

Regione Toscana – Provincia di Arezzo – Comune di Sansepolcro

**RELAZIONE GEOLOGICA**

**ADOTTATO**

CON D.C.C. N° 34  
DEL 28/2/2013

Progetto

V16a – Variante all'art. 52 delle N.T.A del P.R.G.

vigente relativa ad un area ad uso di aviosuperficie

Località

Palazzolo

Committente: Andrea Pichi Graziani

Geologo: Dott. Matteo Gabrielli

n°450 O.G.R.U.

Data: 21 febbraio 2012



**Riferimenti catastali**

Foglio 79 Particella 960

o o o

Geol. Matteo Gabrielli

fraz. Croce di Castiglione, 9 Città di Castello 06012 (Perugia)

## PREMESSA

1. NORMATIVA
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO
3. DOCUMENTAZIONE CONSULTATA
4. NOTE GEOMORFOLOGICHE E GEOLOGICHE
5. NOTE IDROGEOLOGICHE
6. PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA
7. PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO
8. INDAGINI IN SITO
9. LOGS LITOSTRATIGRAFICI
10. STRATIGRAFIA
11. MODELLO LITOTECNICO STRATIGRAFICO
12. AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA
13. CEDIMENTI DIFFERENZIALI
14. NOTE SISMICHE
15. VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE S
16. LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

## CONCLUSIONI

## MODELLO LITOTECNICO E LOGS LITOSTRATIGRAFICI

## REPORT DELLE INDAGINI PENETROMETRICHE

## REPORT DELL'INDAGINE SISMICA

○ ○ ○

## Allegati al progetto

- |  |               |
|--|---------------|
| ➤ Planimetria . . . . .                                | scala 1:25000 |
| ➤ Planimetria . . . . .                                | scala 1:10000 |
| ➤ Carta geologica . . . . .                            | scala 1:15000 |
| ➤ Carta delle aree ad amplificazione sismica . . . . . | scala 1:15000 |
| ➤ Carta idrogeologica . . . . .                        | scala 1:10000 |
| ➤ Planimetria litotecnica . . . . .                    | scala 1:5000  |
| ➤ Planimetria pericolosità idraulica . . . . .         | scala 1:5000  |
| ➤ Vax catastale . . . . .                              | scala 1:2000  |

## Bibliografia

## Software

---

## PREMESSA

---

E' stato eseguito uno studio geologico a corredo di un progetto per la variante all'Art.52 del P.R.G. di Sansepolcro relativa ad una area destinata ad aviosuperficie situata in loc. Palazzolo nell'ambito del territorio comunale. Così come indicato all'Art.3 – indagini geologiche – del D.P.R. Del 25 ottobre 2011, n°53/R quale Regolamento di attuazione dell'Art. 62 della L.R. Toscana del 3 gennaio 2005 n°1 in materia di indagini geologiche, le varianti ai piani regolatori generali vigenti devono confrontarsi con i dati ricavati dalle indagini geologiche al fine di inquadrare l'area sotto l'aspetto della pericolosità geologica, idraulica e sismica. Con queste premesse sono state reperite dati bibliografici e dati derivanti da una precedente campagna di indagini in sito.

I risultati della campagna di indagini geognostiche e geofisiche eseguite nella particella sono stati forniti dalla Committenza al progetto, la quale aveva incaricato un diverso professionista per l'esecuzione di uno studio mirato alla realizzazione degli hangar adibiti alla rimessa degli apparecchi leggeri.

Dati relativi alla conoscenza del sito sotto il profilo, geologico, idraulico e sismico sono stati estrapolati da studi a livello comunale nell'ambito del piano strutturale, a livello regionale con i dati del progetto Vel e infine con dati a livello nazionale relativi agli studi sulla pericolosità sismica italiana realizzata da I.N.G.V.. Il confronto dei dati raccolti con i risultati delle indagini in sito e il rilevamento di campagna hanno permesso di affinare i caratteri puntuali dell'area. Sono seguite per questo progetto le indicazioni per la microzonazione sismica della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento di Protezione Civile, in particolare al cap. 1.6.3.1 livello 1.

La Committenza al progetto è indicata nella figura del Sign.re Andrea Pichi Graziani, proprietario della particella indicata in oggetto.

In allegato e nei distinti paragrafi sono riportate le carte a diversa scala relative all'area su cui si è stati chiamati a esprimere il parere tecnico.

---

## 1. NORMATIVA

---

Questo lavoro è stato eseguito secondo le indicazioni normative attualmente vigenti sotto elencate.

Legge Regionale Toscana 14 aprile 1984, n° 1 in materia di adeguamento degli strumenti urbanistici.

D.P.R. Toscana 25 ottobre 2011, n° 53/R regolamento di attuazione dell'art. 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n° 1 (norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche.

D.P.R. 6 giugno 2001, n° 380 testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.

Legge Regionale Toscana 3 gennaio 2005, n° 1 norme per il governo del territorio.

D.G.R. Toscana 9 luglio 2009, n° 36/R regolamento di attuazione dell'art. 117 commi 1, 2 della Legge regionale Toscana 3 gennaio 2005, n°1 disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico.

D.G.R. Toscana 26 novembre 2007, n° 841 approvazione elenco aggiornato dei comuni a maggior rischio della Toscana.

D.M. 14 gennaio 2008.

---

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

---

L'area in esame è stata individuata utilizzando i seguenti elaborati cartografici a diversa scala:

- Carta d'Italia I.G.M. Serie 25 Foglio 289 sezione IV Sansepolcro;
- c.t.r. 289 020;
- foglio catastale 79 del comune di Sansepolcro.

---

### 3. DOCUMENTAZIONE CONSULTATA

---

Il progetto si inserisce in un ambito territoriale per il quale sono reperibili dei documenti ufficiali liberamente consultabili. Di seguito vengono elencati quelli principali.

- shapefiles delle aree in frana definite dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere (P.A.I.);
- piano regolatore generale del comune di Sansepolcro;
- Il programma regionale di Valutazione degli Effetti Locali nei centri urbani, edifici strategici e rilevanti (Programma VEL);
- carta geologica d'Italia in scala 1:100000;
- database of individual seismogenetic source (Diss) redatto da I.N.G.V.;
- cartografia geologica relativa al progetto Carg.

---

### 4. NOTE GEOMORFOLOGICHE E GEOLOGICHE

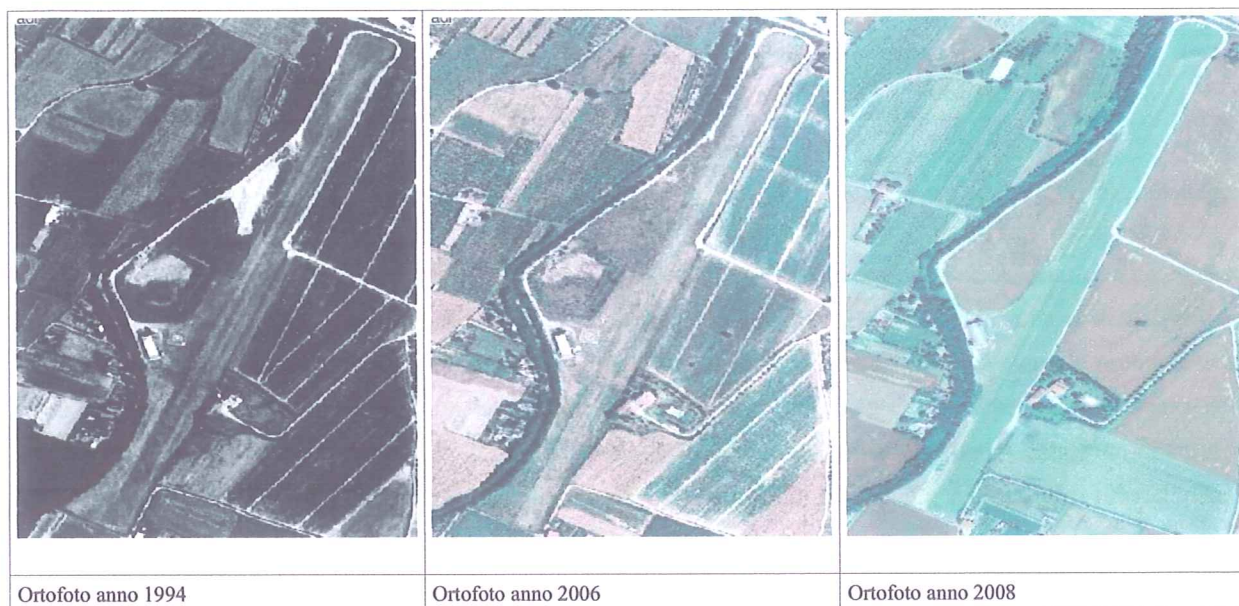
---

Il sito si trova ad una quota planaltimetrica di 320 m s.l.m. in sinistra idrografica rispetto al fiume Tevere e in prossimità dell'alveo del torrente Afra, un affluente sinistro del Tevere. L'inquadramento geologico dell'area vede la presenza di una ampia valle intramontana, la Valtiberina, che si estende con direzione appenninica nord-ovest sud-est. La sua origine è imputabile alla evoluzione tettonica della catena montuosa appenninica settentrionale. A partire dal Serravalliano fino al Pleistocene medio a livello regionale si è espletato a livello regionale un campo di sforzi tettonici compressivo, seguito da sforzi tettonici di tipo distensivo coassiali al precedente campo di sforzi, movimenti tettonici tutt'ora in atto. La migrazione da Ovest ad Est del campo di sforzi compressivo prima e distensivo poi, ha fatto sì che per aree contigue si potesse avere compressione e distensione contemporaneamente attive. Nella prima fase si sono create strutture plicative che sono state successivamente disarticolate dando origine a dei graben e a dei bacini intramontani quali appunto la Valtiberina.

L'area collinare orientale e settentrionale, rispetto al punto di intervento è caratterizzata dalla presenza di formazioni torbiditiche oligo-mioceniche delle Unità Tettoniche Toscane, in particolare nella formazione delle arenarie del Monte Falterona. Sono affioranti a monte rispetto all'abitato di Sansepolcro depositi flyschoidi relativi alla Unità Ofiolitica dei Monti Rognosi con le formazioni di Sillano (Cretaceo sup. - Paleocene inf.) e di Monte Morello (Eocene inf.). La valle alluvionale risulta caratterizzata da basse pendenze locali e dalla presenza di depositi recenti (Olocene). Lungo la fascia di raccordo delle aree montuose orientali con la valle del Tevere sono presenti estese conoidi di deiezione. La stessa area di studio è interessata da un ampio conoide e viene a trovarsi nella zona distale di questo elemento morfologico, derivante dall'azione di erosione e deposito del torrente Afra.

In tempi recenti l'intera valle è stata interessata da opere di urbanizzazione e lavorazioni agrarie dei terreni e in particolare, parte della particella fu interessata dalla coltivazione di una piccola cava per l'estrazione della ghiaia, la cui quota di estrazione rispetto al piano campagna doveva aggirarsi intorno ai 7-8 m. Il ripristino delle condizioni ambientali avvenne con il tombamento della fossa utilizzando materiale a carattere coesivo e elementi grossolani di

varia natura e origine. I risultati delle indagini geognostiche confermano la situazione sopra descritta.



La sequenza di ortofoto fornite dal Ministero dell'Ambiente (servizio wms) mostra la geometria dell'area estrattiva la cui superficie è stimata su i 7500 m<sup>2</sup>, in prossimità di un'ansa del Torrente Afra. Nell'intervallo temporale tra il 2006 il 2008 sono state attuate delle operazioni di ripristino e non è più individuabile il sito di estrazione.

## 5. NOTE IDROGEOLOGICHE

Gli spartiacque morfologici locali coincidono con le linee di cresta dei rilievi orientali e mostrano un andamento appenninico. I fossi provenienti dall'area collinare hanno inciso profondamente i sedimenti torbiditici affioranti e in certi punti hanno prodotto delle scarpate sub-verticali, a testimonianza della loro capacità erosiva. L'erosione spinta dei versanti è in relazione alla presenza degli estesi conoidi di deiezione. I sistemi idrologici locali hanno come livello di base il fiume Tevere che scorre al centro della valle con andamento regolare ad una distanza minima di circa 2,5 km rispetto al punto di intervento. La consultazione della tavola G5.1b in allegato al piano strutturale del comune, mostra come la geometria delle isofreatiche nell'area valliva in loc. Palazzolo indichi un deflusso sotterraneo (asse di drenaggio) circa nord-sud in direzione dell'asse della valle, con una blanda inflessione delle stesse in coincidenza del torrente Afra. Inoltre è riportato un deflusso idrico sotterraneo circa ovest-est che insiste all'altezza tra la loc. Palazzolo fino alla fraz. Trebbio, probabilmente legato alla geometria dei sedimenti. La permeabilità dei depositi vallivi è caratterizzata e dipendente dall'interdigitazione dei sedimenti a diversa granulometria derivanti sia dall'evoluzione sedimentaria del fiume Tevere, sia dagli apporti di materiale clastico a diversa pezzatura e matrice dei conoidi. In generale, si delinea verso nord rispetto al punto di intervento un acquifero multifalda con un primo elemento idrogeologico superficiale intorno ai 7 m a bassa produttività, che risente dell'andamento stagionale delle precipitazioni, e di una falda più profonda.

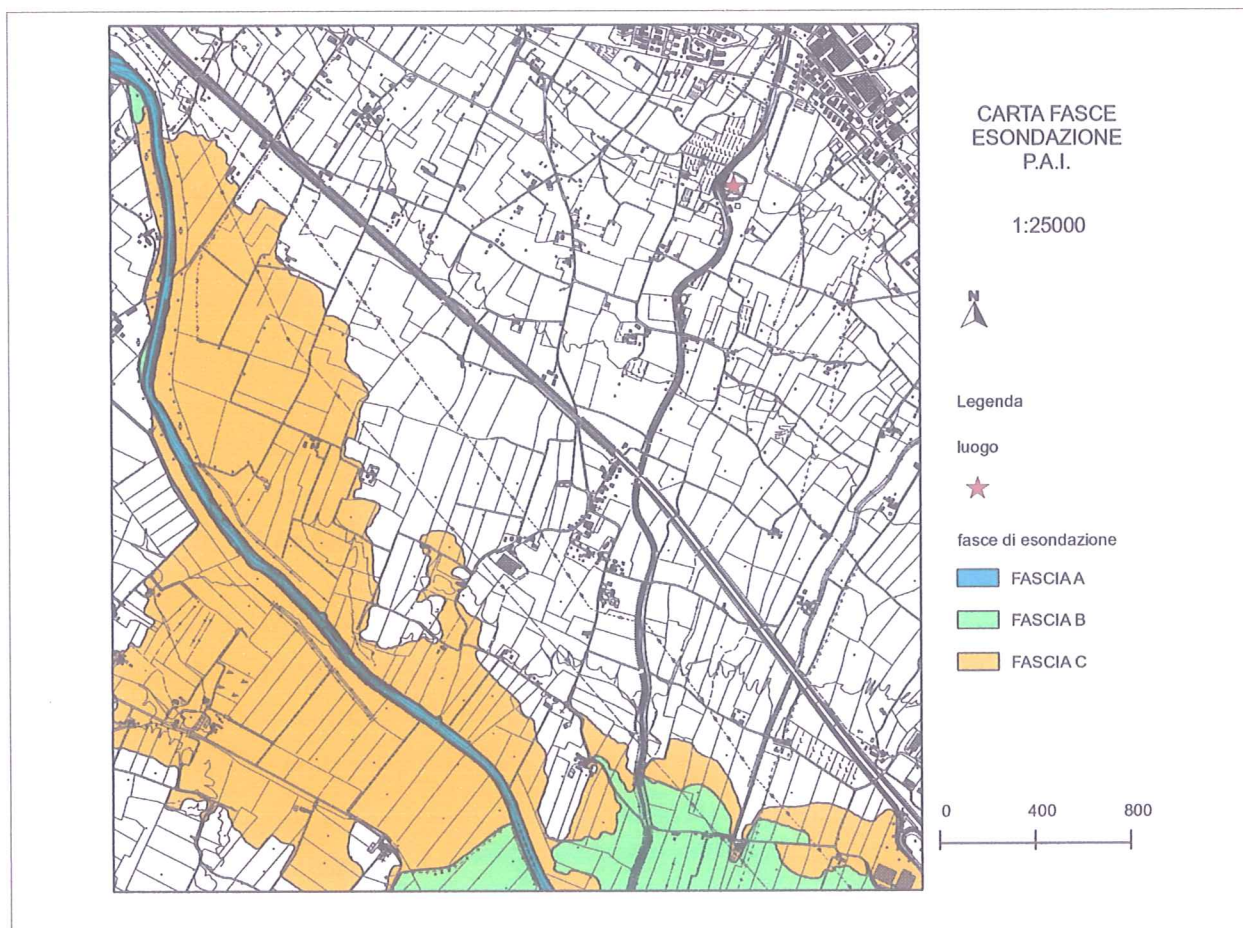
Indicazioni sulla quota piezometrica locale, misurata usufruendo di un pozzo ad uso domestico presente in

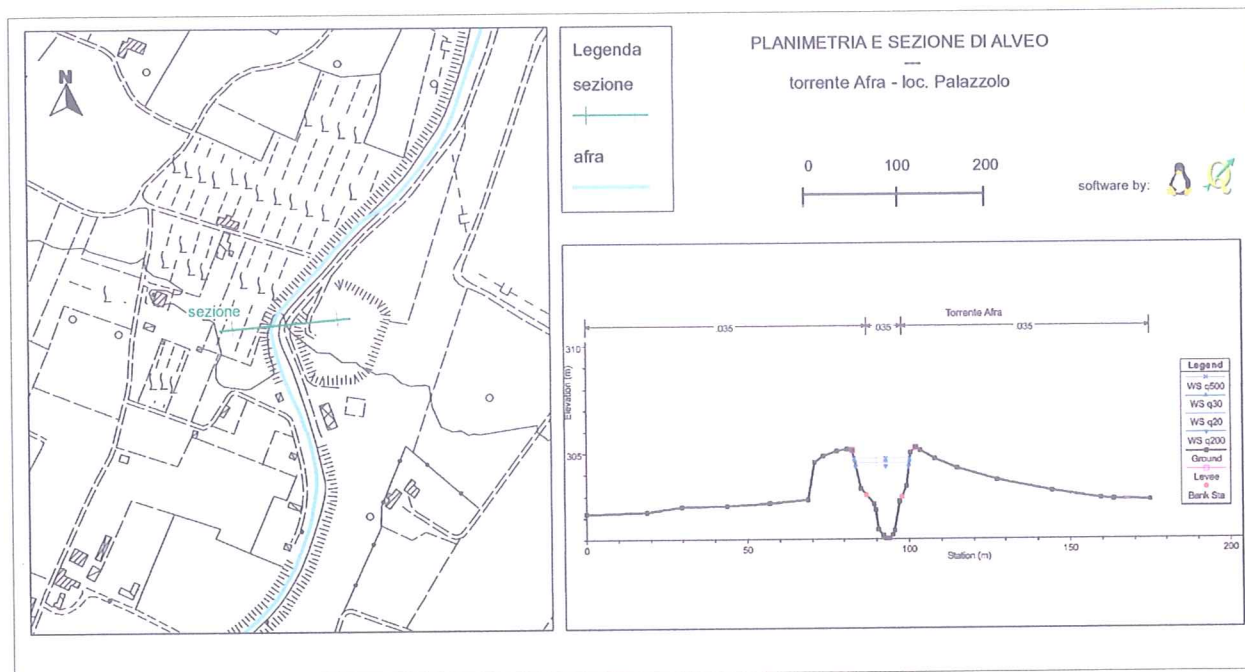
prossimità dell'area, indicano valori intorno ai 18 m rispetto al piano campagna. Non si escludono comunque forti oscillazioni della falda durante l'arco dell'anno e con l'avvicinarsi dei periodi di magra e di morbida.

L'area è stata definita a vulnerabilità media dell'acquifero sulla base degli spessori delle coperture e alla profondità delle falde libere.

## 6. PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA

Il sito, per la sua posizione rispetto al corso del fiume Tevere e del Torrente Afra è stato inserito in un contesto di elementi riguardanti studi sulle aree di esondazione. La carta delle fasce di esondazione definite dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere mostra chiaramente come il sito non è direttamente interessato a queste problematiche. Viene inoltre riportata una cartografia in cui è indicata una sezione dell'alveo del torrente Afra all'altezza della località in esame. Si nota come le quote di esondazione per diversi tempi di ritorno (documentazione ricavata da piano strutturale Sansepolcro) risultano essere inferiori rispetto alle altezze spondali. Allo stato di progetto, l'area non risulta quindi interessata alle esondazioni del torrente Afra.





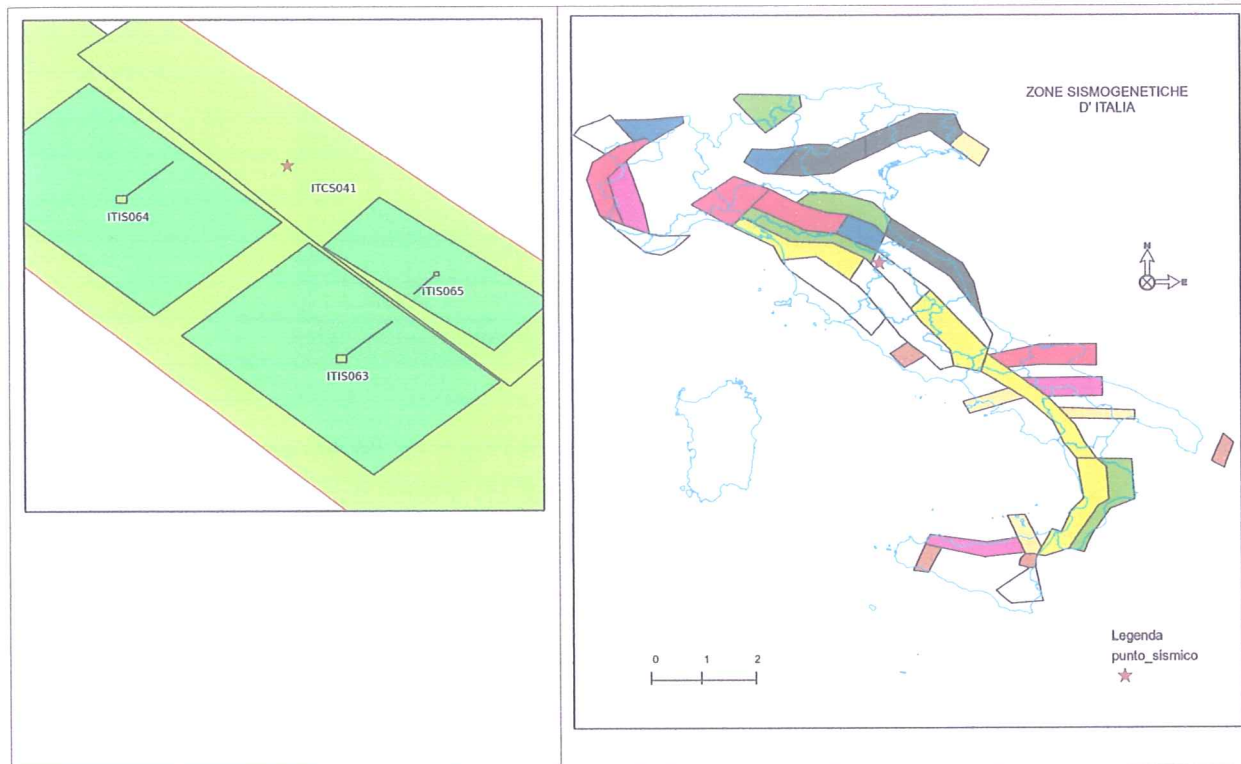
Per completezza di informazione si riporta come la posizione dell'area di studio non è interessata da fenomeni franosi, neppure indiretti presenti nelle aree collinari [ indicazioni fornite da Autorità di Bacino del Fiume Tevere – PAI e dalla consultazione dell'Inventario dei fenomeni franosi d'Italia – Iffi ].

## 7. PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO

Il sito fa parte di un'area interessata da eventi sismici che si verificano nell'area appenninica. In generale si può dire che il contesto sismotettonico dell'Appennino centrale è riconducibile all'evoluzione tettonica dell'Italia ed è caratterizzato da sismi i cui ipocentri crostali e sub-crostaali sono individuabili soprattutto entro i primi 15 Km della crosta, dove prevale un regime deformativo di tipo elastico frizionale. L'attività sismica è in relazione soprattutto con la parte superiore delle faglie dirette ad alto angolo, che si appiattiscono passando in profondità, la cui direzione prevalente è NNW-SSE. Queste faglie listriche si raccordano fino a diventare tangenti ad una faglia basale detta sole fault posta tra i 10-15 Km e provocano deformazioni plicative nel tetto della faglia note come anticlinali da roll over. Spesso le faglie dirette sono organizzate in sistemi coniugati e sono in relazione a graben e semi-graben. Di seguito sono riportate le coordinate geografiche del punto medio rappresentativo dell'area di studio, in coordinate WGS84 e in coordinate European Datum 1950.

Coordinate WGS84 del punto sismico	
LATITUDINE	LONGITUDINE
43.559221°	12.154823°
Coordinate ED50 del punto sismico	
LATITUDINE	LONGITUDINE
43,56018	12.154823°

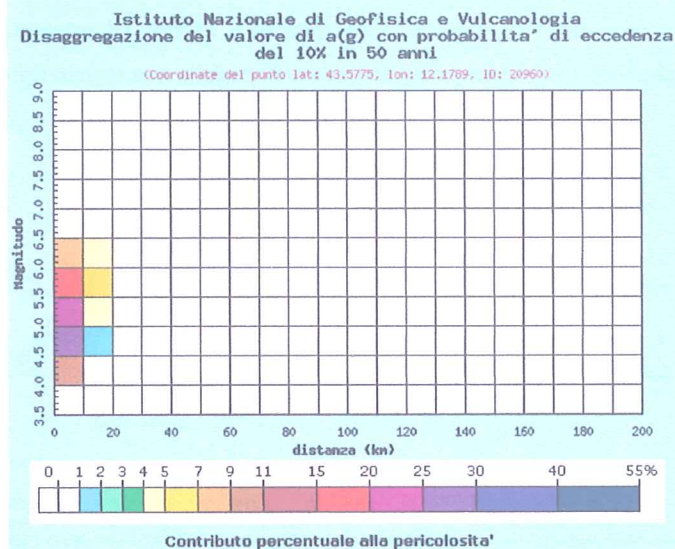
Trasformazione tramite sw Cartlab su Wine



Per la valutazione della pericolosità sismica dell'area si è fatto uso dei dati scientifici forniti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia I.N.G.V. riguardanti i modelli sismogenetici relativi alla zona dell'Appennino settentrionale. Il sito in oggetto è compreso nella regione Composite Source ITCS041 per la quale il modello sismogenetico prevede terremoti di magnitudo massima pari a 5.5 a profondità ipocentrali variabili tra 1 e 5 km. Questa regione è coincidente con la parte orientale del graben alto tiberino, per la cui zona sismogenetica occidentale ITCS037 si prevedono terremoti di magnitudo massima pari a 6.2 a profondità comprese tra i 0.5 e gli 8 km. Elementi Individual Source a minore distanza dal punto dove verrà realizzata l'opera sono ITIS063, ITIS065 ITIS0364 per i quali si prevedono sismi di magnitudo massima pari a 6.0 con profondità degli ipocentri variabile tra 0.5 e 4.9 km. Nella cartografia in alto a destra sono riportate le zone sismogenetiche d'Italia e il punto sismico indicato con la stella rossa compreso nella ZS9\_22 (ID: ZS\_919)I dati sintetici sopra forniti dal sito estrapolati dal sito <http://diss.rm.ingv.it/diss/> (fonte citata) sotto forma di shapefiles ed elaborati con sw gis open source.

I parametri sismologici per l'area di studio sono ricavati dal processo di disaggregazione del valore ag per il quale sono confrontate in un diagramma le coppie magnitudo-distanza in funzione del contributo percentuale alla pericolosità sismica (link: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/> - fonte citata).





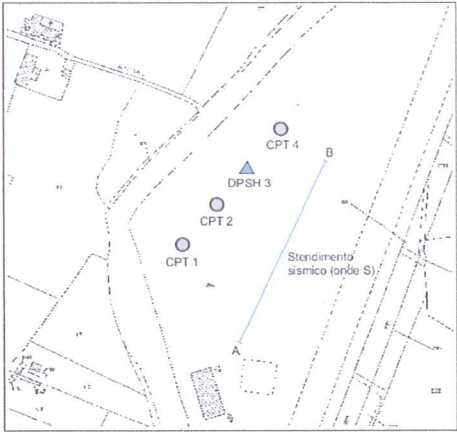
Dal grafico si ricava che per un range compreso tra 6,0 e 6,5 di Magnitudo, entro una distanza di 10 km, sussiste un 7-9% massimo probabilistico che si verifichino sismi di tale intensit . I parametri sono relativi alla probabilit  di superamento del 10% in 50 anni del valore del PGA. I valori medi sono pari a magnitudo 5.26 per una distanza di 6.40 km.

**Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit  di eccedenza del 10% in 50 anni**  
 (Coordinate del punto lat: 43.5775, lon: 12.1789, ID: 20960)

distanze km	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	10.200	25.900	22.300	16.000	8.220	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.179	1.820	4.060	5.290	4.270	0.042	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.001	0.120	0.575	0.778	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.044	0.175	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

## 8. INDAGINI IN SITO

La Committenza al progetto ha fornito i risultati delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite per il progetto di realizzazione degli hangar con allegata l'ubicazione spaziale dei punti delle diverse prove.

	Indagini geognostiche
	Cpt 1: prova penetrometrica statica
	Cpt 2: prova penetrometrica statica
	DPSH 3: prova penetrometrica dinamica
	Cpt 4: prova penetrometrica statica
	Indagini geofisiche
	A-B: stendimento sismico in onde S

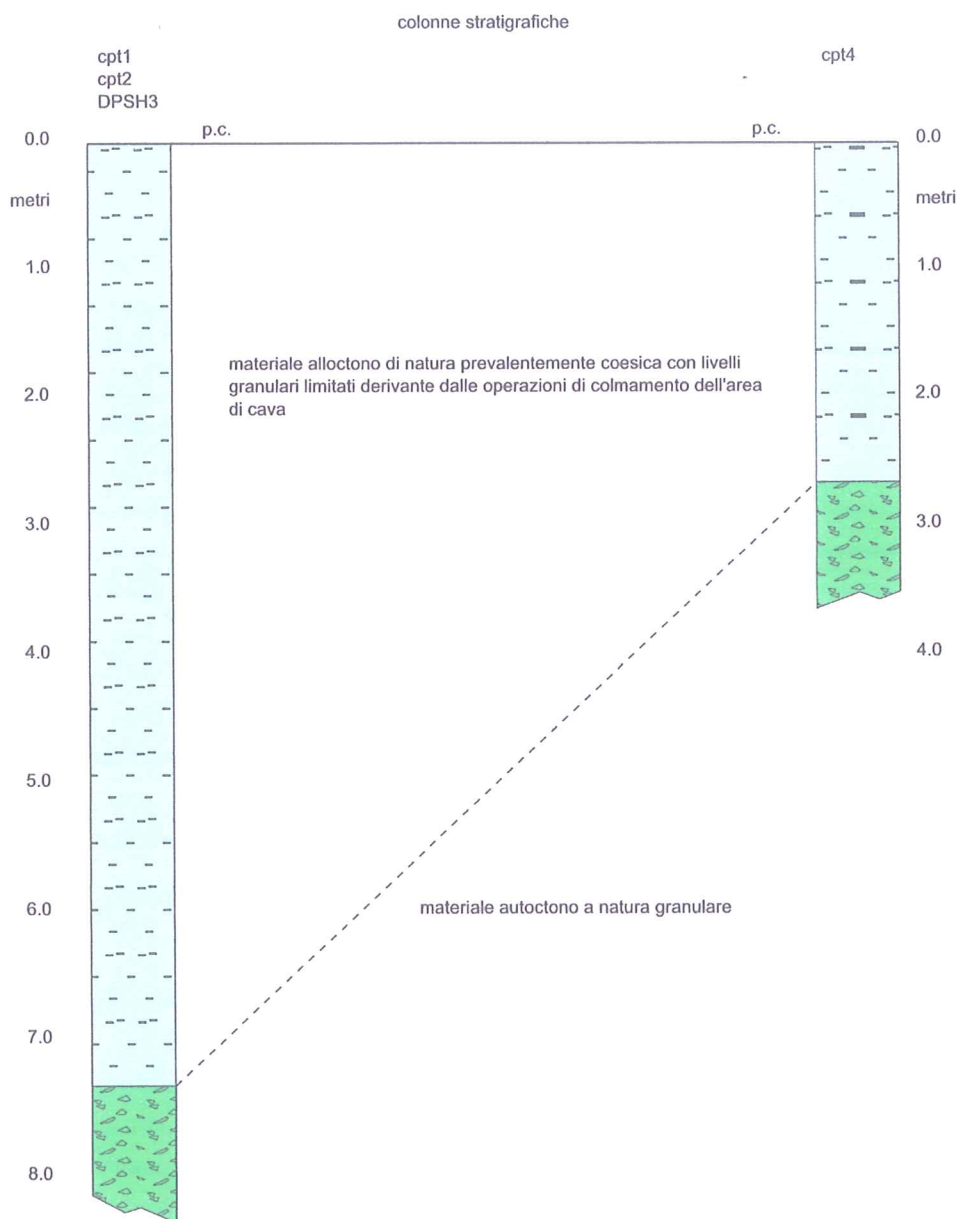
In allegato sono riportati i report delle indagini.

## 9. LOGS LITOSTRATIGRAFICI

I logs litostratigrafici mostrano la geometria trasversale sud-ovest nord-est dell'area di cava. I litotipi mostrano una certa eterogeneità dei materiali alloctoni e si evidenziano delle lenti a materiale granulare fino indicate dal segnale della prova cpt2. La descrizione litologica dei terreni è basata sulla classificazione di Schmertmann (1978) la quale indica per la prova cpt1 la prevalenza di terreni argillosi organici e misti con piccoli livelli sabbiosi e limosi. La prova cpt2 invece si differenzia per una maggiore variabilità dei risultati, con la l'alternanza di terreni argillosi, sabbiosi e limosi e la presenza di intercalazioni conglomeratiche fini evidenziati dalle resistenze maggiori registrate dallo strumento. La cpt4 è andata a rifiuto a circa 2.6 m dal piano campagna attraversando terreni misti prevalentemente a comportamento coesivo fino a intercettare i sedimenti grossolani del conoide.

## 10. STRATIGRAFIA

Le colonne stratigrafiche sotto riportate sono la sintesi delle indagini in sito eseguite. La colonna di sinistra mostra la stratigrafia ricavata dalle prove cpt1, cpt2 e DPSH3 che sono state eseguite sulla verticale dell'area di estrazione. La colonna di destra è ricavata dal risultato della prova cpt4 ed è stata eseguita a margine della medesima area.

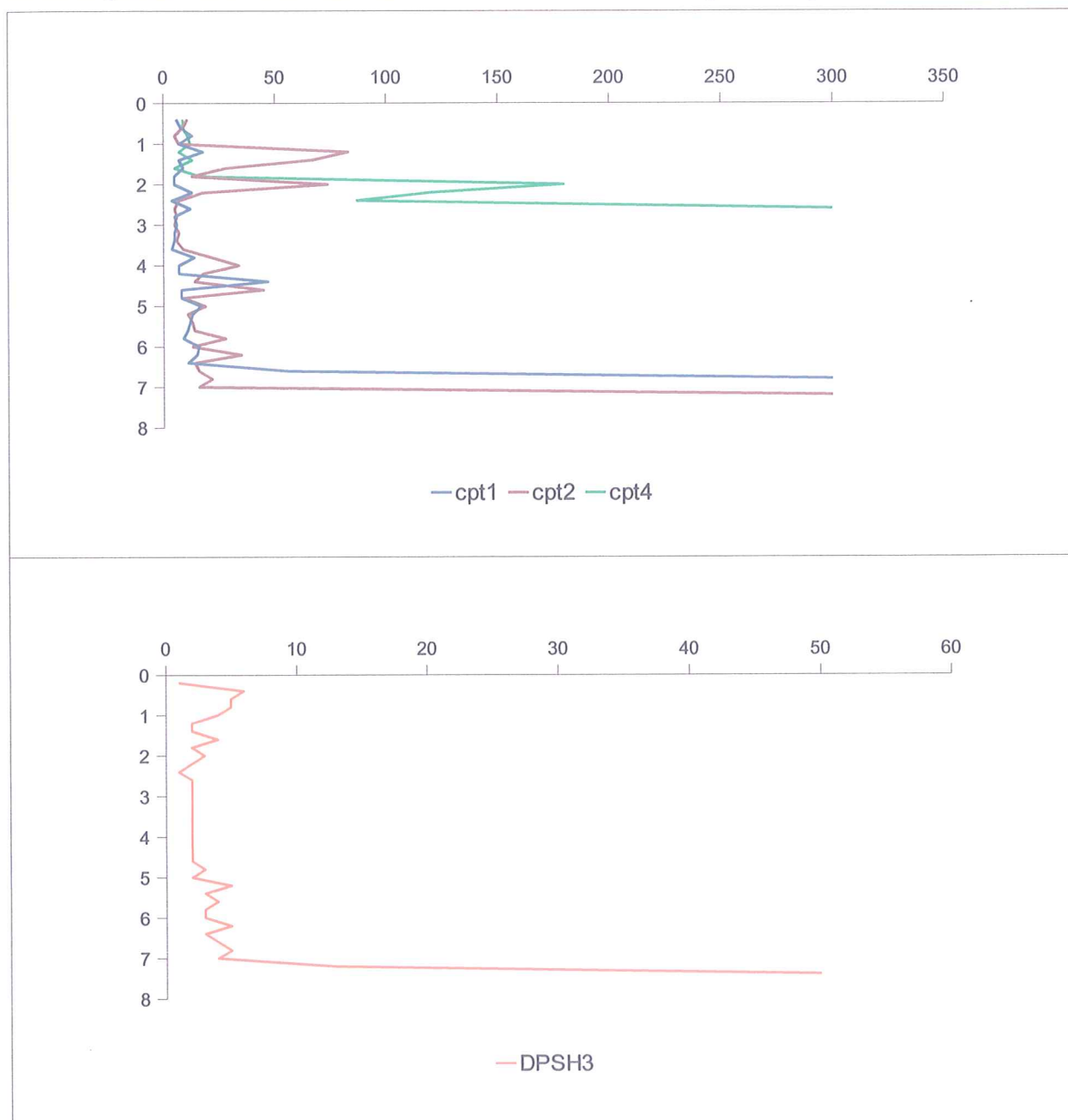


## 11. MODELLO LITOTECNICO STRATIGRAFICO

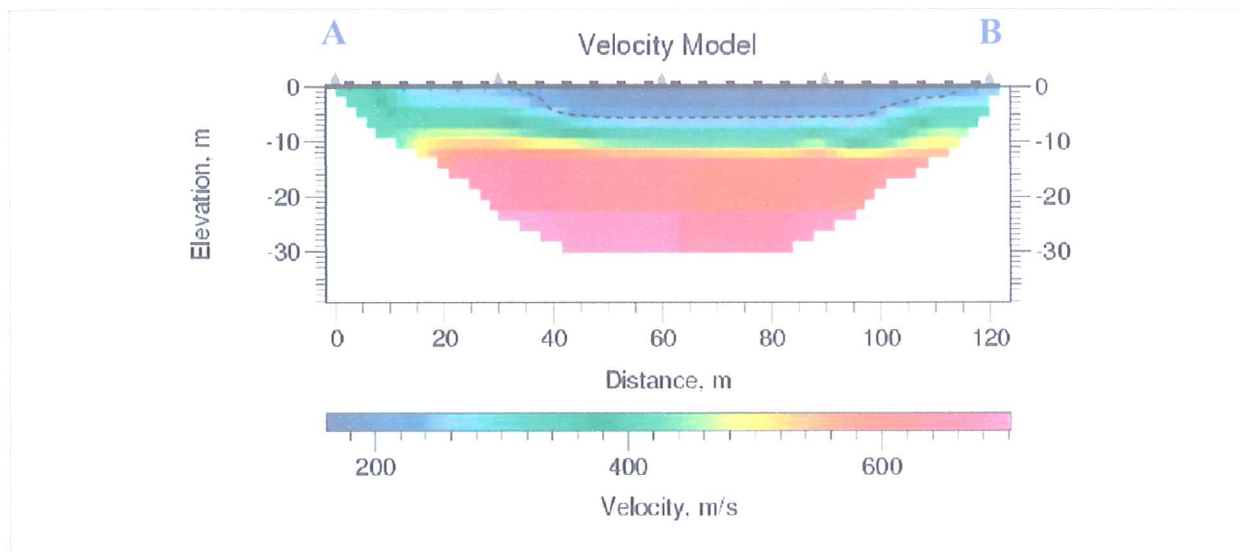
Il modello litotecnico e stratigrafico si è basato su risultati di tutte le indagini svolte in sito e sulla loro correlazione e interpretazione geologica.

I segnali sotto riportati mostrano una convergenza nell'andamento, sia delle prove statiche cpt1 e cpt2 che dell'unica prova dinamica DPSH3. I risultati raccolti confermano quindi la presenza di area che è stata oggetto di scavo in tempi recenti e attualmente colmata da materiale prevalentemente coesivo, pur con dei livelli di limitata estensione verticale e orizzontale di tipo granulare.

La cpt4 è stata eseguita al di fuori dell'area oggetto di coltivazione e, come è osservabile dalla linea di colore verde, alla profondità di circa 1,8 m dal piano campagna si ha un picco di resistenza dei terreni, derivante dal superamento del terreno pedogenizzato assieme a un livello minore di terreno di colmamento fino all'intercettazione dei terreni granulari del conoide – materiale in sito al suo stato naturale – da parte della punta dello strumento.



L'indagine sismica conferma nel suo risultato tomografico la presenza di un elemento superficiale con basse velocità delle onde SH che in geometria bidimensionale è concorde per estensione e profondità con i risultati delle ortofotocarte e delle prove penetrometriche.



## 12. AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Il sito per la sua conformazione morfologica sub-pianeggiante non subisce amplificazioni topografiche dovute alla focalizzazione delle onde sismiche. Il valore del coefficiente topografico  $S_T$  in funzione delle categorie topografiche definite (paragrafo 3.2.2 – D.M. 14 gennaio 2008) assume il valore **T1** ( $S_T = 1.0$  - Tab. 3.2.IV).

## 13. CEDIMENTI DIFFERENZIALI

La particolarità del sito mette in concomitanza, per identici livelli di profondità, di terreni aventi capacità resistive diverse, che si evidenziano nel fenomeno dei cedimenti differenziali nel caso in cui i carichi trasmessi interessino trasversalmente queste aree. Il fenomeno del cedimento è in relazione alla presenza di un'area circoscritta di colmamento con materiale a prevalenza coesiva che ha fatto registrare valori bassi della resistenza alla punta, sia nelle indagini statiche e dinamiche. I terreni autoctoni limitrofi risultano a diversa granulometria e resistività maggiore.

## 14. NOTE SISMICHE

In riferimento alla cartografia redatta a seguito degli eventi sismici localizzati nei Colli Albani, in Friuli e nell'Appennino Bolognese il comune di Sansepolcro venne classificato in II categoria nel R.D.L. n°682 del 1930 e s.m.i. E nel successivo R.D.L. n°640 del 1935 e s.m.i..

Il D.M. del 19 giugno 1984 introdusse una differenziazione del livello di protezione sismica per edifici particolari. La mappa di pericolosità sismica definita nell'OPCM n°3274 del 2003 e s.m.i. indicò per il territorio comunale di Sansepolcro la 2<sup>a</sup> zona sismica. Le NTC08 in data 5 marzo 2008 sono entrate in vigore sulla base del

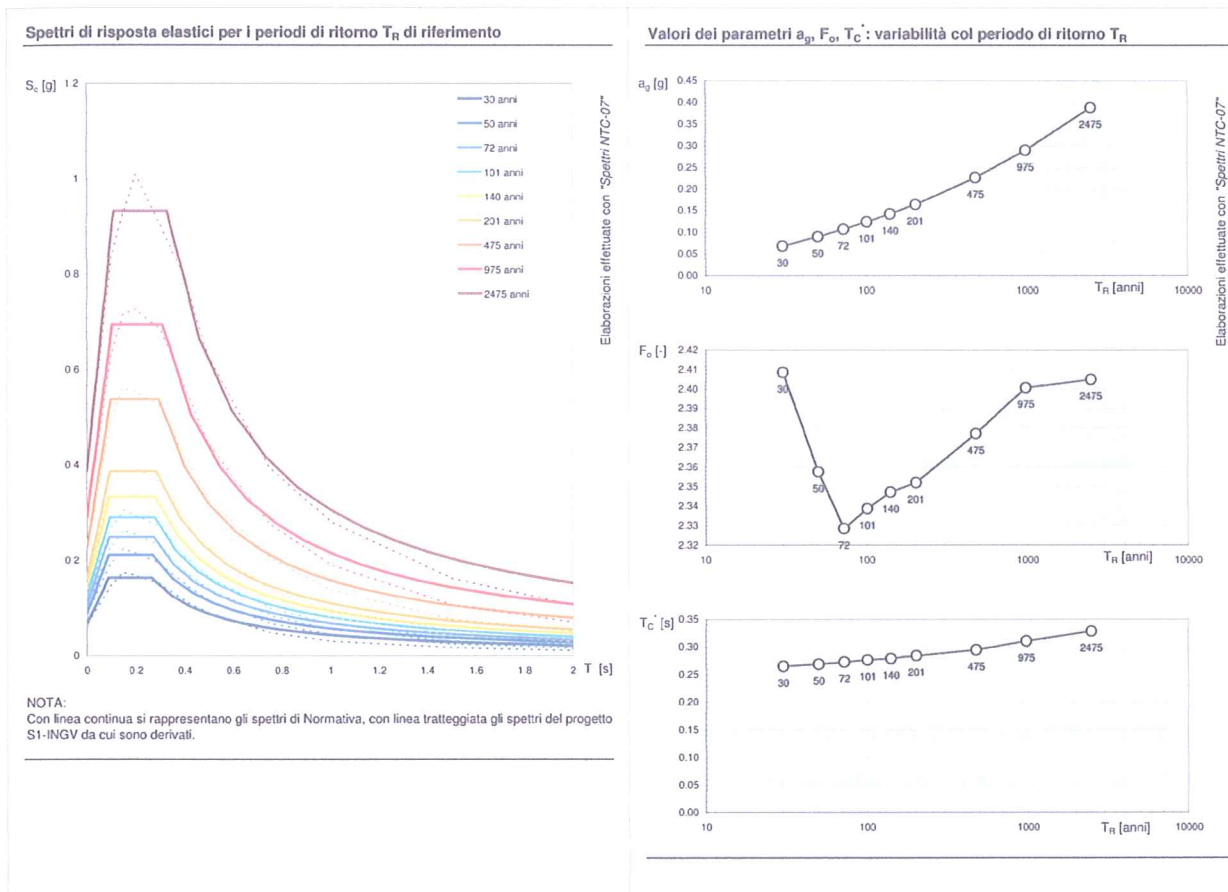
D.M. 14 gennaio 2008 che rivoluzionano l'approccio alla pericolosità sismica sostituendo a un numero discreto di zone sismiche (in numero di 4 nell'OPCM 3274, 2003 e s.m.i. e nelle NTC05, 2005) valori assegnati a ciascun nodo di un reticolo che comprende l'intero territorio nazionale.

Nell'immagine sottostante a sinistra viene riportato il punto sismico indicato con la stella su ortofoto del 2008, mentre a destra lo stesso punto è inserito nella griglia sismica realizzata da INGV per il territorio nazionale.



TR [anni]	ag [g]	F <sub>0</sub> [-]	Tc* [s]
30	0,068	2,409	0,265
50	0,090	2,358	0,269
72	0,107	2,329	0,273
101	0,124	2,329	0,277
140	0,142	2,347	0,279
201	0,164	2,352	0,284
475	0,226	2,377	0,295
975	0,289	2,401	0,311
2475	0,388	2,405	0,328

I valori sopra riportati sono ricavati per un bedrock sismico affiorante e condizioni di assenza di amplificazione locale, né stratigrafica né topografica, per i nove step dei tempi di ritorno



Sopra a sx sono riportati gli spettri di risposta elastici delle NTC08 su sito pianeggiante e roccioso (suolo A e  $ST = 1$ ) mentre le linee tratteggiate rappresentano gli spettri a pericolosità uniforme del progetto. Nei grafici in destra riportati viene indicata la variabilità dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  rispetto ai vari tempi di ritorno. I valori sono riferiti in condizioni di campo libero e bedrock sismico affiorante.

## 15. VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE S

L'indagine sismica eseguita ha permesso di ricavare un andamento delle onde sismiche SH per una profondità di 30 m rispetto al piano campagna. Di seguito viene riportato il risultato e il valore calcolato con l'espressione riportata in tabella.

	hi=(m)	Vsi=(m/s)	hi/vs
	Vs 30 = 30/ $\sum_{i=1 \dots N} (h_i/V_{s,i})$	1,875	30
1,875		162	0,010776
1,875		174	0,009191
1,875		204	0,007382
1,875		254	0,005699
1,875		329	0,004381
1,875		428	0,003571
1,875		525	0,00312
1,875		601	0,003109
1,875		603	0,003104
1,875		604	0,003089
1,875		607	0,003079
1,875		609	0,003069
1,875		611	0,003059
1,875		613	0,003049
1,875		615	0,003034
30		618	0,080286

## 16. LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Il fenomeno della liquefazione viene definito nell'EC8 come la riduzione di resistenza e/o di rigidità causata durante il moto sismico dall'aumento di pressioni interstiziali in terreni saturi non coesivi, tale da provocare deformazioni permanenti significative o persino da indurre nel terreno una condizione di sforzi efficaci da nulli a quasi nulli.

### Indicazioni normative per la verifica a liquefazione – cap. 7.11.3.4.2 - NTC08

Indicazione normativa per l'esclusione alla verifica		Indicazioni di sito
1	eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5	superiori
2	accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;	superiori
3	profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;	profondità della falda circa -18,0 m rispetto al p.c..
4	depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 > 30 oppure qc1N > 180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa	/
5	distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5.	/

La verifica a liquefazione viene omessa in quanto la quota locale della falda eccede i 15 m indicati al cap. 7.11.3.4.2 al punto 3 delle NTC08.



---

**CONCLUSIONI**

---

In base allo studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico effettuato per conto dello Committenza in merito al progetto si dichiara che:

- l'area è caratterizzata da sedimenti di di conoide;
- in tempi storici una porzione della particella oggetto di lavori per l'estrazione della ghiaia; attualmente il sito è stato ripristinato;
- la caratterizzazione del sito dal punto di vista geologico, idrogeologico, geomorfologico, litologico e sismico, è stato possibile coadiuvando i dati raccolti per l'area di studio con le indagini geognostiche e geofisiche realizzate in sito e fornite dalla committenza al progetto;
- sono state seguite le indicazioni in materia di microzonazione di primo livello indicate nei documenti della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento di Protezione Civile, cap. 1.6.3.1.

Città di Castello, 21 febbraio 2012

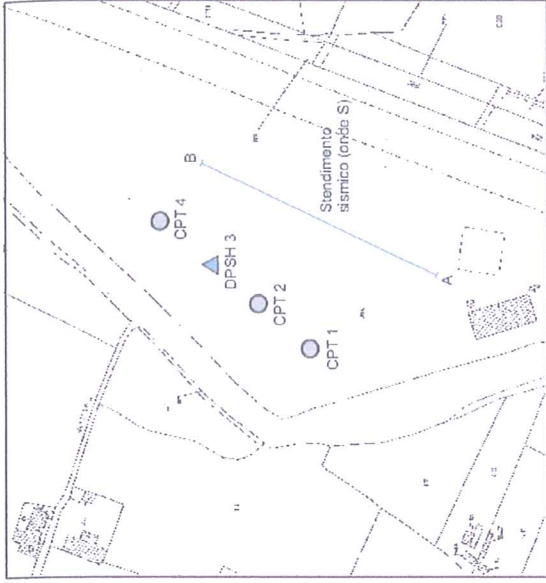
Dott. Geol. Matteo Gabrielli

n° 450 O.G.R.U.

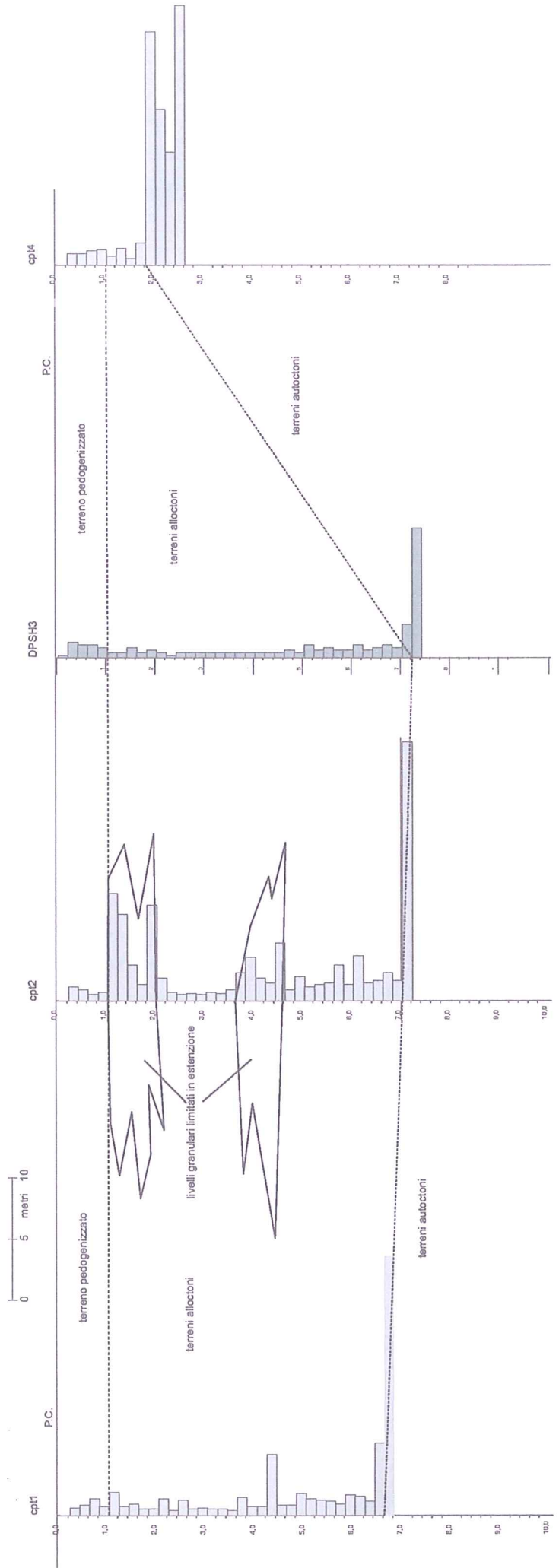


MODELLO LITOTECNICO

ubicazione indagini



Logs litostratigrafici



**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

2.01PG05-079

- committente : Dr Geol. Giovanni Giorni  
- data : 24/02/2011  
- lavoro : Piano Campagna  
- localita' : Palazzolo - SanSepolcro (AR)  
- note :  
- quota inizio :  
- prof. falda :  
- pagina : 1

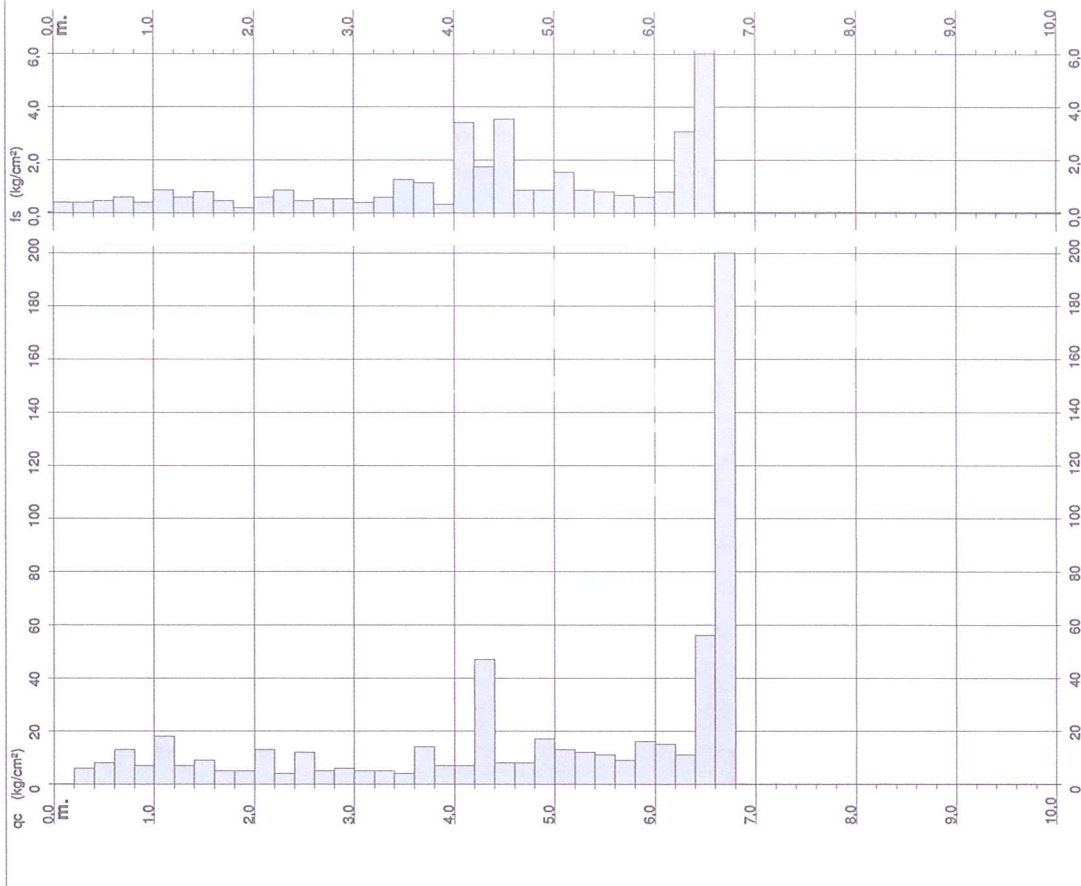
Prof. m	Letture di campagna punta laterale	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna punta laterale	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs
0,20	---	---	0,40	---	3,60	4,0	13,0	4,0	1,27
0,40	6,0	12,0	0,40	15,0	3,80	14,0	33,0	14,0	1,13
0,60	8,0	14,0	0,47	17,0	4,00	7,0	24,0	7,0	0,33
0,80	13,0	20,0	0,60	22,0	4,20	7,0	12,0	7,0	3,40
1,00	7,0	16,0	0,40	17,0	4,40	47,0	96,0	47,0	1,73
1,20	18,0	24,0	0,87	21,0	4,60	8,0	34,0	8,0	3,53
1,40	7,0	20,0	0,70	12,0	4,80	8,0	61,0	8,0	0,87
1,60	9,0	18,0	0,80	11,0	5,00	17,0	30,0	17,0	0,87
1,80	5,0	17,0	0,47	11,0	5,20	13,0	26,0	13,0	1,53
2,00	5,0	12,0	0,20	25,0	5,40	12,0	35,0	12,0	0,87
2,20	13,0	16,0	0,60	22,0	5,60	11,0	24,0	11,0	0,80
2,40	4,0	13,0	0,40	5,0	5,80	9,0	21,0	9,0	0,67
2,60	12,0	25,0	0,47	26,0	6,00	16,0	26,0	16,0	0,60
2,80	5,0	12,0	0,58	9,0	6,20	15,0	24,0	15,0	0,80
3,00	6,0	14,0	0,58	11,0	6,40	11,0	23,0	11,0	3,07
3,20	5,0	13,0	0,40	12,0	6,60	56,0	102,0	56,0	13,33
3,40	5,0	11,0	0,60	8,0	6,80	300,0	500,0	300,0	---

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE C<sub>t</sub> = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35,7 mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manico laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

2.01PG05-079

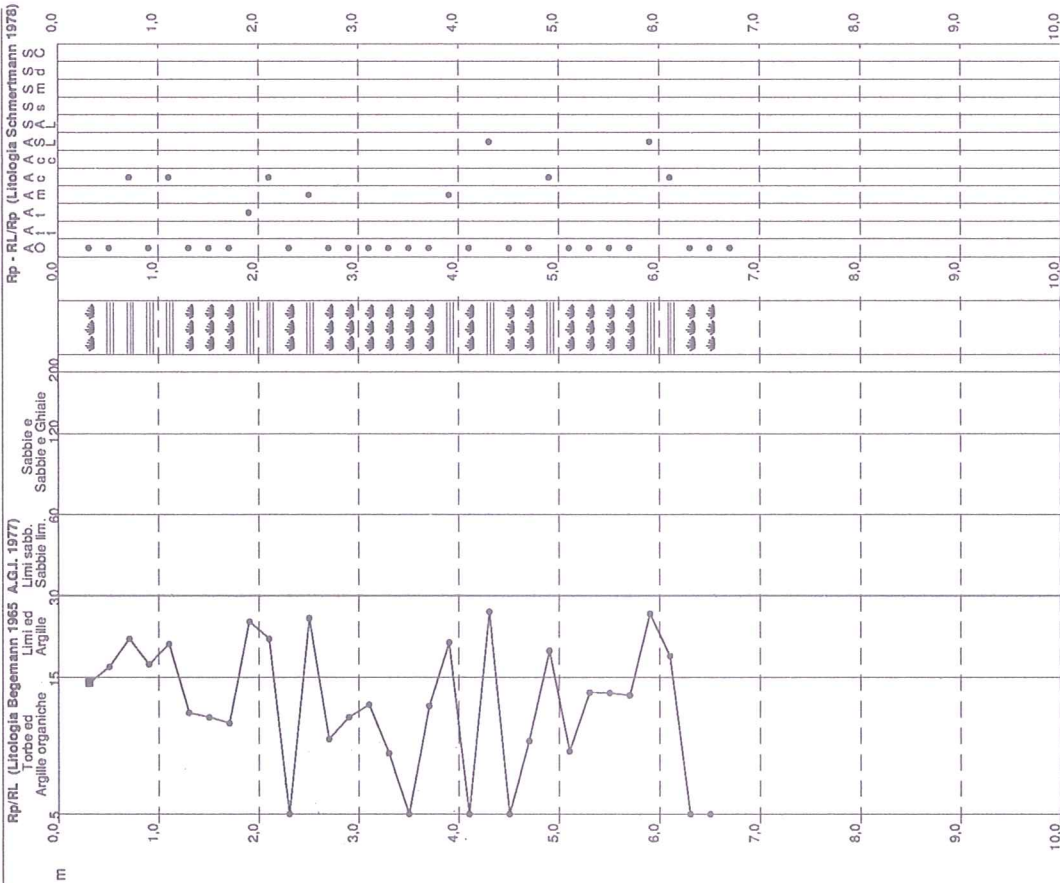
- committente : Dr Geol. Giovanni Giorni  
- data : 24/02/2011  
- lavoro : Piano Campagna  
- localita' : Palazzolo - SanSepolcro (AR)  
- note :  
- quota inizio :  
- prof. falda :  
- scala vert.: 1 : 50



**PROVA PENETROMETRICA STATICA**  
**VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

- committente : Dr Geol. Giovanni Giorni  
- lavoro : Palazzolo - SanSepolcro (AR)  
- località :  
- note :

- data : 24/02/2011  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 50



**PROVA PENETROMETRICA STATICA**  
**TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

- committente : Dr Geol. Giovanni Giorni  
- lavoro : Palazzolo - SanSepolcro (AR)  
- località :  
- note :

- data : 24/02/2011  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof. m	qc kg/cm²	qc qd kg/cm²	Natura	Y	d <sub>vo</sub>	Cu	OCR	Eurod Eurod	Mo	Dr	e1s	e2s	e3s	e4s	e5s	Emy	Amsug	E50	E25	Mo	
								kg/cm²	kg/cm²	%	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)						
0.20	15	1.77	1.85	0.04	0.30	35.2	1	18	0												
0.50	8	1.77	1.85	0.11	0.40	31.2	1	66	102												
0.80	17	2.00	1.85	0.15	0.55	33.5	1	53	86												
1.10	18	2.11	1.85	0.22	0.75	28.8	1	128	191												
1.40	0	1.77	1.85	0.30	0.48	10.0	1	17	25												
1.70	5	1.77	1.85	0.33	0.25	4.4	1	17	25												
2.00	4	1.77	1.85	0.31	0.60	10.3	1	104	154												
2.30	5	1.77	1.85	0.42	0.25	2.0	1	29	42												
2.60	8	1.77	1.85	0.55	0.30	2.0	1	31	48												
2.90	5	1.77	1.85	0.53	0.25	2.0	1	30	45												
3.20	4	1.77	1.85	0.57	0.20	1.4	1	25	39												
3.50	3	1.77	1.85	0.79	0.25	2.3	1	40	60												
3.80	7	1.77	1.85	0.74	0.35	2.5	1	180	260												
4.10	2	1.77	1.85	0.85	0.40	2.4	1	213	320												
4.40	6	1.77	1.85	0.85	0.40	2.4	1	213	320												
4.70	8	1.77	1.85	0.89	0.40	2.3	1	217	325												
5.00	13	1.77	1.85	0.86	0.60	3.0	1	271	407												
5.30	12	1.77	1.85	1.00	0.54	3.1	1	270	412												
5.60	9	1.77	1.85	1.07	0.45	2.1	1	240	374												
5.90	10	1.77	1.85	1.11	0.70	3.5	1	313	439												
6.20	11	1.77	1.85	1.18	0.54	2.5	1	280	435												
6.50	4	1.77	1.85	1.26	1.57	10.7	1	317	470												
6.80	300	1.77	1.85	1.26	1.57	10.7	1	317	470												

**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

2.01PG05-079

- committente : Dr Geol. Giovanni Giorni  
- data : 24/02/2011  
- lavoro : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- localit  : Palazzolo - SanSepolcro (AR)  
- note : 1

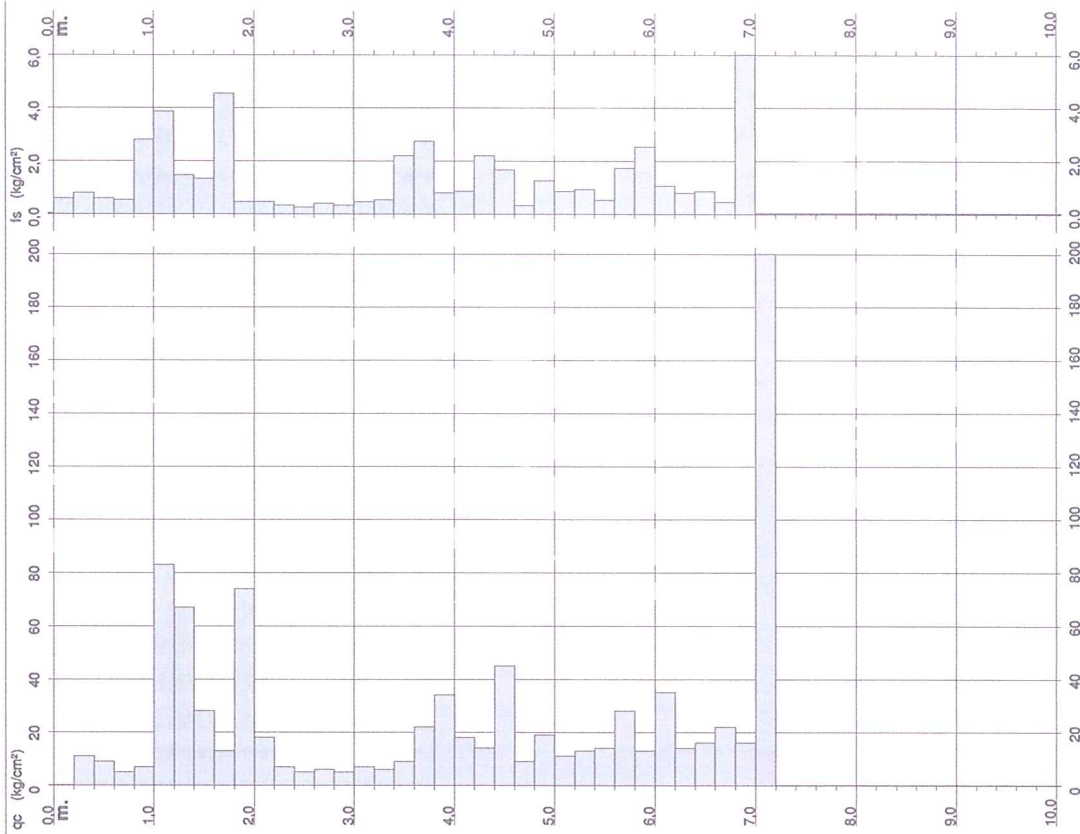
Prof. m	Letture di campagna punta laterale	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna punta laterale	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs
0,20	11,0	11,0	0,60	14,0	3,80	22,0	22,0	2,73	8,0
0,40	9,0	9,0	0,80	15,0	4,00	34,0	34,0	0,80	42,0
0,60	21,0	21,0	0,60	15,0	4,20	18,0	18,0	0,87	21,0
0,80	5,0	5,0	0,59	9,0	4,40	14,0	14,0	2,20	6,0
1,00	7,0	7,0	2,80	3,0	4,60	45,0	45,0	1,67	27,0
1,20	83,0	83,0	3,67	21,0	4,80	9,0	9,0	0,33	27,0
1,40	67,0	67,0	1,47	46,0	5,00	19,0	19,0	1,27	15,0
1,60	28,0	28,0	1,33	21,0	5,20	11,0	11,0	0,87	13,0
1,80	13,0	13,0	4,53	3,0	5,40	13,0	13,0	0,93	14,0
2,00	74,0	74,0	0,47	159,0	5,60	14,0	14,0	0,53	26,0
2,20	18,0	18,0	0,77	39,0	5,80	28,0	28,0	1,73	16,0
2,40	7,0	7,0	0,33	21,0	6,00	13,0	13,0	2,53	5,0
2,60	5,0	5,0	0,27	19,0	6,20	35,0	35,0	1,07	33,0
2,80	6,0	6,0	0,40	15,0	6,40	14,0	14,0	0,80	17,0
3,00	5,0	5,0	0,53	15,0	6,60	16,0	16,0	0,87	18,0
3,20	7,0	7,0	0,47	15,0	6,80	22,0	22,0	0,47	47,0
3,40	6,0	6,0	0,53	11,0	7,00	16,0	16,0	13,33	1,0
3,60	9,0	9,0	2,20	4,0	7,20	300,0	300,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE C<sub>t</sub> = 10 - Velocit  Avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Begemann e = 35,7 mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manico laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

2.01PG05-079

- committente : Dr Geol. Giovanni Giorni  
- data : 24/02/2011  
- lavoro : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- localit  : Palazzolo - SanSepolcro (AR)  
- scala vert.: 1 : 50





**PENETROMETRO DINAMICO IN USO : EMILIA (20)**

TIPO	Stigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	M ≤ 10
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40
Pesante	DPH (Heavy)	40 ≤ M < 60
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	M ≥ 60

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici

**CARATTERISTICHE TECNICHE : EMILIA (20)**

- PESO MASSA BATTENTE M = 63.50 kg
- ALTEZZA CADUTA LIBERA H = 0,75 m
- PESO SISTEMA BATTUTA Ms = 0,50 kg
- DIAMETRO PUNTA CONICA D = 50,50 mm
- AREA BASE PUNTA CONICA A = 20,00 cm<sup>2</sup>
- ANGOLO APERTURA PUNTA α = 90°
- LUNGHEZZA DELLE ASTE La = 1,00 m
- PESO ASTE PER METRO Ma = 6,30 kg
- PROF. GIUNZIONE 1<sup>a</sup> ASTA P1 = 0,80 m
- AVANZAMENTO PUNTA δ = 0,20 m
- NUMERO DI COLPI PUNTA N = N(20) ⇒ Relativo ad un avanzamento di 20 cm
- RIVESTIMENTO / FANGHI NO
- ENERGIA SPECIFICA x COLPO Q = (MH)/(Aδ) = 11,91 kg/cm<sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7,83 kg/cm<sup>2</sup> )
- COEFF.TEORICO DI ENERGIA βt = Q/Qspt = 1,521 ( teoricamente : Nspt = βt N )

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$Rpd = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A] M = peso massa battente (altezza caduta H)  
e = infissione per colpo = δ / N P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)
1 kg/cm <sup>2</sup> = 0.098067 MPa
1 MPa = 1 MN/m <sup>2</sup> = 10.197 kg/cm <sup>2</sup>
1 bar = 1.0197 kg/cm <sup>2</sup> = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

DIN 3

- committente : Dr Geol. Giorni Giovanni  
- lavoro : Palazzolo - SanSepolcro (AR)  
- località :  
- note :  
- data : 24/02/2011  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r) asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r) asta
0,00 - 0,20	1	10,8	1	3,80 - 4,00	2	15,8	5
0,20 - 0,40	6	64,5	1	4,00 - 4,20	2	15,8	5
0,40 - 0,60	5	53,8	1	4,20 - 4,40	2	15,8	5
0,60 - 0,80	5	53,8	1	4,40 - 4,60	2	15,8	5
0,80 - 1,00	4	39,5	2	4,60 - 4,80	3	23,8	5
1,00 - 1,20	2	19,7	2	4,80 - 5,00	2	14,9	6
1,20 - 1,40	2	19,7	2	5,00 - 5,20	5	37,1	6
1,40 - 1,60	4	39,5	2	5,20 - 5,40	3	22,3	6
1,60 - 1,80	2	19,7	2	5,40 - 5,60	4	29,7	6
1,80 - 2,00	3	27,4	3	5,60 - 5,80	3	22,3	6
2,00 - 2,20	2	18,2	3	5,80 - 6,00	3	21,0	7
2,20 - 2,40	1	9,1	3	6,00 - 6,20	5	35,0	7
2,40 - 2,60	2	18,2	3	6,20 - 6,40	3	21,0	7
2,60 - 2,80	2	18,2	3	6,40 - 6,60	4	28,0	7
2,80 - 3,00	2	17,0	4	6,60 - 6,80	5	35,0	7
3,00 - 3,20	2	17,0	4	6,80 - 7,00	4	26,4	8
3,20 - 3,40	2	17,0	4	7,00 - 7,20	13	85,9	8
3,40 - 3,60	2	17,0	4	7,20 - 7,40	50	330,4	8

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : EMILIA (20)  
- M (massa battente)= 63,50 kg - H (altezza caduta)= 0,75 m - A (area punta)= 20,00 cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= 50,50 mm  
- Numero Colpi Punta N = N(20) [ δ = 20 cm ] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : NO

committente : Dr. Geol. Giorni Giovanni  
 lavoro : Palazzolo - SanSepolcro (AR)  
 localita' :  
 note :

data : 24/02/2011  
 quota inizio :  
 prof. falda : Falda non rilevata  
 pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt
			M	min	Max	1/2(M-min)	s	M-s			
1	0,00	1,00	4,2	1	6	2,6	...	...	4	1,52	6
			44,5	11	65	27,6	...	...	42		
2	1,00	4,60	2,1	1	4	1,6	...	...	1,5	2,7	3
			16,9	9	40	13,9	6,2	12,6	25,0	18	
3	4,60	7,00	3,7	2	5	2,8	1,0	2,7	4,7	4	6
			26,4	15	37	20,6	6,8	19,6	33,2	29	
4	7,00	7,40	31,5	13	50	22,3	...	...	32	1,52	49
			206,2	86	330	147,0	...	...	212		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,52) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 20 cm)

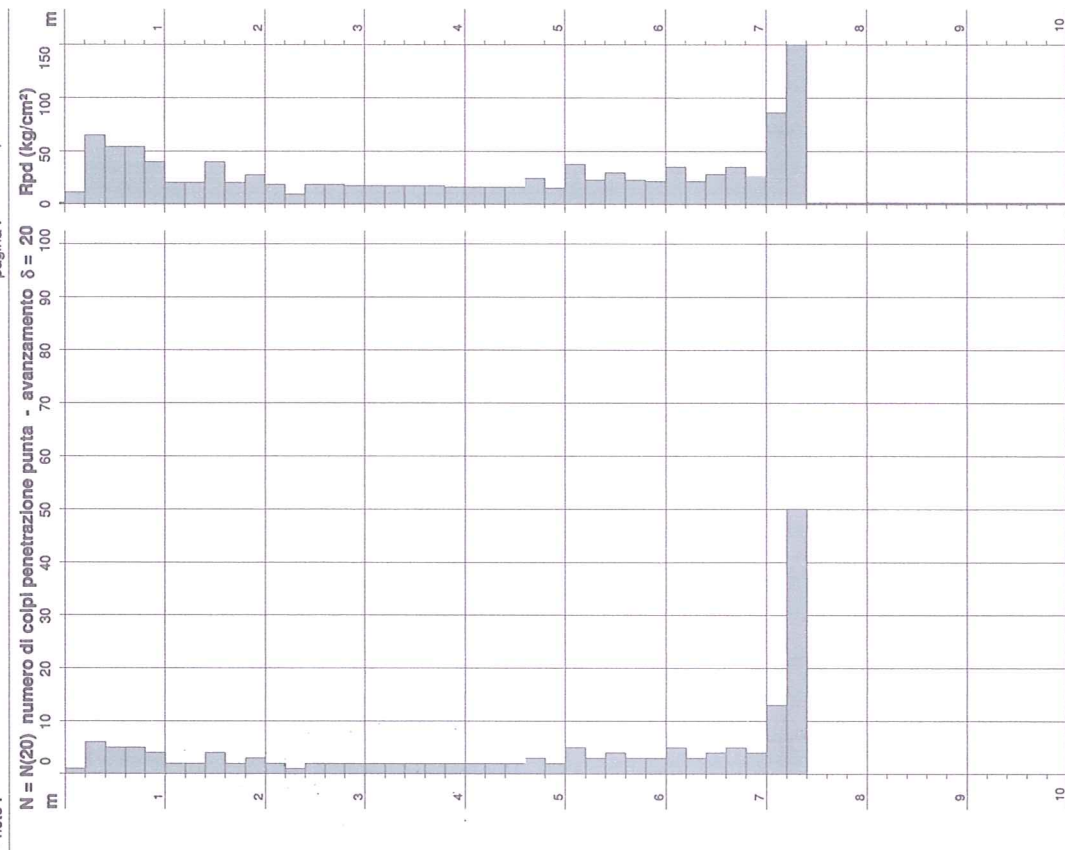
Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	NATURA GRANULARE						NATURA COESIVA		
			DR	φ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0,00	1,00	21,7	28,4	238	1,89	1,43	0,38	1,85	37	1,000
2	1,00	4,60	11,3	27,2	214	1,86	1,38	0,19	1,78	44	1,194
3	4,60	7,00	21,7	28,4	238	1,89	1,43	0,38	1,85	37	1,000
4	7,00	7,40	64,0	40,8	589	2,15	1,84	3,06	2,37	09	0,240

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)  
 DR % = densità relativa φ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (t) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

committente : Dr. Geol. Giorni Giovanni  
 lavoro : Palazzolo - SanSepolcro (AR)  
 localita' :  
 note :

data : 24/02/2011  
 quota inizio :  
 prof. falda : Falda non rilevata  
 pagina : 1





**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

2.01PG05-079

- committente : Dr Geol. Giovanni Giorni  
- lavoro : Palazzolo - SanSepolcro (AR)  
- località :  
- note :  
- data : 24/02/2011  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

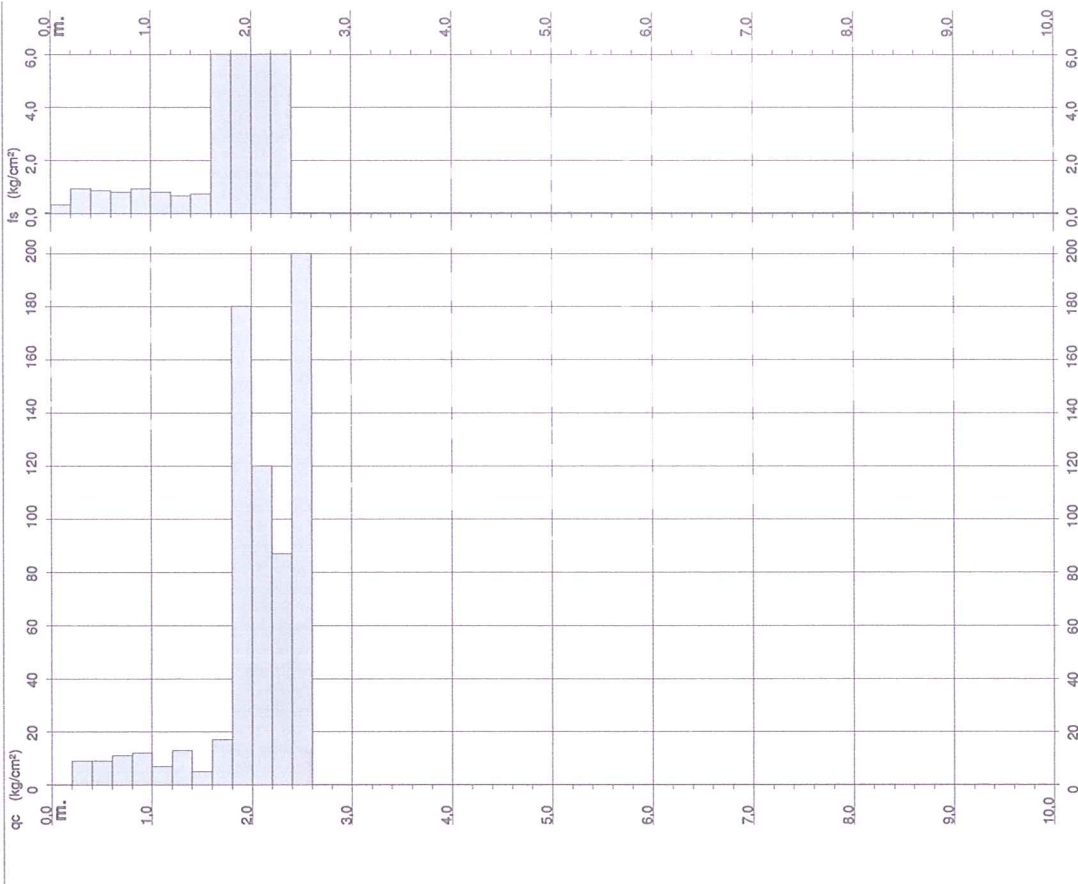
Prof. m	Letture di campagna punta laterale	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna punta laterale	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs
0,20	14,0	9,0	0,33	10,0	1,60	5,0	15,0	5,0	0,73
0,40	9,0	9,0	0,93	10,0	1,80	17,0	28,0	17,0	10,00
0,60	23,0	9,0	0,87	10,0	2,00	180,0	330,0	180,0	7,33
0,80	11,0	24,0	0,80	14,0	2,20	120,0	230,0	120,0	10,87
1,00	12,0	24,0	0,93	13,0	2,40	87,0	250,0	87,0	13,33
1,20	7,0	21,0	0,80	9,0	2,60	300,0	500,0	300,0	-----
1,40	13,0	25,0	0,67	19,0					7,0

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE C<sub>t</sub> = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Bergmann ø = 95,7 mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manico laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

2.01PG05-079

- committente : Dr Geol. Giovanni Giorni  
- lavoro : Palazzolo - SanSepolcro (AR)  
- località :  
- data : 24/02/2011  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 50



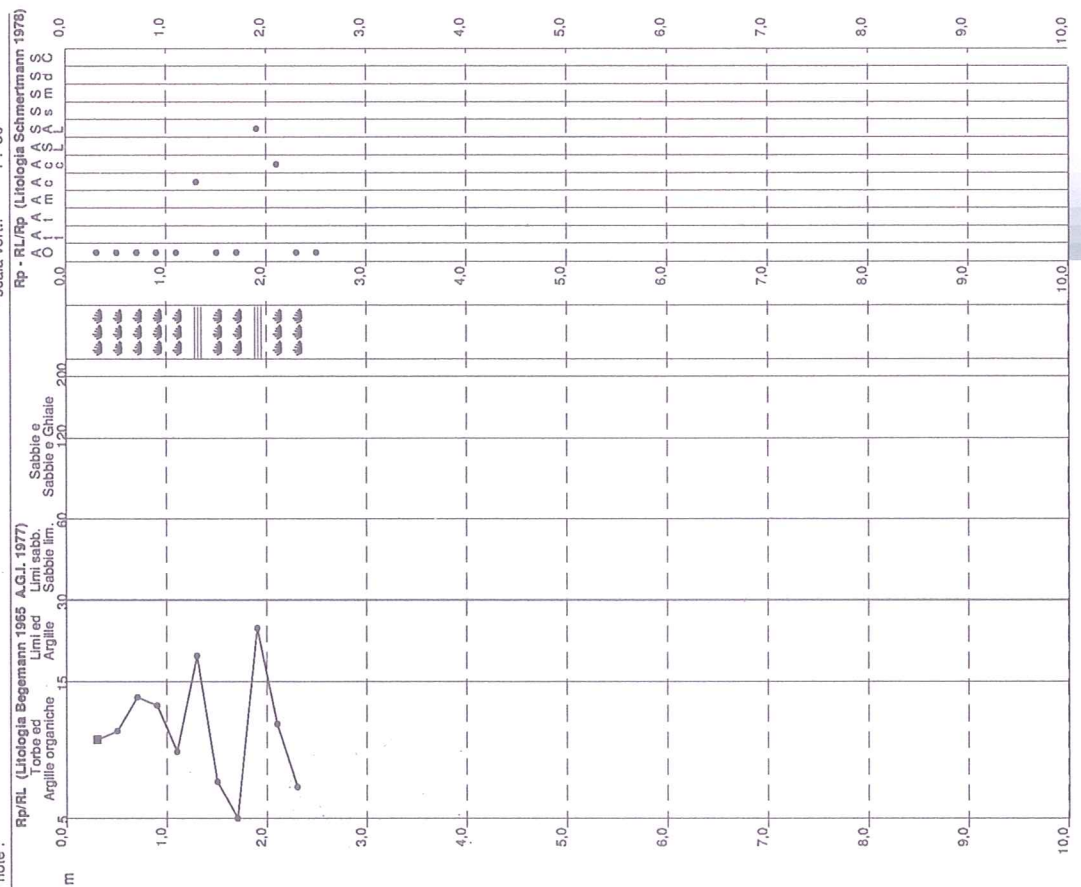
**PROVA PENETROMETRICA STATICA**  
**TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

- committente : Dr. Geol. Giovanni Giorni  
- lavoro : Piano Campagna  
- localita' : Palazzolo - SanSepolcro (AR)  
- note :  
- data : 24/02/2011  
- quota inizio : Falda non rilevata  
- prof. falda :  
- pagina : 1

Prof. m	qc kg/cm <sup>2</sup>	qc <sub>15</sub> kg/cm <sup>2</sup>	Natura	Y Lital.	Y Lital.	d <sub>50</sub> mm	Cu	OCR	Eu25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	e25 (%)	e35 (%)	e45 (%)	emv (%)	Amstug (%)	E50 kg/cm <sup>2</sup>	E75 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>
0,20	1,35	0,04	777	1,35	0,04	0,45	20,1	11	77	115	38								
0,40	1,35	0,11	2777	1,35	0,11	0,54	31,4	91	127	42									
0,60	1,35	0,15	2777	1,35	0,15	0,54	31,4	14	21	11									
0,80	1,35	0,22	1111	1,35	0,22	0,35	11,1	103	154	47									
1,00	1,35	0,25	2777	1,35	0,25	0,50	18,1	125	154	54									
1,40	1,35	0,25	2777	1,35	0,25	0,50	18,1	100	100	100									
1,80	1,35	0,33	2777	1,35	0,33	0,72	28,6	89,8	100	100									
2,20	1,35	0,37	4777	1,35	0,37	0,60	24,0	99,8	100	100									
2,40	1,35	0,44	1877	1,35	0,44	2,80	65,6	87	40	281									
2,80	1,35	0,48	3777	1,35	0,48	2,80	65,6	100	483	740	281								

**PROVA PENETROMETRICA STATICA**  
**VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

- committente : Dr. Geol. Giovanni Giorni  
- lavoro : Piano Campagna  
- localita' : Palazzolo - SanSepolcro (AR)  
- note :  
- data : 24/02/2011  
- quota inizio : Falda non rilevata  
- prof. falda :  
- scala vert.: 1 : 50





**OSSERVATORIO SISMICO  
"ANDREA BINA"**

B. go XX Giugno, 74 06100 PERUGIA. Tel. 075/34060 P. I.V.A. 01796550547

**INDAGINI DI SISMICA A RIFRAZIONE  
Località: Sansepolcro (AR)**

In base a quanto previsto dalle N.T.C. 14/01/2008  
Coordinate geografiche indicative:  
Lat. 43.55864 Long. 12.15489



Data: Febbraio 2011

Il Direttore  
(Padre *ANDREA BINA* S. Ciriaco)



**OSSERVATORIO SISMICO  
"ANDREA BINA"**

B. go XX Giugno, 74 06100 PERUGIA. Tel. 075/34060 P. I.V.A. 01796550547

**INDAGINI GEOFISICHE  
PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE SH**

**DATI TECNICI**  
Ambito indagine: Sansepolcro (AR)  
Tipo di indagini: 1) Acquisitore PAsI mod. 16S/24 (dinamica 24 bit);  
Località: Sansepolcro (AR)  
Strumentazione: Per il parametro Vs30: n. 1 stendimento sismico in onde S (A-B onde SH lunghezza 120 m)

**INTRODUZIONE**

E' stata realizzata, nei pressi di Sansepolcro, una campagna di sismica a rifrazione, con lo scopo di ricostruire l'assetto sismostratigrafico dei livelli più superficiali e di fornire la velocità delle onde S entro i primi trenta metri, così come indicato dalle N.T.C. del 14/01/2008.

Per la valutazione del parametro Vs30, la campagna geofisica è stata eseguita attraverso l'esecuzione di:  
- n. 1 profilo di sismica a rifrazione con stendimento sismico di 120 m. Il sito non permetteva di realizzare un profilo più lungo. La lunghezza, comunque, si è rilevata sufficiente per la valutazione della categoria si sottosuolo. Il profilo in onde S (SH) è stato effettuato con geofoni 14 Hz orizzontali e con energizzazione per onde SH.

In rifrazione sono stati realizzati cinque punti di energizzazione e si è acquisito con 24 canali. La spaziatura intergeofonica corrisponde a 5.0 m. E' stato energizzato con martello pesante con batuta su un piano verticale (su una trave di legno posta con asse maggiore perpendicolare allo stendimento, con contrappeso). La trave non è stata ancorata a terra ma solamente appoggiata. I sismogrammi sono stati acquisiti con sismografo ad alta dinamica e l'elaborazione è avvenuta in tecnica tomografica. Il software utilizzato elabora un modello teorico compiendo alcune migliaia di iterazioni sulla base dei primi arrivi delle onde sismiche trasversali. Tale modello viene affinato automaticamente fino a che i dati teorici coincidono il più possibile con quelli acquisiti direttamente nella campagna di indagini sismiche. Attraverso questo tipo di elaborazioni, si riducono sensibilmente gli eventuali errori dovuti a fattori soggettivi di interpretazione. L'elaborato finale fornisce la velocità relativa a singole celle avvenuti lati inferiori ai due metri. In questo modo possono essere riconosciute con chiarezza anche anomalie laterali di velocità.



#### LOCALIZZAZIONE DEL PROFILO SISMICO



Il profilo sismico a rifrazione in onde SH assume una lunghezza di 120 m.

#### INDAGINI GEOFISICHE CON TECNICHE A RIFRAZIONE

##### Applicazioni:

- Stratigrafia geologica a piccola e media profondità
- Determinazione della profondità del substrato roccioso
- Studio di fondazioni
- Indagini preliminari per la realizzazione di grandi opere (ferrovie, strade, oleodotti)
- Valutazione del costo di operazioni di scavo e sbancamento
- Valutazione depositi di ghiaia, sabbia, argilla
- Ricerche minerarie

##### Metodologia:

La sismica a rifrazione consente di determinare con buona approssimazione la stratigrafia del sottosuolo, limitando così - con notevole risparmio di tempo e denaro - il numero di sondaggi geognostici da effettuare nell'area da investigare. Un'apparecchiatura per sismica a rifrazione è costituita generalmente da un sismografo e da un gruppo di geofoni (freq. 10-14 Hz); si tratta di energizzare il terreno mediante l'onda d'urto prodotta dall'esplosione di una piccola carica o dall'impatto di una mazza di battuta. Il compito del sismografo è quello di misurare il tempo impiegato dalla perturbazione sismica indotta nel terreno a percorrere la distanza tra la sorgente e ciascun geofono, opportunamente spaziatto lungo un profilo. La velocità di propagazione dell'onda sismica dipende dalle caratteristiche elastiche del sottosuolo e dalla sua conformazione; la relazione tra velocità dell'onda e distanza sorgente-geofono (dromocrona) consente - applicando una serie di formule matematiche - di risalire agli spessori degli strati esistenti nel sottosuolo.

#### APPARECCHIATURA NECESSARIA PER LA SISMICA A RIFRAZIONE

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si deve comporre delle seguenti parti:

- Sistema sorgente;
- Sistema di ricezione;
- Sistema di acquisizione dati;
- Trigger.

#### SCHEMA DELLA PROVA

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche orizzontali per le onde SH e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori a componente orizzontale.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde P ed SH può scomporsi in queste fasi fondamentali:

- Individuazione del primo arrivo in SH;
- Ricostruzione delle dromocrona e relativa interpretazione in SH.



**SISMOGRAFO PER RIFRAZIONE FASI 16 S**

**Funzioni principali:**

- Attivazione filtri: in acquisizione o post-acquisizione
- Filtri antialiasing: attivi, LPF, 6° ordine Butterworth; pend.asint.-36dB/oct (-120dB/dec); accuratezza: ±1% freq.di taglio
- Start acquisizione: con trigger esterno o comando software (ASAP)
- Trigger: hammer o geofono starter (7 livelli di sensibilità selezionabili via software); inibizione impulsi dovuti a rimbalzi; segnalazione di accettazione impulso
- Guadagni: tutti selezionabili via software
- Enhancement con/ senza preview totale/ parziale
- Marker per determinare la posizione dei punti video sulla scala dei tempi
- A.G.C. Automatic Gain Control
- Delay: Pre-trigger 0-10ms (step di 1ms); Post-trigger 0-16000ms (step di 1ms)
- Visualizzazione in wiggle-trace o area variabile
- Noise-monitor con visualizzazione "real time" a cascata
- Determinazione risorse disponibili sullo strumento in funzione dello spazio libero su disco
- Trace-size automatica o manuale per ogni canale
- Registrazione automatica delle acquisizioni
- Scaricamento dati a PC via porta seriale tramite software dedicato PCLINK32
- Scaricamento dati a periferiche con collegamento su porta parallela (es. I/Omega ZIP o JAZZ)
- Calibrazioni automatiche: doppia taratura offset, taratura ingressi su tensione di riferimento, taratura guadagno
- Codifica dati in formato SEG-2

**CARATTERISTICHE TECNICHE**

- Processore: Pentium 266 Intel
- Trattamento dati: Floating Point 32-bit
- Ambiente operativo: Windows®
- Interfaccia multilingue: Italiano, Inglese, Francese, Spagnolo, etc.
- Numero canali: 24
- Puntamento: VersaPoint Mouse
- Display: VGA a colori in LCD-TFT 10.4"
- Supporto di memorizzazione: Hard-Disk 3.2 Gb
- Risoluzione di acquisizione: 24bit con sovracampionamento e post-processing
- Stampante (opzionale): Seiko DPU-414 thermal printer
- Porte dati esterne: RS232, parallela, stampante
- Sensore ambiente interno: temperatura
- Protezioni termiche: prevenzione e controllo surriscaldamenti interni (warning sul display e blocco)
- Compatibilità dati acquisiti: SEG-2
- Connettori cavo geofoni: standard NK-27-21C
- Alimentazione: 12VDC (batteria esterna su richiesta); allarme di batteria scarica
- Temperatura di funzionamento: 0°C + 55°C;
- Umidità: 5% + 90% non condensante
- Dimensioni fisiche: 50x40x22cm (valigia antiurto)
- Peso: 16 kg



**GEOFONI**

Sono stati utilizzati geofoni orizzontali (per le onde SH) per sismica a rifrazione. Si tratta di sensori elettromagnetici con frequenza propria di 14 Hz. Sono di tipo elettromagnetico a bobina mobile. Tali dispositivi convertono il movimento del suolo causato dall'energizzazione in tensione. Ogni geofono è collegato, tramite il cavo principale, all'acquisitore.

**SORGENTE DI ENERGIA**

Per realizzare i profili sismici richiesti è stato più che sufficiente energizzare con martello pesante. Ciò dipende anche dal fatto che l'acquisitore possiede un'elevata dinamica e un potente sistema di amplificazione del segnale sismico.

**TRIGGER**

Come sistema di trigger per fornire il tempo zero all'acquisitore, è stato utilizzato un accelerometro piezoelettrico posto in corrispondenza della testa del martello pesante (con sensibilità settabile attraverso il sismografo)

**CONFIGURAZIONE DELLE LINEE SISMICHE**

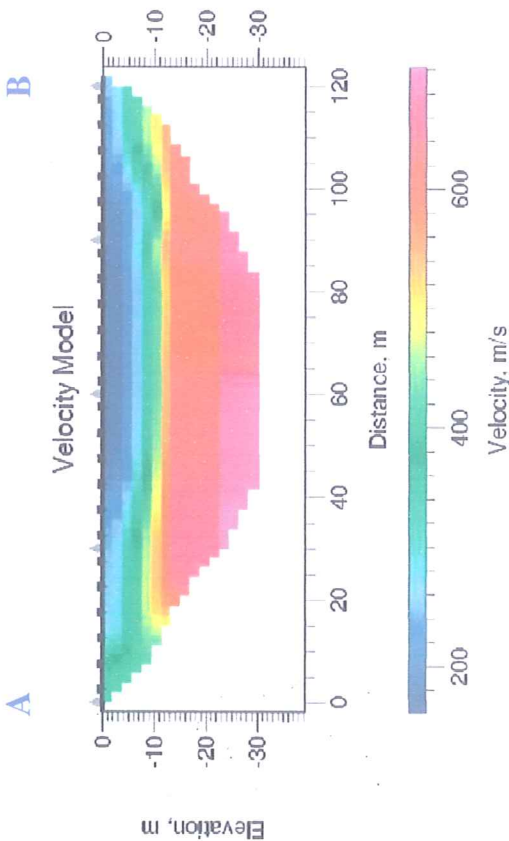
**Punti di energizzazione:**

Per ogni base sismica (profilo) sono state effettuate cinque registrazioni (scoppi o tiri) equidistanti, secondo il seguente schema:

Estremo a sx	Intermedio a sx	Centrale	Intermedio a dx	Estremo a dx
--------------	-----------------	----------	-----------------	--------------



**PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE onde SH: TOMOGRAFIA**  
Sezione A - B onde SH: Modello di velocità (modello multistrato)



**CALCOLO DEL PARAMETRO  $V_{S30}$  lungo lo stendimento A-B**  
(in base a quanto previsto dalle N.T.C. 14/01/2008)

Velocità di propagazione delle Onde di taglio		
$h_i$ (m)	$V_{s,i}$ (m/s)	$h_i/v_s$
1,875	162	0,011574
1,875	174	0,010776
1,875	204	0,009191
1,875	254	0,007382
1,875	329	0,005699
1,875	428	0,004381
1,875	525	0,003571
1,875	601	0,00312
1,875	603	0,003109
1,875	604	0,003104
1,875	607	0,003089
1,875	609	0,003079
1,875	611	0,003069
1,875	613	0,003059
1,875	615	0,003049
1,875	618	0,003034
30		0,080286

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} = 373,6645 \text{ m/s}$$

**CONCLUSIONI**

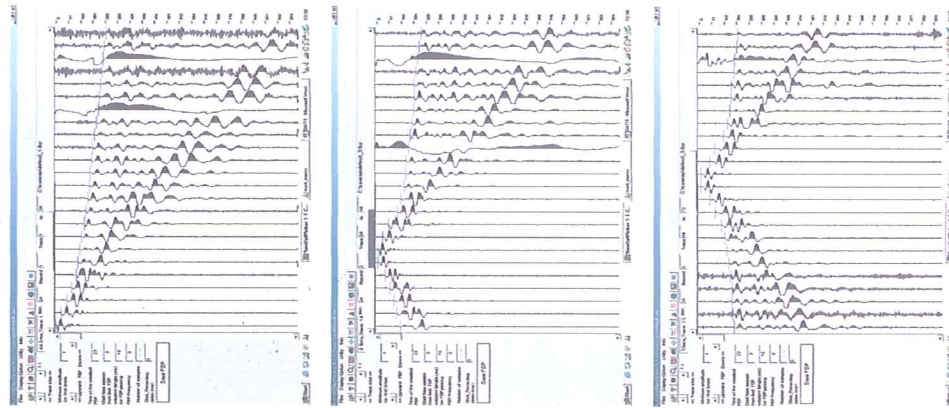
Il calcolo del parametro  $V_{S30}$  è stato effettuato con le modalità prescritte dalle norme tecniche N.T.C. 14/01/2008.  
Il valore medio del parametro  $V_{S30}$  risulta dell'ordine dei 374 m/s.



OSSERVATORIO SISMICO  
"ANDREA BINA"

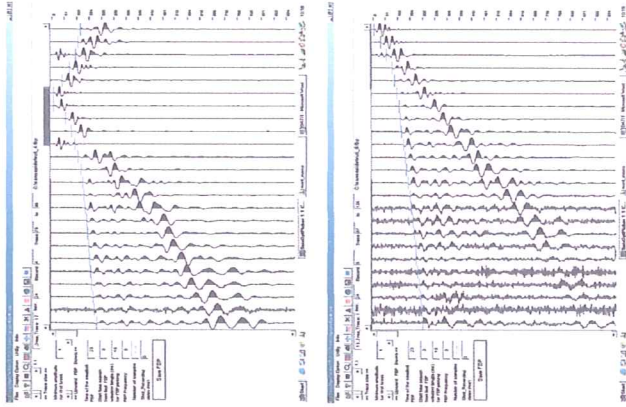
B. go XX Giugno. 74 06100 PERUGIA. Tel. 075/34060 P. I.V.A. 01796550547

SISMOGRAMMI



OSSERVATORIO SISMICO  
"ANDREA BINA"

B. go XX Giugno. 74 06100 PERUGIA. Tel. 075/34060 P. I.V.A. 01796550547





**OSSERVATORIO SISMICO  
"ANDREA BINA"**

B. go. XX Giugno, 74 06100 PERUGIA, Tel. 075/34060 P. I.V.A. 0179650547

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**





## ALLEGATI AL PROGETTO

- Planimetria . . . . . scala 1:25000
- Planimetria . . . . . scala 1:10000
- Carta geologica . . . . . scala 1:15000
- Carta delle aree ad amplificazione sismica . . . . . scala 1:15000
- Carta idrogeologica . . . . . scala 1:10000
- Planimetria litotecnica . . . . . scala 1:5000
- Planimetria pericolosità idraulica . . . . . scala 1:5000
- Vax catastale . . . . . scala 1:2000

## BIBLIOGRAFIA

- MARIO CASADIO, CARLO ELMI – Manuale del geologo (1999).
- C.G. LAI, S. FOTI, M. ROTA – Imput sismico e stabilità geotecnica dei siti di costruzione.
- CONSIGLIO DEI MINISTRI DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE – indirizzi e criteri per la microzonazione sismica.
- T. WILLIAM LAMBE, ROBERT V. WHITMAN – Meccanica dei terreni (1997).
- SOCIETA' GEOLOGICA ITALIANA – Appennino Umbro Marchigiano, Guida Geologica Regionale (1994).
- PIETRO COLOMBO – Elementi di geotecnica (1991).
- L. SCESI, M. PAPINI, P. GATTINONI – Geologia applicata – applicazione ai progetti di ingegneria civile (2008).
- CARLO VIGGIANI - Fondazioni (2003).
- GIOVANNI BATTISTA CASTIGLIONI – Geomorfologia (1992).

## SOFTWARE

- Sistema operativo Gnu/linux Ubuntu 10.04 link: <http://www.ubuntu-it.org/>
- OpenOffice.org 3.3.0 link: <http://it.openoffice.org/>
- Inkscape 0.48 link: <http://www.inkscape.org/>
- Quantum gis 1.7.3 Wroclaw link: <http://www.qgis.org/>
- Grass gis 6.4.1 link: <http://grass.fbk.eu/>
- DISS version 3 link: <http://diss.rm.ingv.it/diss/>
- Google Earth for Linux link: <http://www.google.com/intl/it/earth/index.html>
- Spettri-NTCver. 1.0.3 link: <http://www.cslp.it/cslp/index.php>
- Cartlab



# PLANIMETRIA

- scala 1:25000 -

estratta da  
**I.G.M.**

Carta Topografica d'Italia  
Foglio 289 Sezione IV

Sansepolcro

**SERIE 25**

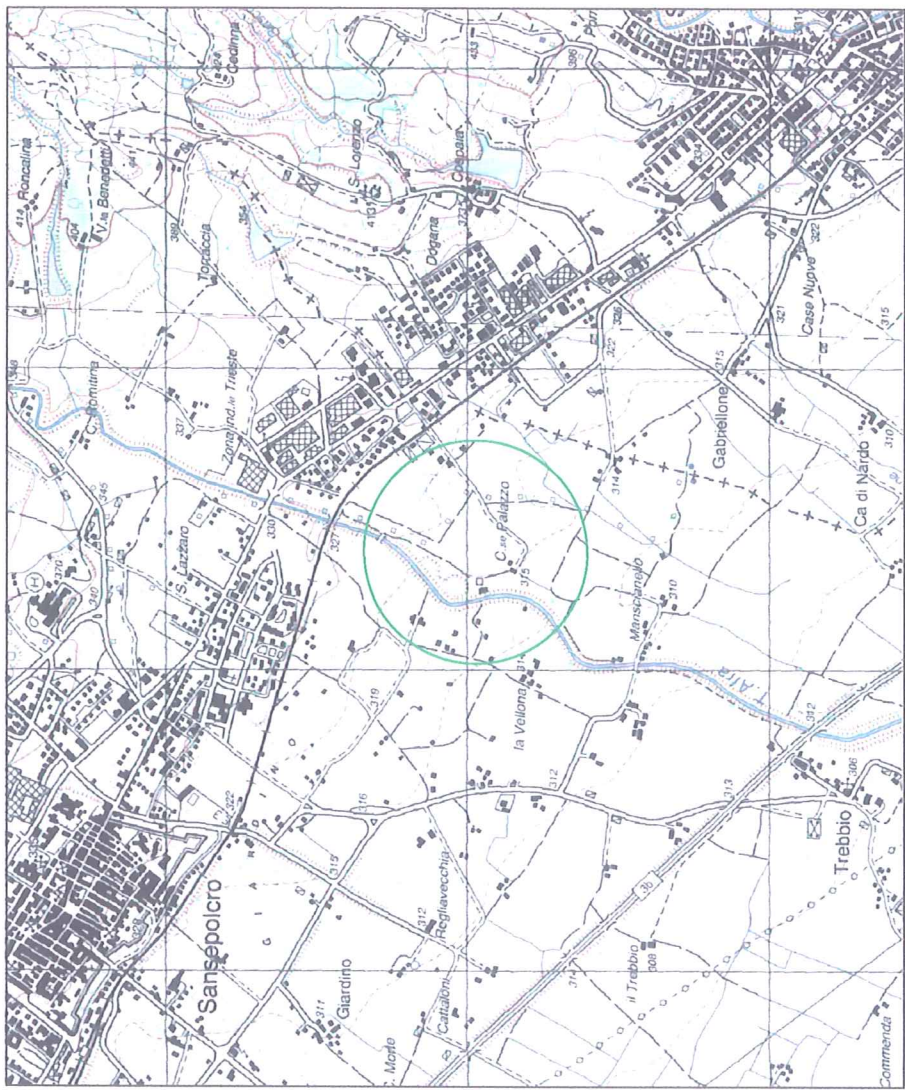


area di indagine



Scala visiva

metri





# PLANIMETRIA

- scala 1:10000 -

Località Pallazzolo

c.t.r. 289 020

Regione Toscana

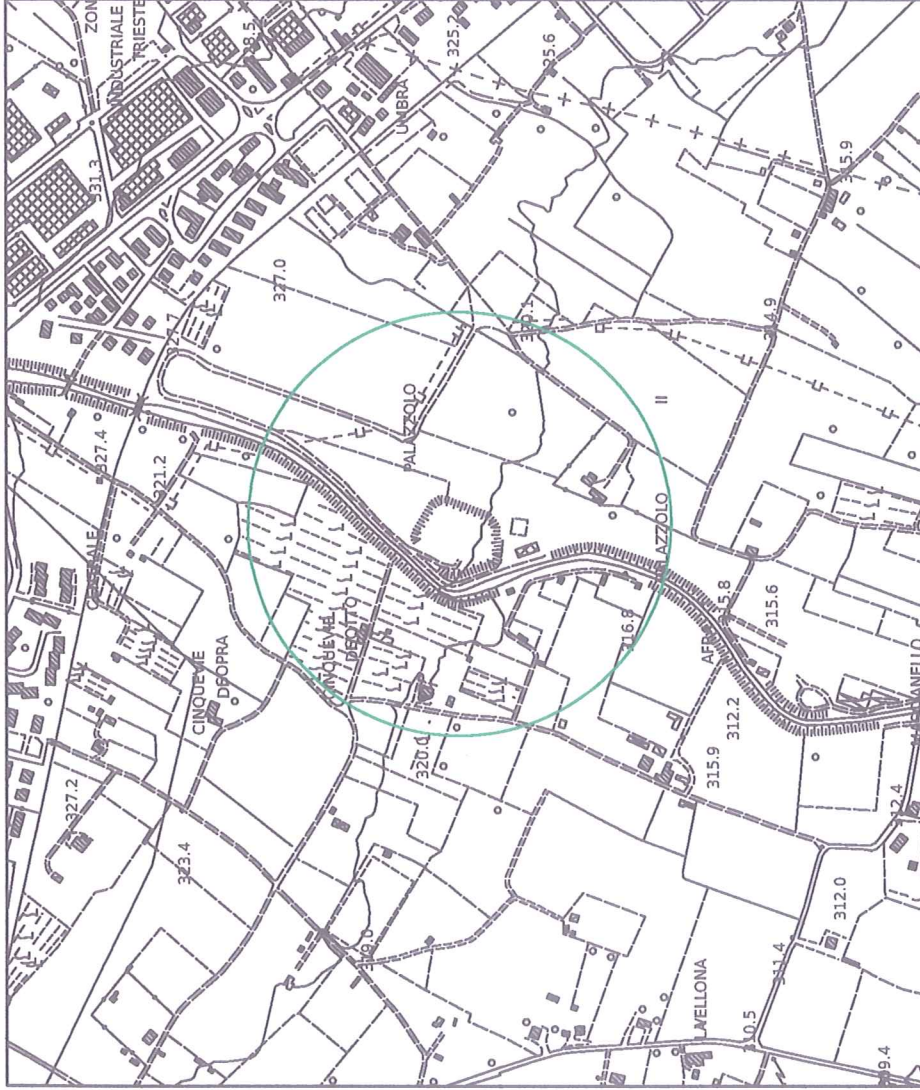


area di studio



Scala visiva

metri





# CARTA GEOLOGICA

- scala 1:15000 -

Località Palazzolo

C. T.R. 289 020  
regione Toscana

legenda



concode di deiezione



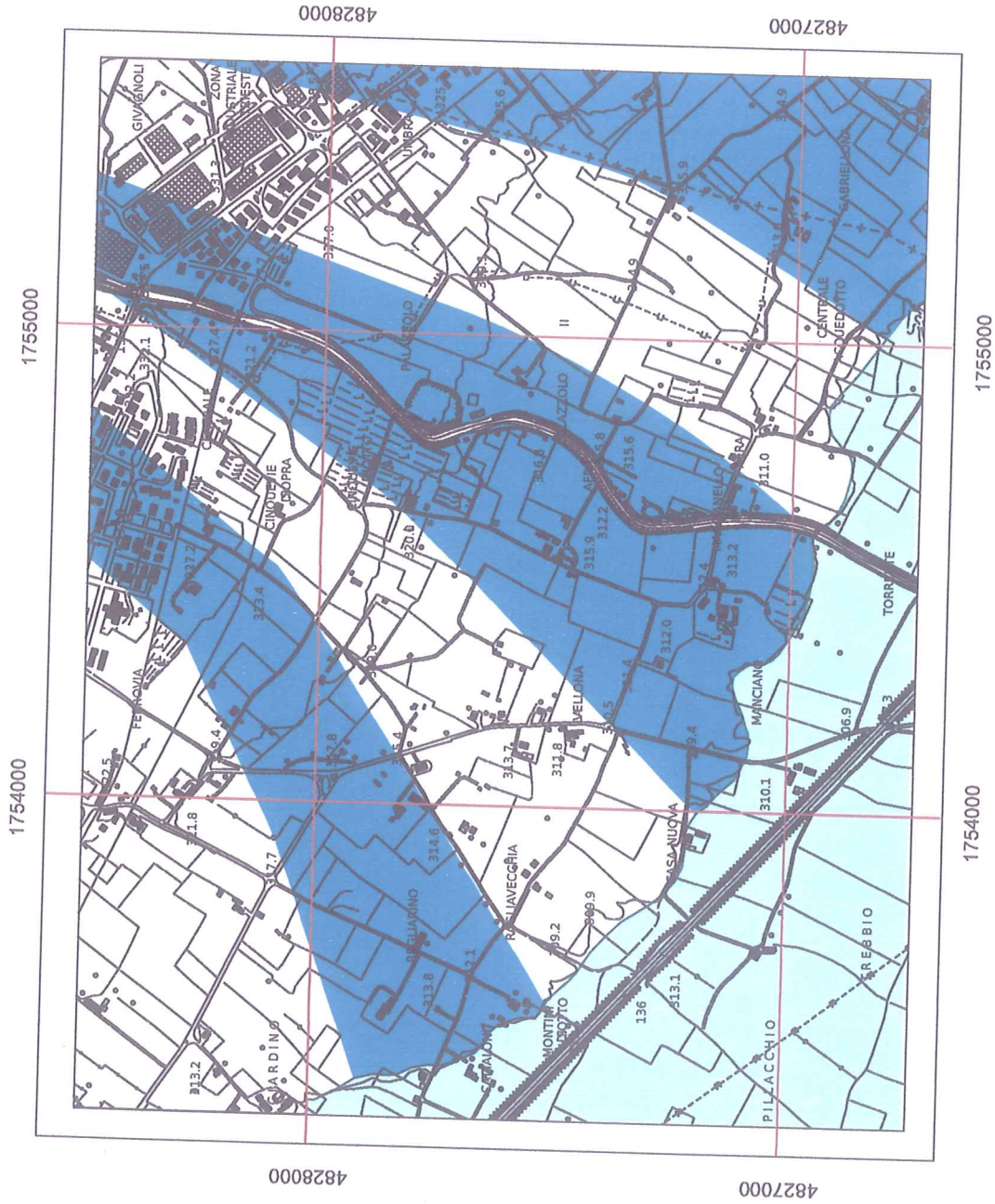
depositi alluvionali

reticolo metrico Gauss Boaga  
EPSG 3003



Scala visiva

metri





# CARTA DELLE AREE AD AMPLIFICAZIONE SISMICA

- scala 1:15000 -

Località Palazzolo

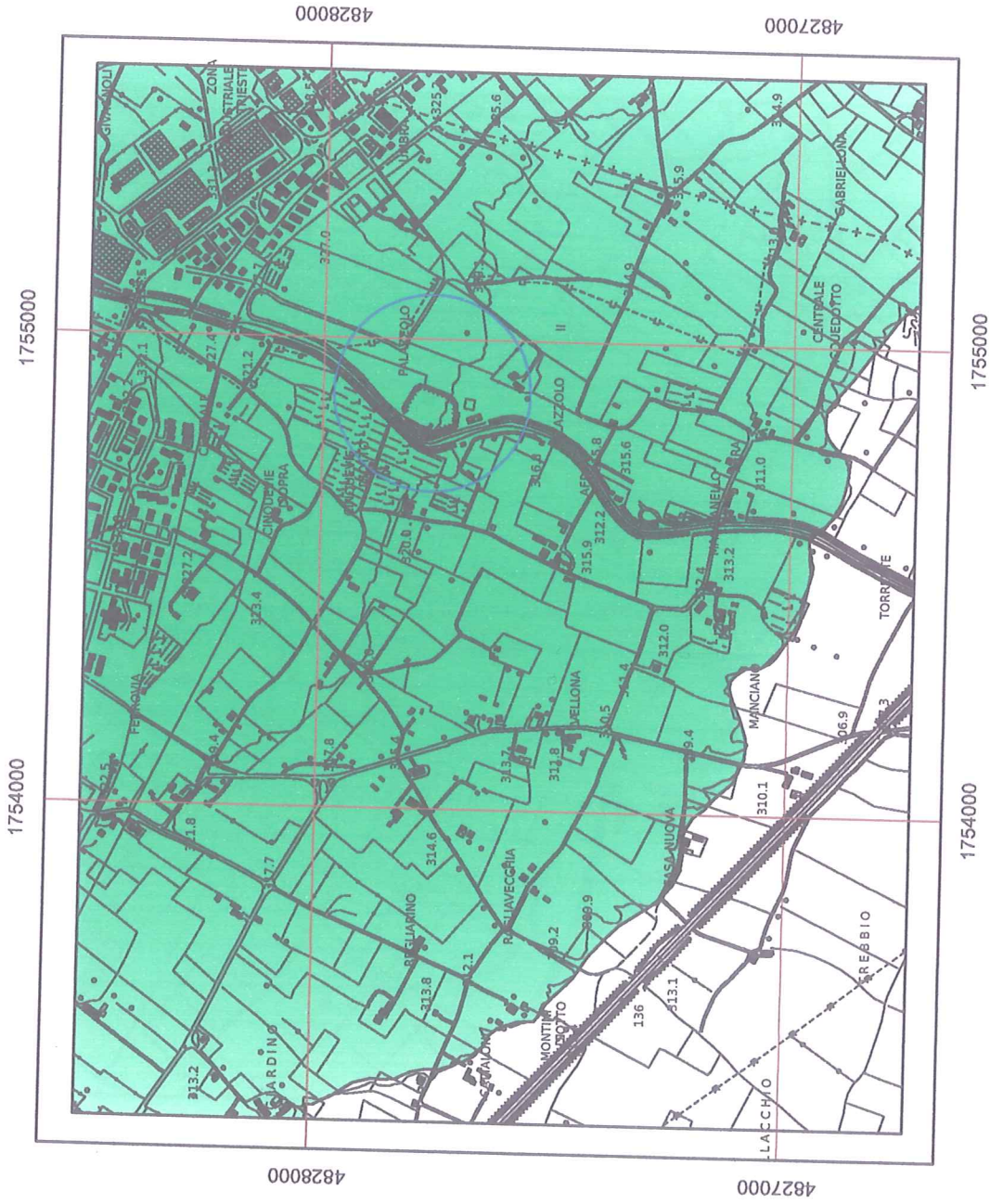
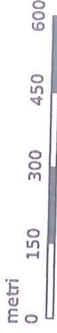
C. I.R. 289 020  
regione Toscana



reticolo metrico Gauss Boaga  
EPSG 3003



Scala visiva



# CARTA IDROGEOLOGICA

- scala 1:10000 -

Località Pallazzolo

c.t.r. 289 020

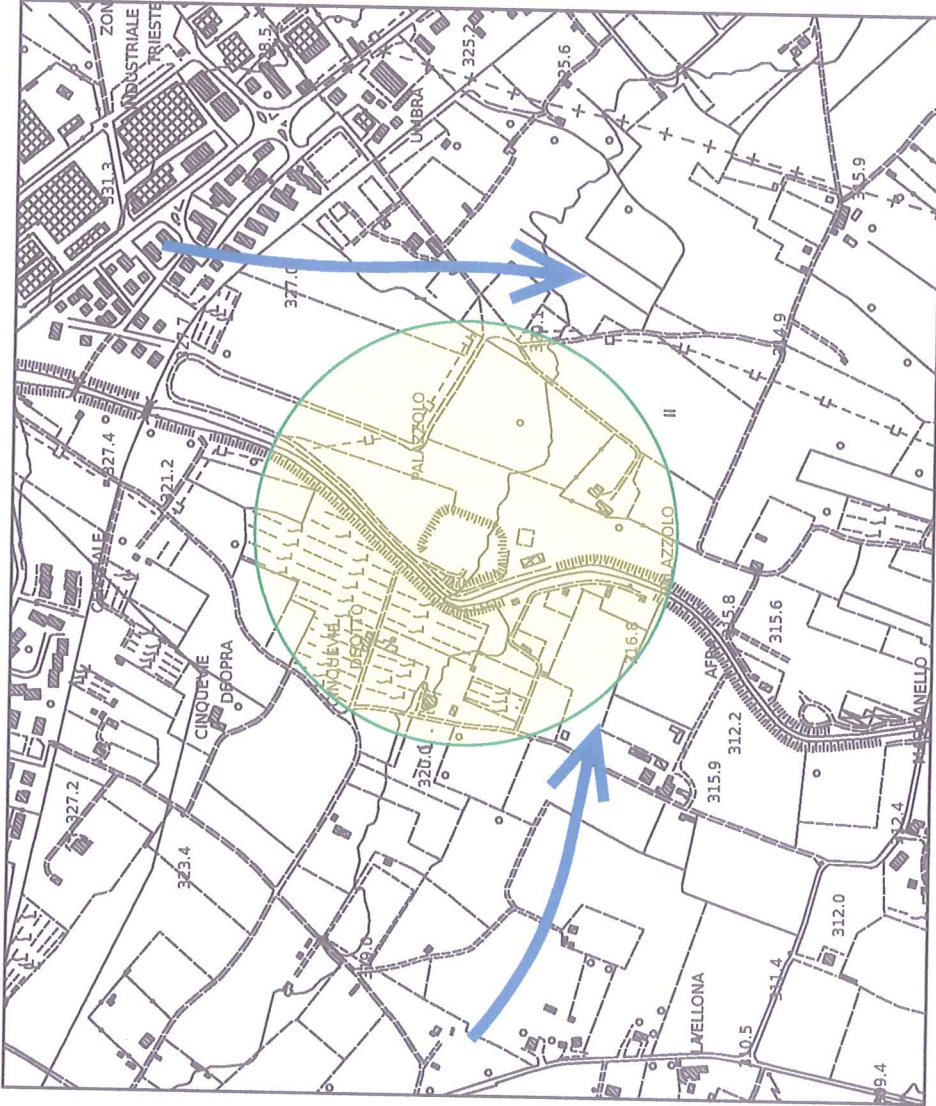
Regione Toscana

grado di vulnerabilità dell'acquifero: medio



Scala visiva

metri



↑ linee di deflusso idrico sotterraneo



# CARTA LITOTECNICA

- scala 1:5000 -

Località Pallazzolo

c.t.r. 289 020  
Regione Toscana

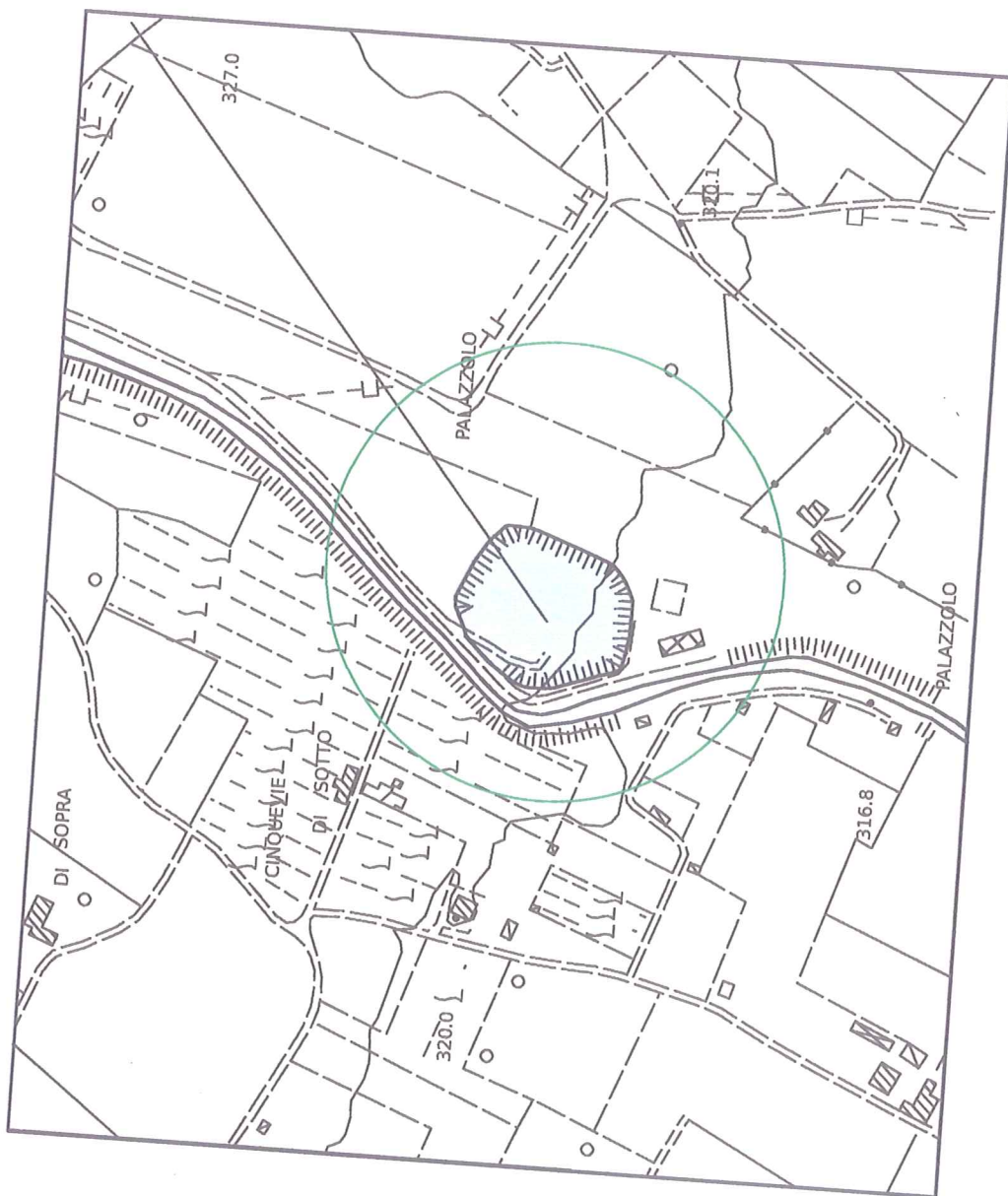


area di studio



Scala visiva

metri



litotipi con prevalenza di limi e argille consistenti



materiale di riporto prevalentemente limo e argilloso bassa consistenza



# CARTA PERICOLOSITÀ IDRAULICA

- scala 1:5000 -

Località Pallazzolo

c.t.r. 289 020

Regione Toscana

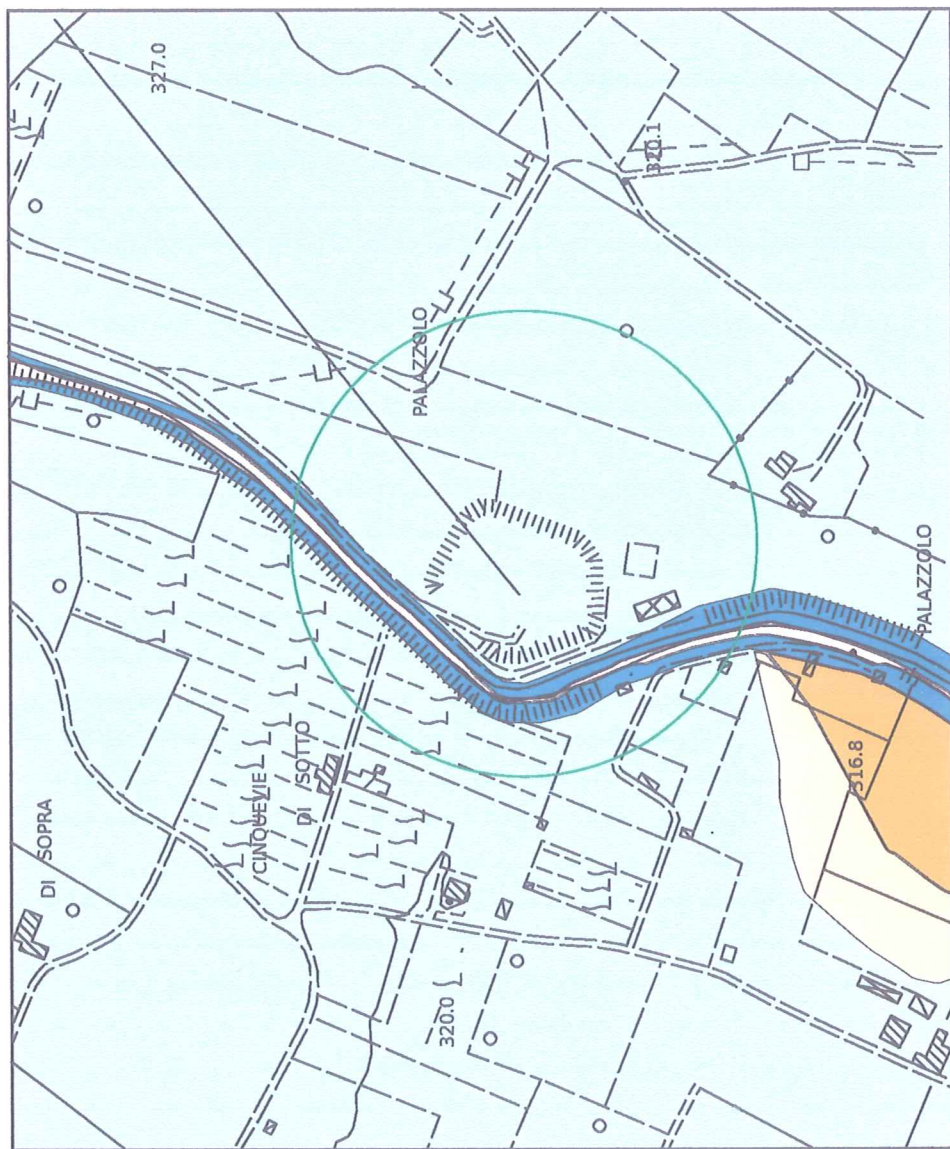


area di studio

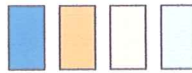


Scala visiva

metri



Aree esondabili



aree soggette a esondazione con tempi di ritorno  $Tr \leq 20$  anni

aree soggette a esondazione con tempi di ritorno  $Tr \leq 30$  anni

aree soggette a esondazione con tempi di ritorno compresi tra  $30 < Tr \leq 200$  anni

aree soggette a esondazione con tempi di ritorno compresi tra  $200 < Tr \leq 500$  anni



