>    |
|  |  | <u>Mod. Poisson</u>  | 0,33                    |
|  |  | <u>Kh</u>            | 1 kg/cm <sup>3</sup>    |
|  | <b>Alternanze limo argillose e argillo marnose mediamente consistenti</b>      | <u>Cu</u>            | 1 kg/cm <sup>2</sup>    |
|  |  | <u>Ang. attrito</u>  | 23°                     |
|  |  | <u>C'</u>            | 0,1 kg/cm <sup>2</sup>  |
|  |  | <u>N30</u>           | 6-7                     |
|  |  | <u>γ<sub>d</sub></u> | 2,0 t/m <sup>3</sup>    |
|  |  | <u>Mod. Poisson</u>  | 0,30                    |

|   |   |                     |                        |
|---|---|---------------------|------------------------|
| <u>STRATO 2</u><br><br>1-5,0 m da P.C     |   | <u>Kh</u>           | 2,5 kg/cm <sup>3</sup> |
|   |   | <u>Ko</u>           | 5 kg/cm <sup>3</sup>   |
| <u>STRATO 3</u><br><br>5,0- 8,0 m da P.C  | Marne argillose e intercalazioni arenacee alterate estremamente consistenti | <u>Cu</u>           | 1,6 kg/cm <sup>2</sup> |
|   |   | <u>Ang. attrito</u> | 28°                    |
|   |   | <u>C'</u>           | 0,2 kg/cm <sup>2</sup> |
|   |   | <u>N30</u>          | >30                    |
|   |   | <u>γd</u>           | 2,3 t/m <sup>3</sup>   |
|   |   | <u>Mod. Poisson</u> | 0,29                   |
|   |   | <u>Kh</u>           | 3 kg/cm <sup>3</sup>   |
|   |   | <u>Ko</u>           | 6 kg/cm <sup>3</sup>   |
| <u>STRATO 4</u><br><br>8,0- 14,0 m da P.C | Marne compatte  | <u>Cu</u>           | 2 kg/cm <sup>2</sup>   |
|   |   | <u>Ang. attrito</u> | 28°                    |
|   |   | <u>C'</u>           | 0,2 kg/cm <sup>2</sup> |
|   |   | <u>N30</u>          | >40                    |
|   |   | <u>γd</u>           | 2,3 t/m <sup>3</sup>   |
|   |   | <u>Mod. Poisson</u> | 0,29                   |
|   |   | <u>Kh</u>           | 4 kg/cm <sup>3</sup>   |
| <u>Ko</u>                                 | 8 kg/cm <sup>3</sup>  |                     |                        |

Tab.5- Vengono riassunti i parametri geotecnici delle DPSH.

## 6. Sismicità dell'area

La sismicità di un territorio è strettamente legata al suo conteso tettonico strutturale, dunque alla presenza di strutture geologicamente "attive".

Per realizzare l'inquadramento sismotettonico della presente area sono stati utilizzati:

- CPTI15 – Catalogo Parametrico dei terremoti <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>,
- Carta sismotettonica dell'Emilia Romagna (scala 1:250.000, 2004) che riporta gli epicentri dei terremoti con Magnitudo  $M > 4$ , le strutture attive e quelle potenzialmente "sismogenetiche" della catena appenninica, del suo margine e quelle correlate alle strutture del sottosuolo padano – adriatico.
- Macrozonazione sismogenetica "ZS9" prodotta dall'INGV (2004) SORGENTI SISMOGENETICHE.

I recenti studi sulla pericolosità sismica promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio nazionale denominata "ZS9", che prevede l'individuazione di 36 "zone-sorgente", i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata. Alla base di ogni stima di



pericolosità di un territorio vi è quindi la conoscenza della sua storia sismica e della geologia strutturale locale.

La fascia di territorio in cui ricade il Comune di Toano si inserisce in un vasto contesto geodinamico caratterizzato da una tettonica di tipo compressivo, conseguenza della convergenza tra la placca africana che si muove verso nord-est e la placca euro-asiatica. Gli studi sulla pericolosità sismica promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio nazionale denominata "ZS9" (Fig. 6), che prevede l'individuazione di 36 "zone-sorgente", i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc..

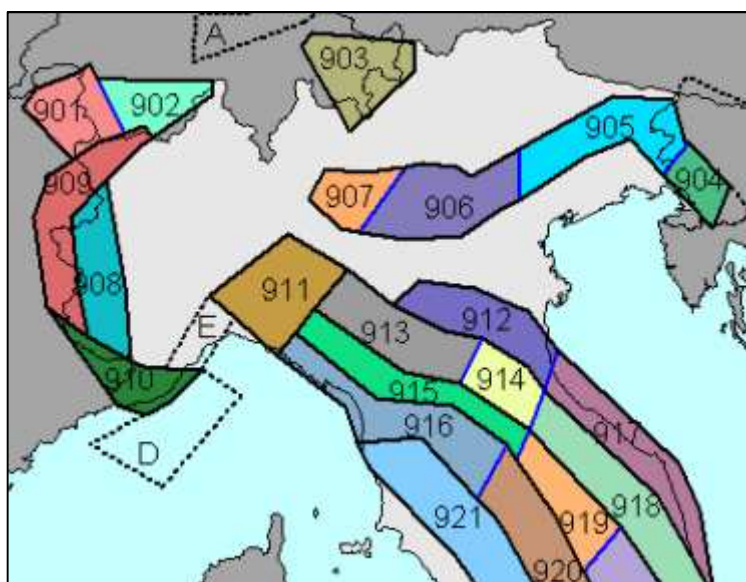
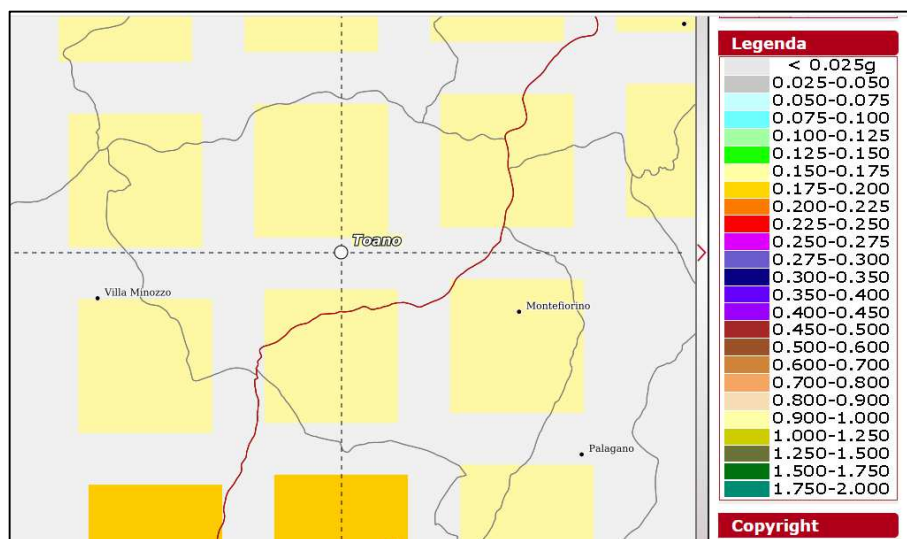


Fig.6.1- L'area ricade nella Zona 913 in riferimento alla macrozonazione ZS9.

Il territorio del Comune di Toano ricade nella zona sismogenetica "913", denominata "Appennino Emiliano". La ZSS 913 è caratterizzata da terremoti di magnitudo medio-bassa, originati da movimenti prevalentemente compressivi NW con meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo, che dissecano la continuità longitudinale delle strutture sepolte attive. Il maggior numero di terremoti che si verificano in questa zona, presenta il proprio ipocentro a profondità comprese tra 12 e 20 km e i valori di magnitudo massima previsti, sulla base dei meccanismi focali, sono pari a  $M_w \max = 5,91$ .

Dall'analisi della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale elaborata dall'INGV nel 2004 (Fig. 6a) si può osservare che il territorio del Comune di Toano si colloca in un areale, in cui si possono registrare valori di accelerazione massima del suolo pari a  $0.150 \div 0.175 \text{ g}$ , con un tempo di ritorno ( $Tr$ ) pari a circa 475

anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) in coerenza il DGR 2193 del 21 dicembre 2015, dove viene indicato per il Comune di Toano un valore di Aref (g) di 0,162.



Con un tempo di ritorno ( $T_r$ ) pari a 715 anni i valori di accelerazione massima del suolo aumentano a  $0.175 \div 0.200$  g.

Come riportato in fig. 6b estratta dal sito dell'INGV DISS 3.3 l'area si trova su una fonte di subduzione (ITSD002). L'Arco Appenninico Settentrionale rappresenta l'interfaccia tra la catena appenninica nella placca superiore e la litosfera di Adria nella placca inferiore.

ITSD002 mette in contatto le unità Umbria-Marchigiane Meso-Cenozoiche sull'avantipiano adriatico (Lavecchia et al., 2003, 2007); ITSD002, nella sua parte più orientale, rappresenta il livello di distacco comune tra le rampe di spinta attualmente attive nell'offshore adriatico e nella Pianura Padana. La distribuzione dei terremoti da intermedi a profondi, la posizione di Moho dalla funzione del ricevitore e l'anisotropia del mantello al di sotto dell'arco appenninico settentrionale concorrono a suggerire un complesso processo di delaminazione crostale e sprofondamento della litosfera continentale di Adria (Giacomuzzi et al., 2012; Chiarabba et al., 2014, 2015; Piana Agostinetti e Faccenna, 2018). Questo processo è lateralmente discontinuo con una brusca interruzione a sud del  $43^\circ$  parallelo, dove la sismicità strumentale da intermedia a profonda è praticamente assente e la litosfera di Adria appare piatta (Chiarabba et al., 2015). Le variazioni della sismicità e della struttura del mantello superiore indicano un cambiamento nei processi tettonici dal ritiro della delaminazione nell'Appennino centrale al sottoplaccamento crostale nell'Appennino settentrionale (Chiarabba et al., 2014). Da un punto di vista sismotettonico, la geometria dell'interfaccia rappresentata da ITSD002 è intesa a catturare sia i terremoti associati all'interfaccia stessa, sia i terremoti localizzati all'interno dello spessore crostale della placca inferiore sottostante, per i quali non è possibile definire il geometria di una faglia

sismogena.

Sulla base dei dati sismologici e geofisici regionali, riteniamo che l'intervallo di profondità di 12-20 km su questa Sorgente sia quello in cui si verifica la maggior parte del momento sismico di rilascio.

I terremoti storici e strumentali che possono essere associati all'attività dell'Arco Appennino Settentrionale sono: 14 settembre 2003 Appennino Bolognese (Mw 5.2), 23 dicembre 2008 Parmense (Mw 5.4), 24 aprile 1741 Fabrianese (Mw 6.2), 12 marzo 1873 Appennino Marchigiano (Mw 5,9) (Rovida et al., 2021). I campi macrosismici di questi terremoti sono caratterizzati da ampie aree di feltro, che suggeriscono ipocentri piuttosto profondi, indicando un potenziale rilascio sismico su strutture più profonde (Sbarra et al., 2019).

Altri eventi sismici, come la Lunigiana del 26 marzo 2008 (Mw 4.2) e l'Appennino parmense del 27 gennaio 2012 (Mw 5), mostrano una profondità strumentale (72 km) suggerendo una localizzazione all'interno della piastra inferiore. Un ulteriore evento, l'Appennino Settentrionale del 25 ottobre 1972 (Mw 4.9), mostra una profondità ipocentrale prevista (45 km), compatibile con una faglia intra-solaio (Sbarra et al., 2019).

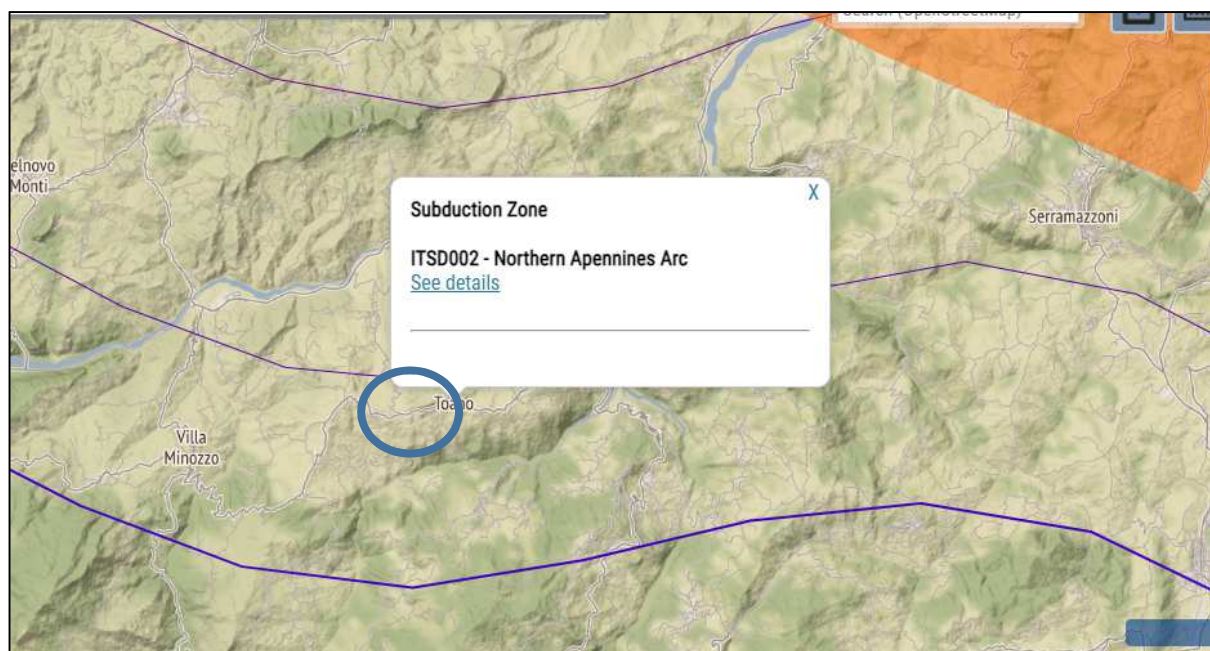


Fig.6b- L'area ricade su una sorgente sismogena composta.

### Storia sismica dell'area in esame



L'areale in cui ricade Toano presenta una sismicità propria di livello medio-basso, connessa all'attività del margine appenninico reggiano-modenese. Tale situazione è confermata dalla consultazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti (PTI11) e relativo database macrosismico (DBMI11).

A seguito si riporta il diagramma dei principali report sismici di Toano (in termini di intensità macrosismiche).

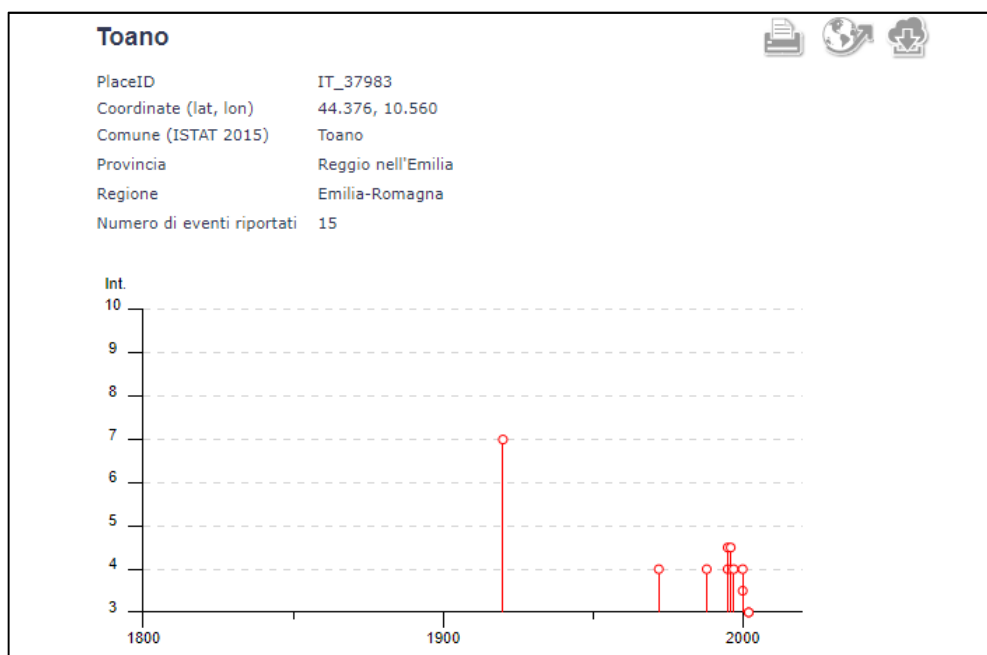
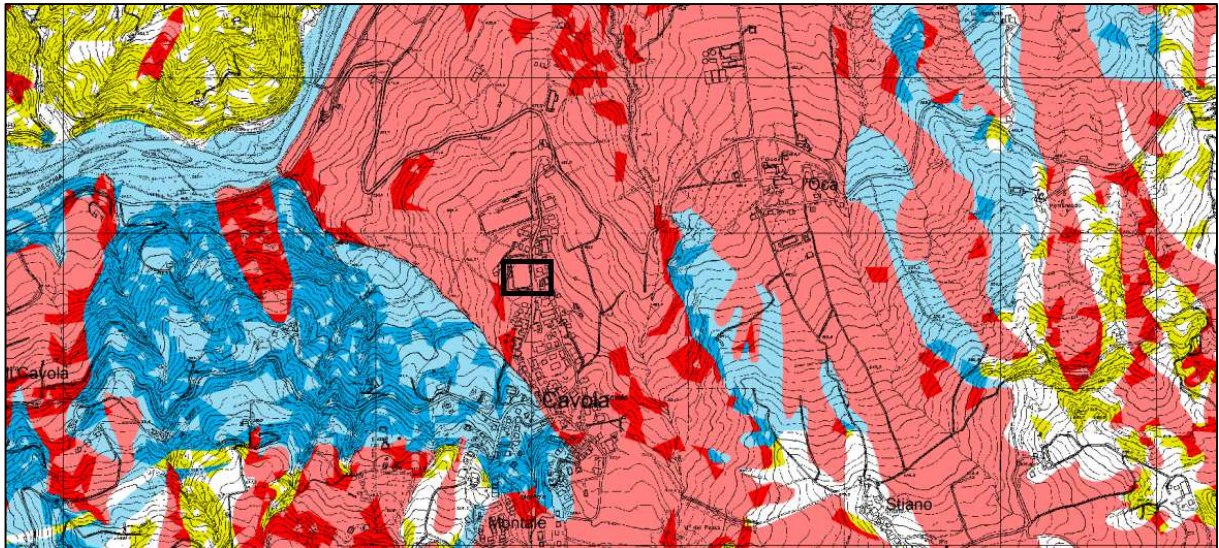


Fig.6b- Principali report sismici con I max 7.

In generale, le intensità macrosismiche al sito di maggior grado (tra cui 4 è il valore più ricorrente), sul territorio comunale, sono dovute a terremoti con epicentri localizzati in Garfagnana, nel Parmense e nel Pistoiese, registrati a partire dalla fine del XIX secolo ad oggi. Intensità al sito di grado < 4 sono dovute a terremoti con epicentri localizzati nel Frignano e, più in generale, nella fascia del crinale entro la quale ricade il territorio comunale stesso. Terremoti con epicentri geograficamente più lontani, rispetto al territorio comunale, non vanno oltre il limite regionale e si individuano nel Forlivese, nel Reggiano e nella Bassa Modenese.

### 6.1 Fenomeni di amplificazione sismica

A seguito si riportano gli estratti delle tavole degli approfondimenti sismici del Comune di Toano, Tav.le 9a e 9b 218 SE del PTCP 2010 dove si evince la necessità di un approfondimento di terzo livello con verifica di stabilità della scarpata per il calcolo della RSL.



|        |   | EFFETTI ATTESI               |                            |                          |                |              |
|--------|---|------------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------|--------------|
|        |   | AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA | AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA | INSTABILITA' DI VERSANTE | CEDIMENTI      | LIQUEFAZIONE |
| CLASSI | A | X                            |                            | X                        |                |              |
|        | B | X                            | X                          | X                        |                |              |
|        | C | X                            |                            |                          |                |              |
|        | D | X                            | X                          |                          |                |              |
|        | E |                              | X                          |                          |                |              |
|        | F | X                            |                            |                          |                | X            |
|        | G | X                            |                            |                          | X (potenziale) |              |
|        | H |                              |                            |                          |                |              |

Fig. 6.1.1- Carta degli effetti attesi tratta dalla Tav. 9a del PTCP del Comune di Toano.

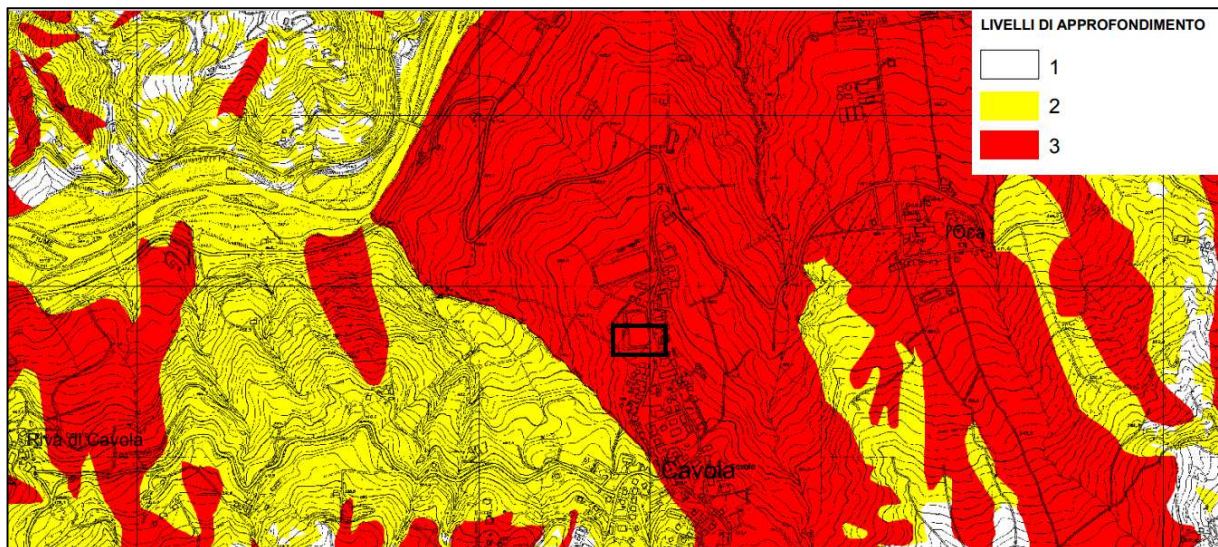


Fig. 6.1.2- Carta dei livelli di approfondimento sismico tratta dalla Tav. 9.b del PTCP del Comune di Toano.

## 7. Indagini geofisiche

Come già accennato nei paragrafi precedenti, per la caratterizzazione sismostratigrafica vengono utilizzate le indagini sismiche a rifrazione svolte per la precedente lottizzazione.

Dagli stendimenti riportati in allegato 2, è stata definita la seguente sismostratigrafia:

I sondaggi sismici, mediamente, hanno evidenziato il seguente quadro:

- Da p.c → 3,00 m :  $V_p = 300$  m/s
- Da 3,00 → 14,00 m :  $V_p = 900$  m/s
- Da 14 → 30 m :  $V_p = 1600$  m/s

Per cui la velocità " $V_{s30}$ " del pacchetto di strati risulta di 454 m/s come riportato nel seguente tabulato.

| Prof<br>da                 | a  | Vel. onde "P"<br>m/s | Poisson | Vel. onde "S"<br>m/s | tempi<br>s |
|----------------------------|----|----------------------|---------|----------------------|------------|
| p.c.                       | 3  | 300                  | 0.4     | 122                  | 0.0245     |
| 3                          | 14 | 900                  | 0.3     | 481                  | 0.0229     |
| 14                         | 30 | 1600                 | 0.3     | 855                  | 0.0187     |
| $\sum_1^3 \frac{h_i}{V_i}$ |    |                      |         |                      | 0.0661     |
| $V_{s30}$ (m/s)            |    |                      |         |                      | 454        |

## 8. Analisi della risposta sismica locale

La RSL di terzo livello permette di determinare i seguenti parametri:

- accelerazione di picco orizzontale (PGA);
- intensità spettrale (spettro risposta in accelerazione);
- intensità spettrale (spettro risposta in velocità);

Per determinare lo spessore della coltre di copertura sono state considerate le indagini sismiche e meccaniche pregresse.



La risposta sismica locale e quindi l'accelerazione calcolata dal bedrock sismico alla superficie è stata calcolata in termini di SLV. Tra i diversi programmi di calcolo per eseguire modellazioni numeriche ai fini della valutazione della risposta sismica locale, è stato utilizzato il programma RSL della Geo-Stru

Utilizzando i dati forniti dallo studio di pericolosità fornito dal sito dell'INGV, in merito al progetto DPC INGV S1, sono stati determinati i valori medi di coppia Magnitudo e distanza epicentrale pari a 4,9 per la magnitudo e 7 km per la distanza del terremoto che può generare un valore di accelerazione massima orizzontale di picco (PGA) su un suolo di riferimento di tipo A, per  $T=0$ , espressa in frazione dell'accelerazione di gravità (arefg - 10% di probabilità di superamento) pari a 0.183 g.

Secondo le indicazioni fornite dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani DMB15, Si può assumere, quale evento sismico di riferimento, l'evento 1920 Garfagnana (Mw 6,5).

Per il calcolo di Risposta sismica locale al p.d.c. attuale si è inserito il profilo del terreno sino alla profondità del bedrock sismico.

L'elaborazione, svolta sui 7 terremoti di riferimento, ha fornito i risultati, in termini di spettro di risposta elastico in accelerazione massima orizzontale in superficie, per un valore di smorzamento critico pari al 5%.

La ricerca nella banca dati accelerometrica europea ha fornito alcune registrazioni di time-history, che comunque non sono risultate spettro compatibili con quello ottenuto dall'analisi di pericolosità. Si è ritenuto di procedere alla creazione di 7 accelerogrammi sintetici artificiali, utilizzando il software SEISM-HOME, messo a punto dalla Fondazione Eucentre (Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica, Via A. Ferrata, 1 – Pavia, Italy). Tali accelerogrammi possono essere usati direttamente per analisi di sistemi strutturali o geotecnici posti su terreno roccioso, o come input per analisi di risposta sismica locale in caso di terreno non roccioso (Rota M., Zuccolo E., Taverna L., Corigliano M., Lai C.G., Penna A. [2012] "Mesozonation of the Italian territory for the definition of real spectrum-compatible accelerograms", Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 10, No. 5, pp. 1357-1375). Tramite una procedura ottimizzata (Corigliano et al, 2012) è stato selezionato l'insieme migliore di accelerogrammi spettro-compatibili registrati su suolo di categoria A (roccioso) e disponibili nelle principali banche dati accelerometriche mondiali accreditate.

Tutti gli accelerogrammi sono stati scalati in modo che la loro accelerazione massima corrisponda al valore di arefg = 0,183 g (PGA0). Tale valore di PGA0 deriva dai seguenti dati di ingresso per l'edificio e per il sisma di riferimento:



|                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| Classe d'uso edificio:       | 3;                             |
| Coefficiente d'uso (Cu)      | 1.5;                           |
| Vita nominale edificio (Vn): | 50 anni;                       |
| Periodo di riferimento (Vr): | 100 anni;                      |
| Stato limite:                | Salvaguardia della vita (SLV); |
| Probabilità di superamento:  | 10%;                           |
| Tr:                          | 712 [anni];                    |
| ag:                          | 0,183 g [PGA0].                |
| Coordinate:                  | 44.404569, 10.532303;          |

### 8.1 Spettro di risposta per SLV

A partire dagli accelerogrammi prescelti si sono definiti gli spettri di risposta dell'oscillatore armonico tipo ad un grado di libertà, in funzione del periodo proprio della struttura e per uno smorzamento tipico del 5%. Lo spettro orizzontale di risposta medio, fornito in forma numerica nella tabella che segue, è di seguito confrontato con lo spettro orizzontale di risposta relativo alla categoria di sottosuolo C e B definibile attraverso un approccio semplificato (NTC\_2018):

La forma grafica dello spettro in accelerazione nel sito di riferimento (RSL) è di seguito confrontato con lo spettro di risposta relativo alla categoria di sottosuolo C e B per lo stesso Stato Limite (SLV).

A seguito si riportano i calcoli effettuati con il programma Geo-stru:

#### Elaborazione

|   |           |
|---|-----------|
| Numero di iterazioni  | 8         |
| Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima | 0.5       |
| Tipo di modulo elastico   | Shake     |
| Massimo errore percentuale di convergenza                           | 8.22 E-01 |

#### Fattori di amplificazione ICMS 2018

|           |                           |
|-----------|---------------------------|
| Tai       | 0.240 [s]                 |
| Tvi       | 2.100 [s]                 |
| Tao       | 0.110 [s]                 |
| Tvo       | 0.560 [s]                 |
| Sami      | 4.925 [m/s <sup>2</sup> ] |
| Svmi      | 0.275 [m/s]               |
| Samo      | 8.780 [m/s <sup>2</sup> ] |
| Svmo      | 0.383 [m/s]               |
| <b>Fa</b> | <b>1.783 [-]</b>          |

|           |                           |
|-----------|---------------------------|
| <b>Fv</b> | <b>1.395 [-]</b>          |
| TB        | 0.091 [s]                 |
| TC        | 0.274 [s]                 |
| TD        | 2.733 [s]                 |
| SA(0)     | 2.780 [m/s <sup>2</sup> ] |
| SA(TB)    | 8.780 [m/s <sup>2</sup> ] |

### Stratigrafia

| n. | Profondità [m] | Spessore [m] | Terreno                                | Gmax [MPa] | Peso unità vol. [kN/m <sup>3</sup> ] | Vs [m/s] | Tensione verticale [kPa] |
|----|----------------|--------------|--|------------|--------------------------------------|----------|--------------------------|
| 1  | --             | 3.0          | Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989) | 27.31      | 18.0                                 | 122.0    | 27.0                     |
| 2  | 3.0            | 11.0         | Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989) | 471.68     | 20.0                                 | 481.0    | 164.0                    |
| 3  | 14.0           | 17.0         | Seed et al. (1986) Gravel              | 807.34     | 22.0                                 | 600.0    | 461.0                    |
| 4  | 31.0           | 20.0         | Seed et al. (1986) Gravel              | 1116.24    | 23.0                                 | 690.0    | 779.9                    |
| 5  | 51.0           | 30.0         | Seed et al. (1986) Gravel              | 1463.23    | 23.0                                 | 790.0    | 1109.7                   |
| 6  | oo             | --           | Smorzamento costante                   | 1899.08    | 23.0                                 | 900.0    | 1307.5                   |

Strato con falda: 3  
 Strato rilevamento accelerogramma: 6 Affiorante

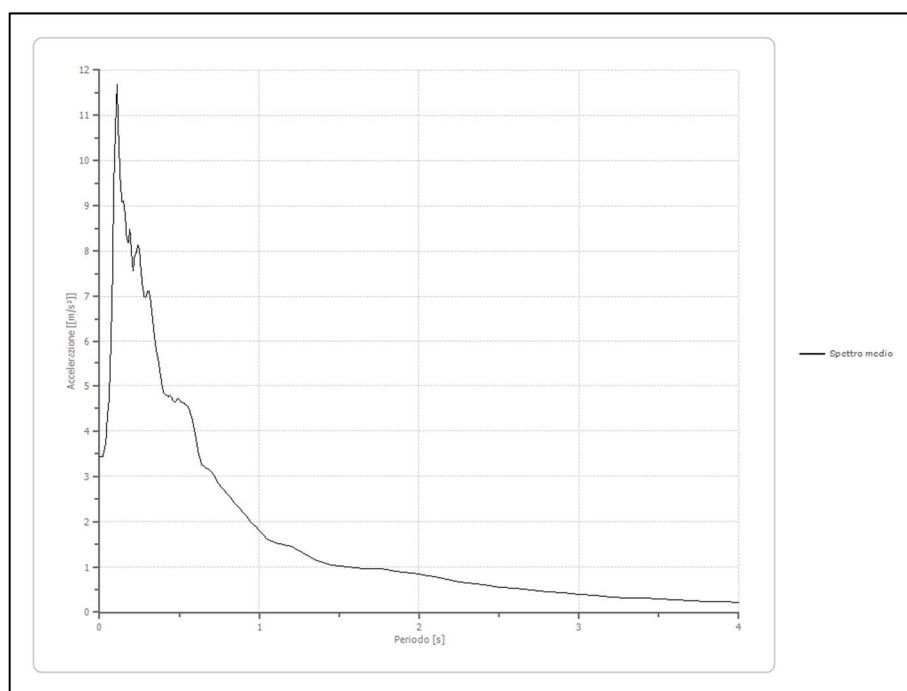
### Fattori di amplificazione su intensità spettrale

| Periodo minimo [s] | Periodo massimo [s] | Int. Housner input [m] | Int. Housner output [m] | Int. Housner input/output [m] | FA    |
|--------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------|
| 0.100              | 0.500               | 0.075                  | 0.118                   | 0.200                         | 1.564 |
| 0.500              | 1.000               | 0.121                  | 0.183                   | 0.500                         | 1.511 |
| 0.500              | 1.500               | 0.239                  | 0.341                   | 0.333                         | 1.428 |

### Spettro medio di risposta elastico

| Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] | Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] | Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] | Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] | Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] |
|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|
| 0.00        | 3.4351                            | 0.26        | 7.5601                            | 0.52        | 4.6268                            | 0.98        | 1.8790                            | 2.25        | 0.6721                            |
| 0.01        | 3.4363                            | 0.27        | 7.1983                            | 0.53        | 4.6154                            | 1.00        | 1.8000                            | 2.30        | 0.6523                            |
| 0.02        | 3.4354                            | 0.28        | 6.9849                            | 0.54        | 4.5792                            | 1.05        | 1.6041                            | 2.35        | 0.6286                            |
| 0.03        | 3.5677                            | 0.29        | 6.9759                            | 0.55        | 4.5498                            | 1.10        | 1.5285                            | 2.40        | 0.6027                            |

|      |         |      |        |      |        |      |        |      |        |
|------|---------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|
| 0.04 | 3.7488  | 0.30 | 7.1088 | 0.56 | 4.4944 | 1.15 | 1.4891 | 2.50 | 0.5580 |
| 0.05 | 4.3880  | 0.31 | 7.1045 | 0.57 | 4.3859 | 1.20 | 1.4453 | 2.60 | 0.5224 |
| 0.06 | 4.6942  | 0.32 | 6.8966 | 0.58 | 4.2534 | 1.25 | 1.3633 | 2.70 | 0.4896 |
| 0.07 | 5.7641  | 0.33 | 6.5868 | 0.60 | 3.9011 | 1.30 | 1.2557 | 2.80 | 0.4568 |
| 0.08 | 7.1750  | 0.34 | 6.2254 | 0.62 | 3.5055 | 1.35 | 1.1649 | 2.90 | 0.4228 |
| 0.09 | 9.5834  | 0.35 | 5.9294 | 0.64 | 3.2531 | 1.40 | 1.1086 | 3.00 | 0.3952 |
| 0.10 | 10.7325 | 0.36 | 5.7125 | 0.66 | 3.2060 | 1.45 | 1.0454 | 3.10 | 0.3680 |
| 0.11 | 11.6806 | 0.37 | 5.5162 | 0.68 | 3.1625 | 1.50 | 1.0203 | 3.20 | 0.3430 |
| 0.12 | 10.4282 | 0.38 | 5.2929 | 0.70 | 3.1091 | 1.55 | 1.0090 | 3.30 | 0.3234 |
| 0.13 | 9.5803  | 0.39 | 5.0473 | 0.72 | 3.0064 | 1.60 | 0.9909 | 3.40 | 0.3067 |
| 0.14 | 9.0867  | 0.40 | 4.8539 | 0.74 | 2.8685 | 1.65 | 0.9692 | 3.50 | 0.2899 |
| 0.15 | 9.1219  | 0.41 | 4.8085 | 0.76 | 2.7668 | 1.70 | 0.9574 | 3.60 | 0.2745 |
| 0.16 | 8.8450  | 0.42 | 4.7944 | 0.78 | 2.6949 | 1.75 | 0.9537 | 3.70 | 0.2606 |
| 0.17 | 8.2849  | 0.43 | 4.7537 | 0.80 | 2.6078 | 1.80 | 0.9344 | 3.80 | 0.2445 |
| 0.18 | 8.1865  | 0.44 | 4.7834 | 0.82 | 2.5274 | 1.85 | 0.9107 | 3.90 | 0.2278 |
| 0.19 | 8.4931  | 0.45 | 4.7538 | 0.84 | 2.4428 | 1.90 | 0.8911 | 4.00 | 0.2112 |
| 0.20 | 7.9940  | 0.46 | 4.6673 | 0.86 | 2.3569 | 1.95 | 0.8705 |      |        |
| 0.21 | 7.5575  | 0.47 | 4.6303 | 0.88 | 2.2690 | 2.00 | 0.8459 |      |        |
| 0.22 | 7.8968  | 0.48 | 4.6729 | 0.90 | 2.2058 | 2.05 | 0.8136 |      |        |
| 0.23 | 7.9800  | 0.49 | 4.7181 | 0.92 | 2.1186 | 2.10 | 0.7788 |      |        |
| 0.24 | 8.1311  | 0.50 | 4.6943 | 0.94 | 2.0279 | 2.15 | 0.7397 |      |        |
| 0.25 | 8.0305  | 0.51 | 4.6428 | 0.96 | 1.9505 | 2.20 | 0.7027 |      |        |

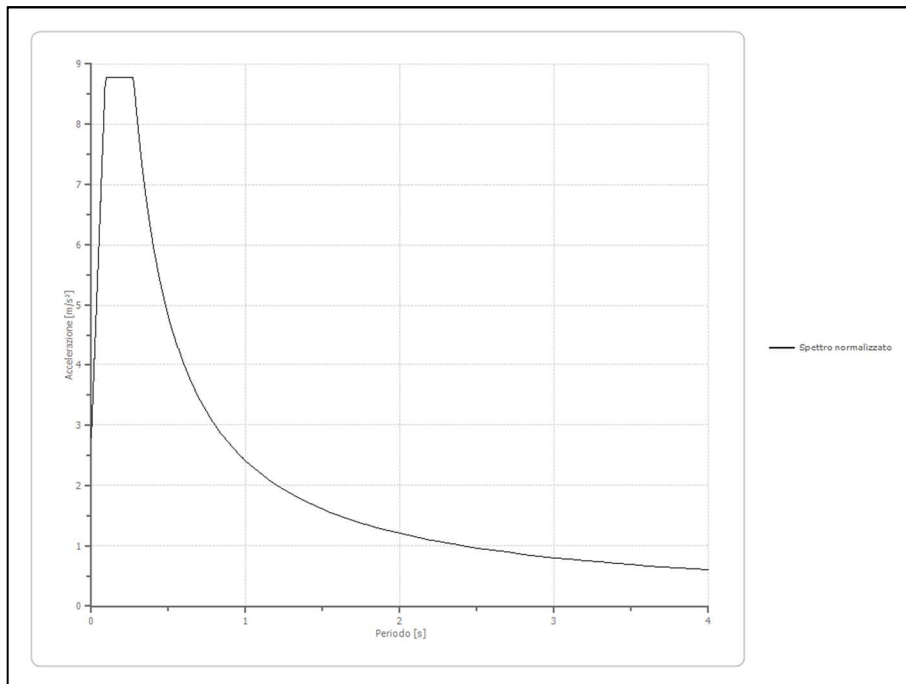


**Spettro normalizzato di risposta elastico**

| Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] | Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] | Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] | Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] | Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] |
|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|
| 0.00        | 2.7795                            | 0.26        | 8.7802                            | 0.52        | 4.6280                            | 0.98        | 2.4557                            | 2.25        | 1.0696                            |

|      |        |      |        |      |        |      |        |      |        |
|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|
| 0.01 | 3.4363 | 0.27 | 8.7802 | 0.53 | 4.5407 | 1.00 | 2.4066 | 2.30 | 1.0463 |
| 0.02 | 4.0931 | 0.28 | 8.5949 | 0.54 | 4.4566 | 1.05 | 2.2920 | 2.35 | 1.0241 |
| 0.03 | 4.7499 | 0.29 | 8.2985 | 0.55 | 4.3756 | 1.10 | 2.1878 | 2.40 | 1.0027 |
| 0.04 | 5.4067 | 0.30 | 8.0219 | 0.56 | 4.2975 | 1.15 | 2.0927 | 2.50 | 0.9626 |
| 0.05 | 6.0635 | 0.31 | 7.7631 | 0.57 | 4.2221 | 1.20 | 2.0055 | 2.60 | 0.9256 |
| 0.06 | 6.7203 | 0.32 | 7.5205 | 0.58 | 4.1493 | 1.25 | 1.9253 | 2.70 | 0.8913 |
| 0.07 | 7.3771 | 0.33 | 7.2926 | 0.60 | 4.0110 | 1.30 | 1.8512 | 2.80 | 0.8595 |
| 0.08 | 8.0339 | 0.34 | 7.0782 | 0.62 | 3.8816 | 1.35 | 1.7826 | 2.90 | 0.8299 |
| 0.09 | 8.6907 | 0.35 | 6.8759 | 0.64 | 3.7603 | 1.40 | 1.7190 | 3.00 | 0.8022 |
| 0.10 | 8.7802 | 0.36 | 6.6849 | 0.66 | 3.6463 | 1.45 | 1.6597 | 3.10 | 0.7763 |
| 0.11 | 8.7802 | 0.37 | 6.5043 | 0.68 | 3.5391 | 1.50 | 1.6044 | 3.20 | 0.7521 |
| 0.12 | 8.7802 | 0.38 | 6.3331 | 0.70 | 3.4380 | 1.55 | 1.5526 | 3.30 | 0.7293 |
| 0.13 | 8.7802 | 0.39 | 6.1707 | 0.72 | 3.3425 | 1.60 | 1.5041 | 3.40 | 0.7078 |
| 0.14 | 8.7802 | 0.40 | 6.0164 | 0.74 | 3.2521 | 1.65 | 1.4585 | 3.50 | 0.6876 |
| 0.15 | 8.7802 | 0.41 | 5.8697 | 0.76 | 3.1665 | 1.70 | 1.4156 | 3.60 | 0.6685 |
| 0.16 | 8.7802 | 0.42 | 5.7299 | 0.78 | 3.0854 | 1.75 | 1.3752 | 3.70 | 0.6504 |
| 0.17 | 8.7802 | 0.43 | 5.5967 | 0.80 | 3.0082 | 1.80 | 1.3370 | 3.80 | 0.6333 |
| 0.18 | 8.7802 | 0.44 | 5.4695 | 0.82 | 2.9348 | 1.85 | 1.3009 | 3.90 | 0.6171 |
| 0.19 | 8.7802 | 0.45 | 5.3479 | 0.84 | 2.8650 | 1.90 | 1.2666 | 4.00 | 0.6016 |
| 0.20 | 8.7802 | 0.46 | 5.2317 | 0.86 | 2.7983 | 1.95 | 1.2341 |      |        |
| 0.21 | 8.7802 | 0.47 | 5.1204 | 0.88 | 2.7347 | 2.00 | 1.2033 |      |        |
| 0.22 | 8.7802 | 0.48 | 5.0137 | 0.90 | 2.6740 | 2.05 | 1.1739 |      |        |
| 0.23 | 8.7802 | 0.49 | 4.9114 | 0.92 | 2.6158 | 2.10 | 1.1460 |      |        |
| 0.24 | 8.7802 | 0.50 | 4.8131 | 0.94 | 2.5602 | 2.15 | 1.1193 |      |        |
| 0.25 | 8.7802 | 0.51 | 4.7188 | 0.96 | 2.5068 | 2.20 | 1.0939 |      |        |

**Ag/g: 0,283**

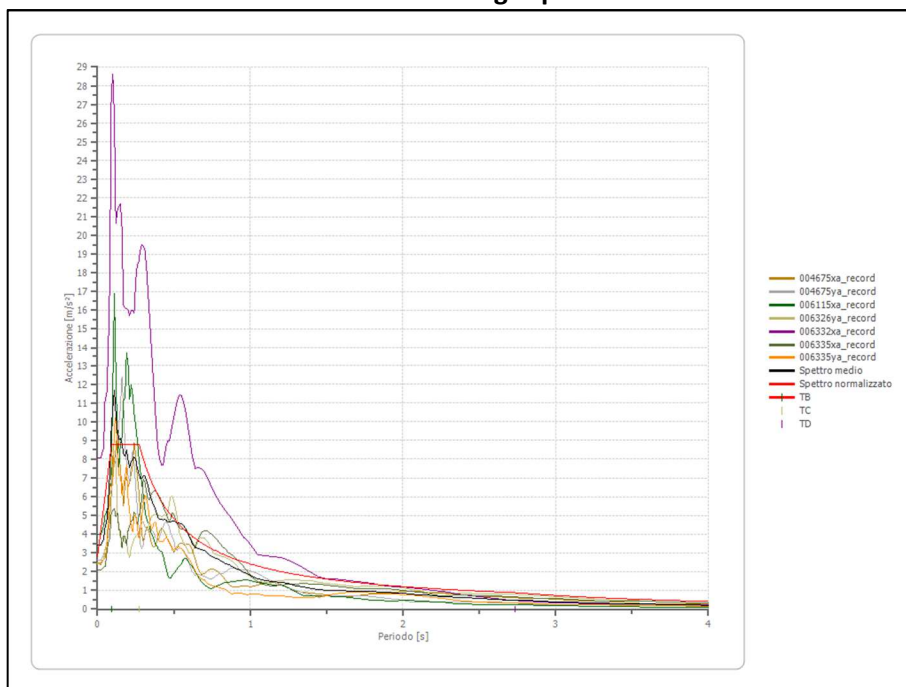




**Parametri spettro normalizzato**

| Ag<br>[m/s <sup>2</sup> ] | F0     | Tc* | TB<br>[s] | TC<br>[s] | TD<br>[s] | Se(0)<br>[m/s <sup>2</sup> ] | Se(TB)<br>[m/s <sup>2</sup> ] | S     |
|---------------------------|--------|-----|-----------|-----------|-----------|------------------------------|-------------------------------|-------|
| 2.780                     | 3.1589 | --  | 0.091     | 0.274     | 2.733     | 2.780                        | 8.780                         | 1.548 |

**Confronto tra gli spettri**

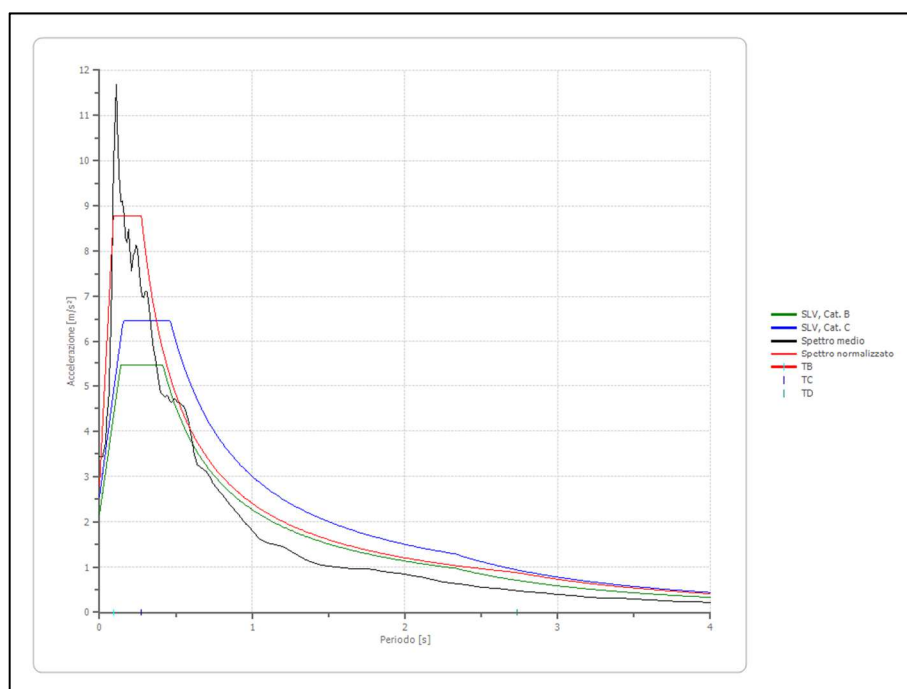


**Confronto spettro normativa**

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

|                        | Operatività<br>à<br>SLO Cat. B | Danno<br>SLD Cat. B | Salvaguardia<br>vita<br>SLV Cat. B | Prev.<br>collasso<br>SLC Cat. B | Operatività<br>à<br>SLO Cat. C | Danno<br>SLD Cat. C | Salvaguardia<br>vita<br>SLV Cat. C | Prev.<br>collasso<br>SLC Cat. C |
|------------------------|--------------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Tr [anni]              | 45                             | 75                  | 712                                | 1462                            | 45                             | 75                  | 712                                | 1462                            |
| ag [m/s <sup>2</sup> ] | 0.657                          | 0.804               | 1.795                              | 2.217                           | 0.657                          | 0.804               | 1.795                              | 2.217                           |
| Fo                     | 2.481                          | 2.491               | 2.532                              | 2.554                           | 2.481                          | 2.491               | 2.532                              | 2.554                           |
| Tc* [s]                | 0.258                          | 0.268               | 0.296                              | 0.307                           | 0.258                          | 0.268               | 0.296                              | 0.307                           |
| Ss                     | 1.20                           | 1.20                | 1.20                               | 1.17                            | 1.50                           | 1.50                | 1.42                               | 1.35                            |
| St                     | 1.00                           | 1.00                | 1.00                               | 1.00                            | 1.00                           | 1.00                | 1.00                               | 1.00                            |
| Cc                     | 1.44                           | 1.43                | 1.40                               | 1.39                            | 1.64                           | 1.62                | 1.57                               | 1.55                            |
| TB [s]                 | 0.124                          | 0.128               | 0.138                              | 0.143                           | 0.141                          | 0.145               | 0.155                              | 0.159                           |
| TC [s]                 | 0.372                          | 0.384               | 0.415                              | 0.428                           | 0.424                          | 0.435               | 0.464                              | 0.476                           |
| TD [s]                 | 1.868                          | 1.928               | 2.332                              | 2.504                           | 1.868                          | 1.928               | 2.332                              | 2.504                           |
| Se(0)                  | 0.788                          | 0.965               | 2.154                              | 2.592                           | 0.986                          | 1.206               | 2.553                              | 3.001                           |

|                               |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [m/s <sup>2</sup> ]           |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Se(TB)<br>[m/s <sup>2</sup> ] | 1.956 | 2.403 | 5.454 | 6.620 | 2.445 | 3.004 | 6.463 | 7.665 |



**Profilo a max**

|   | 0.0<br>[m] | 3.0<br>[m] | 14.0<br>[m] | 31.0<br>[m] | 51.0<br>[m] | 81.0<br>[m] |
|---|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 004675xa_rec<br>ord [m/s <sup>2</sup> ] | 2.396      | 1.686      | 1.326       | 1.195       | 1.348       | 1.292       |
| 004675ya_rec<br>ord [m/s <sup>2</sup> ] | 2.616      | 1.783      | 1.265       | 1.067       | 1.056       | 1.533       |
| 006115xa_rec<br>ord [m/s <sup>2</sup> ] | 3.993      | 2.216      | 1.429       | 1.093       | 1.585       | 2.039       |
| 006326ya_rec<br>ord [m/s <sup>2</sup> ] | 2.429      | 1.597      | 1.295       | 1.279       | 0.868       | 1.142       |
| 006332xa_rec<br>ord [m/s <sup>2</sup> ] | 8.084      | 4.527      | 3.667       | 3.119       | 3.415       | 5.188       |
| 006335xa_rec<br>ord [m/s <sup>2</sup> ] | 2.074      | 1.503      | 1.328       | 0.950       | 0.832       | 1.248       |
| 006335ya_rec<br>ord [m/s <sup>2</sup> ] | 2.453      | 1.275      | 1.110       | 0.967       | 0.887       | 1.132       |
| media [m/s <sup>2</sup> ]               | 3.435      | 2.084      | 1.631       | 1.381       | 1.427       | 1.939       |
| Dev. St. [m/s <sup>2</sup> ]            | 2.141      | 1.115      | 0.903       | 0.775       | 0.920       | 1.467       |

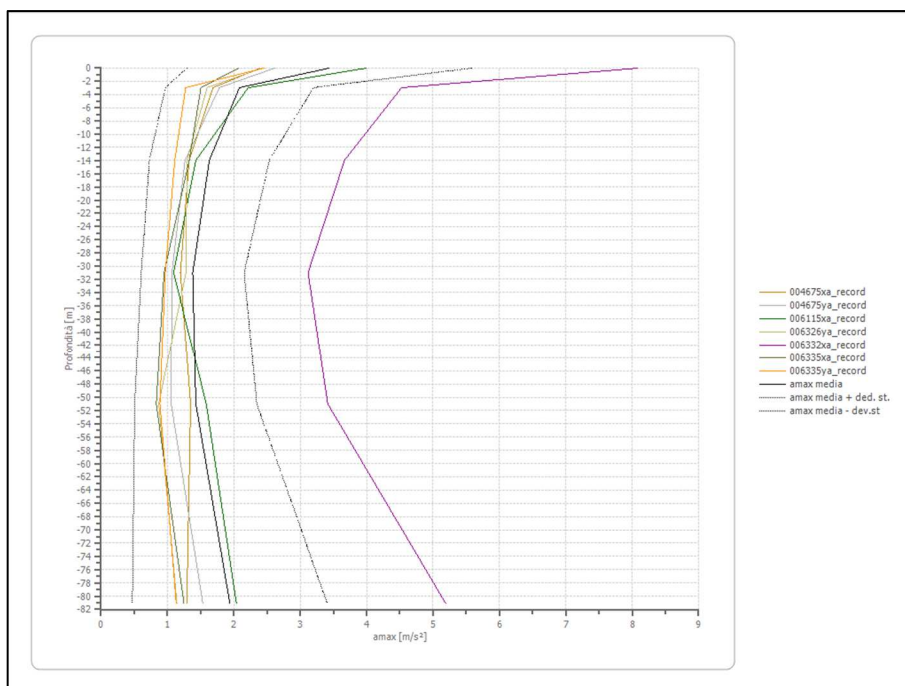


Fig. 8.2- Amax e Amedia dei vari alcelerogrammi

## 8.2 Spettro di risposta per SLD

|                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| Classe d'uso edificio:       | 3;                            |
| Coefficiente d'uso (Cu)      | 1.5;                          |
| Vita nominale edificio (Vn): | 50 anni;                      |
| Periodo di riferimento (Vr): | 100 anni;                     |
| Stato limite:                | Salvaguardia del danno (SLD); |
| Probabilità di superamento:  | 5%;                           |
| Tr:                          | 712 [anni];                   |
| ag:                          | 0,082 g [PGA0].               |
| Coordinate:                  | 44.404569, 10.532303;         |

### Elaborazione

|   |           |
|---|-----------|
| Numero di iterazioni  | 8         |
| Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima | 0.5       |
| Tipo di modulo elastico   | Shake     |
| Massimo errore percentuale di convergenza                           | 1.47 E-01 |

### Fattori di amplificazione ICMS 2018

|     |           |
|-----|-----------|
| Tai | 0.120 [s] |
| Tvi | 2.150 [s] |
| Tao | 0.120 [s] |
| Tvo | 0.440 [s] |

|           |                           |
|-----------|---------------------------|
| Sami      | 2.122 [m/s <sup>2</sup> ] |
| Svmi      | 0.111 [m/s]               |
| Samo      | 5.423 [m/s <sup>2</sup> ] |
| Svmo      | 0.163 [m/s]               |
| <b>Fa</b> | <b>2.556 [-]</b>          |
| <b>Fv</b> | <b>1.474 [-]</b>          |
| TB        | 0.063 [s]                 |
| TC        | 0.189 [s]                 |
| TD        | 2.174 [s]                 |
| SA(0)     | 1.408 [m/s <sup>2</sup> ] |
| SA(TB)    | 5.423 [m/s <sup>2</sup> ] |

#### Fattori di amplificazione su intensità spettrale

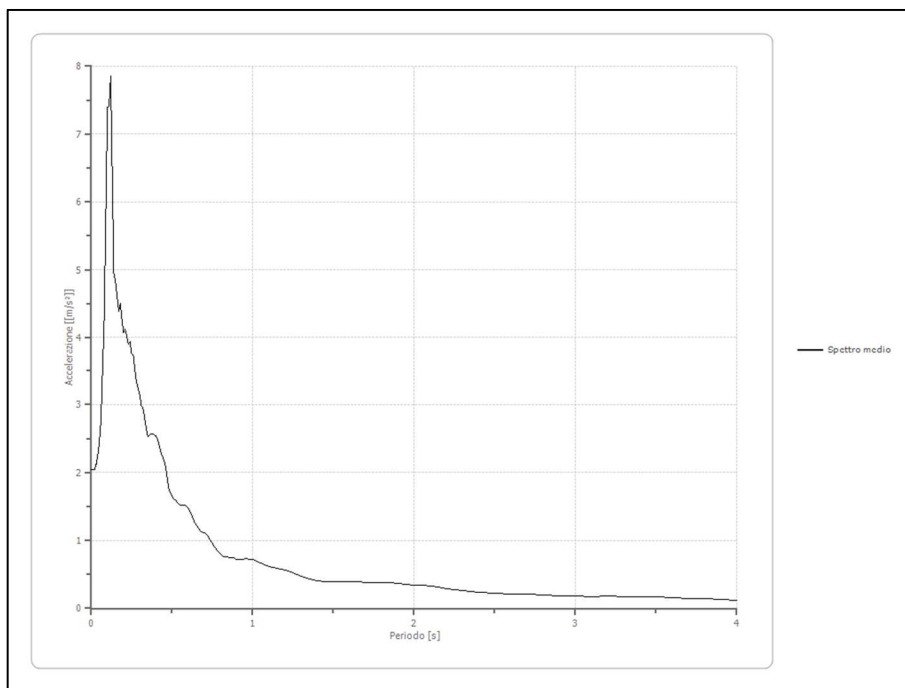
| Periodo minimo [s] | Periodo massimo [s] | Int. Housner input [m] | Int. Housner output [m] | Int. Housner input/output [m] | FA    |
|--------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------|
| 0.100              | 0.500               | 0.034                  | 0.060                   | 0.200                         | 1.777 |
| 0.500              | 1.000               | 0.047                  | 0.070                   | 0.500                         | 1.487 |
| 0.500              | 1.500               | 0.096                  | 0.133                   | 0.333                         | 1.382 |

#### Spettro medio di risposta elastico

| Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] | Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] | Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] | Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] | Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] |
|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|
| 0.00        | 2.0455                            | 0.26        | 3.7308                            | 0.52        | 1.5911                            | 0.98        | 0.7230                            | 2.25        | 0.2783                            |
| 0.01        | 2.0461                            | 0.27        | 3.5081                            | 0.53        | 1.5761                            | 1.00        | 0.7146                            | 2.30        | 0.2623                            |
| 0.02        | 2.0457                            | 0.28        | 3.3285                            | 0.54        | 1.5436                            | 1.05        | 0.6676                            | 2.35        | 0.2506                            |
| 0.03        | 2.1146                            | 0.29        | 3.2296                            | 0.55        | 1.5242                            | 1.10        | 0.6209                            | 2.40        | 0.2404                            |
| 0.04        | 2.2517                            | 0.30        | 3.1406                            | 0.56        | 1.5203                            | 1.15        | 0.5856                            | 2.50        | 0.2226                            |
| 0.05        | 2.4527                            | 0.31        | 2.9833                            | 0.57        | 1.5148                            | 1.20        | 0.5581                            | 2.60        | 0.2086                            |
| 0.06        | 2.7738                            | 0.32        | 2.9410                            | 0.58        | 1.5133                            | 1.25        | 0.5192                            | 2.70        | 0.2062                            |
| 0.07        | 3.5200                            | 0.33        | 2.8128                            | 0.60        | 1.4820                            | 1.30        | 0.4652                            | 2.80        | 0.1969                            |
| 0.08        | 4.2838                            | 0.34        | 2.6424                            | 0.62        | 1.3847                            | 1.35        | 0.4304                            | 2.90        | 0.1853                            |
| 0.09        | 5.8432                            | 0.35        | 2.5292                            | 0.64        | 1.2728                            | 1.40        | 0.4052                            | 3.00        | 0.1773                            |
| 0.10        | 7.3989                            | 0.36        | 2.5549                            | 0.66        | 1.1874                            | 1.45        | 0.3966                            | 3.10        | 0.1765                            |
| 0.11        | 7.4137                            | 0.37        | 2.5677                            | 0.68        | 1.1248                            | 1.50        | 0.3940                            | 3.20        | 0.1769                            |
| 0.12        | 7.8526                            | 0.38        | 2.5663                            | 0.70        | 1.1177                            | 1.55        | 0.3889                            | 3.30        | 0.1756                            |
| 0.13        | 6.3809                            | 0.39        | 2.5544                            | 0.72        | 1.0743                            | 1.60        | 0.3940                            | 3.40        | 0.1713                            |
| 0.14        | 4.9432                            | 0.40        | 2.5423                            | 0.74        | 0.9962                            | 1.65        | 0.3924                            | 3.50        | 0.1654                            |
| 0.15        | 4.8192                            | 0.41        | 2.4897                            | 0.76        | 0.9113                            | 1.70        | 0.3861                            | 3.60        | 0.1566                            |
| 0.16        | 4.6052                            | 0.42        | 2.4067                            | 0.78        | 0.8550                            | 1.75        | 0.3800                            | 3.70        | 0.1482                            |
| 0.17        | 4.3823                            | 0.43        | 2.3078                            | 0.80        | 0.7969                            | 1.80        | 0.3792                            | 3.80        | 0.1382                            |
| 0.18        | 4.4994                            | 0.44        | 2.2363                            | 0.82        | 0.7538                            | 1.85        | 0.3796                            | 3.90        | 0.1262                            |
| 0.19        | 4.2503                            | 0.45        | 2.1878                            | 0.84        | 0.7597                            | 1.90        | 0.3703                            | 4.00        | 0.1154                            |
| 0.20        | 4.0708                            | 0.46        | 2.0892                            | 0.86        | 0.7493                            | 1.95        | 0.3559                            |             |                                   |



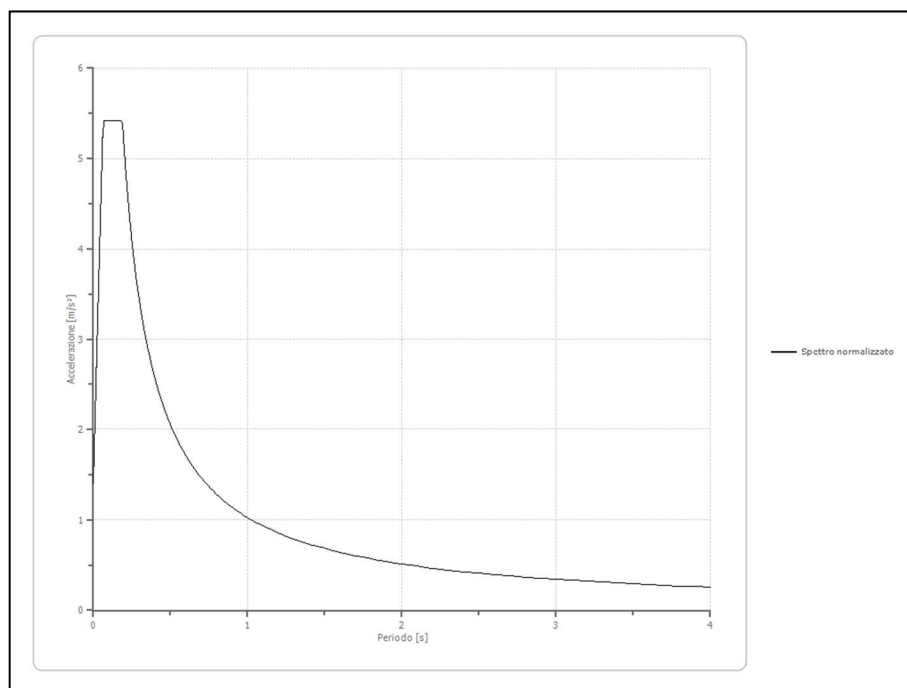
|      |        |      |        |      |        |      |        |  |  |
|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|--|--|
| 0.21 | 4.1293 | 0.47 | 1.9255 | 0.88 | 0.7404 | 2.00 | 0.3440 |  |  |
| 0.22 | 4.0229 | 0.48 | 1.7714 | 0.90 | 0.7232 | 2.05 | 0.3353 |  |  |
| 0.23 | 3.9039 | 0.49 | 1.7007 | 0.92 | 0.7179 | 2.10 | 0.3216 |  |  |
| 0.24 | 3.9387 | 0.50 | 1.6511 | 0.94 | 0.7241 | 2.15 | 0.3089 |  |  |
| 0.25 | 3.7623 | 0.51 | 1.6112 | 0.96 | 0.7279 | 2.20 | 0.2939 |  |  |



**Spettro normalizzato di risposta elastico**

| Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] | Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] | Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] | Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] | Periodo [s] | Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ] |
|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|
| 0.00        | 1.4080                            | 0.26        | 3.9379                            | 0.52        | 1.9690                            | 0.98        | 1.0447                            | 2.25        | 0.4550                            |
| 0.01        | 2.0461                            | 0.27        | 3.7921                            | 0.53        | 1.9318                            | 1.00        | 1.0239                            | 2.30        | 0.4452                            |
| 0.02        | 2.6842                            | 0.28        | 3.6566                            | 0.54        | 1.8960                            | 1.05        | 0.9751                            | 2.35        | 0.4357                            |
| 0.03        | 3.3223                            | 0.29        | 3.5305                            | 0.55        | 1.8616                            | 1.10        | 0.9308                            | 2.40        | 0.4266                            |
| 0.04        | 3.9603                            | 0.30        | 3.4128                            | 0.56        | 1.8283                            | 1.15        | 0.8903                            | 2.50        | 0.4095                            |
| 0.05        | 4.5984                            | 0.31        | 3.3028                            | 0.57        | 1.7962                            | 1.20        | 0.8532                            | 2.60        | 0.3938                            |
| 0.06        | 5.2365                            | 0.32        | 3.1995                            | 0.58        | 1.7653                            | 1.25        | 0.8191                            | 2.70        | 0.3792                            |
| 0.07        | 5.4234                            | 0.33        | 3.1026                            | 0.60        | 1.7064                            | 1.30        | 0.7876                            | 2.80        | 0.3657                            |
| 0.08        | 5.4234                            | 0.34        | 3.0113                            | 0.62        | 1.6514                            | 1.35        | 0.7584                            | 2.90        | 0.3531                            |
| 0.09        | 5.4234                            | 0.35        | 2.9253                            | 0.64        | 1.5998                            | 1.40        | 0.7313                            | 3.00        | 0.3413                            |
| 0.10        | 5.4234                            | 0.36        | 2.8440                            | 0.66        | 1.5513                            | 1.45        | 0.7061                            | 3.10        | 0.3303                            |
| 0.11        | 5.4234                            | 0.37        | 2.7672                            | 0.68        | 1.5057                            | 1.50        | 0.6826                            | 3.20        | 0.3200                            |
| 0.12        | 5.4234                            | 0.38        | 2.6944                            | 0.70        | 1.4626                            | 1.55        | 0.6606                            | 3.30        | 0.3103                            |
| 0.13        | 5.4234                            | 0.39        | 2.6253                            | 0.72        | 1.4220                            | 1.60        | 0.6399                            | 3.40        | 0.3011                            |
| 0.14        | 5.4234                            | 0.40        | 2.5596                            | 0.74        | 1.3836                            | 1.65        | 0.6205                            | 3.50        | 0.2925                            |
| 0.15        | 5.4234                            | 0.41        | 2.4972                            | 0.76        | 1.3472                            | 1.70        | 0.6023                            | 3.60        | 0.2844                            |
| 0.16        | 5.4234                            | 0.42        | 2.4377                            | 0.78        | 1.3126                            | 1.75        | 0.5851                            | 3.70        | 0.2767                            |
| 0.17        | 5.4234                            | 0.43        | 2.3811                            | 0.80        | 1.2798                            | 1.80        | 0.5688                            | 3.80        | 0.2694                            |

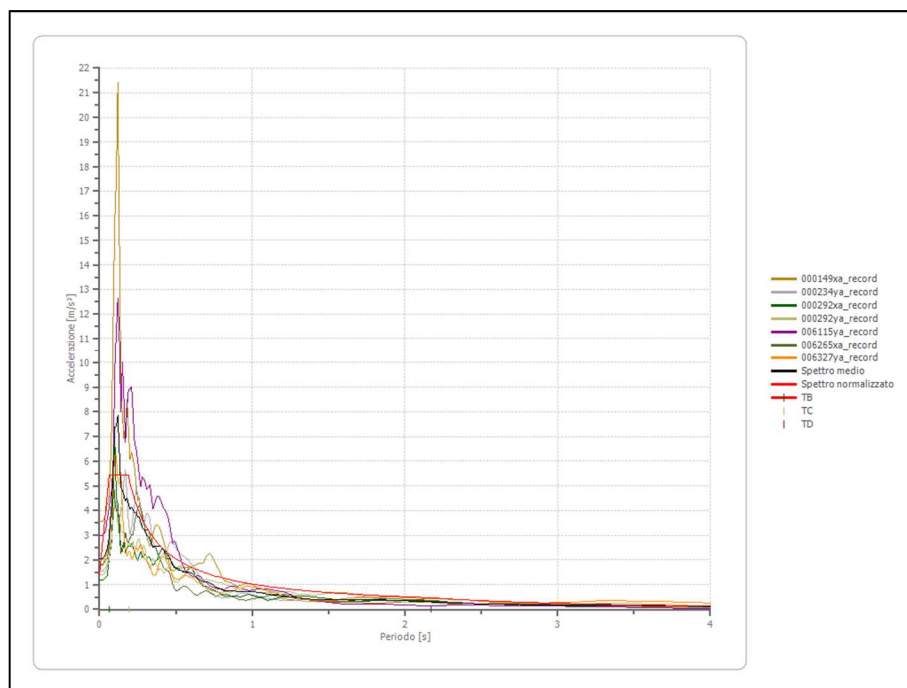
|      |        |      |        |      |        |      |        |      |        |
|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|
| 0.18 | 5.4234 | 0.44 | 2.3269 | 0.82 | 1.2486 | 1.85 | 0.5534 | 3.90 | 0.2625 |
| 0.19 | 5.3887 | 0.45 | 2.2752 | 0.84 | 1.2189 | 1.90 | 0.5389 | 4.00 | 0.2560 |
| 0.20 | 5.1193 | 0.46 | 2.2258 | 0.86 | 1.1905 | 1.95 | 0.5251 |      |        |
| 0.21 | 4.8755 | 0.47 | 2.1784 | 0.88 | 1.1635 | 2.00 | 0.5119 |      |        |
| 0.22 | 4.6539 | 0.48 | 2.1330 | 0.90 | 1.1376 | 2.05 | 0.4994 |      |        |
| 0.23 | 4.4515 | 0.49 | 2.0895 | 0.92 | 1.1129 | 2.10 | 0.4875 |      |        |
| 0.24 | 4.2661 | 0.50 | 2.0477 | 0.94 | 1.0892 | 2.15 | 0.4762 |      |        |
| 0.25 | 4.0954 | 0.51 | 2.0076 | 0.96 | 1.0665 | 2.20 | 0.4654 |      |        |



**Parametri spettro normalizzato**

| Ag<br>[m/s <sup>2</sup> ] | F0       | Tc* | TB<br>[s] | TC<br>[s] | TD<br>[s] | Se(0)<br>[m/s <sup>2</sup> ] | Se(TB)<br>[m/s <sup>2</sup> ] | S     |
|---------------------------|----------|-----|-----------|-----------|-----------|------------------------------|-------------------------------|-------|
| 1.408                     | 3.851866 | --  | 0.063     | 0.189     | 2.174     | 1.408                        | 5.423                         | 1.751 |

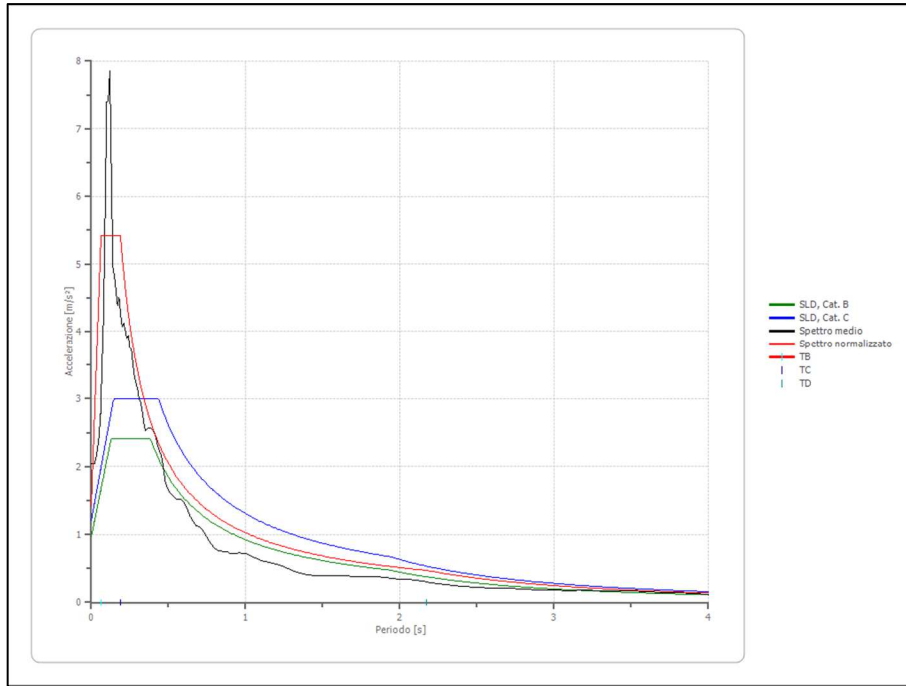
**Confronto tra gli spettri**



### Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

|                               | Operatività<br>à<br>SLO Cat. B | Danno<br>SLD Cat. B | Salvaguardia<br>ia vita<br>SLV Cat. B | Prev.<br>collasso<br>SLC Cat. B | Operatività<br>à<br>SLO Cat. C | Danno<br>SLD Cat. C | Salvaguardia<br>ia vita<br>SLV Cat. C | Prev.<br>collasso<br>SLC Cat. C |
|-------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Tr [anni]                     | 45                             | 75                  | 712                                   | 1462                            | 45                             | 75                  | 712                                   | 1462                            |
| ag [m/s <sup>2</sup> ]        | 0.657                          | 0.804               | 1.795                                 | 2.217                           | 0.657                          | 0.804               | 1.795                                 | 2.217                           |
| Fo                            | 2.481                          | 2.491               | 2.532                                 | 2.554                           | 2.481                          | 2.491               | 2.532                                 | 2.554                           |
| Tc* [s]                       | 0.258                          | 0.268               | 0.296                                 | 0.307                           | 0.258                          | 0.268               | 0.296                                 | 0.307                           |
| Ss                            | 1.20                           | 1.20                | 1.20                                  | 1.17                            | 1.50                           | 1.50                | 1.42                                  | 1.35                            |
| St                            | 1.00                           | 1.00                | 1.00                                  | 1.00                            | 1.00                           | 1.00                | 1.00                                  | 1.00                            |
| Cc                            | 1.44                           | 1.43                | 1.40                                  | 1.39                            | 1.64                           | 1.62                | 1.57                                  | 1.55                            |
| TB [s]                        | 0.124                          | 0.128               | 0.138                                 | 0.143                           | 0.141                          | 0.145               | 0.155                                 | 0.159                           |
| TC [s]                        | 0.372                          | 0.384               | 0.415                                 | 0.428                           | 0.424                          | 0.435               | 0.464                                 | 0.476                           |
| TD [s]                        | 1.868                          | 1.928               | 2.332                                 | 2.504                           | 1.868                          | 1.928               | 2.332                                 | 2.504                           |
| Se(0)<br>[m/s <sup>2</sup> ]  | 0.788                          | 0.965               | 2.154                                 | 2.592                           | 0.986                          | 1.206               | 2.553                                 | 3.001                           |
| Se(TB)<br>[m/s <sup>2</sup> ] | 1.956                          | 2.403               | 5.454                                 | 6.620                           | 2.445                          | 3.004               | 6.463                                 | 7.665                           |



**Profilo a max**

|                                     | 0.0<br>[m] | 3.0<br>[m] | 14.0<br>[m] | 31.0<br>[m] | 51.0<br>[m] | 81.0<br>[m] |
|-------------------------------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 000149xa_record [m/s <sup>2</sup> ] | 3.547      | 1.647      | 1.019       | 0.911       | 1.024       | 1.339       |
| 000234ya_record [m/s <sup>2</sup> ] | 1.554      | 1.073      | 0.808       | 0.661       | 0.587       | 0.754       |
| 000292xa_record [m/s <sup>2</sup> ] | 1.204      | 0.692      | 0.536       | 0.392       | 0.364       | 0.588       |
| 000292ya_record [m/s <sup>2</sup> ] | 1.402      | 0.717      | 0.546       | 0.634       | 0.456       | 0.588       |
| 006115ya_record [m/s <sup>2</sup> ] | 2.993      | 1.722      | 1.473       | 0.880       | 1.025       | 1.396       |
| 006265xa_record [m/s <sup>2</sup> ] | 1.783      | 1.024      | 0.842       | 0.449       | 0.493       | 0.885       |
| 006327ya_record [m/s <sup>2</sup> ] | 1.835      | 0.764      | 0.707       | 0.444       | 0.410       | 0.581       |
| media [m/s <sup>2</sup> ]           | 2.046      | 1.091      | 0.847       | 0.624       | 0.623       | 0.876       |
| Dev. St. [m/s <sup>2</sup> ]        | 0.879      | 0.432      | 0.324       | 0.211       | 0.283       | 0.354       |



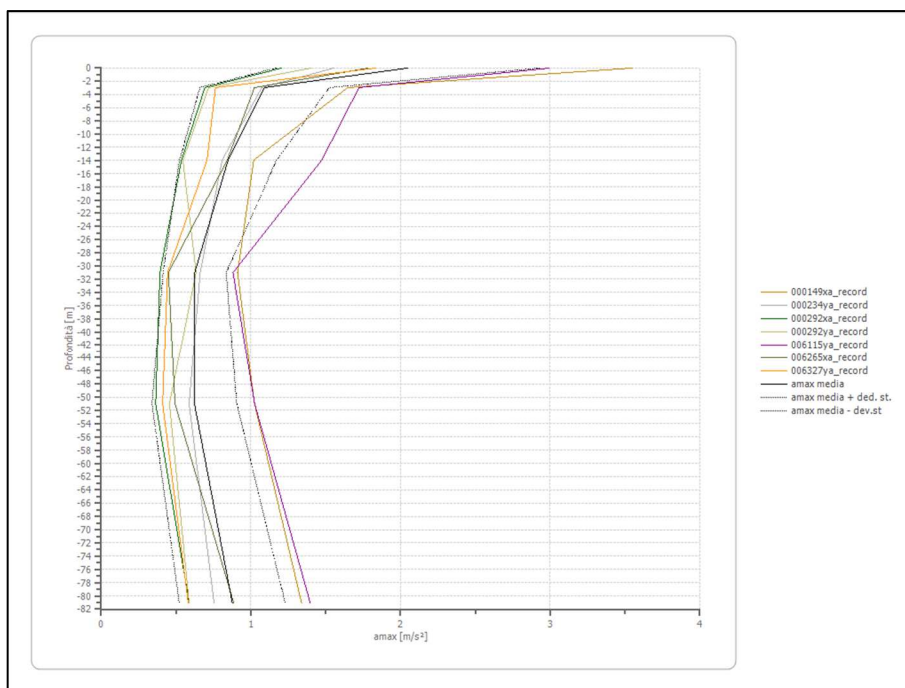


Fig. 8.3- Amax e Amedia dei vari alcelerogrammi

## 9. Vincolo idrogeologico

Come indicato nel capitolo 2, l'area oggetto d'indagine è sogetta a vincolo idrogeologico, in riferimento alla seguente legislazione: Il R.D.L. 30 dicembre 1923, n. 3267; L.R. 3/1999, art. 150-3° comma. In particolare il R.D.L. 30 dicembre 1923 ed il successivo regolamento d'applicazione R.D.L. 16 maggio 1926, sottopongono a tutela le aree territoriali che per effetto di interventi quali, ad esempio, disboscamenti o movimenti di terreno "possono con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque". Si fa inoltre riferimento alla "Delibera della Giunta Regionale - N.ro 2000/1117 - del 11/07/2000" concernente le procedure amministrative e le norme tecniche relative alla gestione del vincolo idrogeologico.

L'intervento non prevede la realizzazione di sbancamenti in quanto l'area in cui sarà realizzata l'opera si presenta pianeggiante e non sono previsti piani interrati. Il regime delle acque non verrà modificato in quanto individuate a oltre 10 m di profondità. Le fondazioni dovranno essere progettate in modo da distribuire il carico della struttura in modo omogeneo sul materiale più consistente senza compromettere così la stabilità della scarpata ad ovest.

## 10. Verifica della capacità portante

Poiché devono essere ancora definite le specifiche progettuali esecutive dell'opera in oggetto, a seguito si riporta la verifica della capacità portante del terreno ipotizzando fondazioni superficiali e profonde.

### 10.1 Verifica capacità portante su fondazioni superficiali

Ipotesi con platea posata a -1,2 m da p.c.

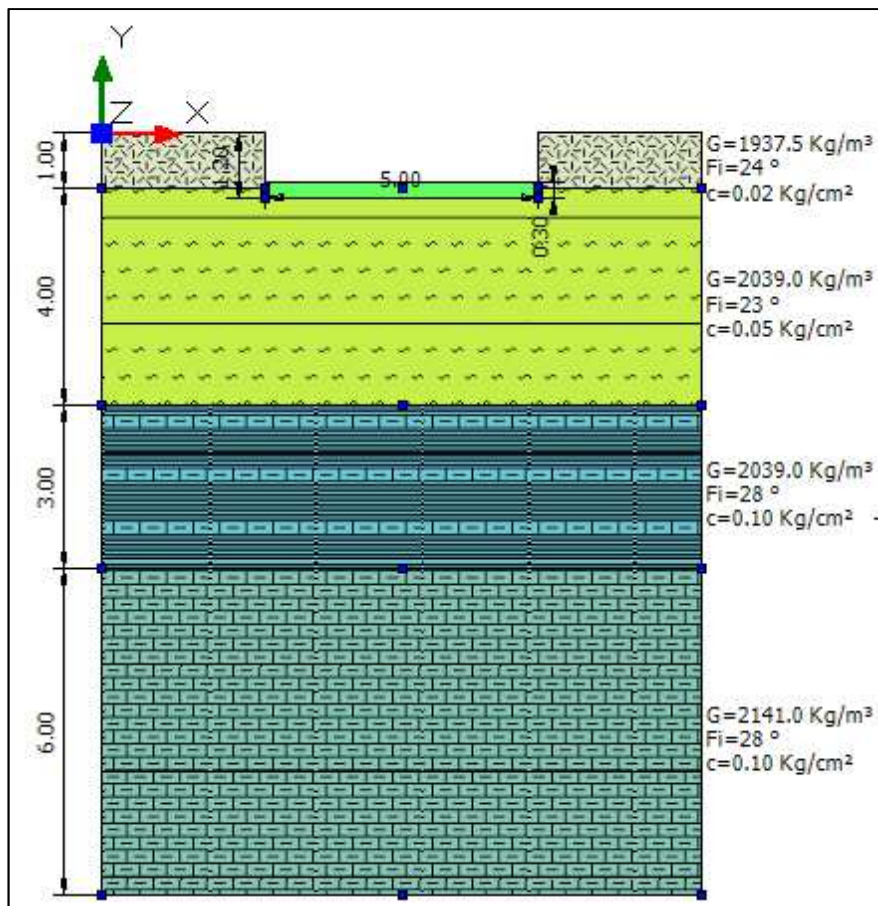


Fig. 10.1- Modello stratigrafico con ipotesi di fondazione a platea.

#### DATI GENERALI

Normativa NTC\_2018

|                          |      |   |
|--------------------------|------|---|
| Larghezza fondazione     | 5.0  | m |
| Lunghezza fondazione     | 10.0 | m |
| Profondità piano di posa | 1.2  | m |
| Altezza di incastro      | 1.2  | m |

#### SISMA

|                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| Accelerazione massima ( $a_{max}/g$ ) | 0.263 |
|---------------------------------------|-------|

Effetto sismico secondo NTC 2018

STRATIGRAFIA TERRENO

| Spessore strato [m] | Peso unità di volume [Kg/m <sup>3</sup> ] | Peso unità di volume saturo [Kg/m <sup>3</sup> ] | Angolo di attrito [°] | Coesione [Kg/cm <sup>2</sup> ] | Coesione non drenata [Kg/cm <sup>2</sup> ] | Modulo Elastico [Kg/cm <sup>2</sup> ] | Modulo Edometrico [Kg/cm <sup>2</sup> ] | Poisson | Coeff. consolid. az. primaria [cmq/s] | Coeff. consolid. azione secondaria | Descrizione |
|---------------------|---|--|-----------------------|--------------------------------|--|---------------------------------------|---|---------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------|
| 1.0                 | 1937.46                                   | 2141.4   | 24.0                  | 0.02                           | 0.2  | 47.0                                  | 34.0                                    | 0.0     | 0.0                                   | 0.0                                |             |
| 4.0                 | 2039.0                                    | 2141.0   | 23.0                  | 0.05                           | 1.0  | 128.0                                 | 51.0                                    | 0.0     | 0.0                                   | 0.0                                |             |
| 3.0                 | 2039.0                                    | 2141.0   | 28.0                  | 0.1                            | 1.6  | 150.0                                 | 77.0                                    | 0.0     | 0.0                                   | 0.0                                |             |
| 6.0                 | 2141.0                                    | 2343.0   | 28.0                  | 0.1                            | 1.8  | 186.0                                 | 57.0                                    | 0.0     | 0.0                                   | 0.0                                |             |

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

| Nr. | Nome combinazione | Pressione normale di progetto [Kg/cm <sup>2</sup> ] | N [Kg] | Mx [Kg-m] | My [Kg-m] | Hx [Kg] | Hy [Kg] | Tipo     |
|-----|-------------------|---|--------|-----------|-----------|---------|---------|----------|
| 1   | A1+M1+R3          | 1.00  | 1.00   | 0.00      | 0.00      | 0.00    | 0.00    | Progetto |
| 2   | SISMA             | 1.00  | 1.00   | 0.00      | 0.00      | 0.00    | 0.00    | Progetto |
| 3   | S.L.E.            | 1.00  | 1.00   | 0.00      | 0.00      | 0.00    | 0.00    | Servizio |
| 4   | S.L.D.            | 1.00  | 1.00   | 0.00      | 0.00      | 0.00    | 0.00    | Servizio |

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

| Nr | Correzione Sismica | Tangente angolo di resistenza al taglio | Coesione efficace | Coesione non drenata | Peso Unità volume in fondazione | Peso unità volume copertura | Coef. Rid. Capacità portante verticale | Coef. Rid. Capacità portante orizzontale |
|----|--------------------|---|-------------------|----------------------|---------------------------------|-----------------------------|--|--|
| 1  | No                 | 1                                       | 1                 | 1                    | 1                               | 1                           | 2.3                                    | 1.1                                      |
| 2  | No                 | 1                                       | 1                 | 1                    | 1                               | 1                           | 2.3                                    | 1.1                                      |
| 3  | No                 | 1                                       | 1                 | 1                    | 1                               | 1                           | 2.3                                    | 1  |
| 4  | No                 | 1                                       | 1                 | 1                    | 1                               | 1                           | 2.3                                    | 1  |

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: MEYERHOF (1963)

|                                 |            |                    |
|---------------------------------|------------|--------------------|
| Carico limite [Qult]            | 6.37       | Kg/cm <sup>2</sup> |
| Resistenza di progetto [Rd]     | 2.77       | Kg/cm <sup>2</sup> |
| Tensione [Ed]                   | 1.0        | Kg/cm <sup>2</sup> |
| Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]  | 6.37       |                    |
| Condizione di verifica [Ed<=Rd] | Verificata |                    |

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 2.55 Kg/cm<sup>3</sup>

## 10.2 Verifica capacità portante su fondazioni profonde

Ipotesi di fondazioni su pali di diametro 0,5 m alla profondità di 10 m da p.c.

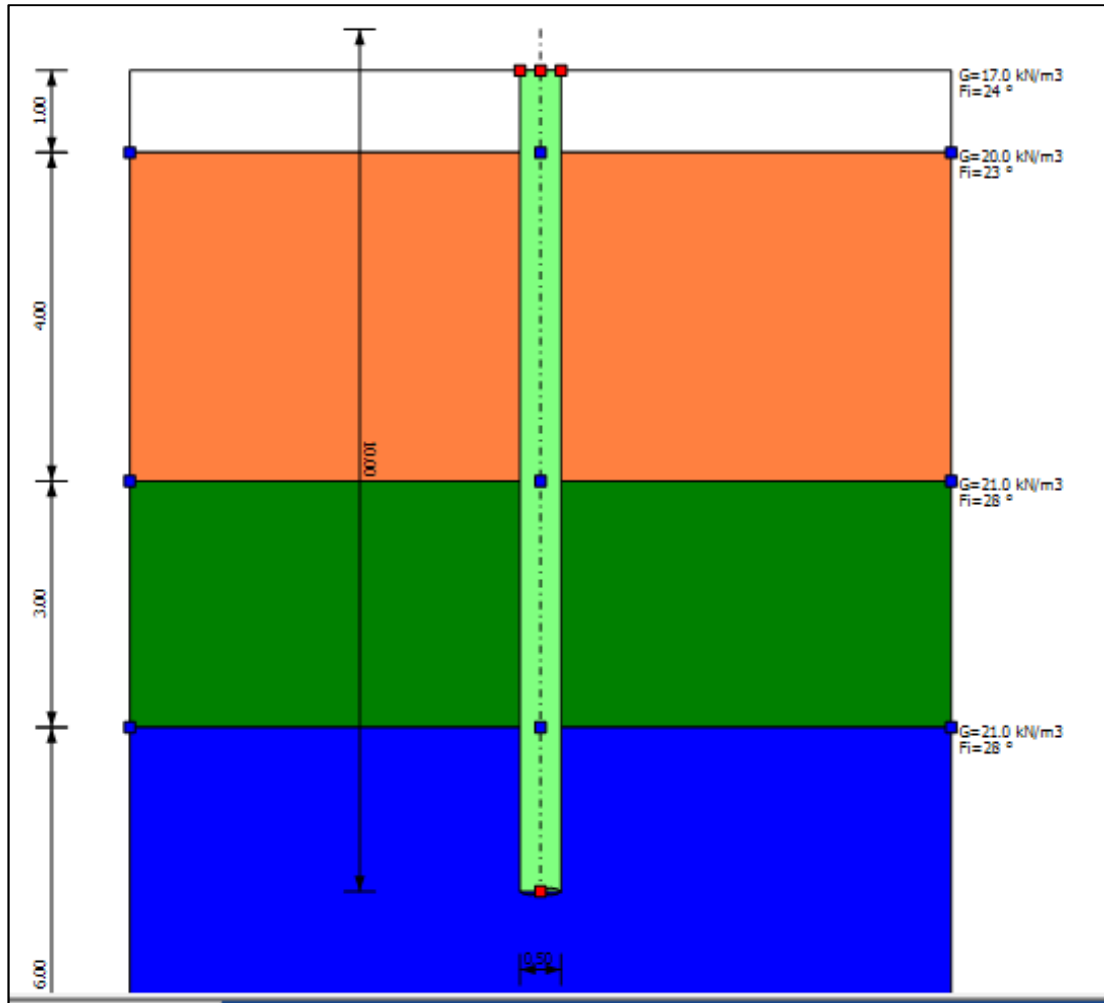


Fig. 10.2- Modello stratigrafico con ipotesi di fondazione su pali.

### Dati generali...

|                                  |             |   |
|----------------------------------|-------------|---|
| Diametro punta                   | 0.50        | m |
| Lunghezza                        | 10.00       | m |
| Tipo                             | Trivellato  |   |
| Portanza di punta calcolata con: | Berezantzev |   |
| Calcestruzzo tipo                | 1           |   |
| Acciaio tipo                     | 1           |   |

### SISMA

|  |        |  |
|--|--------|--|
| Accelerazione sismica                  | 0.263  |  |
| Coefficiente di intensità sismico [Kh] | 0.1002 |  |
| Coefficiente di intensità sismico [Kv] | 0.0501 |  |

## Archivio materiali

### Conglomerati

| Nr. | Classe Calcestruzzo | fck,cubi [MPa] | Ec [MPa] | fck [MPa] | fcd [MPa] | fctd [MPa] | fctm [MPa] |
|-----|---------------------|----------------|----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 1   | C20/25              | 25             | 29960    | 20        | 11.33     | 1.01       | 2.21       |
| 2   | C25/30              | 30             | 31475    | 25        | 14.16     | 1.14       | 2.56       |
| 3   | C28/35              | 35             | 32308    | 28        | 15.86     | 1.26       | 2.76       |
| 4   | C40/50              | 50             | 35220    | 40        | 22.66     | 1.63       | 3.5        |

### Acciai:

| Nr. | Classe Acciaio | Es [MPa] | fyk [MPa] | fyd [MPa] | ftk [MPa] | ftd [MPa] | ep_tk | epd_ult | $\beta_1*\beta_2$ in. | $\beta_1*\beta_2$ fin. |
|-----|----------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|---------|-----------------------|------------------------|
| 1   | B450C          | 200000   | 450       | 391.3     | 450       | 391.3     | .075  | .0675   | 1                     | .5                     |
| 2   | B450C*         | 200000   | 450       | 391.3     | 540       | 450       | .05   | .04     | 1                     | .5                     |
| 3   | S235H          | 210000   | 235       | 204.35    | 360       | 204.35    | .05   | .04     | 1                     | .5                     |
| 4   | S275H          | 210000   | 275       | 239.13    | 430       | 239.13    | .05   | .04     | 1                     | .5                     |
| 5   | S355H          | 210000   | 355       | 308.7     | 510       | 308.7     | .05   | .04     | 1                     | .5                     |

### Stratigrafia

Nr.: Numero dello strato. Hs: Spessore dello strato. Fi: Angolo di attrito. c: Coesione Alfa: Coefficiente adesione attrito laterale. Vs: Velocità onde di taglio.

#### Strat. 1

| Nr. | Hs   | Peso unità di Volume [kN/m3] | Peso Unità di volume Saturo [kN/m3] | c [kN/m2] | Fi (°) | Attrito negativo | Alfa | Modulo elastico [MN/m2] | Vs [m/s] | Descrizione litologica |
|-----|------|------------------------------|-------------------------------------|-----------|--------|------------------|------|-------------------------|----------|------------------------|
| 1   | 1.00 | 17.00                        | 18.00                               | 0.00      | 24.00  | No               | 0.00 | 3.30                    | 0        |                        |
| 2   | 4.00 | 20.00                        | 22.00                               | 0.00      | 23.00  | No               | 0.00 | 5.00                    | 0        |                        |
| 3   | 3.00 | 21.00                        | 23.00                               | 0.00      | 28.00  | No               | 0.00 | 6.00                    | 0        |                        |
| 4   | 6.00 | 21.00                        | 23.00                               | 0.00      | 28.00  | No               | 0.00 | 5.60                    | 0        |                        |

### Carico limite

| Stratigrafia | Nq    | Nc    | Fi/C strato punta Palo (°)/[kN/m2] | Peso palo [kN] | Carico limite punta [kN] | Carico limite laterale [kN] | Carico limite [kN] | Attrito negativo [kN] | Carico limite orizzontale [kN] |
|--------------|-------|-------|------------------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------------|
| A1+M1+R3     | 22.52 | 38.04 | 29.5/0.00                          | 49.09          | 893.22                   | 421.85                      | 1265.98            | --                    | --                             |

### RESISTENZA DI PROGETTO CARICHI ASSIALI

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione: A1+M1+R3

Numero verticali di indagine 1

Fattore correlazione verticale indagate media ( $\xi_3$ ) 1.00



Fattore correlazione verticale indagate minima ( $\xi_4$ ) 1.00

|          | Rc, Min<br>[kN] | Rc, Media<br>[kN] | Rc, Max<br>[kN] |
|----------|-----------------|-------------------|-----------------|
| Base     | 893.22          | 893.22            | 893.22          |
| Laterale | 421.85          | 421.85            | 421.85          |
| Totale   | 1265.98         | 1265.98           | 1265.98         |

Coefficiente parziale resistenza caratteristica R3

Base 2.50

Laterale 2.50

Resistenza di progetto base 357.29 kN

Resistenza di progetto laterale 168.74 kN

Resistenza di progetto 476.94 kN

## 11. Conclusioni

Come indicato nel capitolo 1, l'intervento riguarda la realizzazione di una nuova struttura polivalente utilizzata come centro disabili a Cavola, nel Comune di Toano (RE).

Il presente elaborato ha come obiettivo quello di fornire i parametri geotecnici, litologici, sismici e le caratteristiche geologiche del terreno dell'area indagata a supporto di una corretta progettazione dell'opera.

Così come indicato nel capitolo 4, per definire una sequenza stratigrafica e ottenere un modello del terreno con diversi spessori di caratteristiche geotecniche-litologiche e sismiche proprie, sono state utilizzate indagini e dati di bibliografia derivati da una dettagliata campagna geognostica svolta nel medesimo sito per la realizzazione di una struttura pubblica sul lato nord dell'ex campo da calcio. Dalle indagini è quindi stato possibile definire un modello geotecnico riportato in cap. 5 e i parametri sismici riportati in cap. 8.

L'area è ubicata su una dorsale sulla quale si sviluppa l'abitato di Cavola. La parte sommitale della dorsale, ovvero dove è ubicato il sito in oggetto che riguarda la parte sud dell'ex campo da calcio, è classificata come deposito di frana quiescente.

Sebbene l'area non presenti recenti segnale di spostamento, dai monitoraggi inclinometrici svolti negli anni 2003-2005, si evidenzia una relazione tra gli spostamenti delle frane attive presenti sulle scarpate est ed ovest della dorsale e la sommità della stessa.

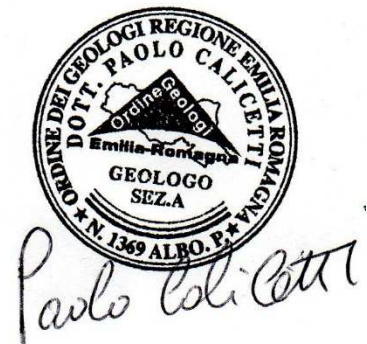
Per quanto il terreno risulti quindi idoneo da un punto di vista geotecnico alla tipologia di intervento proposto anche utilizzando una fondazione superficiale, vedi cap. 10, si consiglia di realizzare fondazioni

profonde posate al di sotto della prima copertura individuata a c.a 5 m da p.c. costituita da materiale eterogeneo in prevalenza pelitico.

Si raccomanda inoltre di realizzare la struttura il più lontano possibile dalla scarpata ad ovest e convogliare le acque superficiali nell'impianto fognario della SP 90 e comunque in alcun modo dovranno essere scaricate lungo il fronte della scarpata ovest.

Montale, maggio 2022

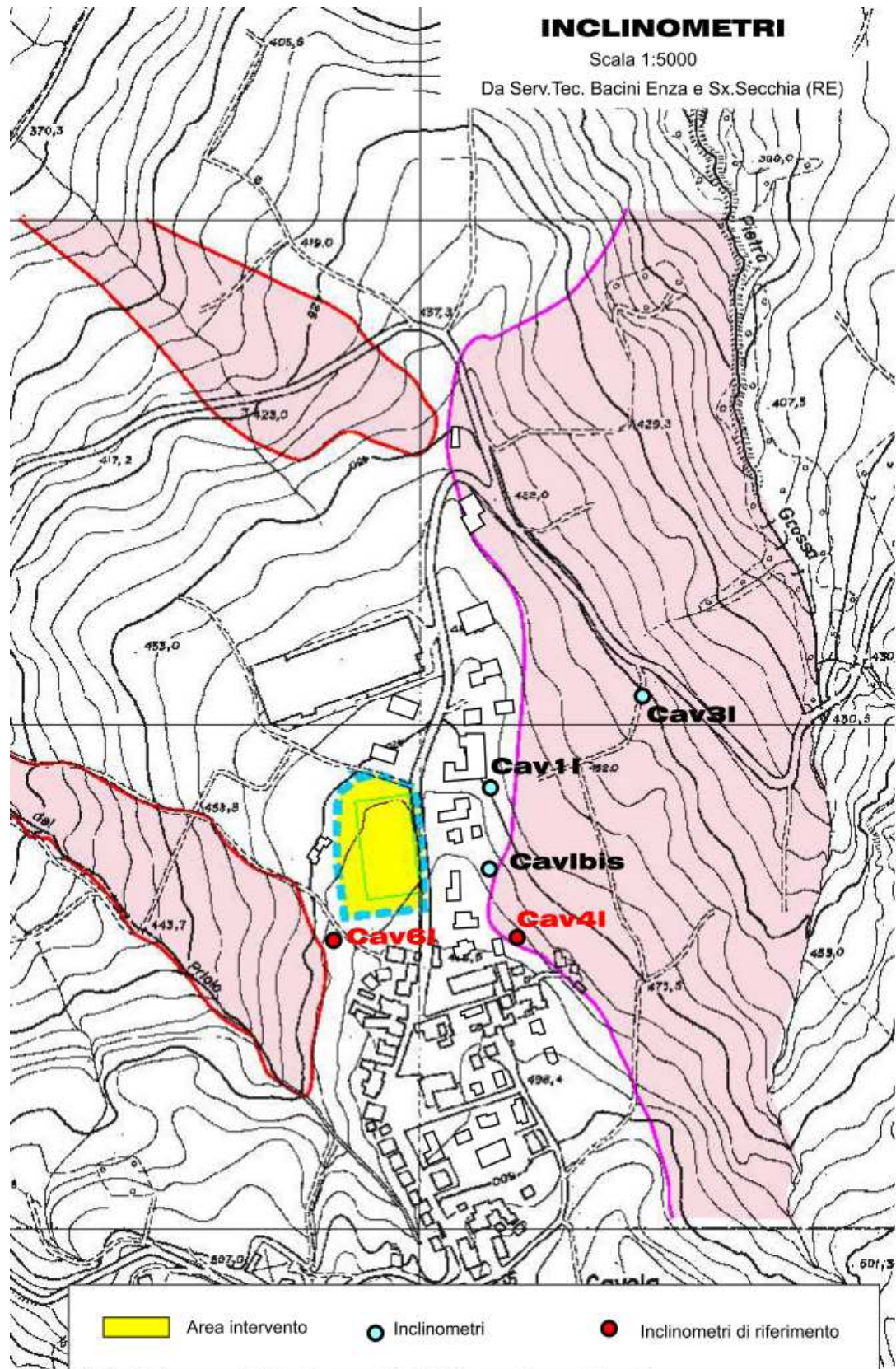
Paolo Geol. Calicetti



## **Allegati**

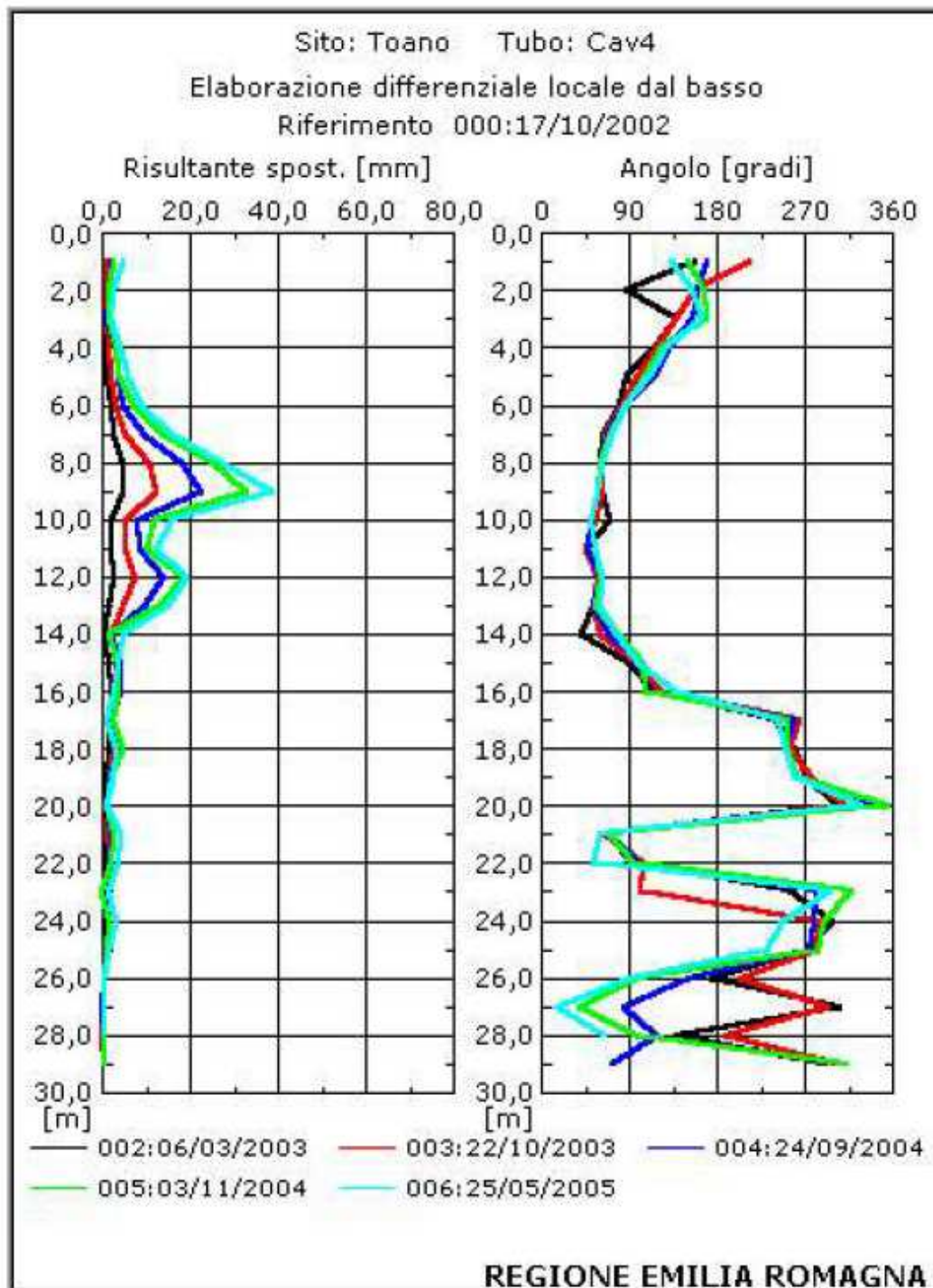
## Tavola 1- Monitoraggio inclinometrico

### Ubicazione inclinometri





## CAV4I e CAV6I





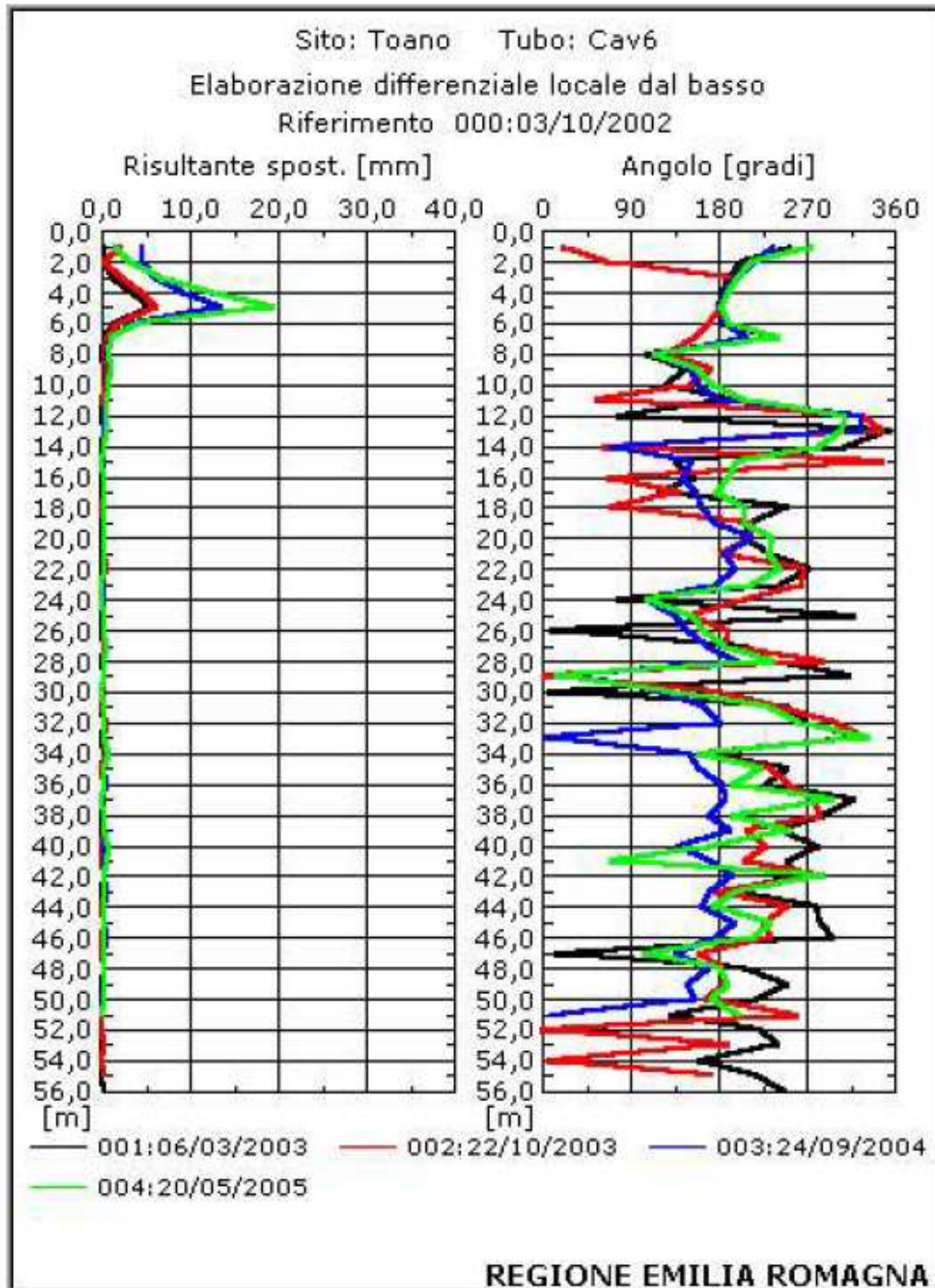
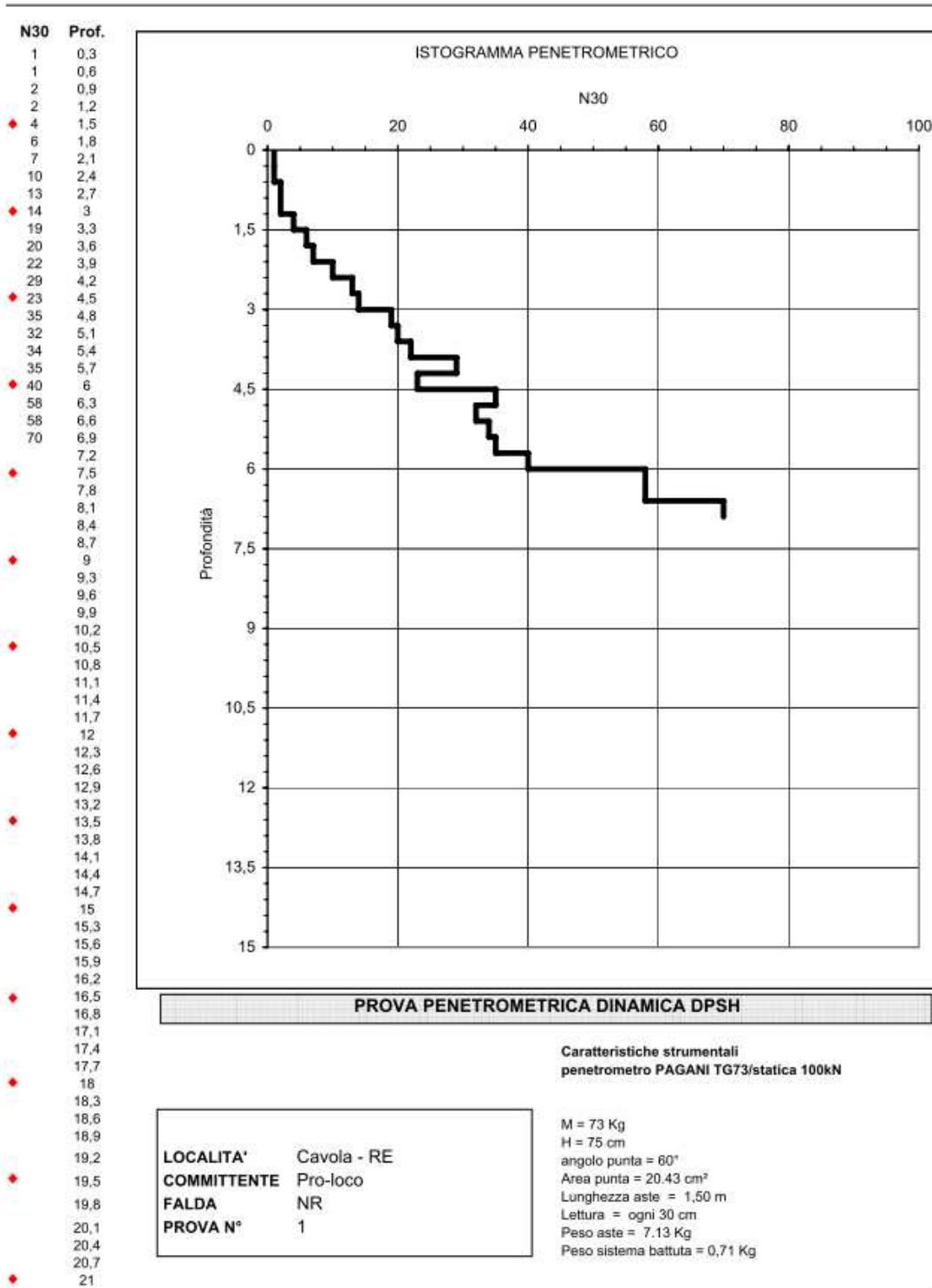


Tavola 2- Dati di campagna delle prove penetrometriche

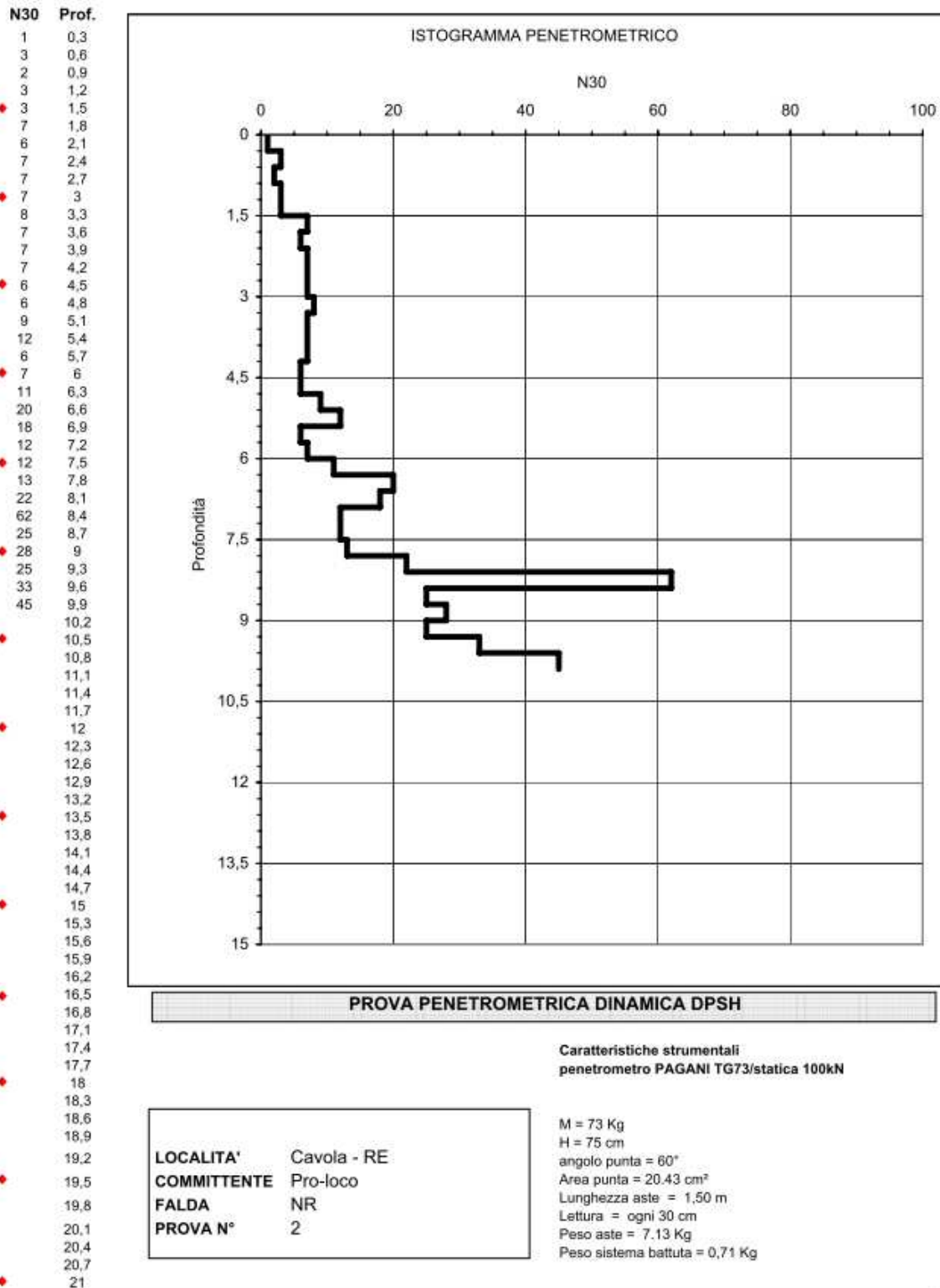
**EDILGEO**

Via Milano 21, Sassuolo (MO) - Tel. 0536 870085 - Fax. 0536 984174



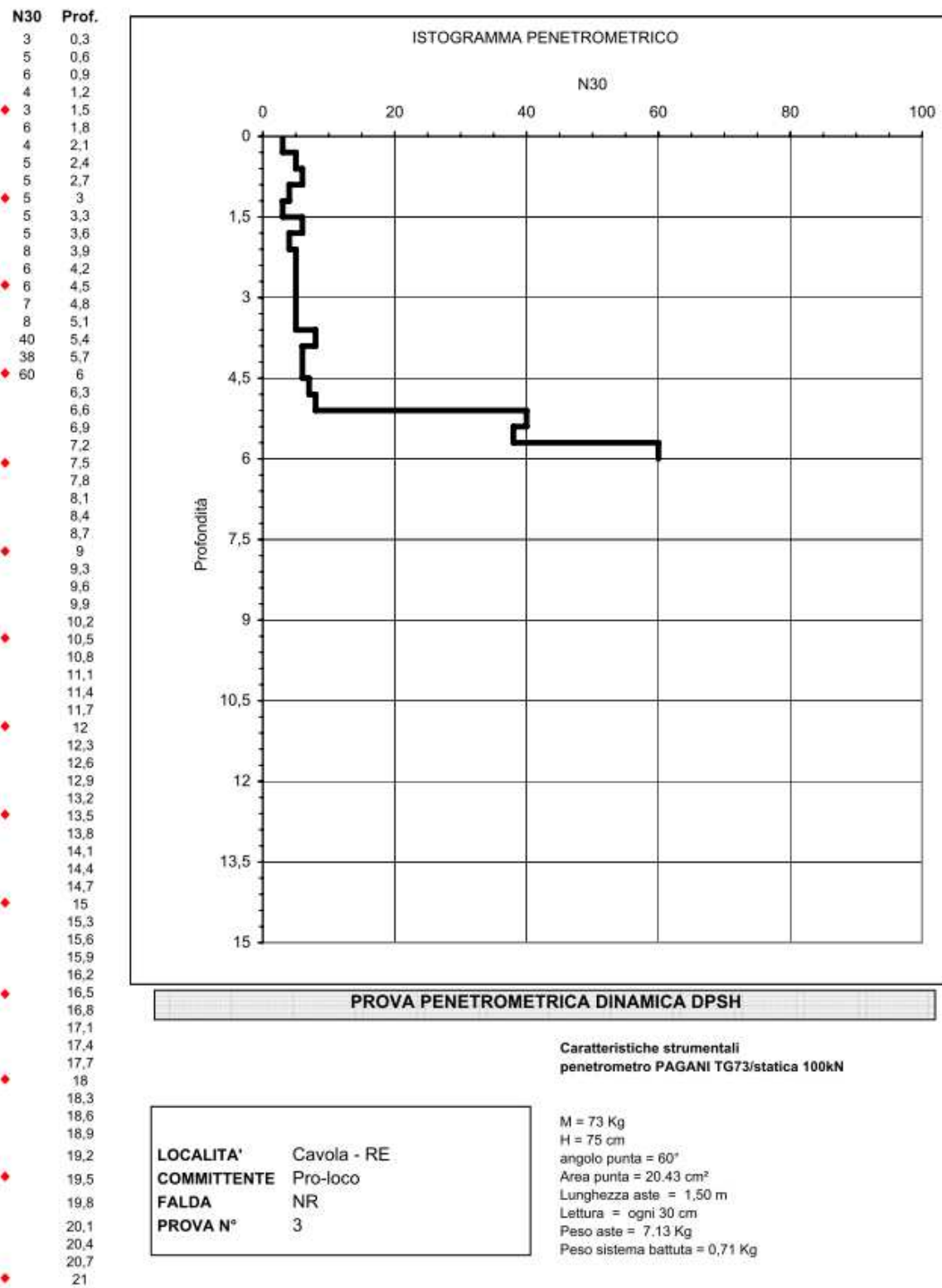
**EDILGEO**

Via Milano 21, Sassuolo (MO) - Tel. 0536 870085 - Fax. 0536 984174



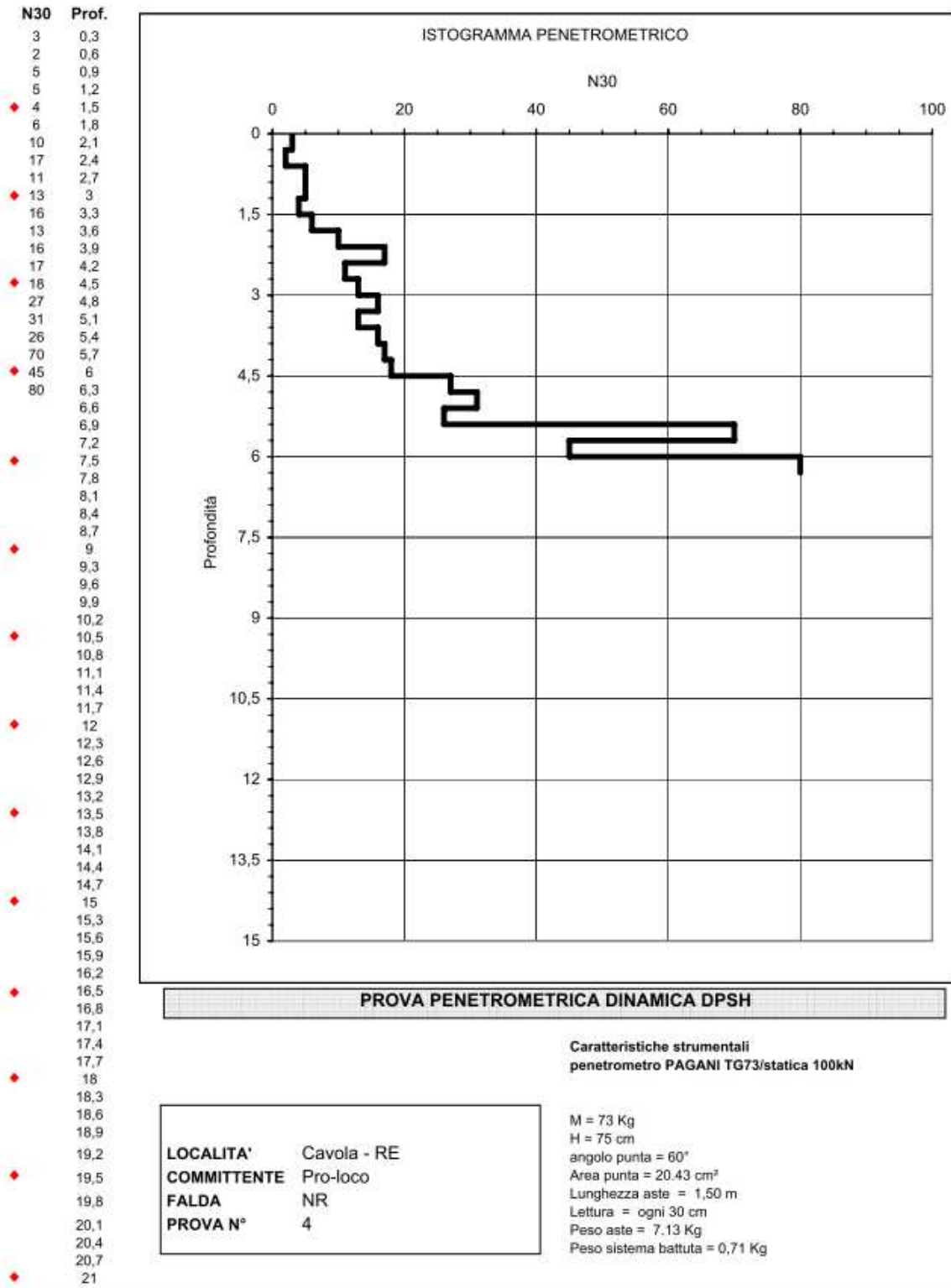
**EDILGEO**

Via Milano 21, Sassuolo (MO) - Tel. 0536 870085 - Fax. 0536 984174



**EDILGEO**

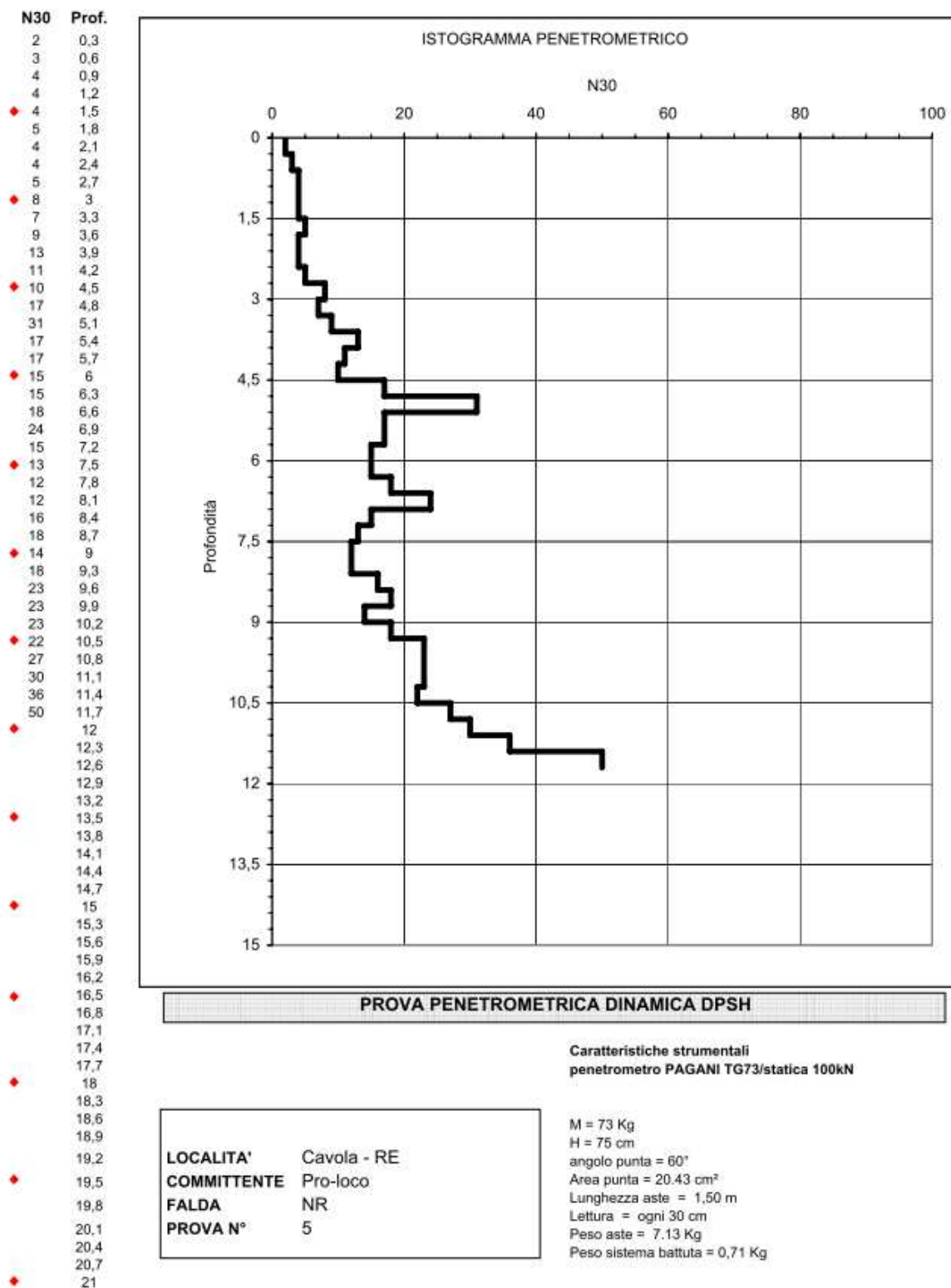
Via Milano 21, Sassuolo (MO) - Tel. 0536 870085 - Fax. 0536 984174





**EDILGEO**

Via Milano 21, Sassuolo (MO) - Tel. 0536 870085 - Fax. 0536 984174



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH**

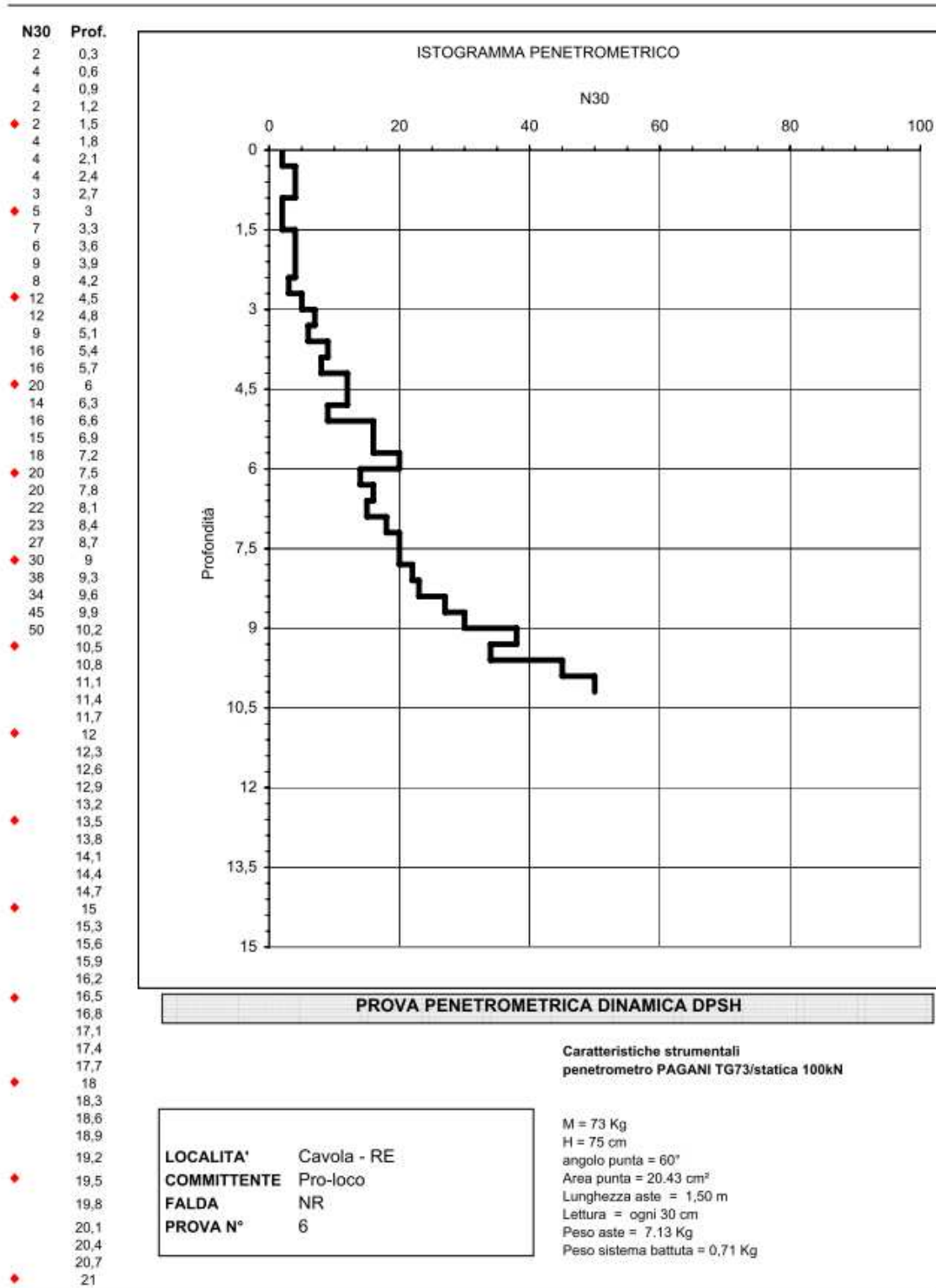
Caratteristiche strumentali  
penetrometro PAGANI TG73/statica 100kN

LOCALITA' Cavola - RE  
 COMMITTENTE Pro-loco  
 FALDA NR  
 PROVA N° 5

M = 73 Kg  
 H = 75 cm  
 angolo punta = 60°  
 Area punta = 20.43 cm²  
 Lunghezza aste = 1,50 m  
 Lettura = ogni 30 cm  
 Peso aste = 7.13 Kg  
 Peso sistema battuta = 0,71 Kg

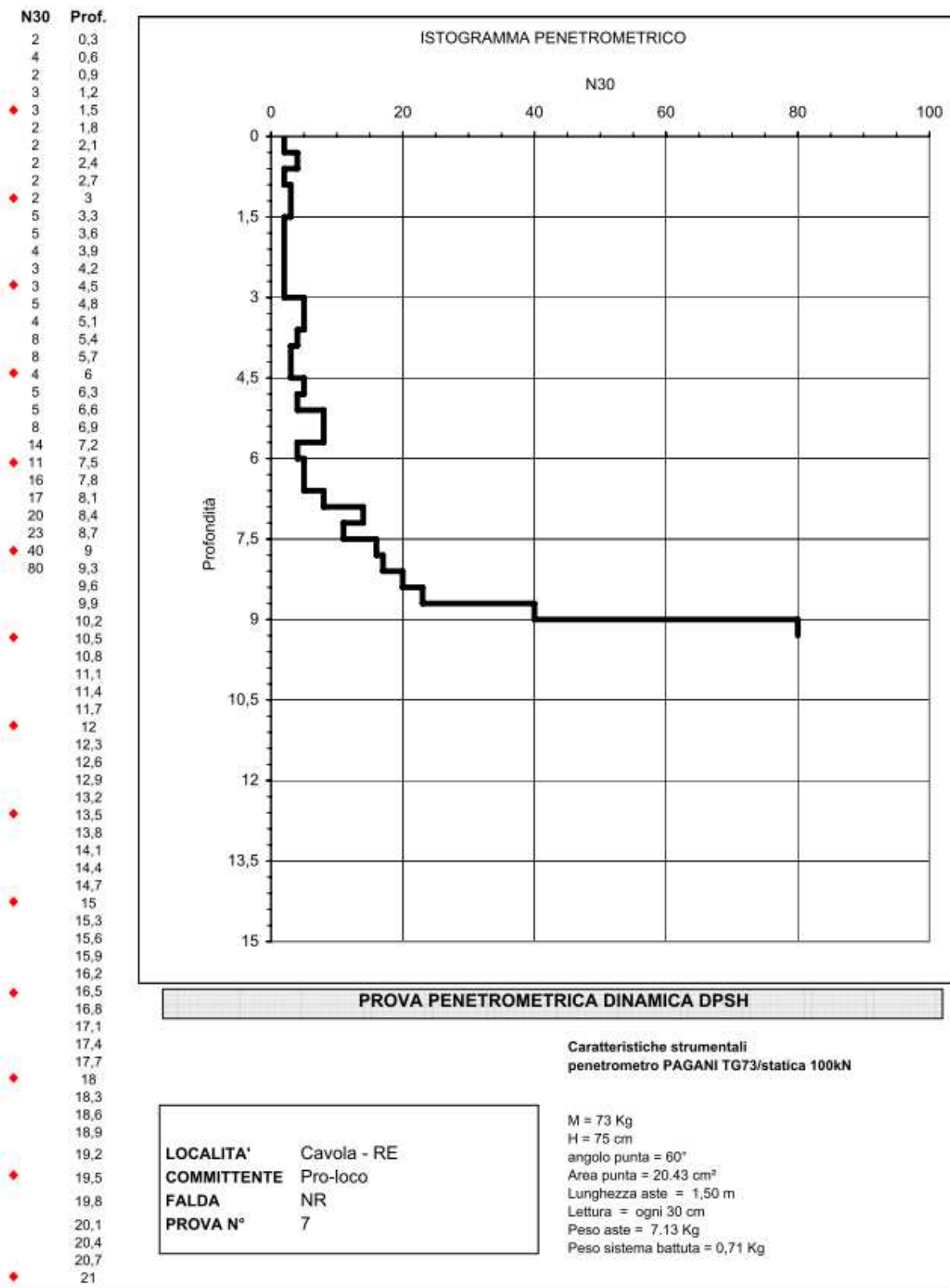
**EDILGEO**

Via Milano 21, Sassuolo (MO) - Tel. 0536 870085 - Fax. 0536 984174



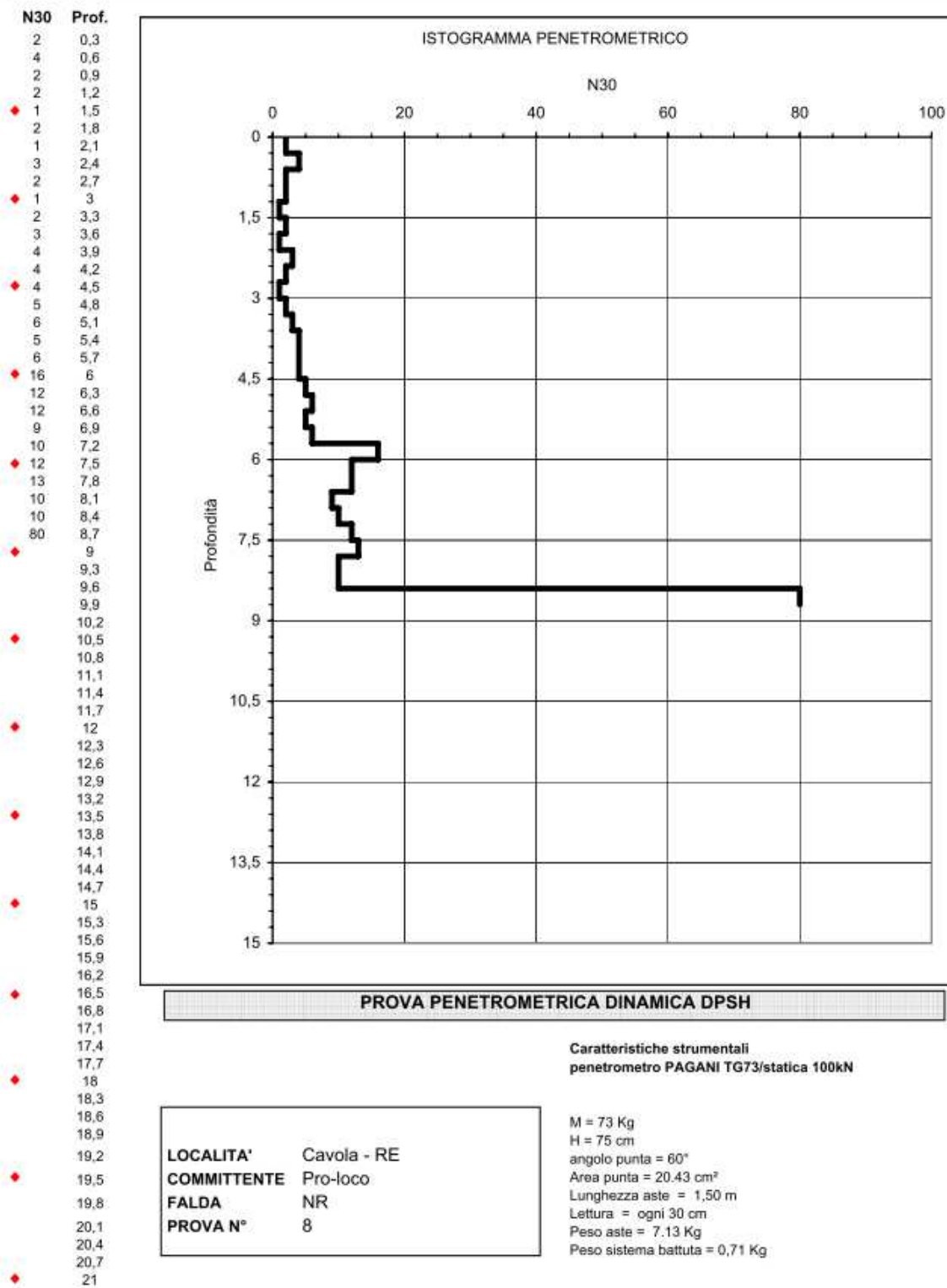
**EDILGEO**

Via Milano 21, Sassuolo (MO) - Tel. 0536 870085 - Fax. 0536 984174



**EDILGEO**

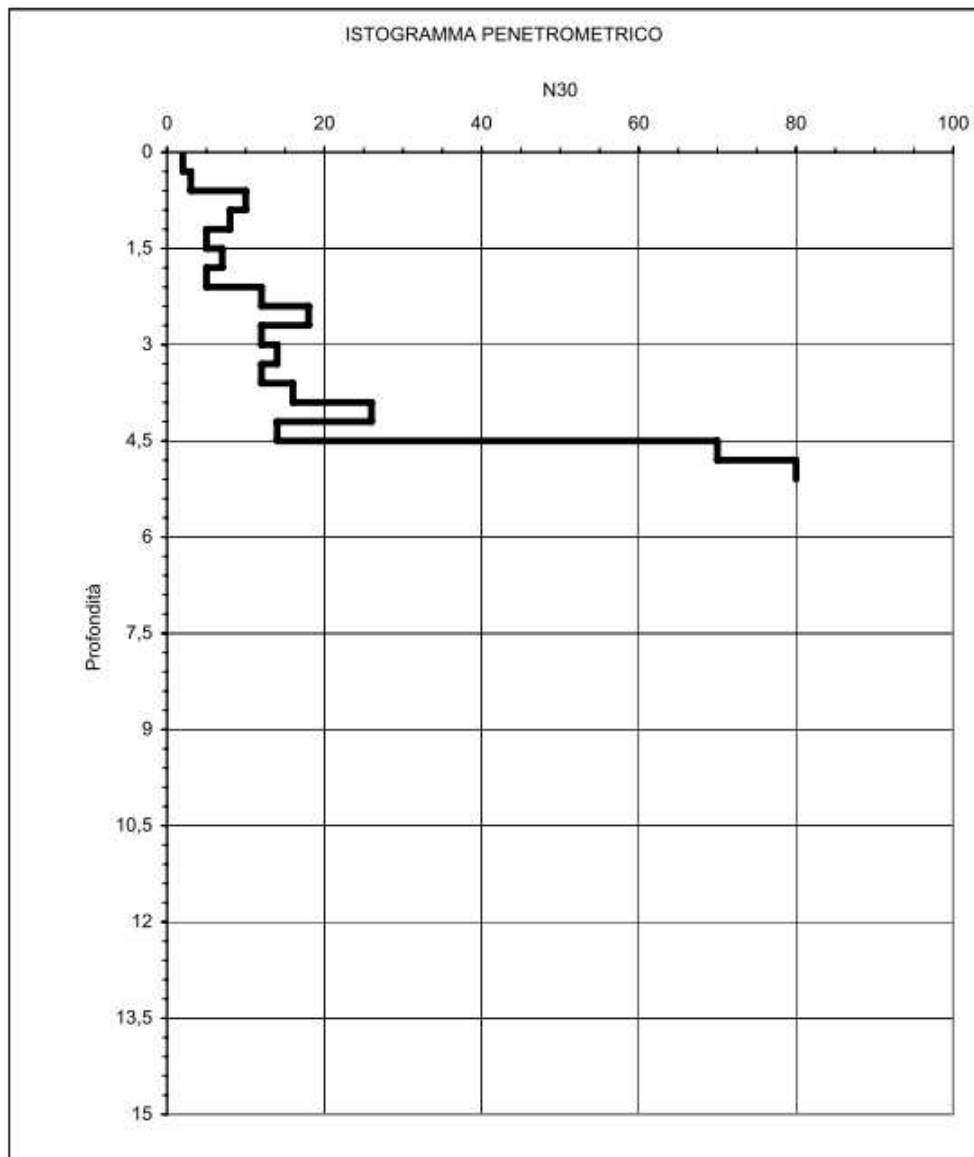
Via Milano 21, Sassuolo (MO) - Tel. 0536 870085 - Fax. 0536 984174



**EDILGEO**

Via Milano 21, Sassuolo (MO) - Tel. 0536 870085 - Fax. 0536 984174

| N30  | Prof. |
|------|-------|
| 2    | 0,3   |
| 3    | 0,6   |
| 10   | 0,9   |
| 8    | 1,2   |
| ♦ 5  | 1,5   |
| 7    | 1,8   |
| 5    | 2,1   |
| 12   | 2,4   |
| 18   | 2,7   |
| ♦ 12 | 3     |
| 14   | 3,3   |
| 12   | 3,6   |
| 16   | 3,9   |
| 26   | 4,2   |
| ♦ 14 | 4,5   |
| 70   | 4,8   |
| 80   | 5,1   |
|      | 5,4   |
|      | 5,7   |
| ♦    | 6     |
|      | 6,3   |
|      | 6,6   |
|      | 6,9   |
|      | 7,2   |
| ♦    | 7,5   |
|      | 7,8   |
|      | 8,1   |
|      | 8,4   |
|      | 8,7   |
| ♦    | 9     |
|      | 9,3   |
|      | 9,6   |
|      | 9,9   |
| ♦    | 10,2  |
|      | 10,5  |
|      | 10,8  |
|      | 11,1  |
|      | 11,4  |
|      | 11,7  |
| ♦    | 12    |
|      | 12,3  |
|      | 12,6  |
|      | 12,9  |
| ♦    | 13,2  |
|      | 13,5  |
|      | 13,8  |
|      | 14,1  |
|      | 14,4  |
|      | 14,7  |
| ♦    | 15    |
|      | 15,3  |
|      | 15,6  |
|      | 15,9  |
| ♦    | 16,2  |
|      | 16,5  |
|      | 16,8  |
|      | 17,1  |
|      | 17,4  |
|      | 17,7  |
| ♦    | 18    |
|      | 18,3  |
|      | 18,6  |
|      | 18,9  |
| ♦    | 19,2  |
|      | 19,5  |
|      | 19,8  |
|      | 20,1  |
|      | 20,4  |
|      | 20,7  |
| ♦    | 21    |



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH**

**LOCALITA'** Cavola - RE  
**COMMITTENTE** Pro-loco  
**FALDA** NR  
**PROVA N°** 9

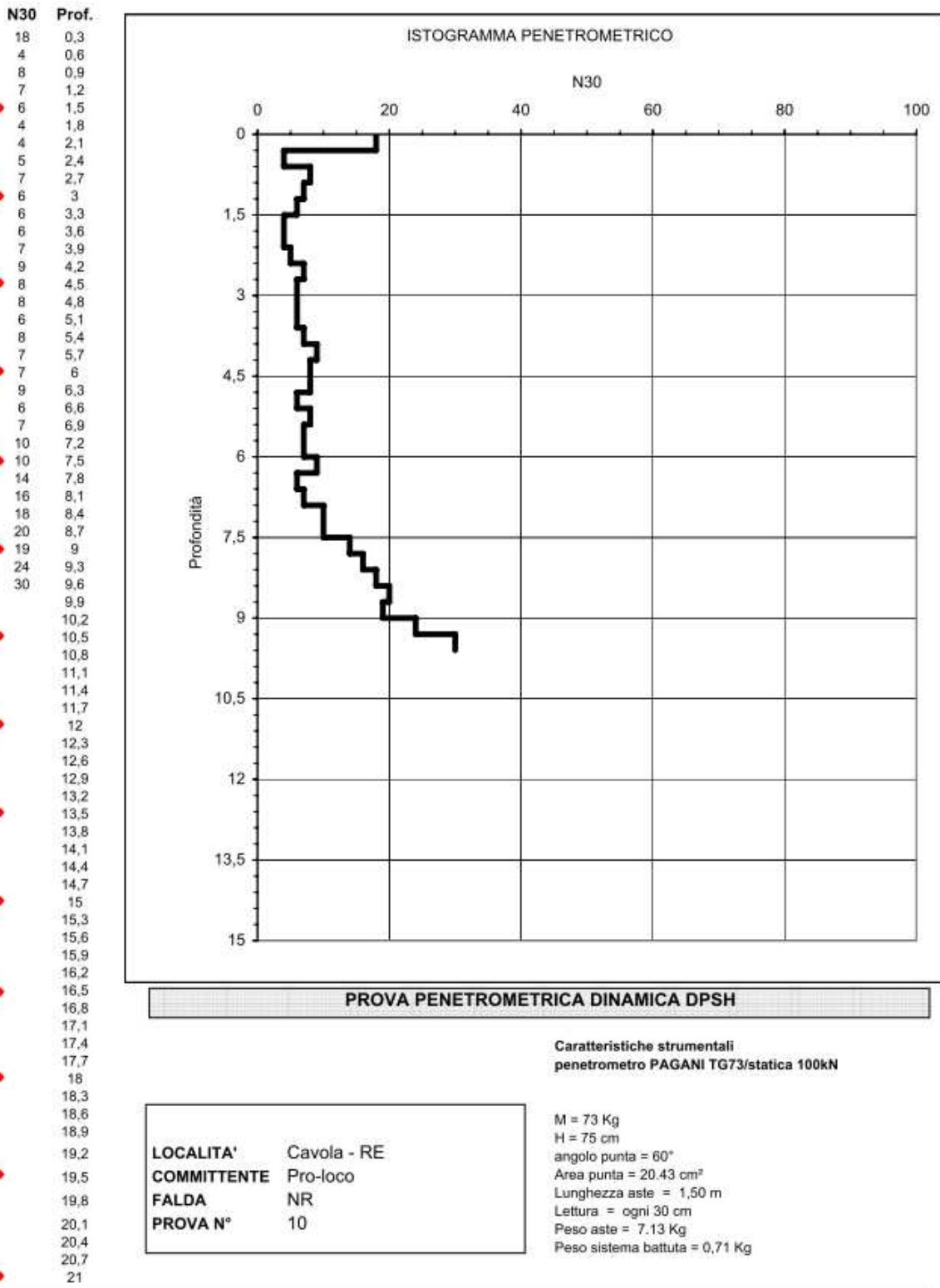
**Caratteristiche strumentali  
 penetrometro PAGANI TG73/statica 100kN**

M = 73 Kg  
 H = 75 cm  
 angolo punta = 60°  
 Area punta = 20.43 cm²  
 Lunghezza aste = 1,50 m  
 Lettura = ogni 30 cm  
 Peso aste = 7.13 Kg  
 Peso sistema battuta = 0,71 Kg



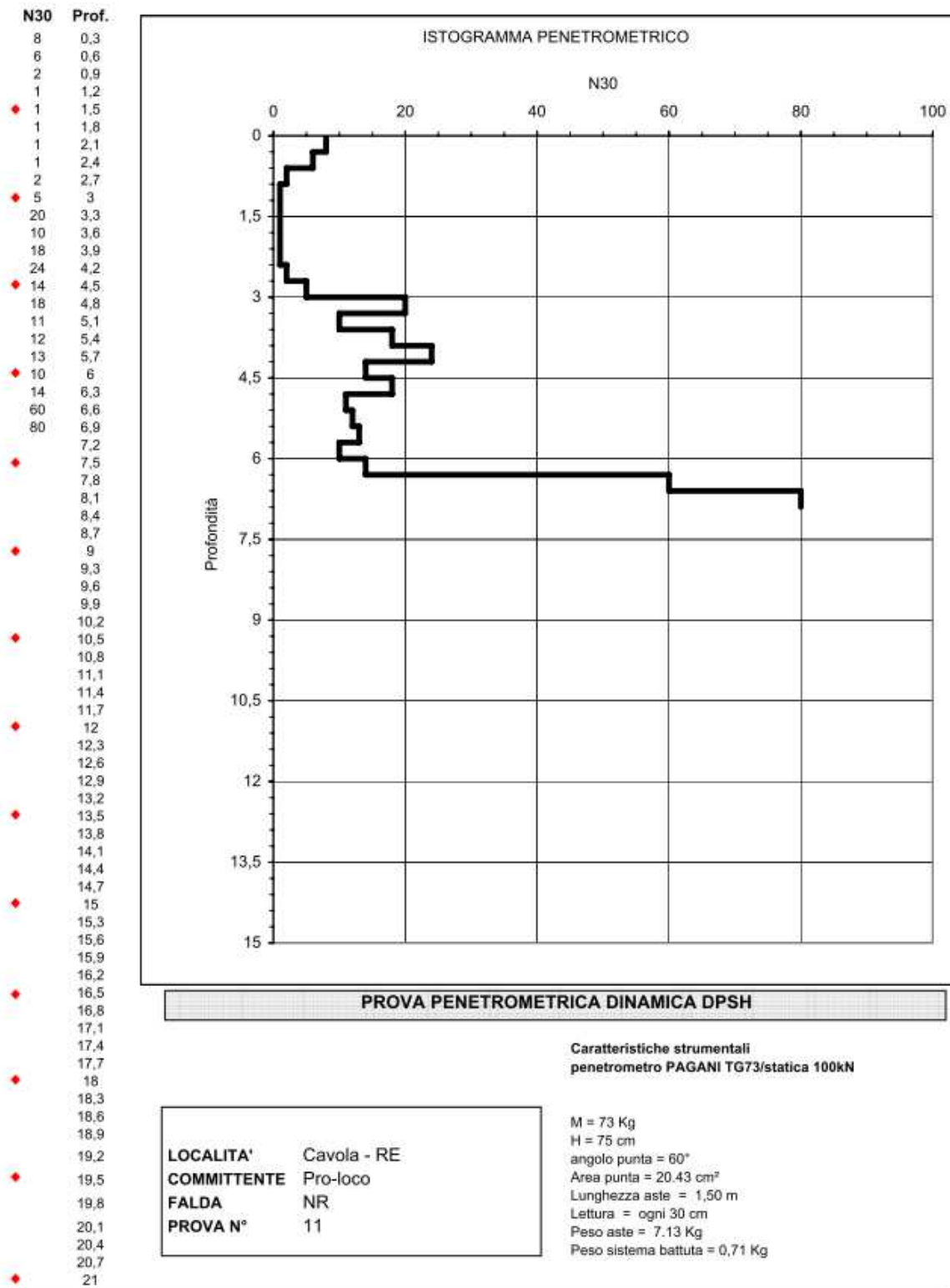
**EDILGEO**

Via Milano 21, Sassuolo (MO) - Tel. 0536 870085 - Fax. 0536 984174



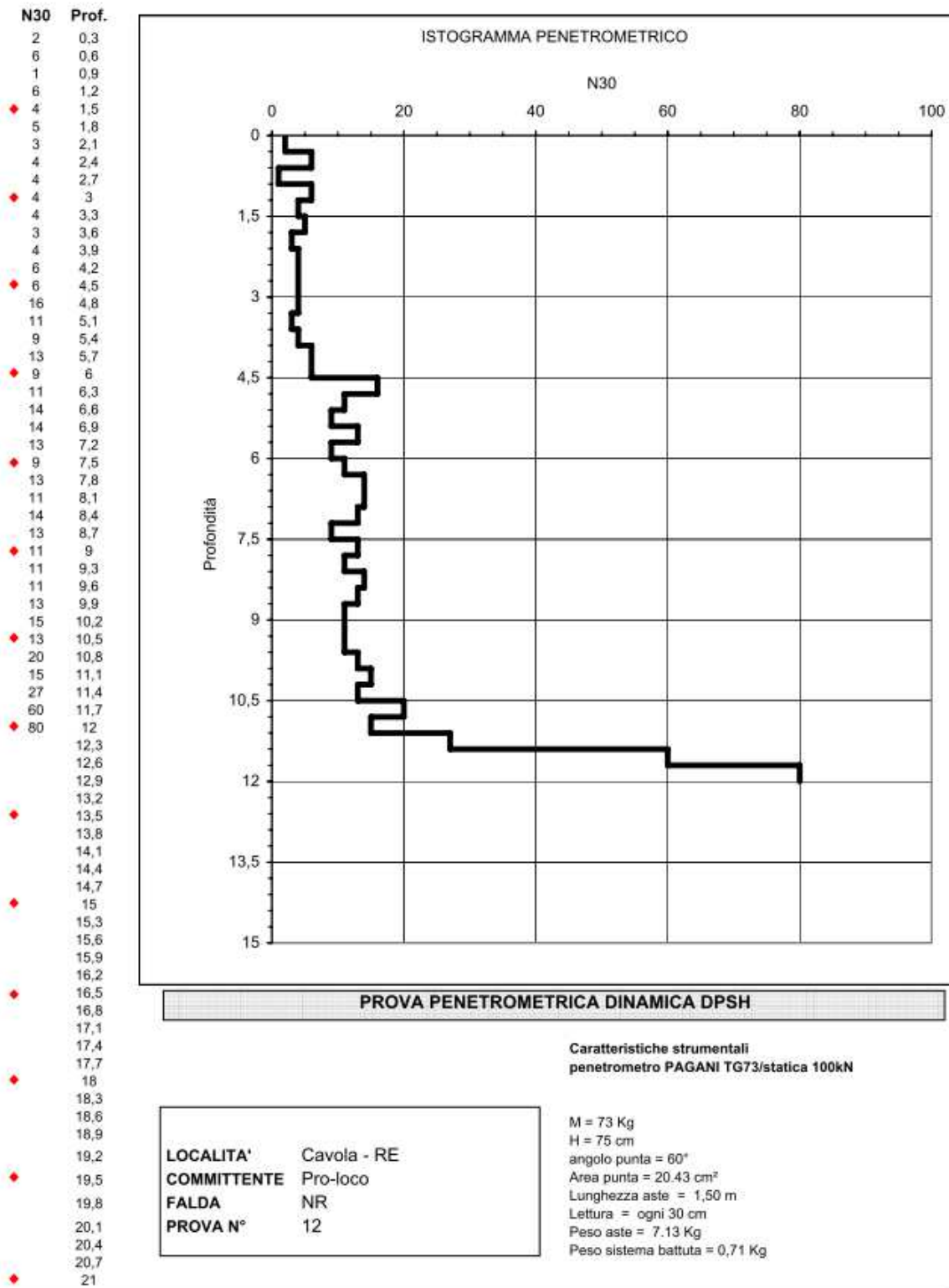
**EDILGEO**

Via Milano 21, Sassuolo (MO) - Tel. 0536 870085 - Fax. 0536 984174



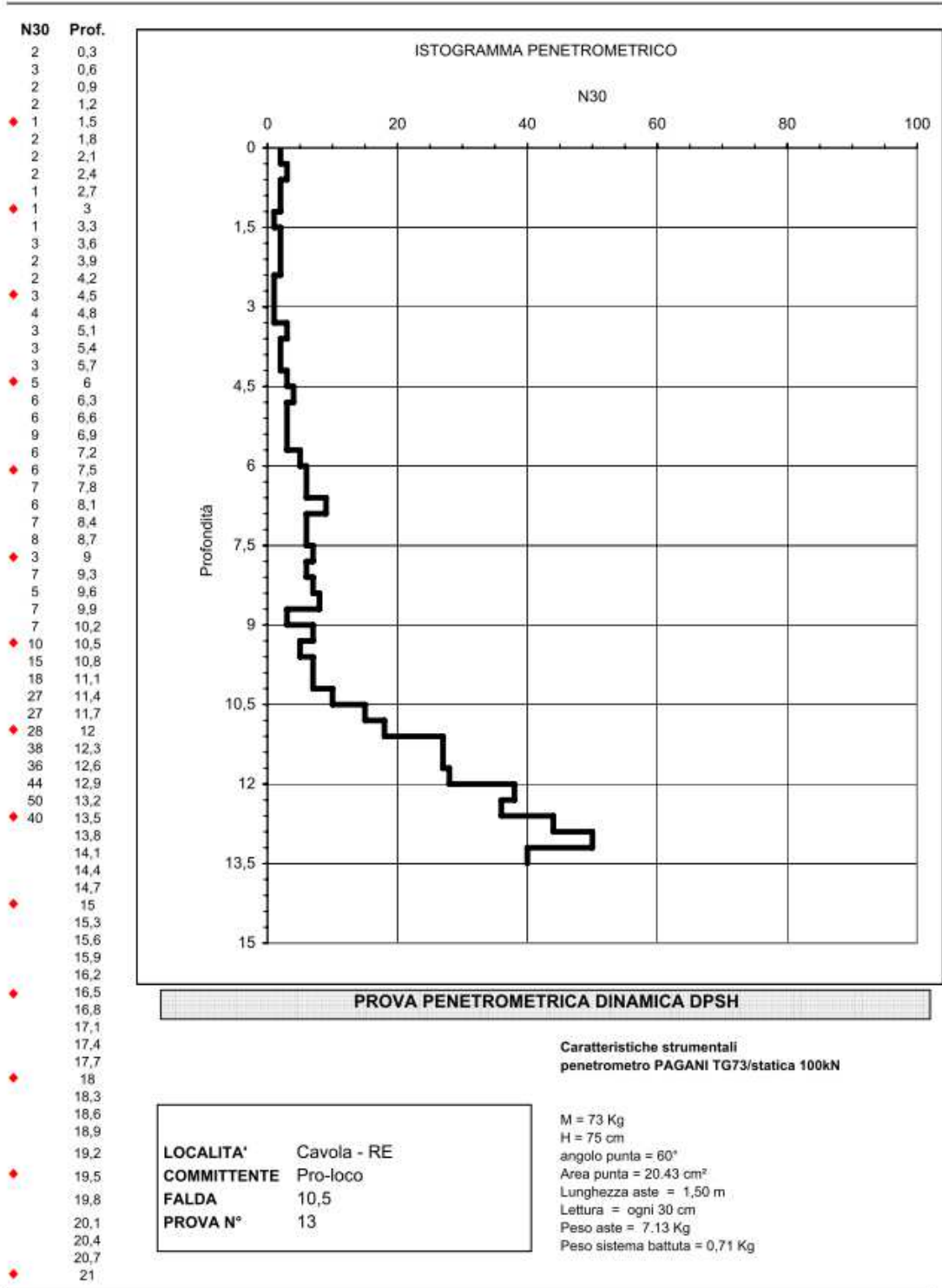
**EDILGEO**

Via Milano 21, Sassuolo (MO) - Tel. 0536 870085 - Fax. 0536 984174



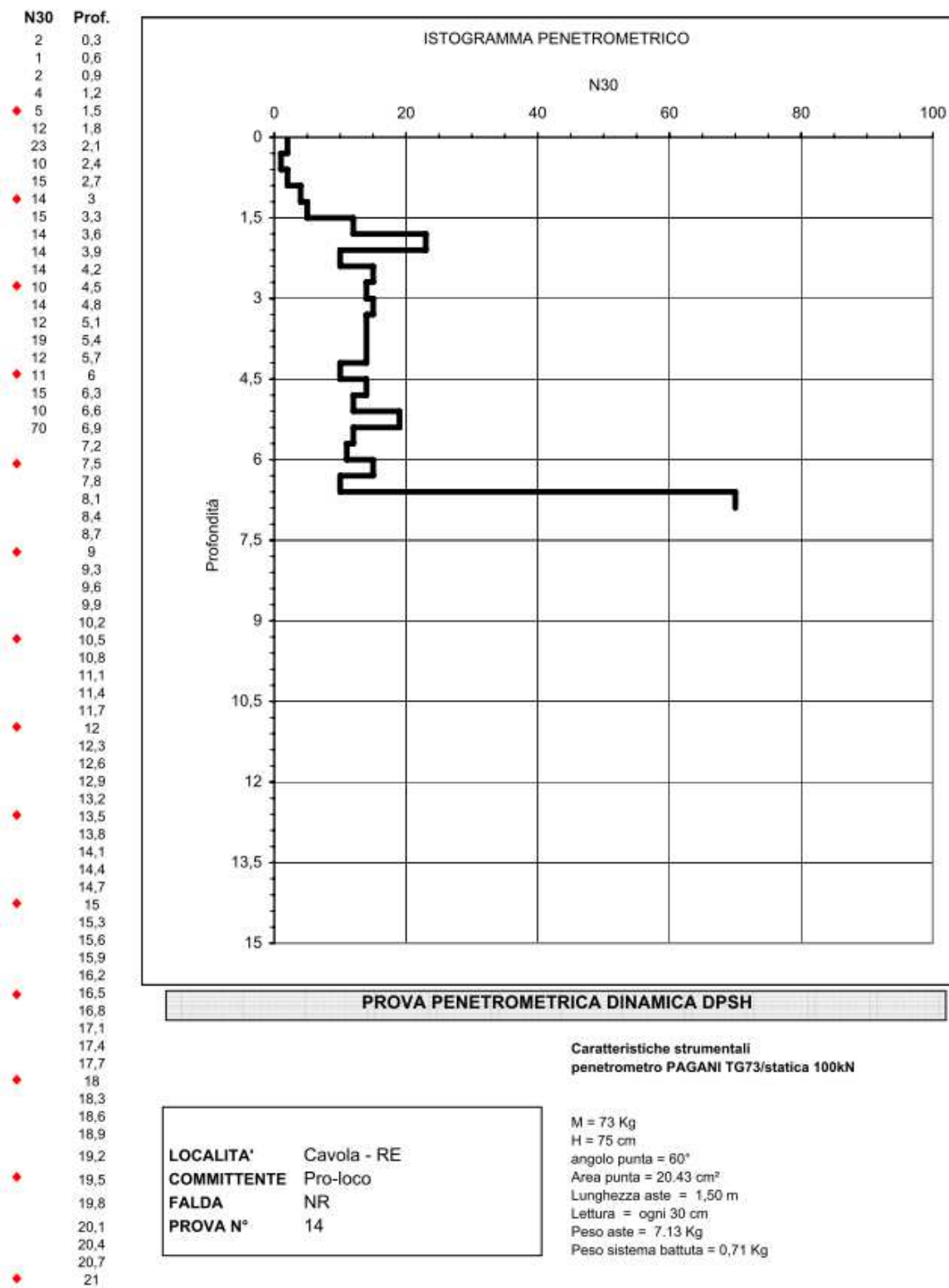
**EDILGEO**

Via Milano 21, Sassuolo (MO) - Tel. 0536 870085 - Fax. 0536 984174



**EDILGEO**

Via Milano 21, Sassuolo (MO) - Tel. 0536 870085 - Fax. 0536 984174





**EDILGEO**

Via Milano 21, Sassuolo (MO) - Tel. 0536 870085 - Fax. 0536 984174

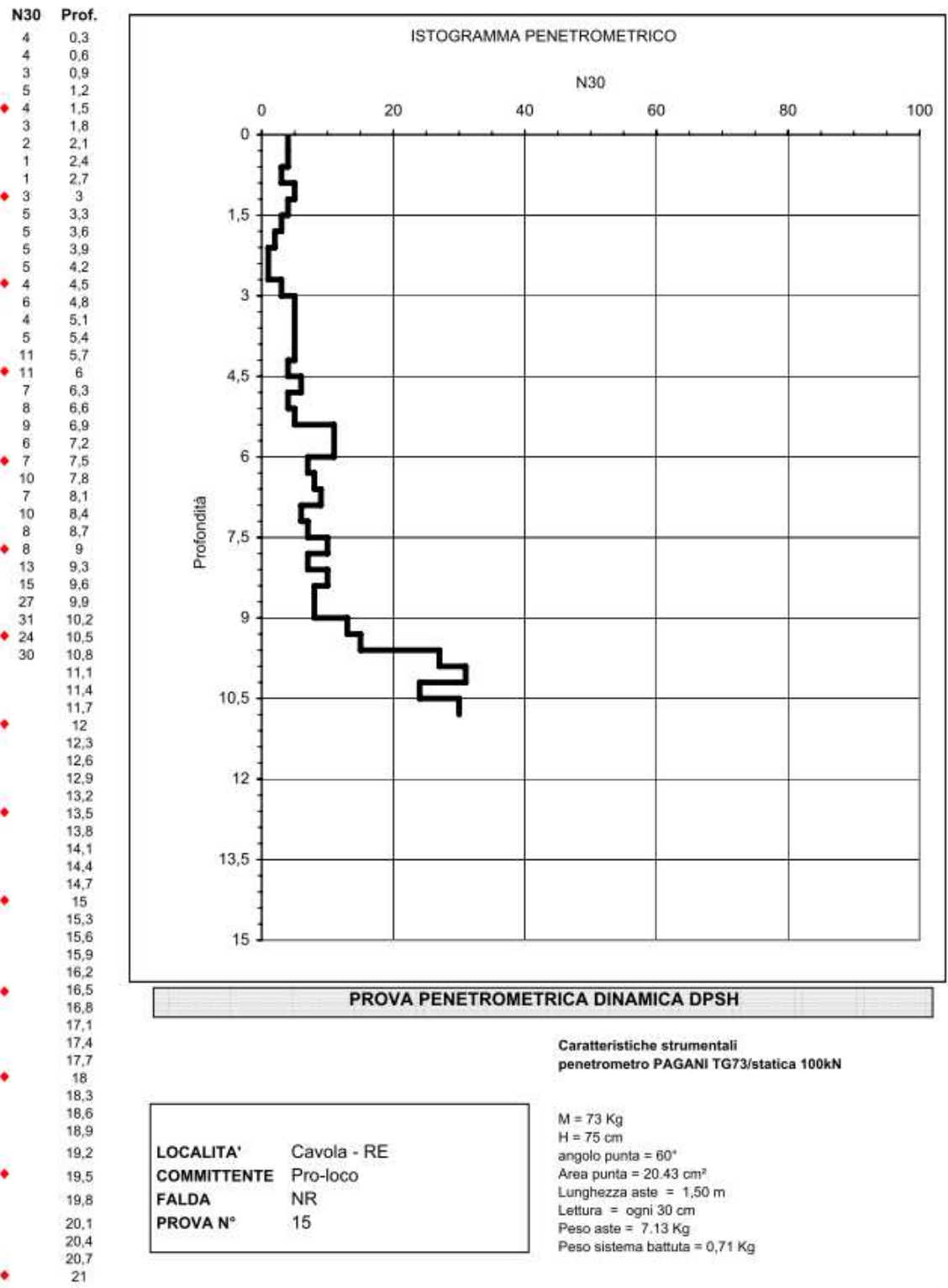
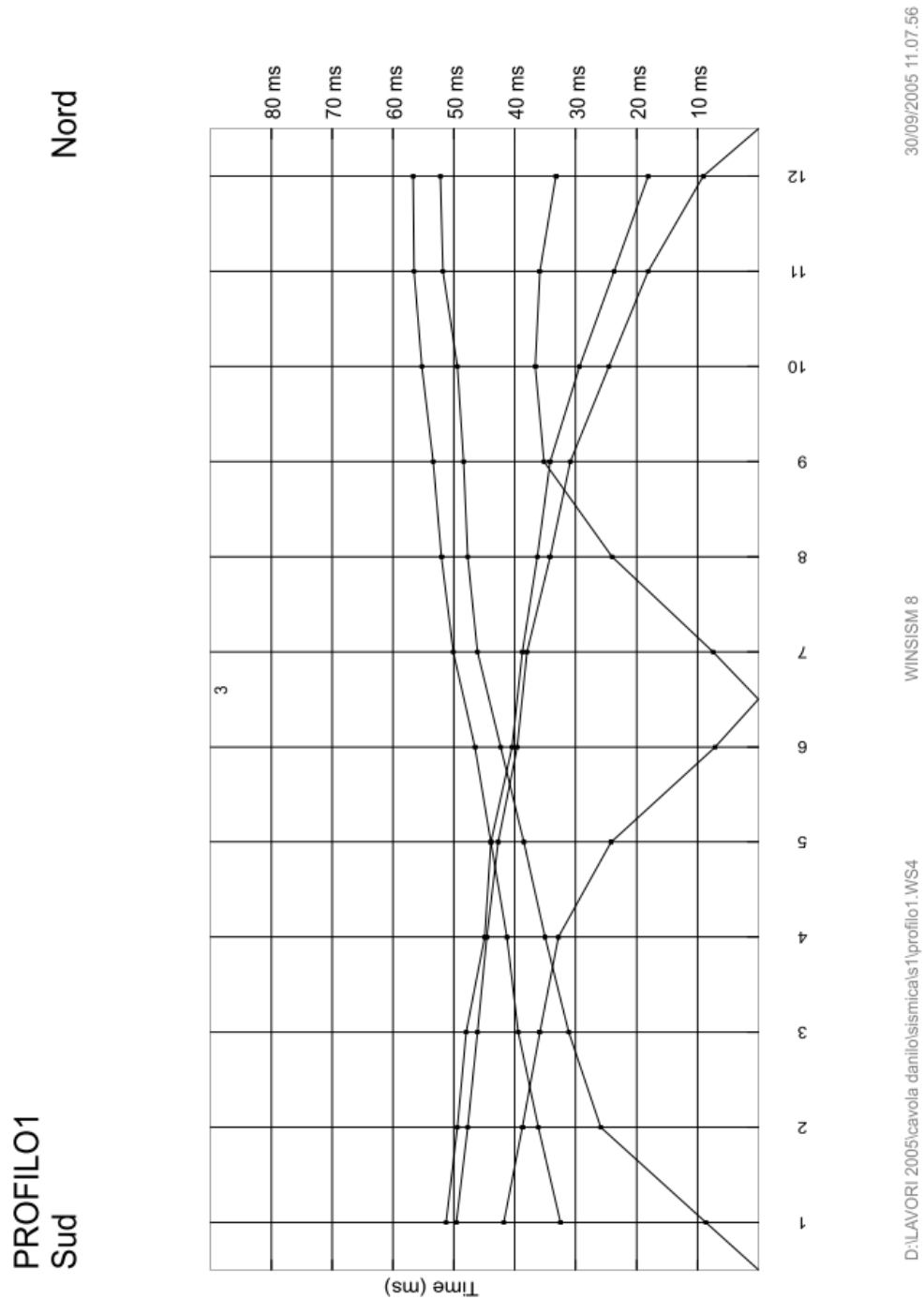
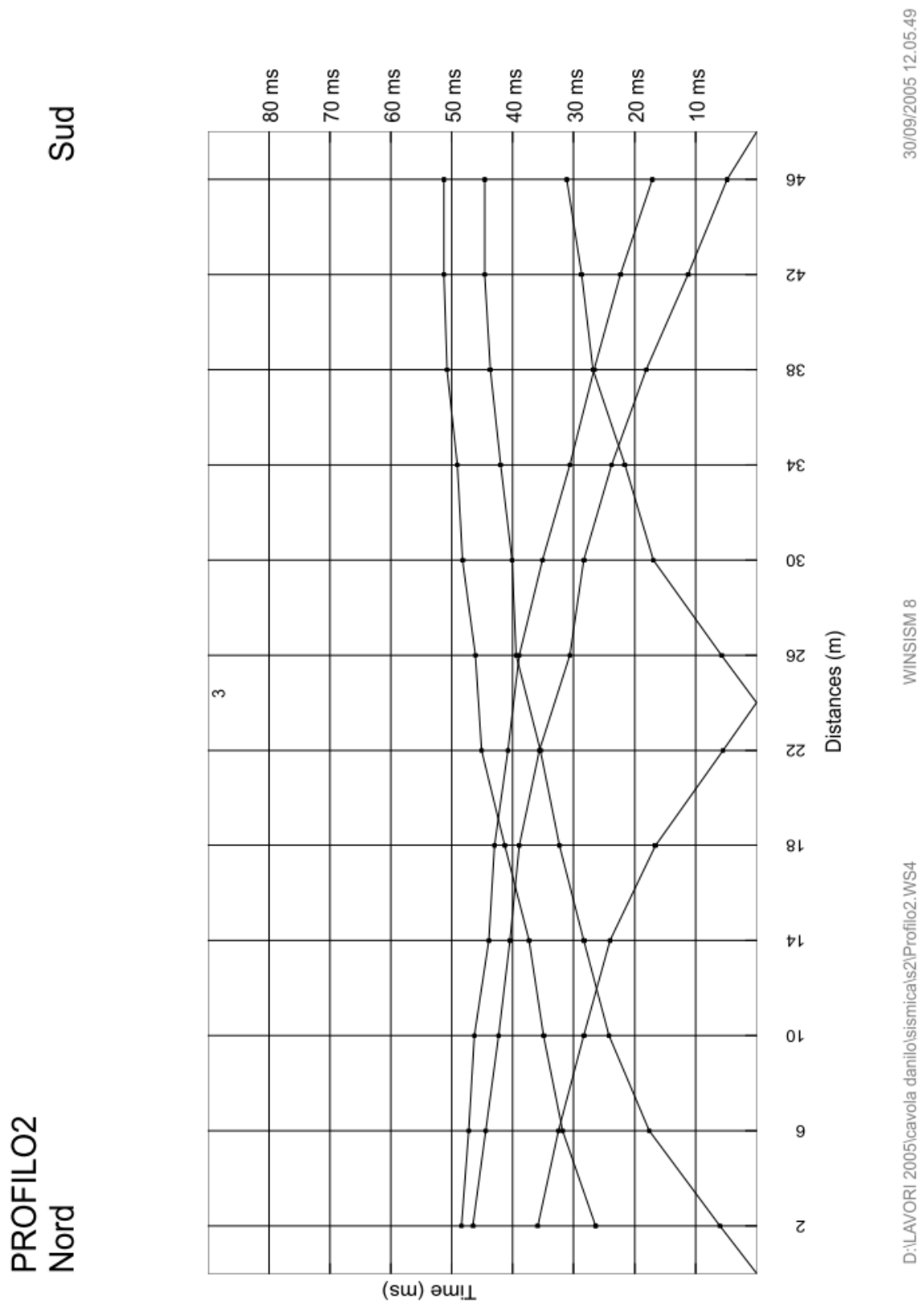
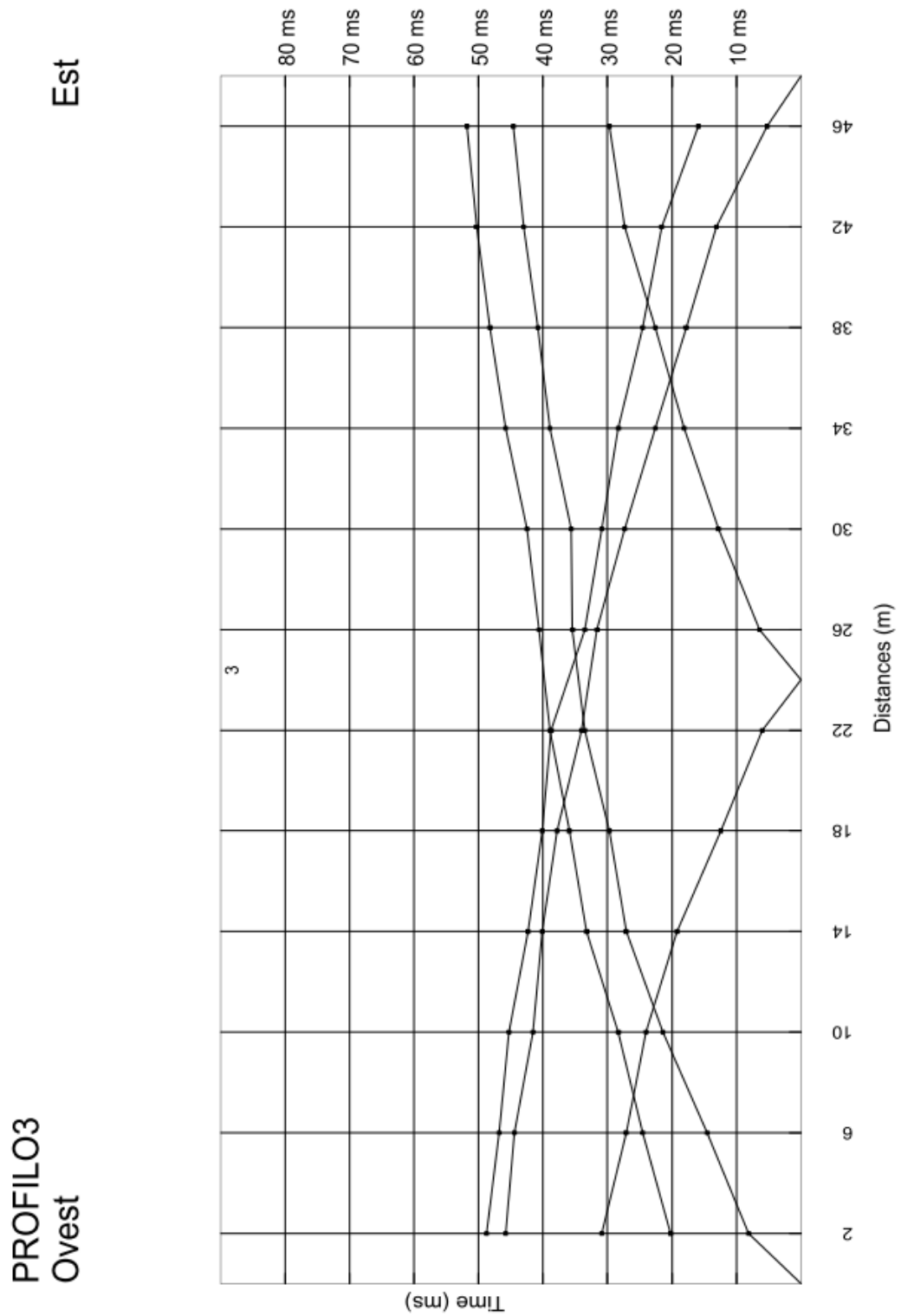


Tavola 3- Acquisizioni sismica rifrazione







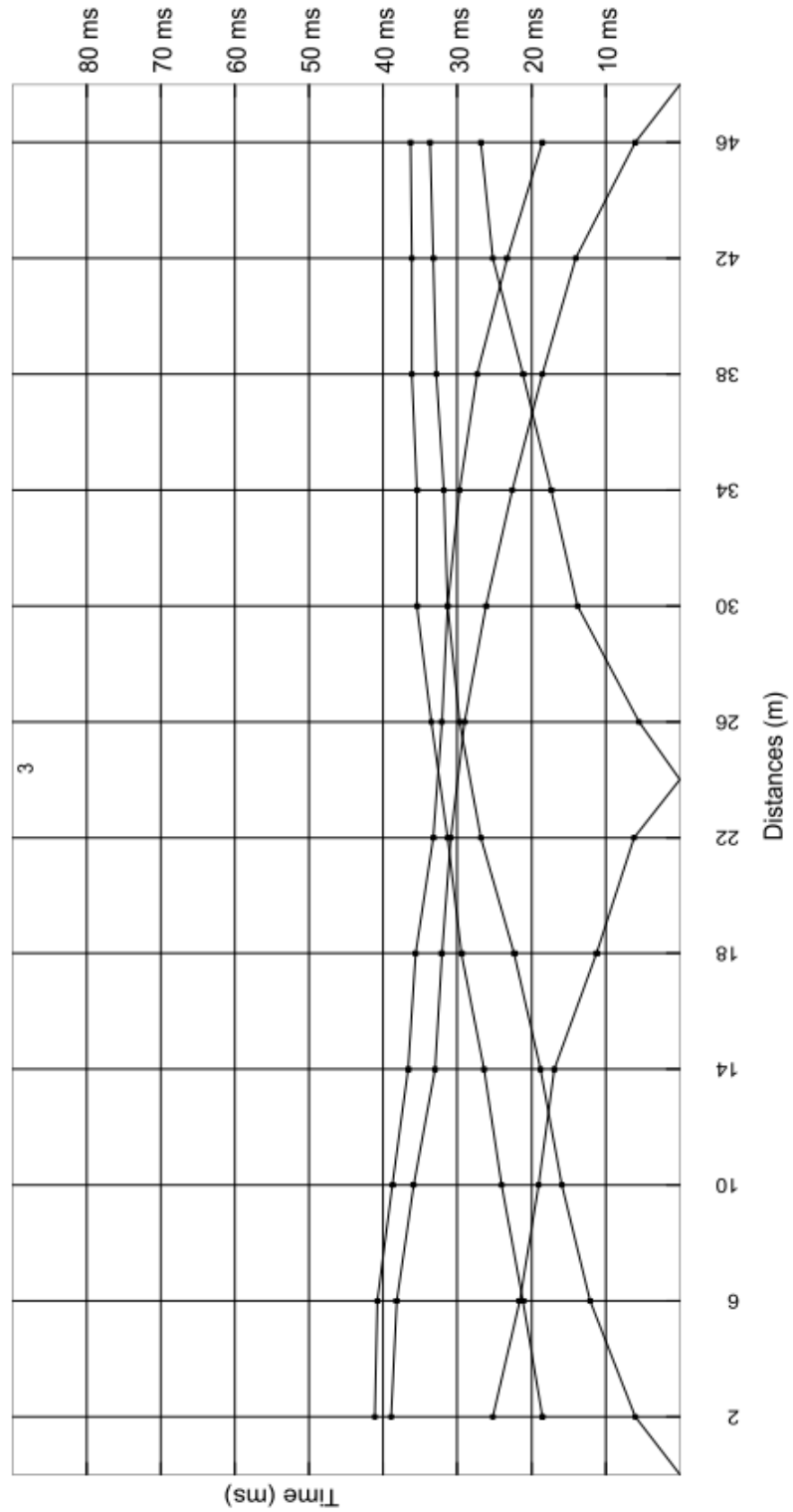
30/09/2005 14.07.02

WINSISM 8

D:\LAVORI 2005\cavola danilo\ismicals3\profilo3.WS4

PROFILO4  
Nord

Sud



D:\LAVORI 2005\cavola danilo\ismica\s4\profilo4.WS4

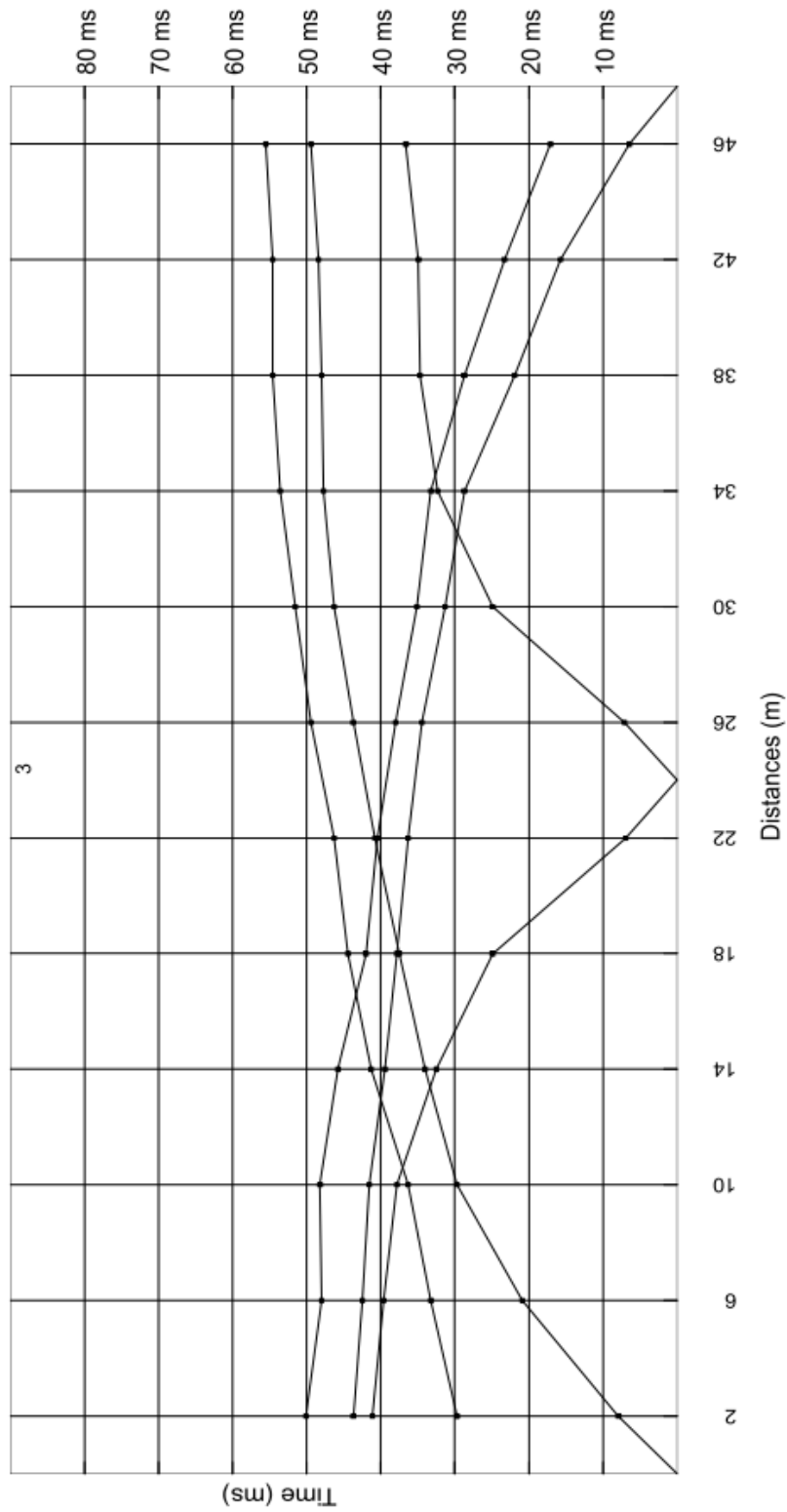
WINSISM 8

30/09/2005 14.55.03



PROFILO5  
Est

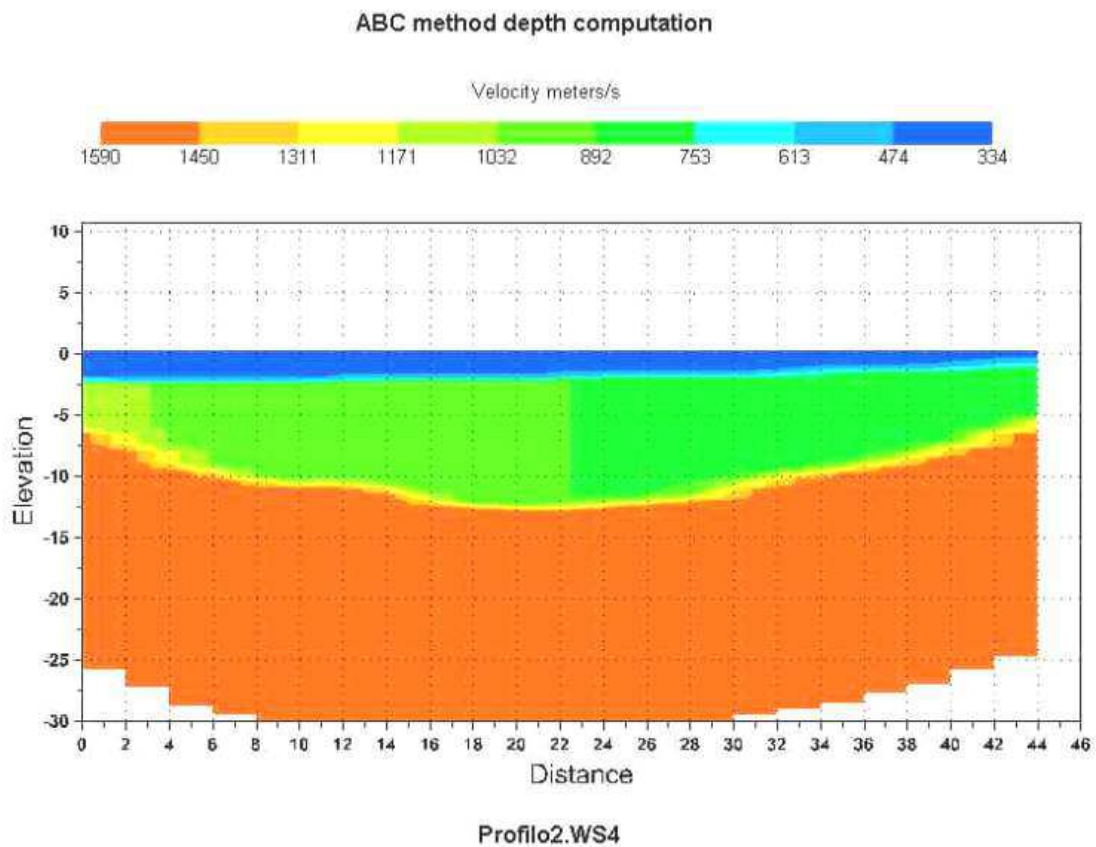
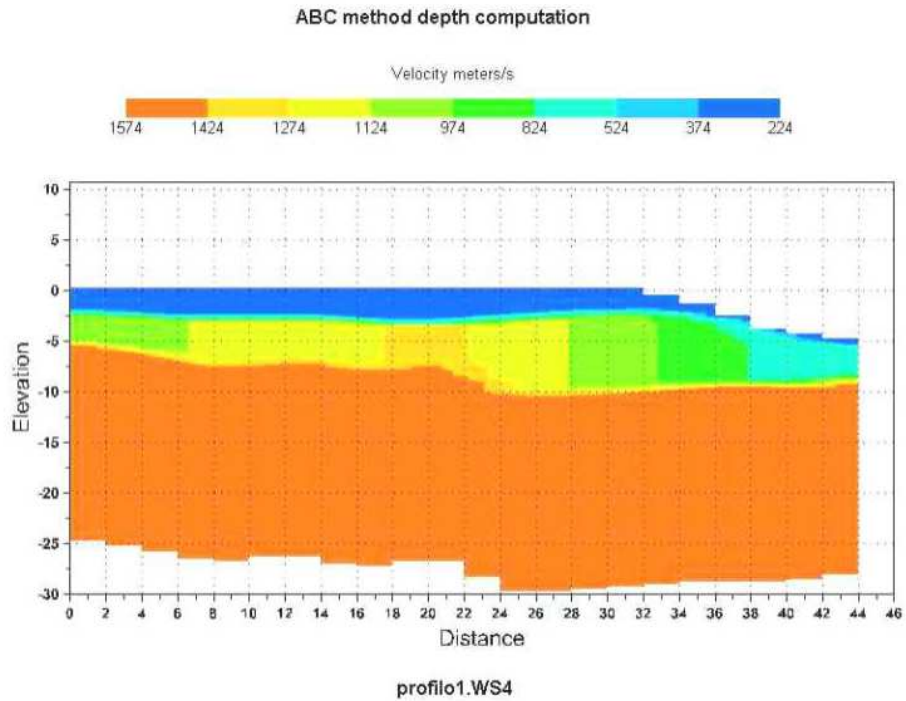
Ovest



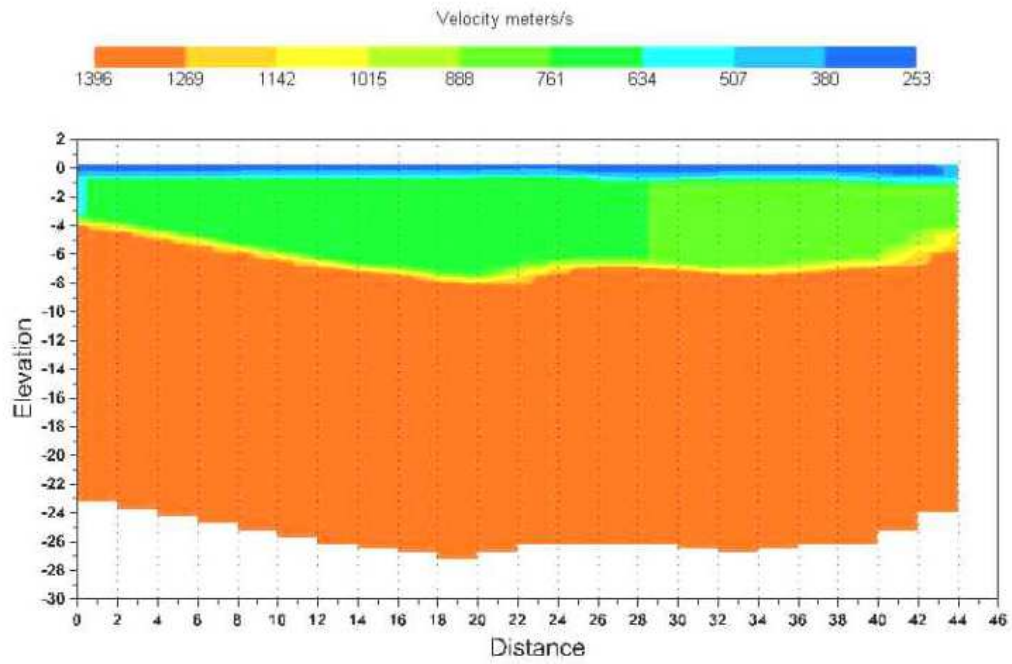
30/09/2005 15.31.45

WINSISM 8

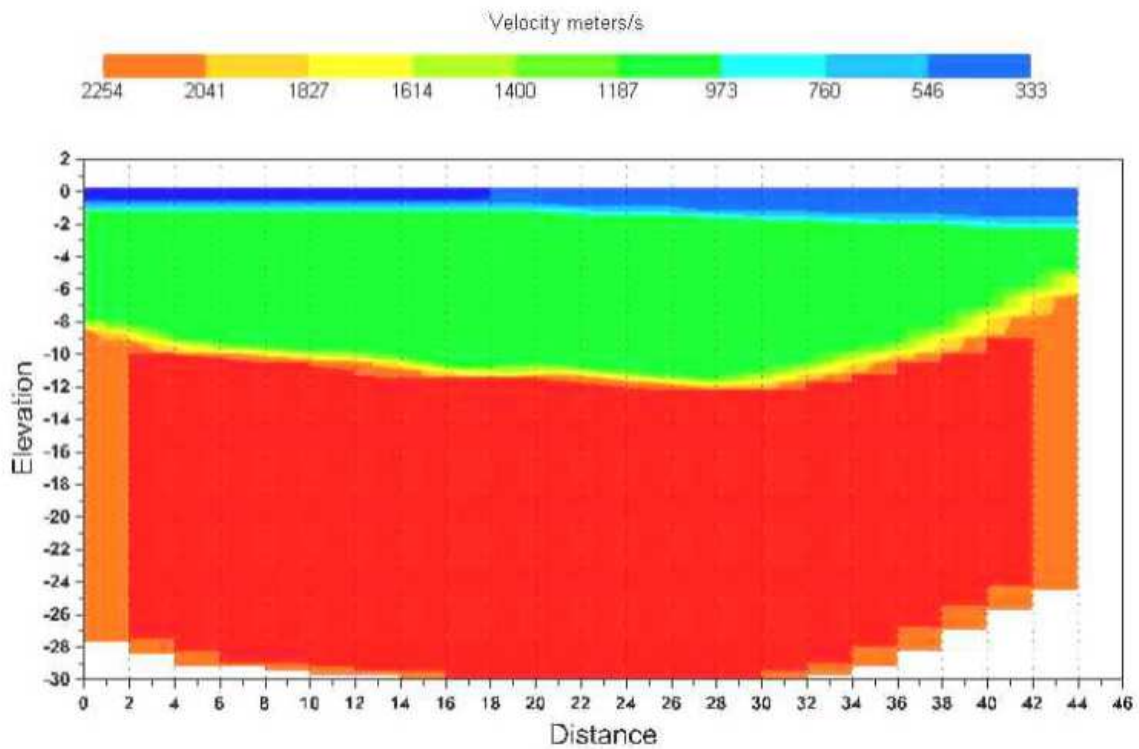
D:\LAVORI 2005\cavola danio\ismical\5\profilo5.WS4

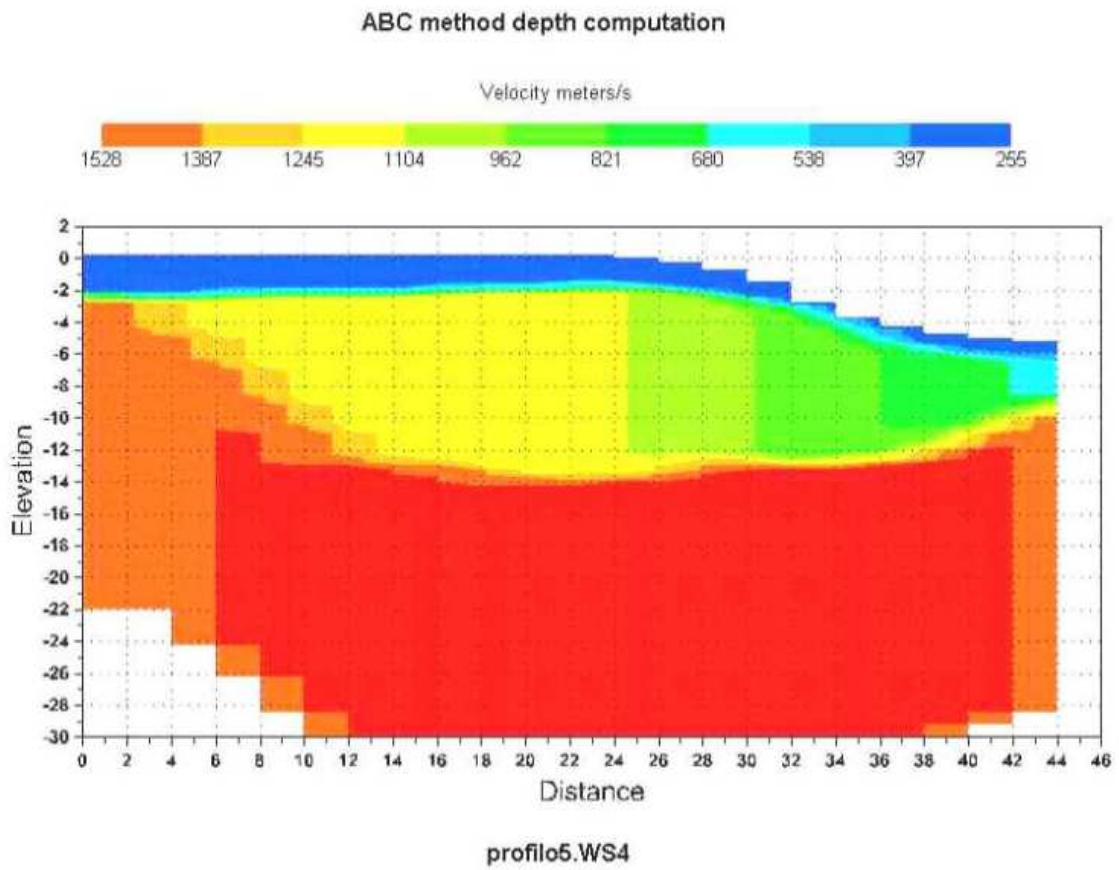


ABC method depth computation



ABC method depth computation





| PROLOCO CAVOLA (RE) |      |             |      |     |      |
|---------------------|------|-------------|------|-----|------|
| Receiver No         | 1    |             |      |     |      |
| IT1=                | 21.3 | Depth 1=    | 2.56 |     |      |
| IT=                 | 25.5 | Rock depth= | 5.4  |     |      |
| V1=                 | 235  | V2=         | 1040 | V3= | 1574 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 2    |             |      |     |      |
| IT1=                | 22.1 | Depth 1=    | 2.75 |     |      |
| IT=                 | 27.2 | Rock depth= | 6.6  |     |      |
| V1=                 | 243  | V2=         | 1095 | V3= | 1574 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 3    |             |      |     |      |
| IT1=                | 22.9 | Depth 1=    | 2.93 |     |      |
| IT=                 | 29.1 | Rock depth= | 8.1  |     |      |
| V1=                 | 250  | V2=         | 1150 | V3= | 1574 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 4    |             |      |     |      |
| IT1=                | 23.7 | Depth 1=    | 3.11 |     |      |
| IT=                 | 27.9 | Rock depth= | 7    |     |      |
| V1=                 | 257  | V2=         | 1205 | V3= | 1574 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 5    |             |      |     |      |
| IT1=                | 24.5 | Depth 1=    | 3.32 |     |      |
| IT=                 | 29.5 | Rock depth= | 8.5  |     |      |
| V1=                 | 265  | V2=         | 1260 | V3= | 1574 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 6    |             |      |     |      |
| IT1=                | 25.2 | Depth 1=    | 3.5  |     |      |
| IT=                 | 28.6 | Rock depth= | 7.5  |     |      |
| V1=                 | 272  | V2=         | 1315 | V3= | 1574 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 7    |             |      |     |      |
| IT1=                | 22.5 | Depth 1=    | 3.07 |     |      |
| IT=                 | 30.5 | Rock depth= | 10.8 |     |      |
| V1=                 | 267  | V2=         | 1223 | V3= | 1574 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 8    |             |      |     |      |
| IT1=                | 19.7 | Depth 1=    | 2.61 |     |      |
| IT=                 | 30   | Rock depth= | 10.5 |     |      |
| V1=                 | 258  | V2=         | 1104 | V3= | 1574 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 9    |             |      |     |      |
| IT1=                | 16.9 | Depth 1=    | 2.17 |     |      |
| IT=                 | 29.3 | Rock depth= | 9.9  |     |      |
| V1=                 | 249  | V2=         | 984  | V3= | 1574 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 10   |             |      |     |      |
| IT1=                | 14   | Depth 1=    | 1.74 |     |      |
| IT=                 | 26.4 | Rock depth= | 8.1  |     |      |
| V1=                 | 240  | V2=         | 865  | V3= | 1574 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | -1.5 |     |      |
| Receiver No         | 11   |             |      |     |      |
| IT1=                | 11.2 | Depth 1=    | 1.36 |     |      |
| IT=                 | 21.9 | Rock depth= | 5.8  |     |      |
| V1=                 | 231  | V2=         | 745  | V3= | 1574 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | -4   |     |      |
| Receiver No         | 12   |             |      |     |      |
| IT1=                | 8.4  | Depth 1=    | 0.99 |     |      |
| IT=                 | 16.5 | Rock depth= | 3.7  |     |      |
| V1=                 | 222  | V2=         | 626  | V3= | 1574 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | -5   |     |      |

PROFILO 1



| PROLOCO CAVOLA (RE) |      |             |      |     |      |
|---------------------|------|-------------|------|-----|------|
| Receiver No         | 1    |             |      |     |      |
| IT1=                | 14.4 | Depth 1=    | 2.53 |     |      |
| IT=                 | 20.3 | Rock depth= | 6.6  |     |      |
| V1=                 | 334  | V2=         | 1051 | V3= | 1590 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 2    |             |      |     |      |
| IT1=                | 13.9 | Depth 1=    | 2.48 |     |      |
| IT=                 | 24.5 | Rock depth= | 9.5  |     |      |
| V1=                 | 338  | V2=         | 1023 | V3= | 1590 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 3    |             |      |     |      |
| IT1=                | 13.3 | Depth 1=    | 2.42 |     |      |
| IT=                 | 26.7 | Rock depth= | 10.9 |     |      |
| V1=                 | 342  | V2=         | 994  | V3= | 1590 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 4    |             |      |     |      |
| IT1=                | 12.7 | Depth 1=    | 2.35 |     |      |
| IT=                 | 26.7 | Rock depth= | 10.8 |     |      |
| V1=                 | 346  | V2=         | 965  | V3= | 1590 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 5    |             |      |     |      |
| IT1=                | 12.2 | Depth 1=    | 2.3  |     |      |
| IT=                 | 29.7 | Rock depth= | 12.4 |     |      |
| V1=                 | 350  | V2=         | 937  | V3= | 1590 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 6    |             |      |     |      |
| IT1=                | 11.6 | Depth 1=    | 2.22 |     |      |
| IT=                 | 31.3 | Rock depth= | 13.1 |     |      |
| V1=                 | 354  | V2=         | 908  | V3= | 1590 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 7    |             |      |     |      |
| IT1=                | 10.4 | Depth 1=    | 2.09 |     |      |
| IT=                 | 30.5 | Rock depth= | 12.6 |     |      |
| V1=                 | 366  | V2=         | 877  | V3= | 1590 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 8    |             |      |     |      |
| IT1=                | 9.1  | Depth 1=    | 1.9  |     |      |
| IT=                 | 28.7 | Rock depth= | 11.9 |     |      |
| V1=                 | 376  | V2=         | 860  | V3= | 1590 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 9    |             |      |     |      |
| IT1=                | 7.8  | Depth 1=    | 1.69 |     |      |
| IT=                 | 25.1 | Rock depth= | 10.2 |     |      |
| V1=                 | 386  | V2=         | 843  | V3= | 1590 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 10   |             |      |     |      |
| IT1=                | 6.5  | Depth 1=    | 1.46 |     |      |
| IT=                 | 22.8 | Rock depth= | 9.3  |     |      |
| V1=                 | 396  | V2=         | 826  | V3= | 1590 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 11   |             |      |     |      |
| IT1=                | 5.2  | Depth 1=    | 1.22 |     |      |
| IT=                 | 19   | Rock depth= | 7.7  |     |      |
| V1=                 | 406  | V2=         | 809  | V3= | 1590 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 12   |             |      |     |      |
| IT1=                | 4    | Depth 1=    | 0.97 |     |      |
| IT=                 | 13.8 | Rock depth= | 5.4  |     |      |
| V1=                 | 416  | V2=         | 793  | V3= | 1590 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |

PROFILO 2

| PROLOCO CAVOLA (RE) |    |  |   |     |      |
|---------------------|----|--|---|-----|------|
| Receiver No         | 1  | IT1= 4.7<br>IT= 13.9<br>V1= 252<br>V4= 0 | Depth 1= 0.64<br>Rock depth= 3.9<br>V2= 632<br>Elevation= 0 | V3= | 1396 |
| Receiver No         | 2  | IT1= 4.5<br>IT= 16.2<br>V1= 265<br>V4= 0 | Depth 1= 0.65<br>Rock depth= 4.9<br>V2= 646<br>Elevation= 0 | V3= | 1396 |
| Receiver No         | 3  | IT1= 4.3<br>IT= 18.5<br>V1= 277<br>V4= 0 | Depth 1= 0.65<br>Rock depth= 5.9<br>V2= 660<br>Elevation= 0 | V3= | 1396 |
| Receiver No         | 4  | IT1= 4.1<br>IT= 20.5<br>V1= 290<br>V4= 0 | Depth 1= 0.65<br>Rock depth= 6.9<br>V2= 675<br>Elevation= 0 | V3= | 1396 |
| Receiver No         | 5  | IT1= 3.9<br>IT= 21<br>V1= 303<br>V4= 0   | Depth 1= 0.65<br>Rock depth= 7.4<br>V2= 689<br>Elevation= 0 | V3= | 1396 |
| Receiver No         | 6  | IT1= 3.7<br>IT= 22.6<br>V1= 315<br>V4= 0 | Depth 1= 0.65<br>Rock depth= 8.3<br>V2= 703<br>Elevation= 0 | V3= | 1396 |
| Receiver No         | 7  | IT1= 4.2<br>IT= 19<br>V1= 332<br>V4= 0   | Depth 1= 0.78<br>Rock depth= 7.1<br>V2= 736<br>Elevation= 0 | V3= | 1396 |
| Receiver No         | 8  | IT1= 4.6<br>IT= 18.3<br>V1= 342<br>V4= 0 | Depth 1= 0.88<br>Rock depth= 7<br>V2= 761<br>Elevation= 0   | V3= | 1396 |
| Receiver No         | 9  | IT1= 5<br>IT= 19<br>V1= 353<br>V4= 0     | Depth 1= 0.98<br>Rock depth= 7.6<br>V2= 786<br>Elevation= 0 | V3= | 1396 |
| Receiver No         | 10 | IT1= 5.4<br>IT= 17.7<br>V1= 363<br>V4= 0 | Depth 1= 1.09<br>Rock depth= 7.2<br>V2= 811<br>Elevation= 0 | V3= | 1396 |
| Receiver No         | 11 | IT1= 5.8<br>IT= 16.8<br>V1= 373<br>V4= 0 | Depth 1= 1.2<br>Rock depth= 6.9<br>V2= 836<br>Elevation= 0  | V3= | 1396 |
| Receiver No         | 12 | IT1= 6.2<br>IT= 12.6<br>V1= 384<br>V4= 0 | Depth 1= 1.33<br>Rock depth= 4.8<br>V2= 861<br>Elevation= 0 | V3= | 1396 |

PROFILO 3

| PROLOCO CAVOLA (RE) |      |             |      |     |      |
|---------------------|------|-------------|------|-----|------|
| Receiver No         | 1    |             |      |     |      |
| IT1=                | 6.8  | Depth 1=    | 1.1  |     |      |
| IT=                 | 18.2 | Rock depth= | 8.5  |     |      |
| V1=                 | 333  | V2=         | 1116 | V3= | 2254 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 2    |             |      |     |      |
| IT1=                | 7    | Depth 1=    | 1.2  |     |      |
| IT=                 | 20.6 | Rock depth= | 9.8  |     |      |
| V1=                 | 333  | V2=         | 1116 | V3= | 2254 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 3    |             |      |     |      |
| IT1=                | 7.1  | Depth 1=    | 1.2  |     |      |
| IT=                 | 21.3 | Rock depth= | 10.3 |     |      |
| V1=                 | 333  | V2=         | 1116 | V3= | 2254 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 4    |             |      |     |      |
| IT1=                | 7.4  | Depth 1=    | 1.2  |     |      |
| IT=                 | 21.7 | Rock depth= | 10.3 |     |      |
| V1=                 | 333  | V2=         | 1116 | V3= | 2254 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 5    |             |      |     |      |
| IT1=                | 7.5  | Depth 1=    | 1.3  |     |      |
| IT=                 | 23.7 | Rock depth= | 11.6 |     |      |
| V1=                 | 333  | V2=         | 1116 | V3= | 2254 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 6    |             |      |     |      |
| IT1=                | 7.9  | Depth 1=    | 1.3  |     |      |
| IT=                 | 23.2 | Rock depth= | 11.1 |     |      |
| V1=                 | 333  | V2=         | 1116 | V3= | 2254 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 7    |             |      |     |      |
| IT1=                | 7.9  | Depth 1=    | 1.5  |     |      |
| IT=                 | 24.2 | Rock depth= | 11.6 |     |      |
| V1=                 | 360  | V2=         | 1095 | V3= | 2254 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 8    |             |      |     |      |
| IT1=                | 7.9  | Depth 1=    | 1.6  |     |      |
| IT=                 | 25.3 | Rock depth= | 12.3 |     |      |
| V1=                 | 388  | V2=         | 1074 | V3= | 2254 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 9    |             |      |     |      |
| IT1=                | 8    | Depth 1=    | 1.8  |     |      |
| IT=                 | 23.7 | Rock depth= | 11.1 |     |      |
| V1=                 | 416  | V2=         | 1053 | V3= | 2254 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 10   |             |      |     |      |
| IT1=                | 8    | Depth 1=    | 1.9  |     |      |
| IT=                 | 22.1 | Rock depth= | 10.1 |     |      |
| V1=                 | 444  | V2=         | 1032 | V3= | 2254 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 11   |             |      |     |      |
| IT1=                | 8    | Depth 1=    | 2.1  |     |      |
| IT=                 | 18.1 | Rock depth= | 7.8  |     |      |
| V1=                 | 472  | V2=         | 1012 | V3= | 2254 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 12   |             |      |     |      |
| IT1=                | 8.1  | Depth 1=    | 2.3  |     |      |
| IT=                 | 13.5 | Rock depth= | 5.3  |     |      |
| V1=                 | 500  | V2=         | 991  | V3= | 2254 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |

PROFILO 4

| PROLOCO CAVOLA (RE) |      |             |      |     |      |
|---------------------|------|-------------|------|-----|------|
| Receiver No         | 1    |             |      |     |      |
| IT1=                | 21   | Depth 1=    | 2.73 |     |      |
| IT=                 | 21   | Rock depth= | 2.7  |     |      |
| V1=                 | 255  | V2=         | 1212 | V3= | 1528 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 2    |             |      |     |      |
| IT1=                | 19.9 | Depth 1=    | 2.65 |     |      |
| IT=                 | 22.4 | Rock depth= | 5.1  |     |      |
| V1=                 | 261  | V2=         | 1211 | V3= | 1528 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 3    |             |      |     |      |
| IT1=                | 18.8 | Depth 1=    | 2.56 |     |      |
| IT=                 | 25.7 | Rock depth= | 9.3  |     |      |
| V1=                 | 266  | V2=         | 1210 | V3= | 1528 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 4    |             |      |     |      |
| IT1=                | 17.7 | Depth 1=    | 2.46 |     |      |
| IT=                 | 28.3 | Rock depth= | 12.9 |     |      |
| V1=                 | 271  | V2=         | 1209 | V3= | 1528 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 5    |             |      |     |      |
| IT1=                | 16.6 | Depth 1=    | 2.36 |     |      |
| IT=                 | 27.6 | Rock depth= | 13.2 |     |      |
| V1=                 | 277  | V2=         | 1208 | V3= | 1528 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 6    |             |      |     |      |
| IT1=                | 15.6 | Depth 1=    | 2.26 |     |      |
| IT=                 | 27.9 | Rock depth= | 14.3 |     |      |
| V1=                 | 282  | V2=         | 1207 | V3= | 1528 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 7    |             |      |     |      |
| IT1=                | 13.9 | Depth 1=    | 2.08 |     |      |
| IT=                 | 28.6 | Rock depth= | 13.9 |     |      |
| V1=                 | 289  | V2=         | 1108 | V3= | 1528 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | 0    |     |      |
| Receiver No         | 8    |             |      |     |      |
| IT1=                | 12.3 | Depth 1=    | 1.89 |     |      |
| IT=                 | 27.8 | Rock depth= | 12.3 |     |      |
| V1=                 | 294  | V2=         | 1009 | V3= | 1528 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | -0.5 |     |      |
| Receiver No         | 9    |             |      |     |      |
| IT1=                | 10.7 | Depth 1=    | 1.68 |     |      |
| IT=                 | 28   | Rock depth= | 11.5 |     |      |
| V1=                 | 298  | V2=         | 911  | V3= | 1528 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | -1.8 |     |      |
| Receiver No         | 10   |             |      |     |      |
| IT1=                | 9    | Depth 1=    | 1.46 |     |      |
| IT=                 | 24.5 | Rock depth= | 8.8  |     |      |
| V1=                 | 303  | V2=         | 812  | V3= | 1528 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | -4   |     |      |
| Receiver No         | 11   |             |      |     |      |
| IT1=                | 7.4  | Depth 1=    | 1.25 |     |      |
| IT=                 | 19.1 | Rock depth= | 5.9  |     |      |
| V1=                 | 307  | V2=         | 714  | V3= | 1528 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | -5   |     |      |
| Receiver No         | 12   |             |      |     |      |
| IT1=                | 5.8  | Depth 1=    | 1.04 |     |      |
| IT=                 | 13.8 | Rock depth= | 3.7  |     |      |
| V1=                 | 312  | V2=         | 615  | V3= | 1528 |
| V4=                 | 0    | Elevation=  | -5.5 |     |      |

PROFILO 5