



Studio di Geologia

PAOLA PECCANTI

Dott. Geol. Paola Peccianti

Via di Tiglio 1688 | 55100 Lucca | Tel/Fax 0583 935959 | cell. 3471829261 | paolapecianti@yahoo.it | P.E.C. paolapecianti@epap.sicurezza postale.it

RELAZIONE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA, AI SENSI DEL D.P.R.G. n.53/R -2011,
IN SUPPORTO AL PROGETTO PER IL

“PIANO DI LOTTIZZAZIONE COMPARTO C.13 – LOC. PALAZZACCIO – CECINA (LI)”

Committente: GURKI S.a.s. . La Fenice S.r.l.



Relazione Geologica

dott. Geol. Paola Peccianti

INDICE

1.- PREMESSA E FINALITA' DEL PIANO DI LOTTIZZAZIONE	3
2. – MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	5
2.1 – Stato dei luoghi.....	5
2.2 – Cenni di tettonica generale.....	5
2.3 – Geologia di dettaglio e geomorfologia	5
2.4 - Litologia.....	6
2.5 - Idrogeologia ed idrografia.....	7
3. – INDAGINI GEOGNOSTICHE	8
3.1 – Elenco indagini svolte.....	8
3.2 – Prove penetrometriche	8
3.3. – Stratigrafia di dettaglio mediante indagini penetrometriche (P1-P2-P3)	8
3.3 – Prospezione sismica a rifrazione con onde Sh.....	10
4. – PERICOLOSITA' DELL'AREA SECONDO IL REGOLAMENTO URBANISTICO VIGENTE (AI SENSI DEL	
D.P.G.R. N. 53/R – 2011).....	12
4.1. – Pericolosità Geomorfologica RU vigente (DPGR n.53/R 2011).....	12
4.2. – Pericolosità Idraulica RU vigente (DPGR n.53/R 2011)	12
4.3. – Pericolosità Sismica RU vigente (DPGR n.53/R 2011)	12
4.4 – Vulnerabilità dell'acquifero.....	13
5 – VINCOLI SOVRAORDINATI	13
5.1. – Vincolo Idrogeologico (LR39/2000 e DPGR 48/R/2003 e s.m.i.)	13
5.1. – Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) e LR n.41/2018	
.....	13
5.3. – Reticolo idrografico e di gestione LR79/2012 e s.m.i.	15
6 – FATTIBILITA' AI SENSI DEL 53/R.....	16
6.1. – Fattibilità Geologico-Geomorfologica (DPGR n.53/R)	18
6.2. – Fattibilità Idraulica (DPGR n.53/R)	18
6.3 – Fattibilità Sismica (DPGR n.53/R)	18
6.4 – Fattibilità relativa alla vulnerabilità delle falde.....	20
7 – TERRE E ROCCE DA SCAVO.....	20
BIBLIOGRAFIA	21

FIGURE

Fig. 1 A – COROGRAFIA	(Scala 1 : 25.000)
Fig. 1 B – COROGRAFIA	(Scala 1 : 10.000)
Fig. 2 - CARTA GEOLOGICO (RU Cecina)	(Scala 1: 10.000)
Fig. 3 – CARTA LITOTECNICA (RU Cecina)	(Scala 1: 10.000)
Fig. 4 – CARTA DEI DATI DI BASE (RU Cecina)	(Scala 1: 10.000)
Fig. 5 – CARTA GEOMORFOLOGICA (RU Cecina)	(Scala 1:10.000)
Fig. 6 – CARTADELL'ACCLIVITA' (RU Cecina)	(Scala 1: 10.000)
Fig. 7 – CARTA IDROGEOLOGICA (RU Cecina)	(Scala 1: 10.000)
Fig. 8 – CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA (RU Cecina)	(Scala 1: 10.000)
Fig. 9 – CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA (RU Cecina)	(Scala 1: 10.000)
Fig. 10 – CARTA DELLA VULNERABILITA' DELLE FALDE (RU Cecina)	(Scala 1: 10.000)

Fig. 11 – CARTA DELLE MOPS (RU Cecina)	(Scala 1: 10.000)
Fig. 12 – CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA (RU Cecina)	(Scala 1: 10.000)
Fig. 13 – CARTA DELL P.G.R.A. (Distretto Appennino Settentrionale)	(Scala 1: 10.000)
Fig. 14 – CARTA DEL RETICOLO DI GESTIONE (LR 79-2012 e s.m.i.)	(Scala 1: 10.000)
Fig. 15 – PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU	(Scala 1: 1.000)
Fig. 16 – SEZIONE LITOTECNICA INDICATIVA	(Scala 1: 100)

ALLEGATI

TABULATI E DIAGRAMMI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE (Marzo 2009)

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE SH CON TECNICA TOMOGRAFICA (Marzo 2009)

1.- PREMESSA E FINALITA' DEL PIANO DI LOTTIZZAZIONE

La seguente relazione geologica di fattibilità viene redatta a corredo del Piano di lottizzazione dell'area identificata come "Comparto C13" del Comune di Cecina (LI), ubicata in località Palazzaccio.

Tale area, della superficie indicativa di circa 24.600 mq., è posta in località Palazzaccio, posta fra la S.S. n. 1 Aurelia- Corso Matteotti a Ovest, Via Montenero a Nord, il comparto C12 a Sud e il campo di calcio della Polisportiva Palazzaccio a Est.

L'ubicazione del sito in studio è riportata in Fig.1.

Come specificato nella relazione tecnica e negli elaborati di progetto, ai quali si rimanda per maggiori dettagli, il lotto allo stato attuale si presenta come un vasto spazio libero da volumi edificati, caratterizzato da vegetazione spontanea.

Il progetto in sintesi, comprende:

- nuova viabilità carrabile e pedonale a completamento della viabilità esistente;
- nuova pista ciclabile e esistente da raccordare;
- aree a verde pubblico;
- aree a parcheggio pubblico;
- aree edificabili per complessivi 3.900 mq. di SLP.

In linea di massima gli edifici si svilupperanno su un massimo di due piani fuori terra oltre ad un eventuale piano interrato destinato a parcheggio pertinenziale e la possibilità di realizzare locali sottotetto secondo quanto previsto dal R.E. vigente.

Le viabilità, ad eccezione del proseguimento di Via del Platano, avranno solo funzione distributiva interna in modo da limitare il transito di auto e contenere l'inquinamento acustico e dell'aria.

Le aree verdi saranno opportunamente sistemate con riporto di idoneo strato di terreno vegetale e successivamente seminate a prato e piantumate con alberature tipiche della zona ed essenze ornamentali.

Si ricorda che il Comune di Cecina è attualmente dotato di Piano Strutturale (approvato con D. n.38 del 09/03/2004) e di Regolamento Urbanistico (revisione ed aggiornamento quinquennale) approvato con D.C.C. n. 16 del 27/03/2014, con successive varianti di rettifica fino alla Variante n.3 (Burt n.23 del 06/06/2018).

Nella presente Relazione Tecnica sono espresse valutazioni sulla compatibilità tra le previsioni urbanistiche relative al Piano di Lottizzazione in oggetto (comparto C.13) e le condizioni di pericolosità del territorio dal punto di vista geologico-geomorfologico, idraulico e sismico, oltre che sulla fattibilità stessa degli interventi previsti, in ottemperanza alle normative vigenti, quali:

- L.R. 65/2014 e s.m.i. (Norme per il governo del territorio).
- D.P.G.R. 25/10/2011, n. 53/R, Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. n. 1/2005 in materia di indagini geologiche;
- LR n. 58/2009 inerente le norme regionali in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico;
- Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;
- Istruzioni Tecniche del Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana;
- Volume di "Ingegneria Sismica 2/2011".
- DGRT n. 878 del 08/10/2012, "Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006, e successiva dalla D.G.R.T. n.421 del 26.05.2014 che classifica come sismico il Comune di Cecina e lo inserisce in "zona 3" (con $0.125 < a_g < 0.150$); revoca della DGRT 431/2006";

- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni, approvato con Decreto Ministeriale del 17.01.2018.
- Consiglio Superiore per i Lavori Pubblici - Istruzione per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 Gennaio 2008. Circolare n. 617 del 2009.
- D.P.G.R.T. n.36/R del 09/07/2009 "Regolamento di attuazione dell'art.117, commi 1 e 2 della L.R. n.1/2005. Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico".
- LR del 27 dicembre 2012, n. 79 (Nuova disciplina in materia di consorzi di bonifica. Modifiche alla l.r. 69/2008 e alla l.r. 91/1998. Abrogazione della l.r. 34/1994) e s.m.i.
- LR n.41 del 24 Luglio 2018 "Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014"

Nell'ambito del presente Piano di Lottizzazione è stata eseguita una apposita campagna geognostica condotta per conto della scrivente in occasione della precedente proposta di lottizzazione (Marzo 2009, vedi Allegato 1), che nell'insieme ha visto l'esecuzione di:

- n.3 prove penetrometriche statiche/dinamiche superpesanti (Marzo 2009);
- n.1 prospezione sismica a rifrazione con onde SH, per ricostruire gli orizzonti sismostratigrafici presenti e individuare la categoria del suolo ai sensi della nuova normativa sismica (Marzo 2009).

2. – MODELLAZIONE GEOLOGICA

2.1 – Stato dei luoghi

Il lotto in esame, corrispondente al Comparto C.13 del R.U. comunale (24.600 mq), come già accennato è ubicato in località Palazzaccio, in particolare risulta compreso fra la S.S. n. 1 Aurelia- Corso Matteotti a Ovest, Via Montenero a Nord, il comparto C12 a Sud e il campo di calcio della Polisportiva Palazzaccio a Est. Allo stato attuale la zona appare come un'ampia area libera da edificazioni, principalmente caratterizzata dalla presenza di vegetazione spontanea e qualche piccola porzione coltivata.

L'andamento morfologico del lotto, posto alla quota media di 13.0 metri s.l.m. (C.T.R. scala 1:10.000), presenta un blando e naturale declivio verso Sud-SudOvest, con un dislivello massimo di 4.0 metri circa fra i limiti del comparto sia in direzione nord-sud che in direzione est-ovest (Fig.1: Corografia).

2.2 – Cenni di tettonica generale

L'età delle formazioni affioranti nel territorio comunale di Cecina è relativa al Quaternario e la loro successione non ha subito significative traslazioni orizzontali.

La forte distensione che caratterizza il versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale durante il Neogene provoca due fenomeni che si susseguono nel tempo: il primo è una delaminazione della crosta superiore ad opera di faglie dirette a basso angolo e a geometria complessa, il secondo è lo sprofondamento di un sistema di fosse tettoniche, sub parallele, allungate in direzione NordOvest-SudEst, la cui apertura non è contemporanea ma si è susseguita gradatamente da Occidente verso Oriente. Collegata alle fasi distensive post-tettoniche, che hanno portato ampie depressioni delimitate da faglie dirette, vi è la sedimentazione dei depositi fluvio-lacustri mio-pliocenici, intercalati nel quaternario a sedimenti di origine marina.

In questa ultima fase assumono quindi grande rilevanza le oscillazioni del livello marino legate all'eustatismo glaciale, che a partire dal Pleistocene inferiore, hanno causato quattro trasgressioni principali; a ogni regressione marina fa seguito l'accumulo di depositi continentali a prevalente origine eolica, con azioni colluviali o di piana di esondazione fluviale, costituite da sabbie prevalenti prelevate dal vento dai fondali marini lasciati "scoperti", individuati stratigraficamente nella formazione delle "Sabbie rosse-arancio di Donoratico", deposte durante la regressione seguita all'interglaciale Tirreniano, e dalle "Sabbie rosse di Val di Gori" deposte antecedentemente all'interglaciale Tirreniano.

Nella bassa Val di Cecina sono riconosciuti depositi argilloso-sabbiosi di ambiente marino, a cui si sovrappongono sabbie e ciottoli depositati da antichi corsi d'acqua che scendevano da monte. Questi materiali formano vasti ripiani debolmente inclinati verso mare che, nell'insieme, costituiscono forme di raccordo tra le colline e la pianura che da Cecina si estende fino a Donoratico.

2.3 – Geologia di dettaglio e geomorfologia

Nell'area comunale di Cecina affiorano litologie di età quaternaria che riempiono il bacino pre-quaternario caratterizzato da fasi di trasgressione-regressione e fasi erosive che comportano quindi passaggi di facies con variabilità sia orizzontale che verticale.

La carta geologica (vedi Fig.2), estratta dal R.U. comunale evidenzia, per la zona in studio ed un suo intorno significativo, l'affioramento delle seguenti formazioni in ordine stratigrafico:

- "Alluvioni (a)": si trovano subito a Sud-Est del lotto in studio, in prossimità del Fosso del Poggio d'Oro e delle successive valli fluviali. Età: quaternario;
- "Sabbie rosso-arancio di Donoratico (q9)": affioranti sull'intero lotto in oggetto. Si tratta di sabbie massive, prive di strutture interne e fossili. Sabbie di colore rosso-arancio o giallastro a granulometria da fine a molto fine, sciolte o poco addensate con ciottoli arrotondati. L'ambiente deposizionale è

continentale di tipo eolico, colluviale o di piana di esondazione fluviale (lenti ciottolose), presentano un colore rosso-arancio o giallastro a granulometria da fine a molto fine, sciolte o poco addensate con ciottoli arrotondati". La deposizione risale al Wurm.

- **Sabbie rosse della Val di Gori (q7):** sedimenti sabbiosi con livelli di argille, brecce e conglomerati. Sedimento massivo prevalentemente sabbioso ma con notevole quantità di scheletro argilloso di colore rosso più o meno vivo; talora contiene piccoli livelli di brecce o di conglomerati minuti. Formazione di ambiente continentale per azioni miste prevalentemente colluviali ed eoliche, con temporanei episodi di esondazioni torrentizie;
- **Conglomerati di Bolgheri (q6):** conglomerati e ciottoli fortemente eterometrici e grossolani provenienti dall'Alloctono ligure con una matrice sabbiosa e argillosa; contiene lenti di argille-siltose grigioparla. Formazione tipica di un delta fluviale deposto in mare
- **Calcari sabbiosi di Montescudaio (q3):** tali calcari risultano costituiti da strati di calcare detritico-organogeno più o meno ricchi di frazione sabbiosa e più o meno cementati, sedimentati in ambiente marino della parte meno profonda della zona neritica interna

Da un punto di vista geomorfologico, l'area in questione si trova prossima a un contesto urbanizzato ("loc. Palazzaccio"), dove non si riconoscono particolari forme, come evidenziato nella carta redatta a corredo del RU comunale (Fig.5). L'area è pianeggiante (0-5% di pendenza, Fig 6).

I sopralluoghi effettuati sull'area oggetto dell'intervento non hanno evidenziato fenomeni di instabilità gravitativa potenziali o in atto e pertanto tale area può essere classificata dal punto di vista geomorfologico come "stabile".

Si fa presente che la realizzazione delle opere in progetto non comporterà sostanziali modifiche all'assetto geomorfologico attuale e non aumenterà in alcun modo il livello di rischio.

2.4 - Litologia

In base a quanto indicato nella cartografia tematica realizzata a corredo del R.U. vigente, nelle carta geologica (Fig. 3), i depositi affioranti nell'area in esame possono essere classificati, da un punto di vista litotecnico, come: "successioni a prevalenza conglomeratico-sabbiosa" ("q9) e "successioni a prevalenza sabbioso-ghiaiosa" (a).

La relazione geologica a corredo del RU comunale schematizza alcuni tipi di fenomeni connessi alle unità litotecniche presenti:

UNITA' LITOTECNICA	FENOMENI CONNESSI
"successioni a prevalenza conglomeratico-sabbiosa"	Problemi di instabilità dinamica locale in zone acclivi e dilavate dalle acque di ruscellamento in terreni a prevalenza sabbiosa; possibili fenomeni di crollo in terreni a prevalenza conglomeratica e conglomeratica-sabbiosa.
"successioni a prevalenza sabbioso-ghiaiosa"	Cedimenti delle strutture indotti da scadenti caratteristiche di capacità portante dei terreni negli interstrati argillosi ed argillo-limosi presenti nelle successioni a prevalenza sabbioso-ghiaiosa; problemi di instabilità dinamica locale in zone acclivi e dilavate dalle acque di ruscellamento.

2.5 - Idrogeologia ed idrografia

Il Comune di Cecina è caratterizzato dalla presenza di due corpi idrici sotterranei significativi, identificati come:

- Acquifero costiero tra Fiume Cecina e San Vincenzo
- Acquifero costiero tra Fiume Fine e Fiume Cecina

Sono caratterizzati entrambi da sequenze di livelli sabbiosi e ghiaiosi separati da sottili depositi limosi argillosi impermeabili. La superficie piezometrica di questi due corpi idrici suggerisce che questo sistema multistrato abbia un comportamento monofalda, sia per la discontinuità dei depositi impermeabili che per la presenza di pozzi che mettono in connessione i diversi livelli permeabili "Memorie descrittive della carta geologica d'Italia; Caratterizzazione geologica, idrogeologica ed idrogeochimica dei corpi idrici sotterranei significativi della Regione Toscana" (Cerrina Ferroni et Alii, 2010).

Inoltre, non esistendo limiti idrogeologici evidenti tra i due acquiferi costieri, i due corpi idrici sono da considerarsi in connessione idraulica.

Nel complesso, il sistema acquifero è da ritenersi un multistrato, in ragione di un'alternanza di livelli permeabili, costituiti essenzialmente da ghiaie e sabbie dei depositi olocenici e dai depositi clastici grossolani della successione pleistocenica, e livelli impermeabili o di bassa permeabilità rappresentati dai depositi limoso-argillosi olocenici e dalle argille del Pleistocene Superiore, presenti in maniera discontinua.

I due acquiferi presenti, essendo caratterizzati da depositi sabbiosi e conglomeratico-ghiaiosi, risultano caratterizzati da una permeabilità primaria medio-bassa (P-MB), come evidenziato nella Carta Idrogeologica del Quadro Conoscitivo a supporto del R.U. (v. Fig. 7).

Dal punto di vista idrogeologico, nella zona in esame le Sabbie rosso-arancio di Donoratico (q9), le Sabbie della Val di Gori (q7) e i Conglomerati di Bolgheri (q6), con spessori complessivi dell'ordine di 15.0-18.0 metri non costituiscono acquiferi sfruttabili; l'acquifero sfruttato soprattutto per scopi idropotabili è localizzato all'interno degli strati calcareo-sabbiosi presenti tra la profondità di 20.0 e 90.0 metri. La Trasmissività del suddetto acquifero è stata stimata pari a 3.6×10^{-3} m²/sec.

La presenza di alcuni pozzi comunali con stratigrafie note, posti nelle vicinanze dell'area in esame, consente di ricostruire con buon dettaglio l'assetto stratigrafico della zona:

0.0 – 22.0 metri: sabbie con ciottoli e limi;

22.0 – 90.0 metri: alternanza tra bancate di calcare detritico e livelli di sabbie (q3: acquifero).

La falda acquifera sfruttabile è localizzata all'interno delle bancate calcaree (q3) caratterizzate da buona permeabilità.

In occasione della redazione del RU (dott. Geol. Fanciulletti) è stato effettuato un confronto con le condizioni piezometriche degli anni passati che ha permesso di verificare il comportamento della falda in termini di abbassamenti o innalzamenti avvenuti nel tempo. In generale, è stato osservato che le variazioni cronologiche del livello di falda dipendono sia dalla diversa ricarica che dal diverso sfruttamento.

L'ultimo monitoraggio delle isofreatiche è stato effettuato nell'anno 2009 da ASA, ed indica, nell'area oggetto del presente Piano di Lottizzazione, una quota piezometrica compresa tra 0.0 e - 0.5 m s.l.m. più o meno costante sia nel periodo di magra che di morbida.

La misurazione della falda, effettuata in occasione delle indagini geognostiche (17-03-2009), non è stata rilevata alla profondità di indagine (7.2 metri dal p.c.).

L'idrografia della zona, come accennato sopra, è rappresentata principalmente dalla presenza, a SudEst dell'area in studio, del Fosso Poggio d'Oro, affluente in destra idrografica del Fosso della Vallescaia.

3. – INDAGINI GEOGNOSTICHE

3.1 – *Elenco indagini svolte*

Come già accennato in Premessa, per la ricostruzione del modello geotecnico dei terreni oggetto del Piano di Lottizzazione, sono state eseguite per conto della scrivente, nel Marzo 2009, le seguenti indagini geognostiche (Fig.15):

- n.3 prove penetrometriche eseguite inizialmente con metodologia statica (CPT) fino alla profondità massima di 2.60 metri, poi approfondite con la metodologia dinamica superpesante (DPHS), fino a raggiungere i 7.2 metri di profondità massima dal piano campagna e volte a verificare puntualmente i parametri geotecnici dei terreni presenti.
- n.1 prospezione sismica a rifrazione con onde SH, per ricostruire gli orizzonti sismostratigrafici presenti e individuare la categoria del suolo ai sensi della nuova normativa sismica (O.P.C.M. n.3274 del 20.03.2003, Delib. N. 431 del 19.06.2006, D.M. 17.01.2018).

Per l'ubicazione delle indagini svolte si rimanda alle Fig.15.

3.2 – *Prove penetrometriche*

I terreni sono stati indagati fino alla profondità massima di metri 7.20 dal piano attuale di campagna, valore che rientra nel concetto di "volume significativo" espresso nel D.M. 11.03.1988, attraverso l'esecuzione di n. 3 prove penetrometriche eseguite mediante penetrometro statico/dinamico modello Pagani TG-63/200 da 20 tonn di spinta (Gaia Servizi s.n.c.), la cui ubicazione è riportata in Fig.15.

La prova di tipo statico (CPT) consente di rilevare, mediante una centralina elettronica, i valori della Resistenza di punta (R_p) e della Resistenza laterale locale (R_l). Dal valore dei parametri R_p e R_l è possibile ricavare il "Rapporto Begemann" (R_p/R_l), con il quale è possibile risalire alla granulometria dei terreni attraversati e ai principali parametri geomeccanici del terreno; in particolare il valore dell'angolo di attrito (ϕ), per gli orizzonti prevalentemente incoerenti (limi, sabbie e ghiaie), quello della coesione non drenata (C_u), per gli orizzonti prevalentemente coerenti (torbe, argille) e il coefficiente di compressibilità volumetrica (mv), inverso del modulo edometrico (M_o), che consente la valutazione dei cedimenti indotti dalla presenza di sovraccarichi (vedi Allegato).

Vista la forte resistenza dei terreni alla punta (rifiuto strumentale) è stato necessario approfondire le prove statiche CPT attraverso quelle dinamiche superpesanti (DPHS).

La prova dinamica permette di ricavare, in base al numero di colpi (equiparati al valore standardizzato NSPT attraverso un coefficiente correttivo), il valore dei principali parametri geomeccanici. Il perforo della prova P2, attrezzato con tubo piezometrico per accertare la presenza della falda acquifera, non ha rilevato l'assenza della stessa alla profondità di indagine (7.20 metri dal p.c.) in data 17-03-2009.

Il profilo stratigrafico e geotecnico del terreno risultante dall'elaborazione delle prove penetrometriche effettuate viene di seguito riportato:

3.3. – *Stratigrafia di dettaglio mediante indagini penetrometriche (P1-P2-P3)*

Il profilo stratigrafico e geotecnico del terreno risultante dall'elaborazione delle prove penetrometriche effettuate, viene di seguito riportato:

PENETROMETRIA P1 (CPT/DPSH)

da m 0.0 a m 1.4: Orizzonte A	"terreno vegetale/limi argillosi poco consistenti"; ($R_p=11.0 * R_p/R_I=13.4 * C_u=0.51 * m_v=0.030 * \gamma=1.75$)
da m 1.4 a m 3.2: Orizzonte C	"limi sabbioso-argillosi addensati"; ($N_{spt}=20.0 * R_{pd}=85.0 * \varphi=33.0 * m_v=0.007 * \gamma=1.85$)
da m 3.2 a m 6.0: Orizzonte D	"sabbie limose addensate con ciottolotti"; ($N_{spt}=27.0 * R_{pd}=107.0 * \varphi=35.1 * m_v=0.005 * \gamma=1.90$)
da m 6.0 a m 6.4: Orizzonte E	"alternanza tra sabbie fortemente addensate e livelli conglomeratici"; ($N_{spt}=64.0 * R_{pd}=277.0 * \varphi>35.0 * m_v=0.002 * \gamma=1.95$)

PENETROMETRIA P2 (CPT/DPSH)

da m 0.0 a m 1.2: Orizzonte A	"terreno vegetale/limi argillosi poco consistenti"; ($R_p=10.0 * R_p/R_I=15.8 * C_u=0.47 * m_v=0.029 * \gamma=1.75$)
da m 1.2 a m 3.6: Orizzonte B	"limi sabbioso-argillosi moderatamente addensati e consistenti"; ($N_{spt}=8.0 * R_{pd}=33.0 * \varphi=29.2 * C_u=0.50 * m_v=0.017 * \gamma=1.80$)
da m 3.6 a m 7.2: Orizzonte C	"limi sabbioso-argillosi addensati"; ($N_{spt}=17.0 * R_{pd}=62.0 * \varphi=32.1 * m_v=0.009 * \gamma=1.85$)

PENETROMETRIA P3 (CPT/DPSH)

da m 0.0 a m 0.8: Orizzonte A	"terreno vegetale/limi argillosi poco consistenti"; ($R_p=8.0 * R_p/R_I=18.5 * C_u=0.40 * m_v=0.028 * \gamma=1.75$)
da m 1.2 a m 3.6: Orizzonte B	"limi sabbioso-argillosi moderatamente addensati e consistenti"; ($N_{spt}=9.0 * R_{pd}=38.0 * \varphi=29.6 * C_u=0.56 * m_v=0.015 * \gamma=1.80$)
da m 3.6 a m 5.8: Orizzonte C	"limi sabbioso-argillosi addensati"; ($N_{spt}=18.0 * R_{pd}=71.0 * \varphi=32.4 * m_v=0.009 * \gamma=1.85$)
da m 5.8 a m 6.0: Orizzonte E	"alternanza tra sabbie fortemente addensate e livelli conglomeratici"; ($N_{spt}=61.0 * R_{pd}=216.0 * \varphi>35.0 * m_v=0.002 * \gamma=1.95$)

dove: R_p è il valore medio della resistenza statica alla punta; R_p/R_I è il valore medio del rapporto Begemann; N_{spt} è il numero medio dei colpi equivalenti alla prova standardizzata SPT (Standard Penetration Test); R_{pd} è il valore della resistenza dinamica alla punta (Kg/cmq); C_u è il valore della coesione non drenata (Kg/cmq); φ è il valore medio dell'angolo di attrito interno per gli orizzonti prevalentemente granulari; γ è il valore del peso di volume del terreno (t/mc); nel caso di orizzonti a caratteristiche granulometriche "miste" sono indicati sia il valore dell'angolo di attrito che della coesione.

3.3 – Prospezione sismica a rifrazione con onde Sh

Tra le prospezioni di tipo indiretto la sismica a rifrazione rappresenta ad oggi un valido supporto sia per la ricostruzione delle geometrie sepolte, sia per la caratterizzazione del sottosuolo. Il metodo utilizza il comportamento di alcune onde acustiche che si propagano nei corpi solidi, il cui moto si fonda sulla teoria dell'elasticità.

Per le stese sismiche si fa presente che, come è noto, le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo.

Nella prospezione sismica a rifrazione si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P o "di compressione e dilatazione"), che sono le più veloci fra le diverse onde elastiche, o trasversali (onde SH o "di taglio") per determinare spessori e andamento dei livelli presenti.

La prospezione sismica a rifrazione nel sito in studio è stata eseguita dalla ditta Gaia snc in data 17.03.2009, si rimanda al relativo allegato per la definizione delle modalità e delle caratteristiche funzionali della strumentazione utilizzata.

Per l'esecuzione della prospezione in oggetto è stato utilizzato un sismografo a 24 canali ECHO 12-24/2002 collegato ad un pc portatile ed il programma di acquisizione Ambrogeo Echo 12-24.

L'elaborazione tomografica, eseguita con il programma RAYFRACT, è stata attuata in due fasi successive: una prima elaborazione che ha portato la ricostruzione delle stratigrafie di velocità sismica con la tecnica Delta-t-V; la seconda è stata quella di ottimizzare, in maniera iterativa, il modello di partenza mediante la tecnica WET (Wavepath Eikonal Travelttime).

La prospezione con onde SH è stata eseguita all'interno del lotto in studio con orientazione circa SW-NE, come indicato in Fig.15; l'interasse adottato è stato di 4.00 metri, per una lunghezza complessiva di 108.0 metri (distanza shot 1-shot 7), con n.7 spari (shots).

Relativamente al pattern risultante dall'analisi complessiva di tutte le dromocrone è risultata una situazione tipo multistrato in cui sono ben individuabili n° 5 sismostrati. In riferimento alla sezione sismostratigrafica allegata sono stati distinti in dettaglio:

1) dalla superficie fino a profondità di circa 2.0÷3.0 m si incontra un primo strato con $V_{sh} = 125\div250$, correlabile con il riporto, il terreno agrario e/o ai depositi da sciolti/molli a mediamente addensati/compatti.

Tale sismostrato risulta quasi sicuramente ricollegabile ai primi due orizzonti riconosciuti dalle penetrometrie P2 P3 (la P1 risulta molto spostata rispetto all'ubicazione della stesa e quindi non correlabile alla stesa sismica) e rappresentati da "terreno vegetale/limi argillosi poco consistenti (A)" e "limi sabbioso-argillosi moderatamente addensati e consistenti (B)";

2) al di sotto, tra le isotachie di 250 e 450 m/sec, le velocità sono riferibili ai depositi da mediamente addensati/compatti ad addensati/compatti.

Tale sismostrato, presente all'incirca da 2.0÷3.0 metri a 5.0÷7.0 metri di profondità, può essere assimilato ai due orizzonti "C" e "D" individuati dalle penetrometrie (P2 e P3), ovvero ai "limi sabbioso-argillosi addensati" e "alternanza tra sabbie fortemente addensate e livelli conglomeratici";

3) tra le isotachie di 450 e 600 m/sec, le velocità sono riferibili ai depositi molto addensati/duri.

Questo sismostrato, presente all'incirca da 5.0÷7.0 metri a 7.0÷18.0 metri di profondità, è probabilmente riconducibile a alternanze tra conglomerati cementati-arenarie grossolane e livelli di sabbie sciolte;

4) tra le isotachie di 600 e 850 m/sec, le velocità sono riferibili alle arenarie e conglomerati mediamente compatti.

Tale livello è presente all'incirca da 7.0÷18.0 metri a 12.0÷20.0 metri di profondità;

5) al di sotto, $V_s > 850$ m/sec, possono essere riferibili alle arenarie e conglomerati molto compatti.

Tale livello si sviluppa oltre i 12.0÷20.0 metri di profondità.

La definizione della categoria di sottosuolo dovrà essere definita ai sensi del D.M. 17.01.2018, ovvero

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

4. – PERICOLOSITA' DELL'AREA SECONDO IL REGOLAMENTO URBANISTICO VIGENTE (ai sensi del D.P.G.R. n. 53/R – 2011)

Si ricorda che il Comune di Cecina è attualmente dotato di Piano Strutturale (approvato con D. n.38 del 09/03/2004) e di Regolamento Urbanistico (revisione ed aggiornamento quinquennale) approvato con D.C.C. n. 16 del 27/03/2014, con successive varianti di rettifica fino alla Variante n.3 (Burt n.23 del 06/06/2018).

Sulla base del RU vigente di Cecina (artt. 8-11 del RU comunale) si riportano di seguito le classi relative alla pericolosità geologico-tecnica, idraulica, idrogeologica e sismica redatte secondo quanto previsto dalla L.R. 1/2005 (Norme per il governo del territorio) e dal D.P.R.G. n. 53/R del 25 Ottobre 2011 (Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. n.1 del 3 Gennaio 2005 in materia di indagini geologiche), ad oggi in vigore.

4.1. – Pericolosità Geomorfologica RU vigente (DPGR n.53/R 2011)

La classe di pericolosità ai sensi del DPGR 53/R del 2011 (Fig.8) per il lotto oggetto di studio è:

Pericolosità geologica BASSA (G.1):

“Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi”.

In queste aree sono assenti limitazioni derivanti da caratteristiche geologico-tecniche e morfologiche.

4.2. – Pericolosità Idraulica RU vigente (DPGR n.53/R 2011)

La carta della pericolosità idraulica a corredo del RU comunale è stata redatta in riferimento al Piano di assetto idrogeologico dell'autorità di Bacino Toscana Costa (approvato con Del. C.R. n.13 del 25.01.2005, pubblicato sul B.U.R.T. del 16.02.2005 e suo recente aggiornamento) ed in base allo studio idrologico ed idraulico eseguito dal Prof. Ing. Stefano Pagliara. In tale carta si individuano le classi a crescente pericolosità in base a quello che è il rischio di esondazione e ristagno. Le aree interne al perimetro di studio redatto dal Prof. Pagliara sono state suddivise in aree P.I.M.E. e P.I.E. (Pericolosità idraulica molto elevata ed elevata ai sensi degli artt. 5,6 delle Norme PAI Bacino Toscana Costa). Al di fuori di tali aree, essendo queste individuate mediante l'elaborazione delle esondazioni per Tr30 e Tr200, sono state attribuite le classi di pericolosità I.1 ed I.2 di cui al D.P.G.R.T. 53/R/2011.

La classe di pericolosità ai sensi del DPGR 53/R del 2011 (Fig.9, 9a, 9b) per il lotto in studio è:

Pericolosità idraulica IRRILEVANTE (I.1):

“sono comprese in questa classe tutte le aree collinari e montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- non vi sono notizie storiche di inondazioni
- sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori di 2 metri rispetto al piede esterno dell'argine, o, in mancanza, al ciglio di sponda”.

4.3. – Pericolosità Sismica RU vigente (DPGR n.53/R 2011)

Il Comune di Cecina è stato interessato da studi di Microzonazione Sismica condotti nell'ambito della redazione del RU (D.P.G.R. n.53/R/201, par. B.7 e par. C.5 delle direttive dell'Allegato A).

Nel dettaglio il lotto in oggetto risulta inserito tra quelle:

"ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ": ovvero "aree con terreni sabbiosi, sabbioso-limosi o ghiaioso-sabbiosi e con superficie della falda freatica e delle eventuali falde in pressione minore di 20 metri.

La classe di pericolosità ai sensi del DPGR 53/R del 2011 (Fig.11) per il lotto in studio è:

Pericolosità sismica ELEVATA (S.3):

"Pericolosità sismica locale elevata (S3): zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica; zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico- meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (non presenti nell'area di studio); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica atteso fra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri".

4.4 – Vulnerabilità dell'acquifero

La carta della vulnerabilità dell'acquifero a corredo del RU comunale (Fig. 10) inquadra il lotto in studio, a seconda delle caratteristiche di permeabilità dei terreni, con la seguente classe di vulnerabilità:

Classe 2 – V.2	Vulnerabilità media Formazioni Pleistoceniche granulari a varia cementazione
----------------	---

Tale classificazione permette di avere una valutazione qualitativa immediata della vulnerabilità delle acque di falda rispetto alla possibilità di inquinamento/interferenza con le possibili attività antropiche esistenti e/o previste.

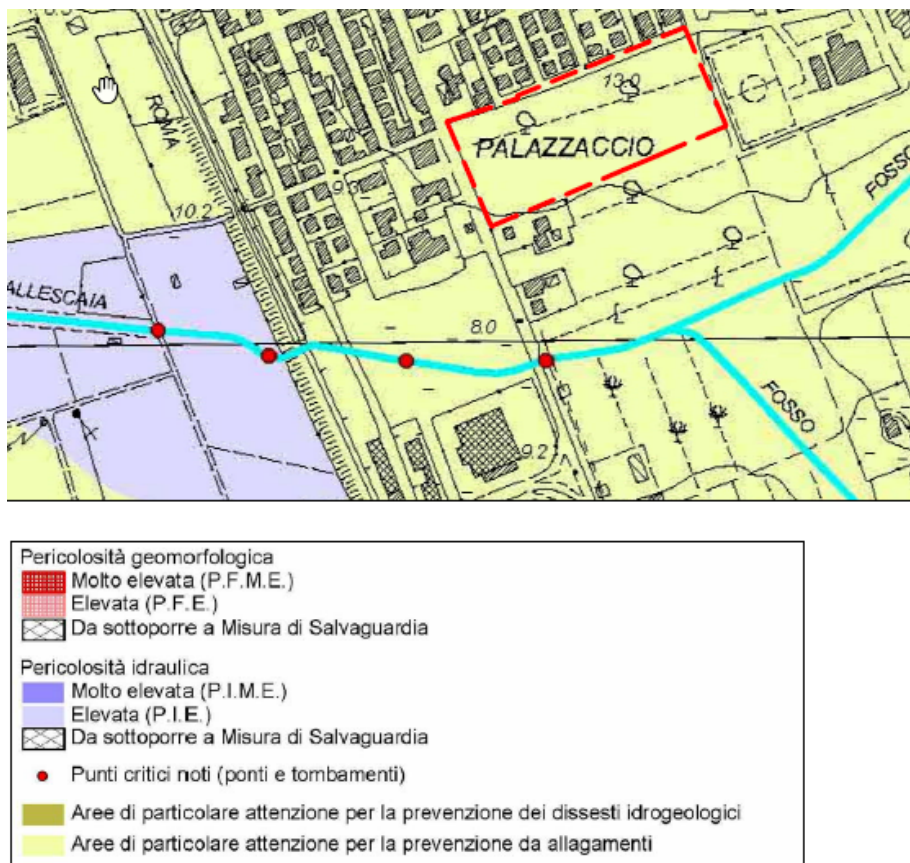
5 – VINCOLI SOVRAORDINATI

5.1. – Vincolo Idrogeologico (LR39/2000 e DPGR 48/R/2003 e s.m.i.)

Si fa presente che il lotto in oggetto risulta escluso dalla perimetrazione del Vincolo idrogeologico ai sensi del RD n. 3267/1923, quindi non sarà soggetta alle prescrizioni della LR39/2000 e DPGR 48/R (2003) e s.m.i..

5.1. – Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) e LR n.41/2018

Il lotto in oggetto risulta escluso dalle aree a P.I.E. e P.I.M.E. del Piano di Assetto Idrogeologico Toscana Costa (approvato con DCRT n.13 del 21.01.2005) ad oggi è decaduto e sostituito dal Piano di Gestione Rischio Alluvioni (Fig.13).



Dal 17 febbraio 2017 risultano soppresse, per espressa disposizione di legge (rif. art. 51 comma 4 della legge n. 221/2015), tutte le Autorità di bacino di cui alla legge 183/1989 e quindi anche l'Autorità di bacino del Toscana Costa, sostituita dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, di cui fa parte anche l'ex Bacino Toscana Costa.

Con l'approvazione del PGRA del Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale con DPCM del 27 Ottobre 2016, la cartografia relativa alla Direttiva Alluvioni (2007/60/CE) della Regione Toscana classifica la zona in oggetto in Pericolosità 1: "pericolosità da alluvione bassa (P1)", corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale (v. Fig.13).

Ai sensi dell'art. 11 della Disciplina di Piano PGRA:

- 1) Nelle aree P1 sono consentiti gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici garantendo il rispetto delle condizioni di mitigazione e gestione del rischio idraulico.
- 2) La Regione disciplina la condizione di gestione del rischio idraulico per la realizzazione degli interventi nelle aree P.1

(art.1 comma 5 –Definizioni):

"Per gestione del rischio idraulico si intendono le azioni volte a mitigare i danni conseguenti a fenomeni alluvionali. La gestione può essere attuata attraverso interventi tesi a ridurre la pericolosità e interventi tesi a ridurre la vulnerabilità degli elementi a rischio anche mediante azioni di difesa locale e piani di gestione dell'opera collegati alla pianificazione di protezione civile comunale e sovracomunale, rispettando le condizioni di funzionalità idraulica; in altri termini la gestione del rischio si attua attraverso azioni volte ad abbattere in maniera significativa gli effetti negativi - rispetto ad un evento di riferimento che può anche variare in funzione delle caratteristiche del corso d'acqua considerato - in particolare su vita umana, insediamenti ed attività, beni ambientali e culturali. Agli effetti del PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone di norma si considera come evento di riferimento quello connesso con un tempo di ritorno uguale a 200 anni. La gestione del rischio può essere perseguita, qualora ve ne siano i presupposti e le condizioni giuridiche, anche

attraverso azioni tali da ripartire eventuali effetti negativi su aree in cui, a parità di pericolosità, si ha presenza di elementi a rischio di minor valore".

Vista la classificazione del lotto in P1 "pericolosità bassa", lo stesso non rientra nel campo di applicazione della recente LR n. 41 del 2018 - Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla ILR. 80/2015 e alla l.r. 65/2014); ovvero ai sensi della LR n. 41-2018 l'intervento è fattibile senza prescrizioni in quanto non ricade in aree soggette ad alluvione frequente o poco frequente.

5.3. – Reticolo idrografico e di gestione LR79/2012 e s.m.i.

Per completare il quadro normativo di riferimento si fa presente che il lotto in studio è ubicato a Nord del Fosso Poggio d'Oro, affluente in destra idrografica del Fosso della Vallescaia (v. Fig.14), facenti parte del reticolo idrografico a cui vengono applicate, per la relativa fascia di rispetto¹, le limitazioni e salvaguardie dell'art. 3 della nuova LR n.41/2018 (in sostituzione della L.R. 21/2012 e s.m.i.; LR n. 79/2012 - Nuova disciplina in materia di consorzi di bonifica. Modifiche alla l.r. 69/2008 e alla l.r. 91/1998. Abrogazione della l.r. 34/1994; aggiornamento cartografico DCRT n.1357 del 4 Dicembre 2017).

Come si può vedere dalle immagini di Fig.11 il lotto si trova ad una distanza minima di 150 dalla Fosso del Poggio d'Oro e dalla relativa fascia di pertinenza, per cui non si applicano le limitazioni e prescrizioni di cui all'art.3 della LR41/2018.

¹ Argini e aree comprendenti le due fasce di larghezza di dieci metri dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua

6 – FATTIBILITA' AI SENSI DEL 53/R

Le condizioni di attuazione delle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali possono essere differenziate secondo le seguenti categorie di fattibilità, ai sensi del l'art.3.1 DPGR 53/R e ai sensi dell'art.12.3 della Relazione Geologica a corredo del RU vigente:

Fattibilità Senza Particolari Limitazioni (F1): Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Fattibilità Con Normali Vincoli (F2): Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Fattibilità Condizionata (F3): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.

Fattibilità Limitata (F4): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza che vanno individuati e definiti in sede di redazione del medesimo regolamento urbanistico, sulla base di studi, dati da attività di monitoraggio e verifiche atte a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.

LA NORMATIVA IN VIGORE RESTA IL DPGR N. 53/R DEL 2011; SULLA BASE DELLA SUDETTA NORMA, ART. 3.1, E DELLA TABELLA DI CUI ALL'ART.12.6 E ART. 12.3 DELLA RELAZIONE GEOLOGICA A CORREDO DEL RU VIGENTE, È STATA REDATTA LA MATRICE DELLE FATTIBILITÀ PER OGNI TIPOLOGIA DI INTERVENTO PREVISTA DALLA LOTTIZZAZIONE IN OGGETTO, VALIDA PER IL SETTORE GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO, IDRAULICO, SISMICO E VULNERABILITÀ DELLA FALDA.

LA MATRICE DI FATTIBILITÀ RIASSUNTIVA SARÀ LA SEGUENTE:

tipologia di intervento	CONDIZIONE DI PERICOLOSITA' LOTTO PALAZZACCIO C.13I			
	GEOLOGICA G.1	IDRAULICA I.1	SISMICA S.3	VULNERABILITA' FALDE V.2
NUOVE ABITAZIONI RESIDENZIALI	F.G.1	F.I.1	F.S.3	F.V.2
PARCHEGGI PUBBLICI	F.G.1	F.I.1	F.S.2	F.V.1
PERCORSI PEDONALI	F.G.1	F.I.1	F.S.1	F.V.1
PERCORSI CICLABILI	F.G.1	F.I.1	F.S.1	F.V.1
VERDE PUBBLICO	F.G.1	F.I.1	F.S.1	F.V.1

6.1. – Fattibilità Geologico-Geomorfologica (DPGR n.53/R)

Ai sensi del DPGR n. 53/R (2011), Par.3.2.1 dell'All. A, della tabella di cui all'art.12.6 e art. 12.3 delle NTA del RU comunale:

Fattibilità Geologico-Geomorfologica F.G.1, - SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI

- *"Non sono dettate condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere geologico-geomorfologico" aggiuntive rispetto alle normali disposizioni di legge, vigenti in materia edilizia, urbanistica e di difesa del suolo".*
- Per gli interventi edilizi che ricadono in questa classe, la caratterizzazione geotecnica del terreno a livello di progetto, può essere ottenuta per mezzo di raccolta di notizie.
- I calcoli geotecnici, di stabilità e la valutazione dei cedimenti possono essere omessi. Le soluzioni progettuali adottate devono tuttavia essere motivate con apposita relazione.
- Gli interventi previsti dal Regolamento Urbanistico sono attuabili senza particolari condizioni.

Per ogni classe di pericolosità, le indagini geologiche e geotecniche sono comunque richieste a supporto della progettazione edilizia ai sensi del D.M. 17-01-2018 e del DPGR n.36/R del 2009.

6.2. – Fattibilità Idraulica (DPGR n.53/R)

Ai sensi del DPGR n. 53/R (2011), Par.3.2.2.3 dell'All. A, della tabella di cui all'art.12.6 e art. 12.3 delle NTA del RU comunale:

Fattibilità Idraulica – F.I.1 SENZA PARTICOLARI PRESCRIZIONI

- *"Non è necessario indicare specifiche condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico".*
- Gli interventi previsti dal Regolamento Urbanistico sono attuabili senza particolari condizioni.

6.3 – Fattibilità Sismica (DPGR n.53/R)

Ai sensi del DPGR n. 53/R (2011), Par.3.5 dell'All. A, della tabella di cui all'art.12.6 e art. 12.3 delle NTA del RU comunale:

Fattibilità Sismica – F.S.3 – CONDIZIONATA

"In sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi, è valutato, nel caso specifico, il seguente aspetto:

-

c) nel caso di terreni di fondazione soggetti a liquefazione dinamica, per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona 2, sono realizzate adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate al calcolo del coefficiente di sicurezza relativo alla liquefazione dei terreni".

Per l'esecuzione di interventi edilizi sono richieste indagini di dettaglio condotte a livello di "area complessiva", sia come supporto alla redazione di strumenti urbanistici attuativi che per interventi diretti.

I progetti ricadenti in classe 3 di fattibilità devono essere corredati della seguente documentazione:

Fattibilità condizionata per problematiche sismiche locali:

- Carta geologica e geomorfologica di dettaglio;
- Per zone suscettibili di instabilità di versante si dovranno eseguire apposite indagini geofisiche e geotecniche per le opportune verifiche di stabilità in relazione agli eventi sismici. E' opportuno che tali indagini vengano tarate mediante prove geognostiche dirette e prove geotecniche di laboratorio su campioni.
- Nel caso di terreni di fondazione particolarmente scadenti, devono essere realizzate adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate alla verifica dei cedimenti.
- Per zone con alto contrasto di impedenza acustica fra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri, si rende necessaria la caratterizzazione litologica e litotecnica del sottosuolo mediante apposite indagini geognostiche e geofisiche al fine di individuare la profondità del substrato sismico ($V_s \geq 800$ m/s) e degli spessori e caratteristiche delle coperture (contrasto di rigidità sismica).
- Per terreni soggetti a liquefazione dinamica si prevede uno studio di dettaglio del contesto idrogeologico ed eventuali modificazioni di tale assetto in relazione agli interventi in progetto, al fine di valutare il coefficiente di sicurezza relativo alla liquefazione dinamica.
- In caso di zone di contatto fra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse, queste devono essere sottoposte ad una campagna di indagini geofisiche di superficie al fine di definire geometrie e proprietà sismiche dei litotipi posti a contatto.

Fattibilità SISMICA- F.S.2 – CON NORMALI VINCOLI

Ai sensi del DPGR n. 53/R (2011), Par.3.5 dell'All. A, della tabella di cui all'art.12.6 e art. 12.3 delle NTA del RU comunale:

- Il progetto deve basarsi su un'apposita indagine geognostica mirata a verificare a livello locale quanto indicato negli studi condotti a supporto dello strumento urbanistico vigente.
- Gli interventi previsti dal Regolamento Urbanistico sono attuabili senza particolari condizioni.

Fattibilità SISMICA- F.S.1 – SENZA PARTICOLARI PRESCRIZIONI

Ai sensi del DPGR n. 53/R (2011), Par.3.5 dell'All. A, della tabella di cui all'art.12.6 e art. 12.3 delle NTA del RU comunale:

- Gli interventi previsti dal Regolamento Urbanistico sono attuabili senza particolari condizioni.

Per ogni classe di pericolosità, le indagini geologiche e geotecniche sono comunque richieste a supporto della progettazione edilizia ai sensi del D.M. 17-01-2018 e del DPGR n.36/R del 2009.

6.4 – Fattibilità relativa alla vulnerabilità delle falde

Ai sensi della tabella di cui all'art.12.6 e art. 12.3 delle NTA del RU comunale:

Fattibilità relativa alla VULNERABILITA' DELLE FALDE - F.V.2 – CON NORMALI VINCOLI

- Il progetto deve basarsi su un'apposita indagine idrogeologica, mirata a verificare a livello locale quanto indicato negli studi condotti a supporto dello strumento urbanistico vigente.

Fattibilità relativa alla VULNERABILITA' DELLE FALDE - F.V.1 – SENZA PARTICOLARI PRESCRIZIONI

- Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo dell'attività edilizia
- Gli interventi previsti dal Regolamento Urbanistico sono attuabili senza particolari condizioni.

Si ricorda il rispetto delle norme in materia delle acque dall'inquinamento e di gestione degli scarichi, disciplinate nella Parte Terza del Decreto Legislativo n.152/2006 "Norme in materia ambientale" e s.m.i.

7 – TERRE E ROCCE DA SCAVO

Si rimanda qualsiasi valutazione in merito alle "terre e rocce da scavo" al vigente Decreto del Presidente della Repubblica n. 120 del 13 giugno 2017 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164", in vigore dal 22/08/2017.

Lucca, 16 Novembre 2018

dott. Geol. Paola Peccianti



BIBLIOGRAFIA

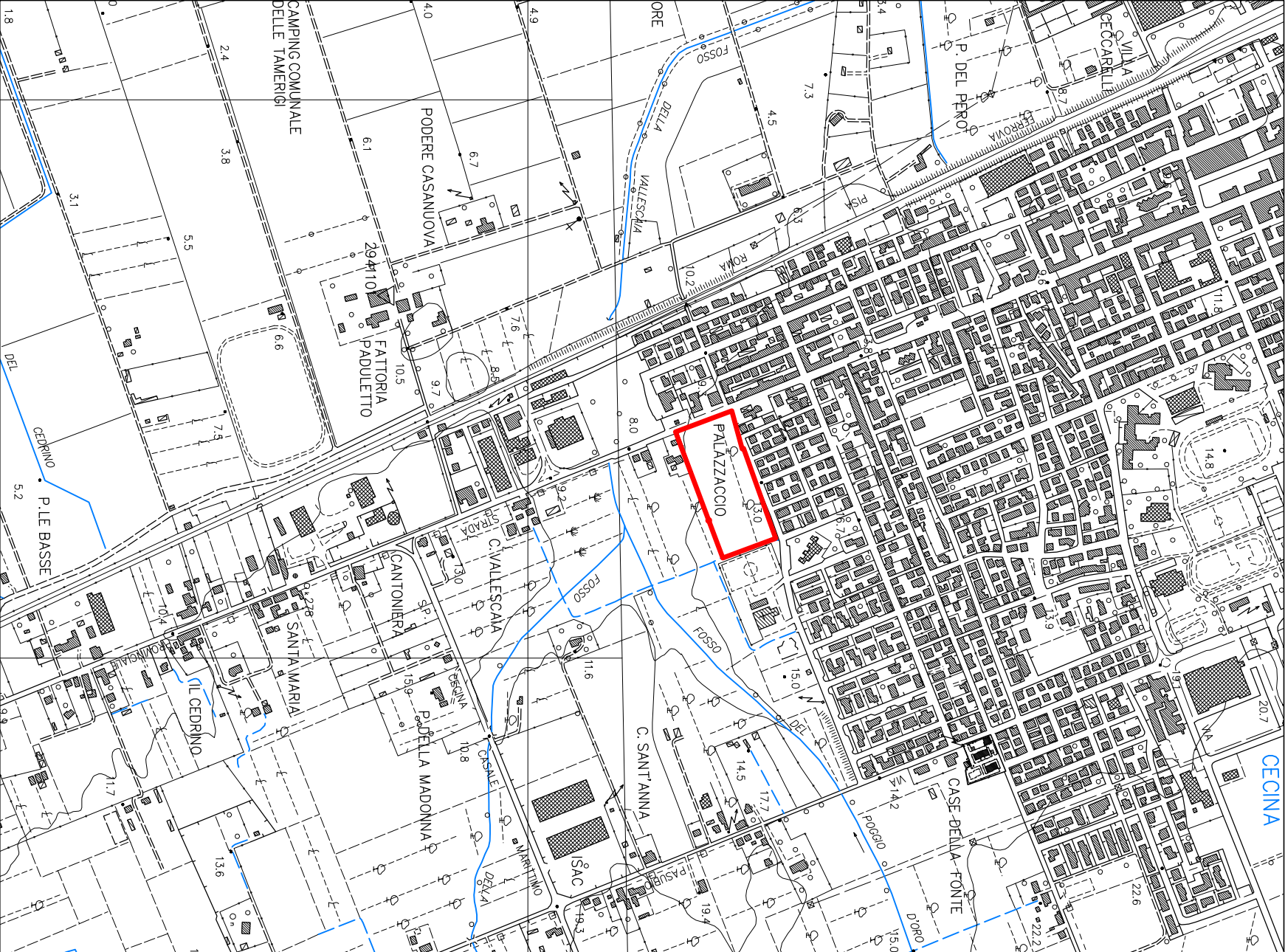
- *Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;*
- *Relazione Geologica – Revisione ed aggiornamento del RU (approvazione Marzo 2014) a firma del dott. Geol. Fabrizio Fanciulletti;*
- *Studio Geologico a corredo del PS del Comune di Cecina (Settembre 2002) a firma del dott. Fabio Mezzetti*
- *Potenzialità sismica della toscana e definizione dei criteri di priorità per interventi di prevenzione (E. Mantovani, M. Viti, D. Babbucci, N. Cenni, C. Tamburelli, A. Vannucchi, F. Falciani, G. Fianchisti, M. Baglione, V. D'Intinosante, P. Fabbroni; Regione Toscana, 2012).*

FIG. 1 A - COROGRAFIA
(Scala 1: 25.000)



 - Area di indagine

FIG. 1 B - COROGRAFIA
(Scala 1: 10.000)



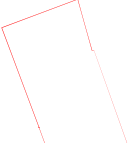
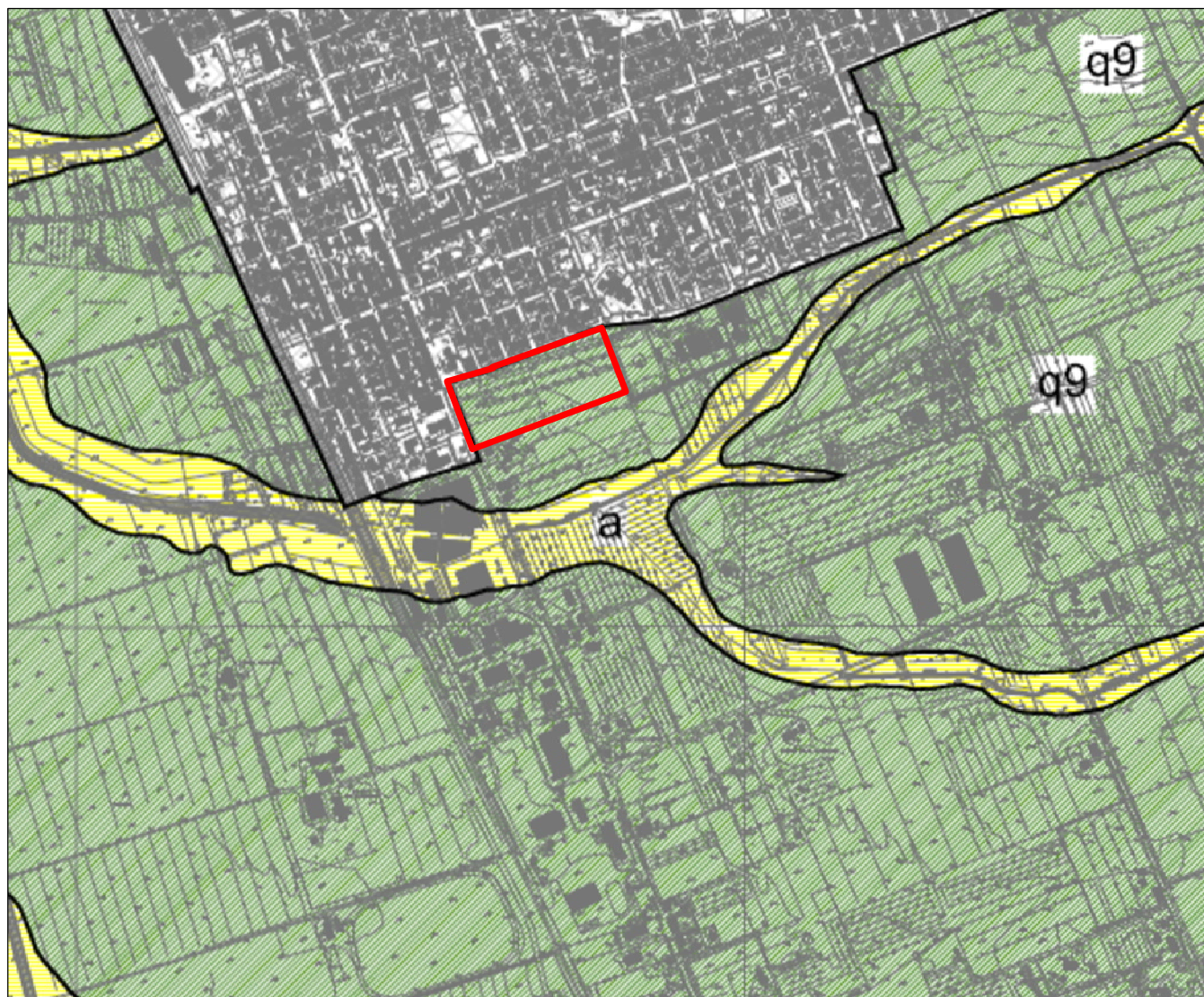
 - Perimetro lotto C.13

FIG. 2 - CARTA GEOLOGICA
(R.U. CECINA G02B - Scala 1: 10.000)



DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

- al - frane con stato di attività indeterminato
- aq - frane quiescenti
- s - spiaggia
- D - Dune
- d - detrito
- con - conoidi
- a - depositi alluvionali
- t - sedimenti palustri e di colmata
- at - alluvioni terrazzate
- atp - alluvioni terrazzate con morfologie piatte
- pf - paleofrane

COMPLESSO NEOAUTOCTONO

- q9 - Sabbie rosso-arancio di Donoratico
- q7 - Sabbie rosse di Val di Gori
- q6 - Conglomerati di Bolgheri
- q5 - Calcareniti sabbiose, sabbie e conglomerati di Bibbona
- q3 - Calcarei sabbiosi di Montescudalo
- q2 - Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*

ANTROPICO

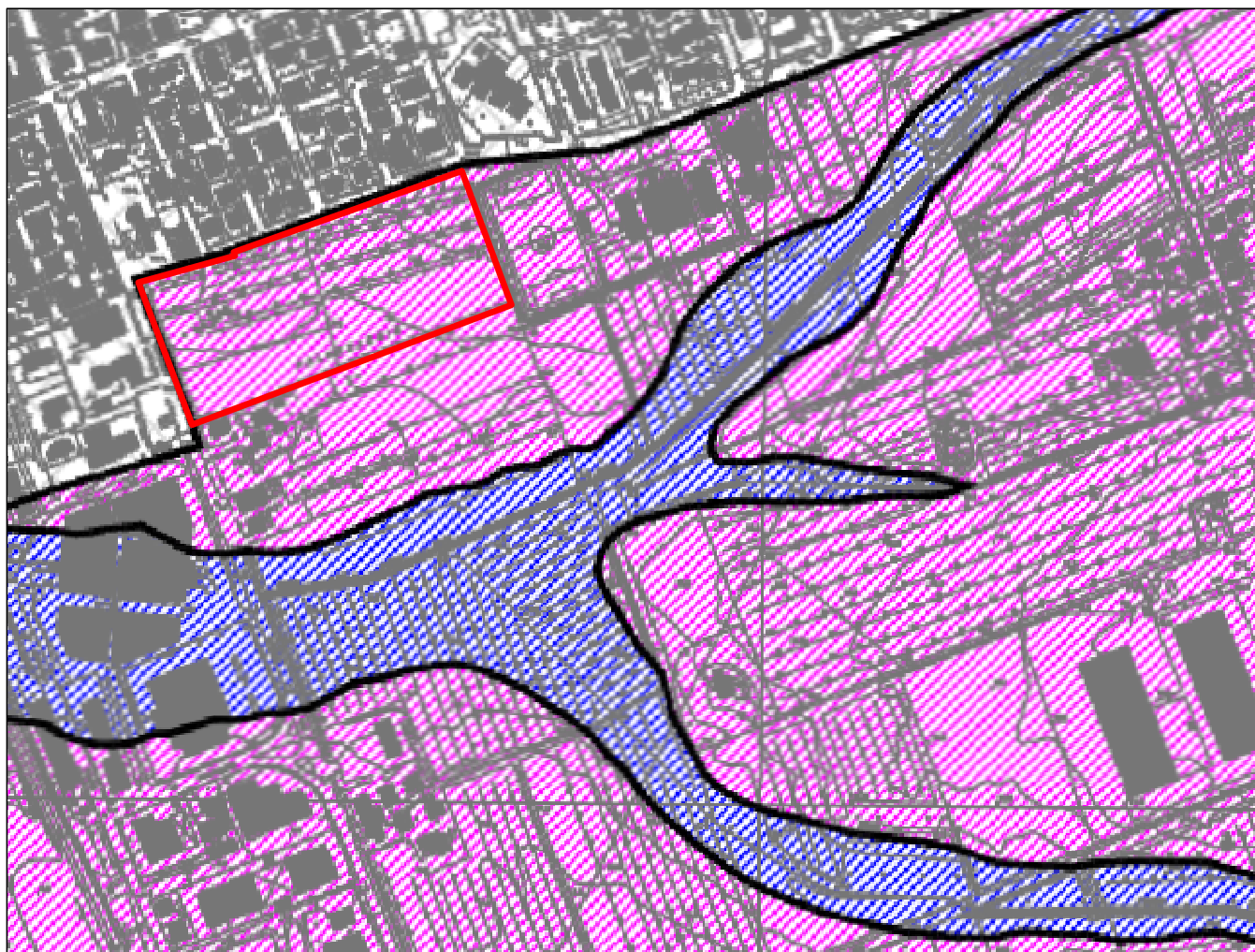
- R - riporto artificiale
- u - urbanizzato

contatto geologico

confine comunale

- Perimetro lotto C.13

FIG. 3 - CARTA LITOTECNICA
(R.U. CECINA G03B - Scala 1: 5.000)

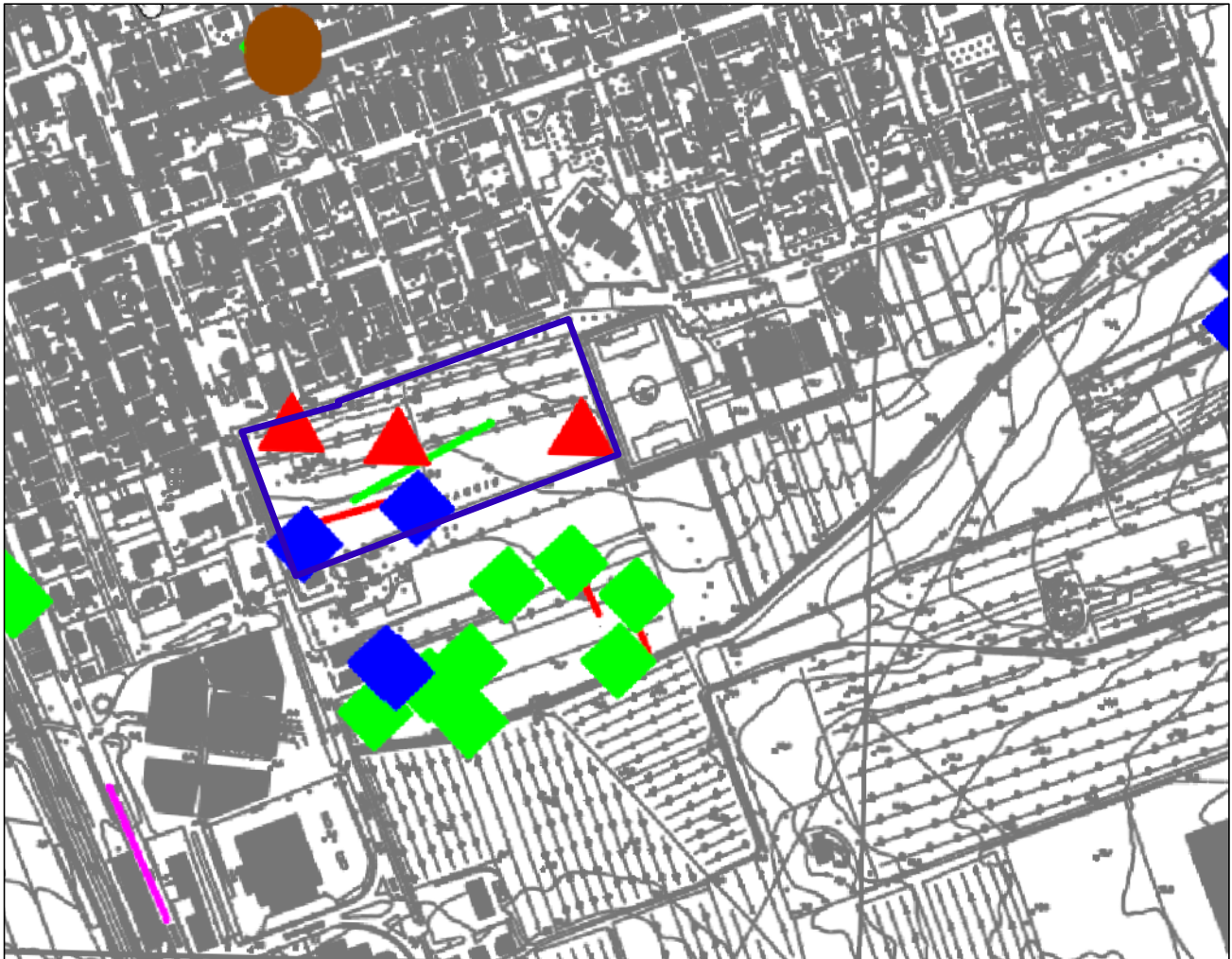


UNITA' LITOTECNICHE	UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE
 1 - successioni a prevalenza limoso-torbosa	t
 2 - successioni a prevalenza argilloso-sabbiosa	q2
 3 - successioni a prevalenza sabbiosa	s , D
 4 - successioni a prevalenza sabbioso-ghiaiosa	a , al , alp , d , con
 5 - depositi a prevalenza conglomeratico-sabbiosa	q9 , q7 , q6
 6 - successioni a prevalenza calcarenitica	q5 , q3
 7 - successioni sciolte caotiche da potenzialmente instabili ad instabili con spessori ridotti.	ai , aq
TERRENI MODIFICATI DA ATTIVITA' ANTROPICHE	
 u - zone urbanizzate	
 R - terreni di riporto artificiale	



- Perimetro lotto C.13

FIG. 4 - CARTA DEI DATI DI BASE
(R.U. CECINA G01B - Scala 1: 5.000)



INDAGINI PUNTUALI

- ▲ CPT
- ◆ DL
- ◆ DP
- ◆ DPSH
- ✕ HVSR
- S
- S-DH
- ✚ SC
- SC-DH
- ✚ SC-HVSR
- ◆ SCPT

CPT - prova penetrometrica statica
 DL - prova penetrometrica dinamica con maglio leggero
 DP - prova penetrometrica dinamica con maglio pesante
 DPSH - prova penetrometrica dinamica con maglio super pesante
 S - sondaggio geognostico
 HVSR - analisi sismica dei microtremori
 SC - prova di taglio
 DH - Down Hole
 SCPT - prova penetrometrica statica con cono sismico

INDAGINI LINEARI

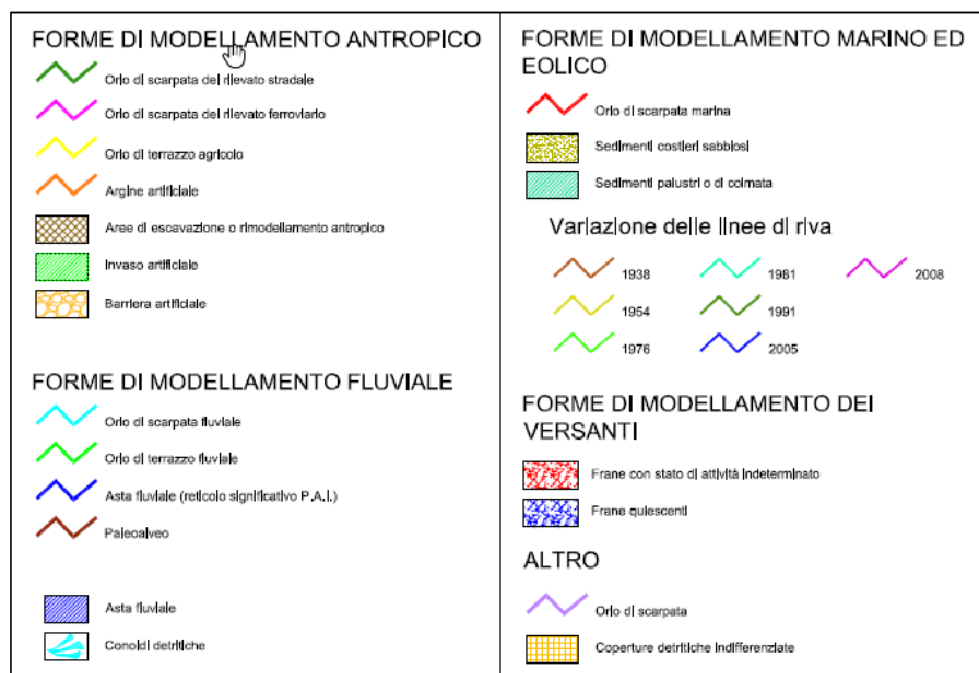
- ▲ ELETOM 2D
- ▲ ELETOM 3D
- ▲ MASW
- ▲ MASW-SISMO SH
- ▲ SISMO P-SH
- ▲ SISMO-SH
- ▲ SLV-EM

ELETOM 2D - elettrotomografia in due dimensioni (sezione)
 ELETOM 3D - elettrotomografia in 3 dimensioni
 MASW - indagine sismica per onde di superficie (multichannel analysis of surface waves)
 SISMO SH - indagine sismica a rifrazione in onde SH
 SISMO P - indagine sismica a rifrazione in onde P
 SLV-EM - tomografia magnetometrica



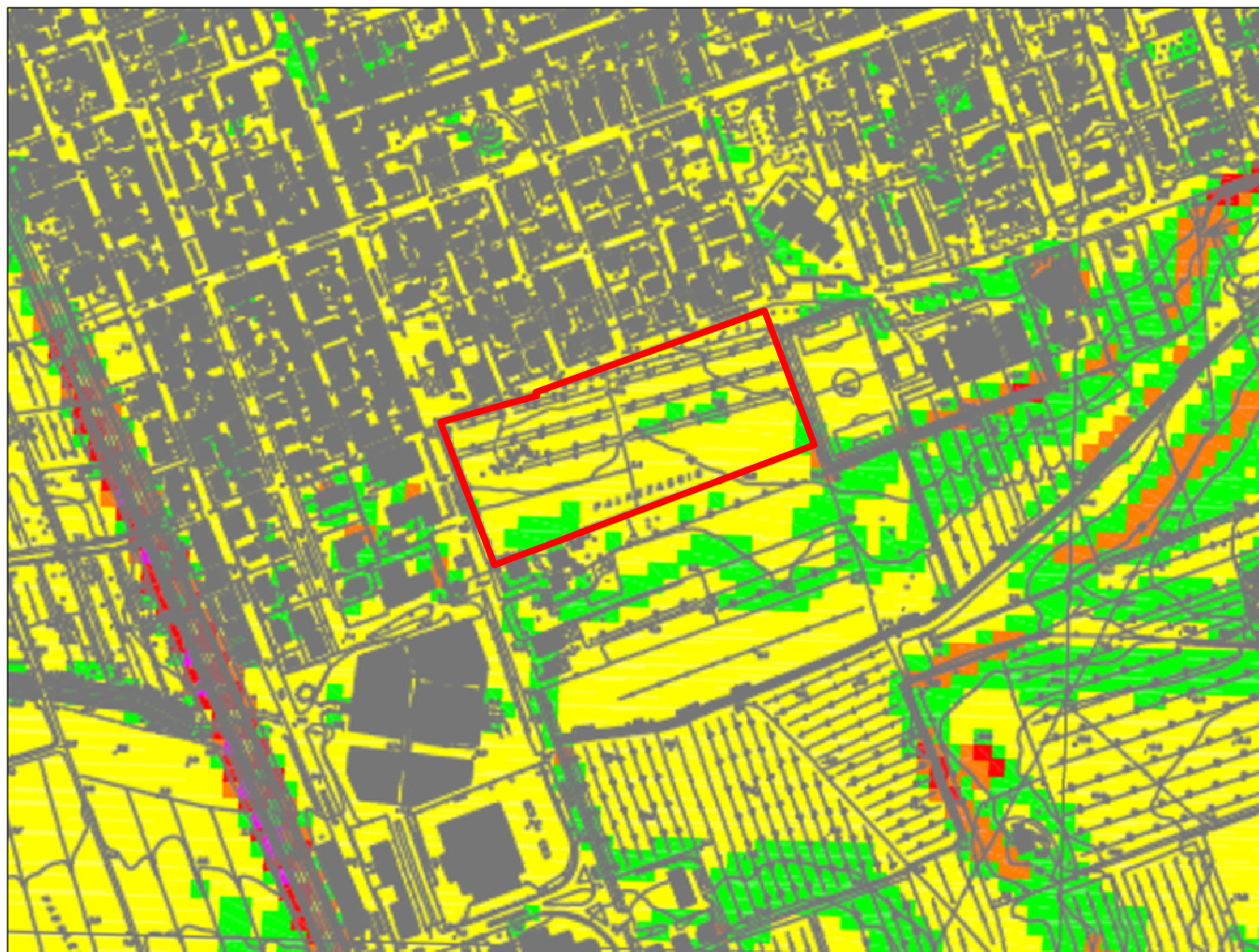
- Perimetro lotto C.13

FIG. 5 - CARTA GEOMORFOLOGICA
(R.U. CECINA G04B - Scala 1: 5.000)



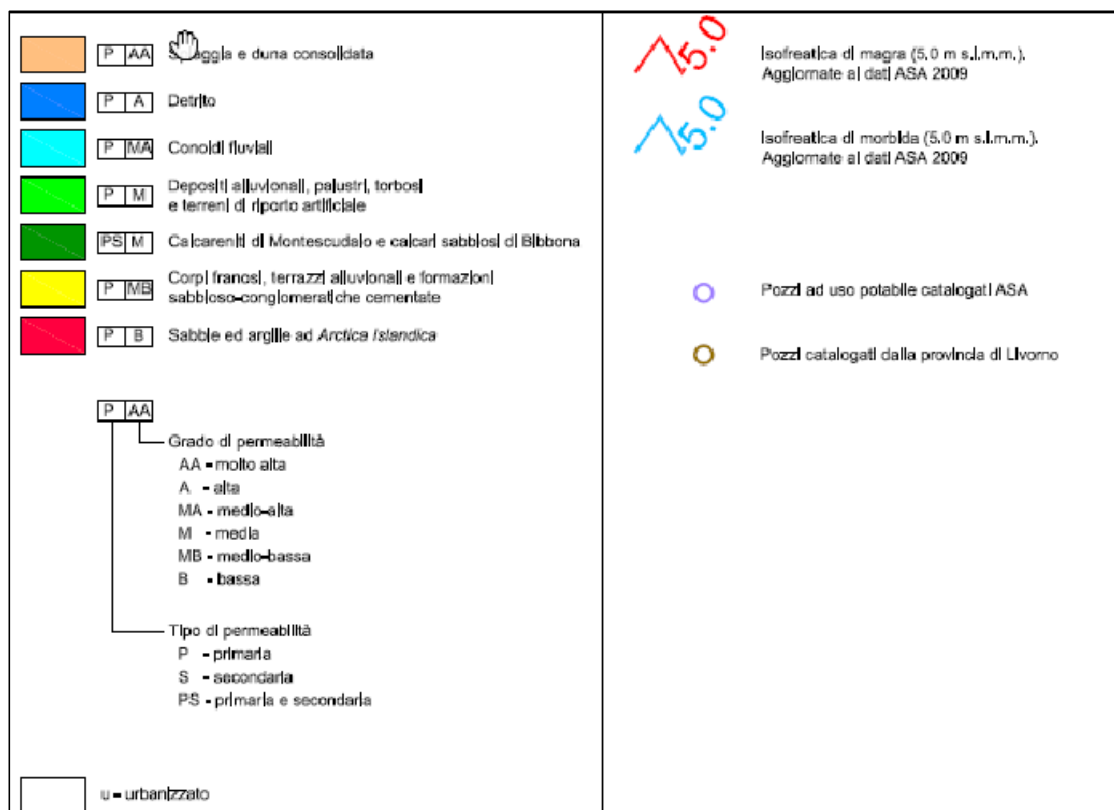
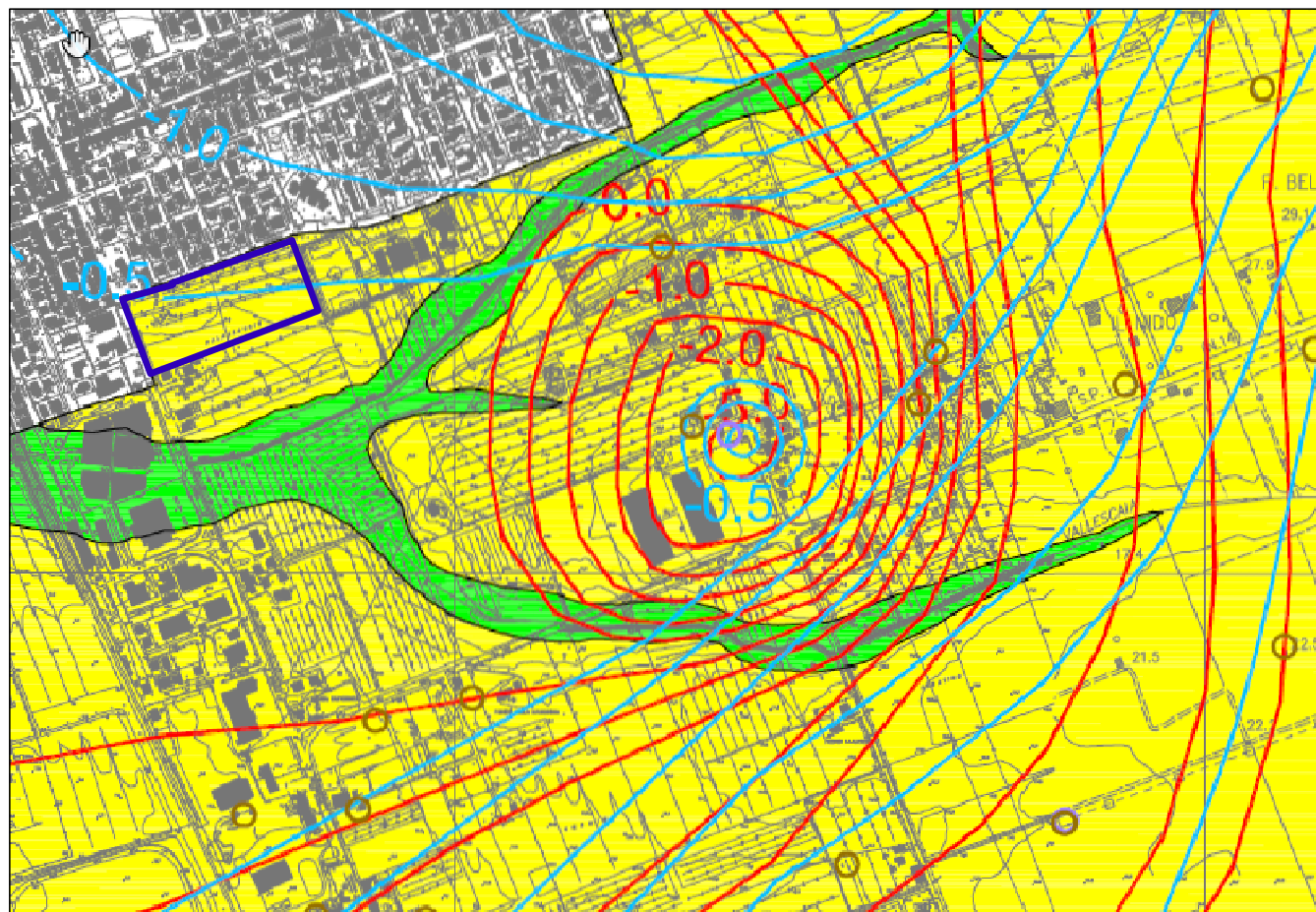
- Perimetro lotto C.13

FIG. 6 - CARTA DELL'ACCLIVITA'
(R.U. CECINA G05B - Scala 1: 5.000)



- Perimetro lotto C.13

FIG. 7 - CARTA IDROGEOLOGICA
(R.U. CECINA G06B - Scala 1: 10.000)



- Perimetro lotto C.13

FIG. 8 - CARTA DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA
(R.U. CECINA G07B - Scala 1: 10.000)



	Classe G4/PFME: frane potenzialmente attive ed eventuale area di influenza
	Classe G3/PFE: frane quiescenti, aree suscettibili di instabilità legata alle condizioni geologiche, Geomorfologiche ed Idrogeologiche.
	Classe G2: pericolosità medio bassa, legata a corpi detritici su versanti poco acclivi od a situazioni di morfologia costiera
	Classe G1: zone a pericolosità molto bassa o nulla
	Aree di trasformazione



Perimetro comparto C.13

FIG. 9 - CARTA DI PERICOLOSITA' IDRALICA
(R.U. CECINA G08B - Scala 1:5.000)



FIG. 9 a - CARTA DELL'INVILUPPO DELLE ALTEZZE DI ESONDAZIONE PER TR=200 ANNI
(F. Cecina e corsi minori - R.U. CECINA E3 C30 - fuori scala)

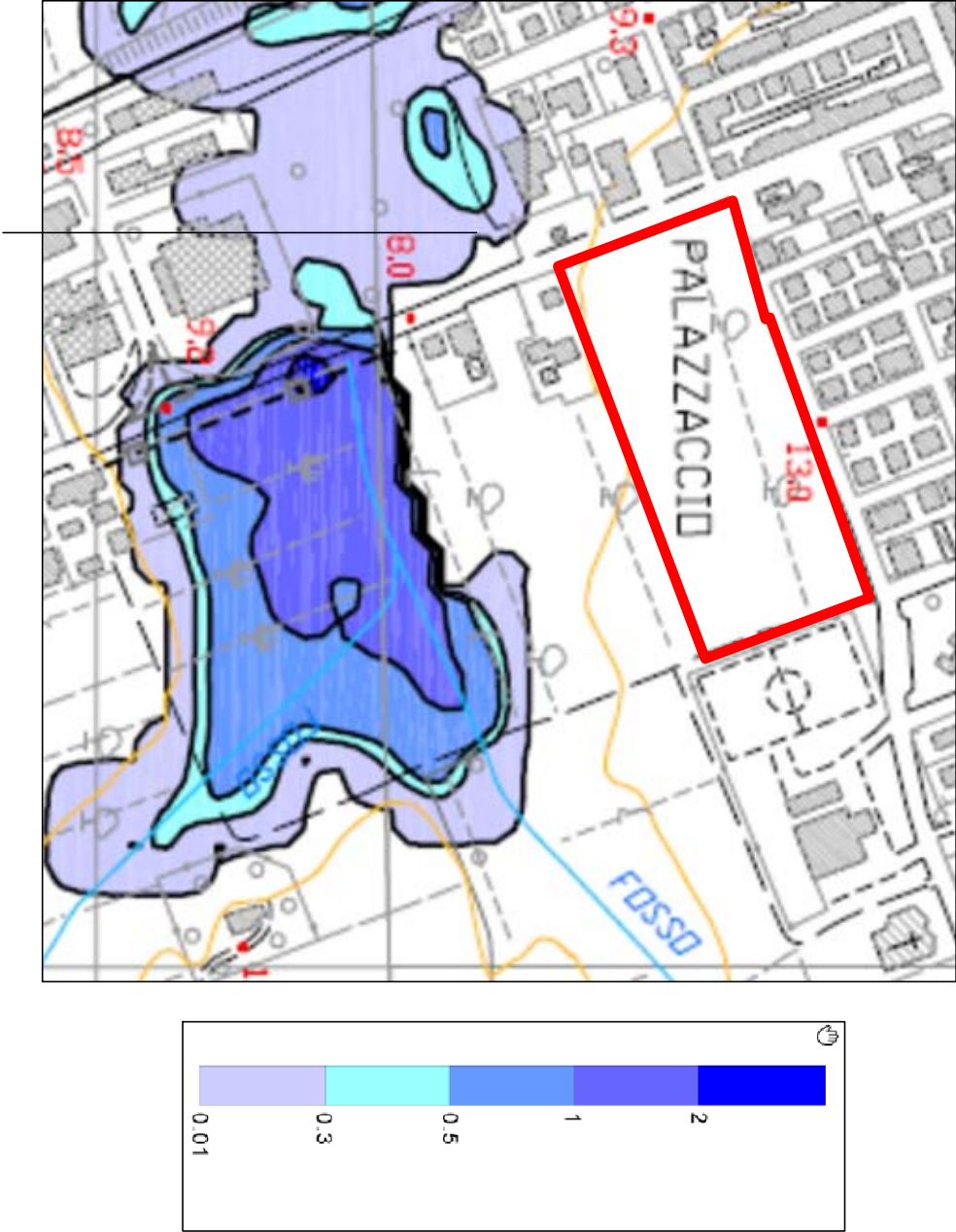


FIG. 9 b - CARTA DELL'INVILUPPO DELLE VELOCITA' MASSIME (m/s) PER TR= 200 ANNI
(F. Cecina e corsi minori - R.U. CECINA E3 C30 - fuori scala)

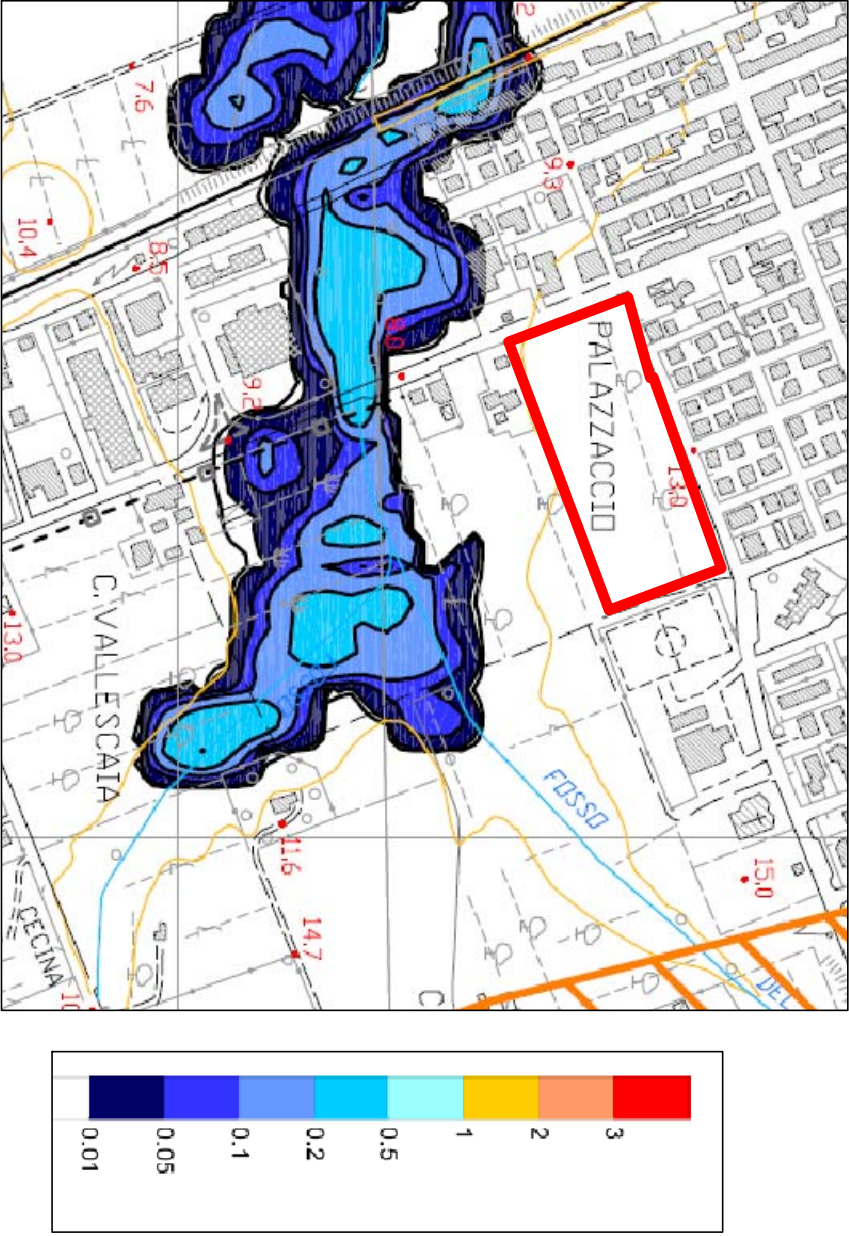
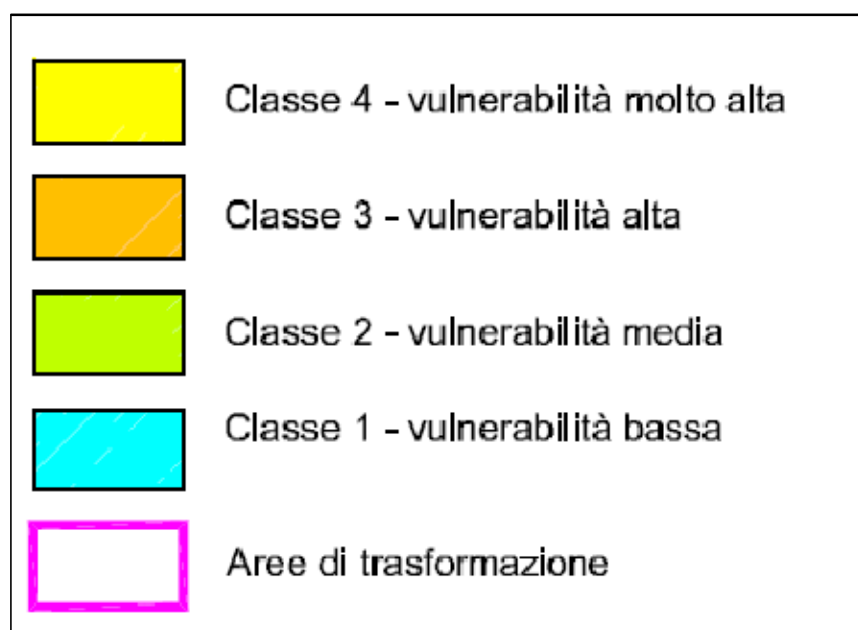
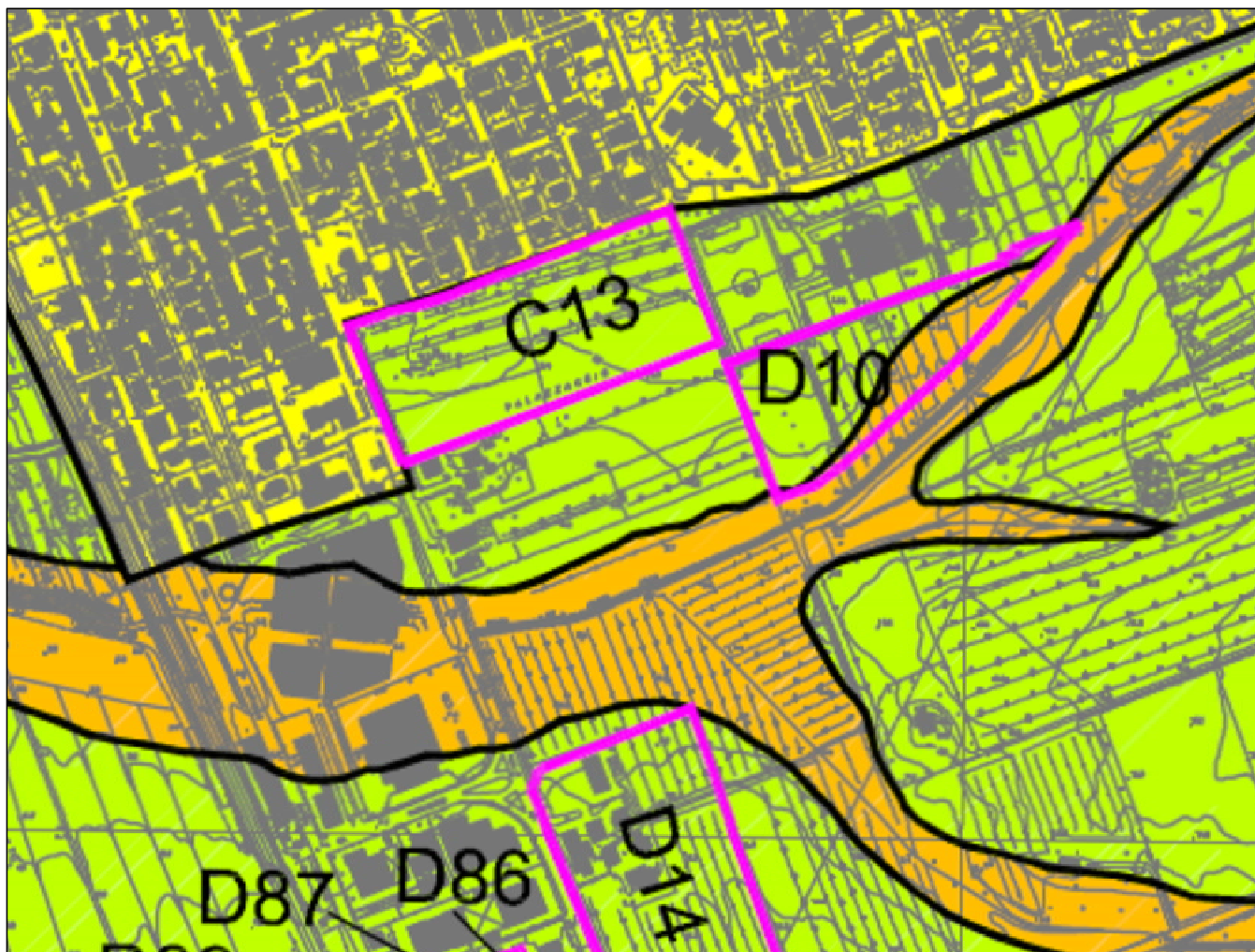
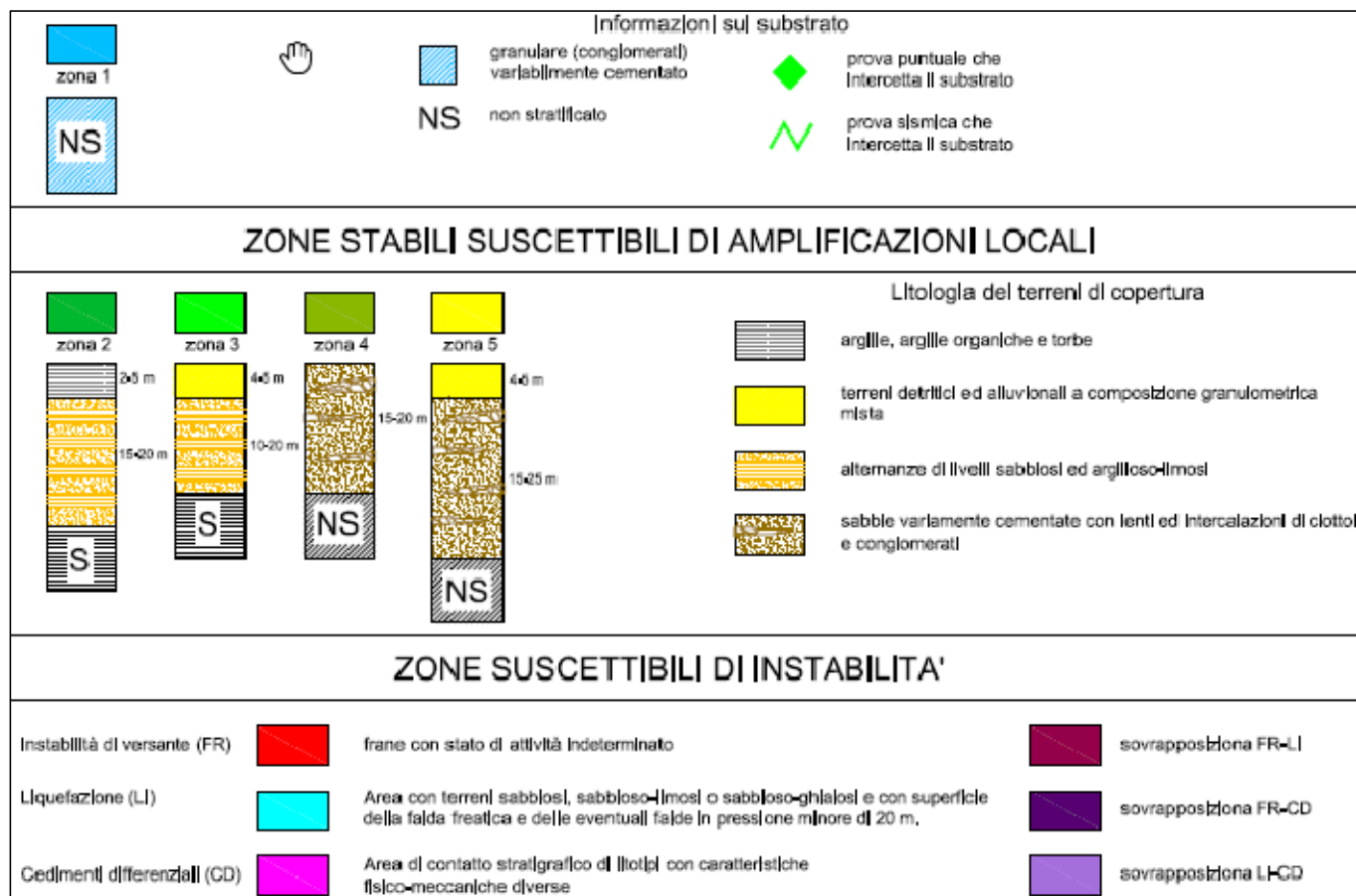
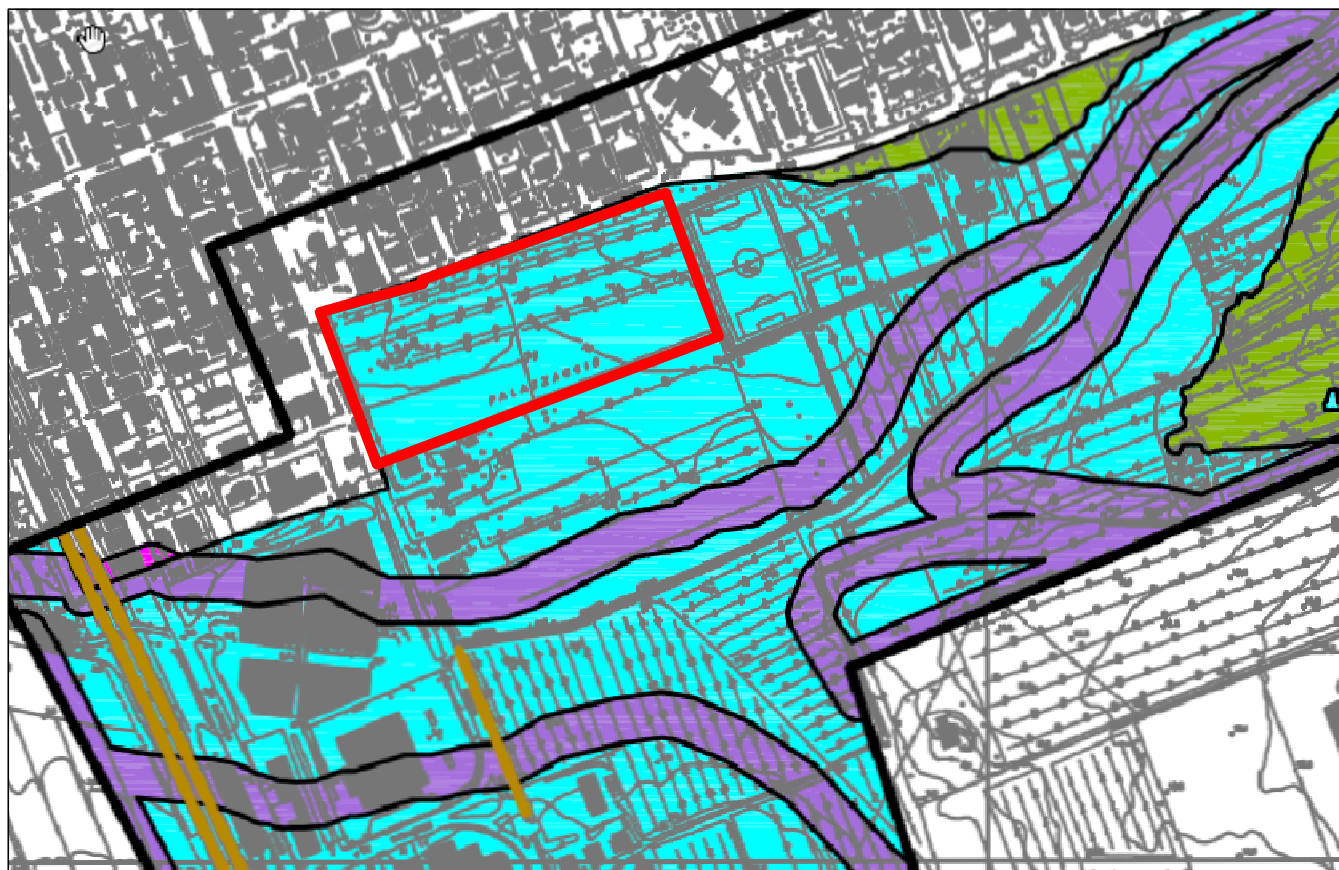


FIG. 10 - CARTA DELLA VULNERABILITA'
(R.U. CECINA G09B - Scala 1: 5.000)



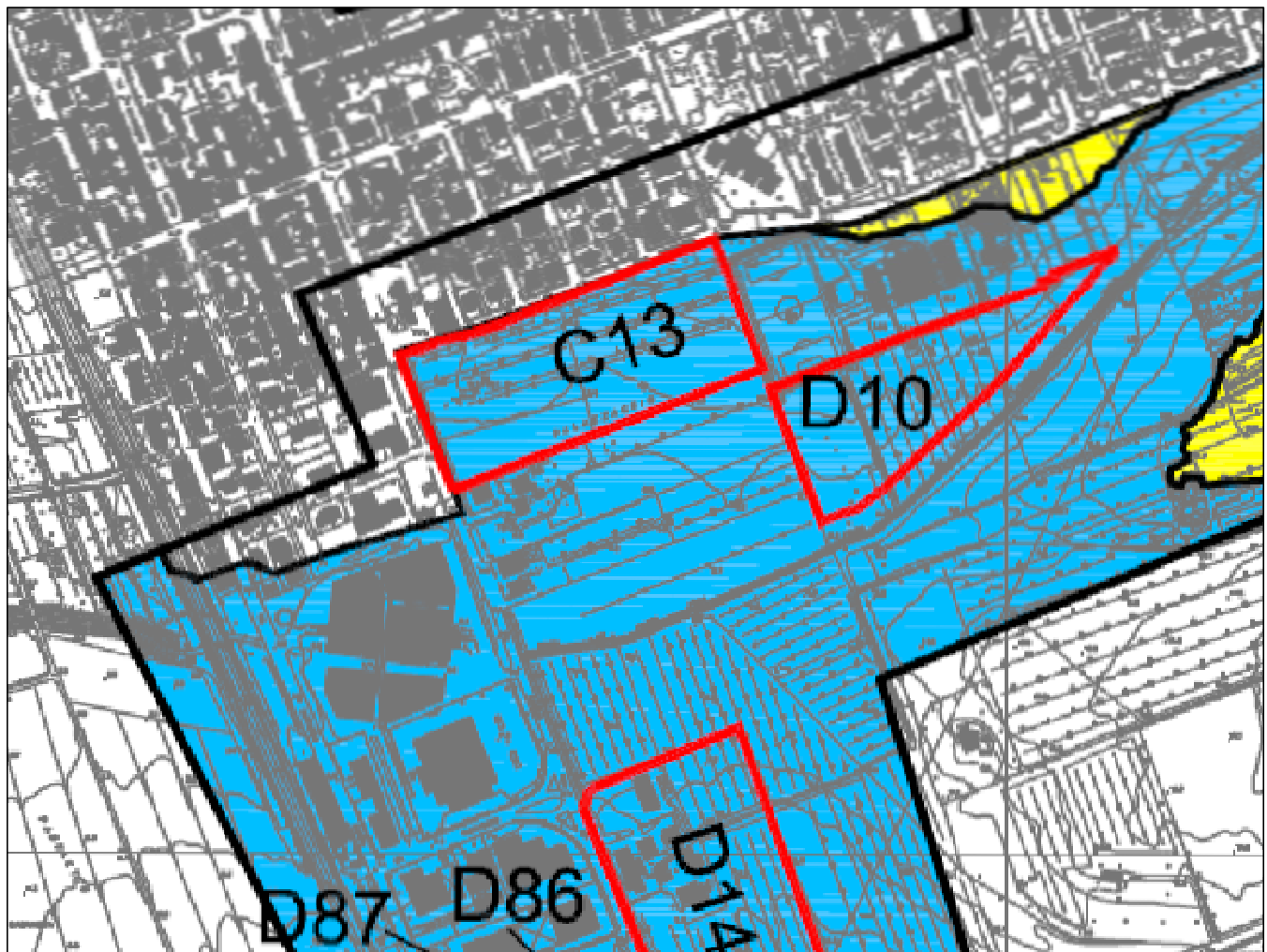
Perimetro comparto C.13

FIG. 11 - CARTA MOPS
(R.U. CECINA G10B - Scala 1: 5.000)



Perimetro comparto C.13

FIG. 12 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA
(R.U. CECINA G11B - Scala 1: 5.000)



Classe S4: Pericolosità sismica locale molto elevata. Zone suscettibili di instabilità di versante che potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici in occasione di eventi sismici



Classe S3: Pericolosità sismica locale elevata. Zone suscettibili di instabilità legata a liquefazione dinamica, zone di contatto fra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche diverse.



Classe S2: Pericolosità sismica locale media. Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



Classe S1: Pericolosità sismica bassa. Zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi con $V_s > 800$ m/s, in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione od instabilità indotta dalla sollecitazione sismica



Limite di studio di microzonazione sismica



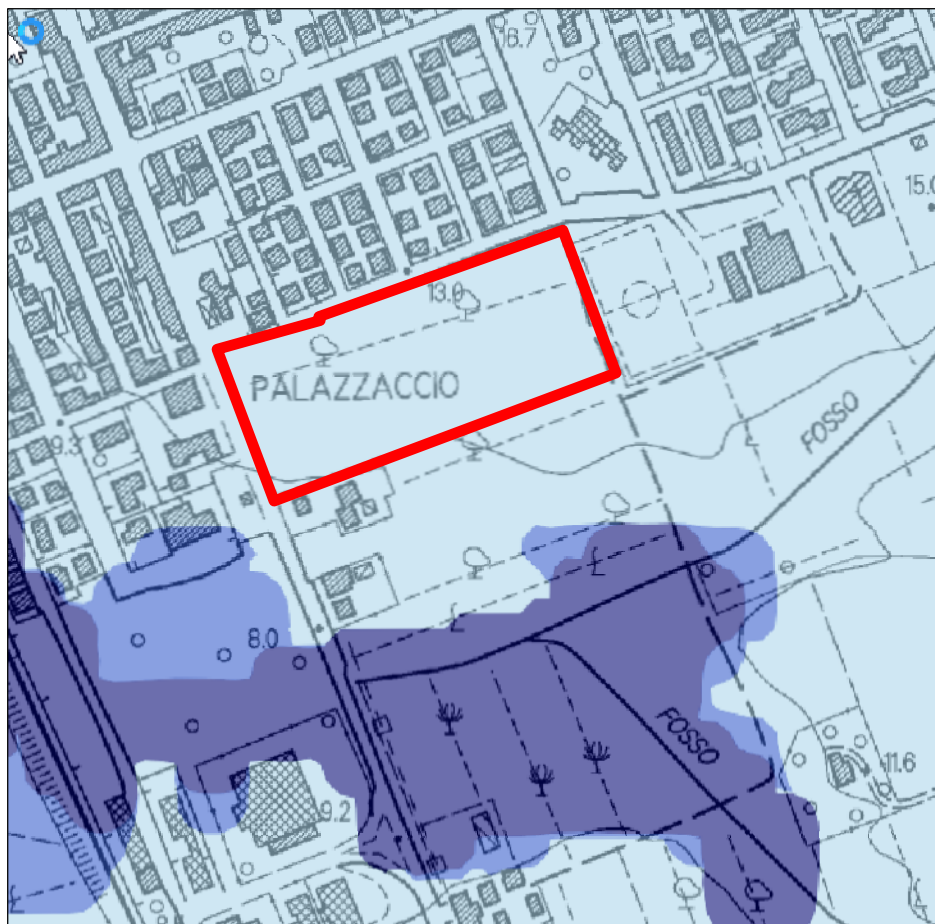
Aree di trasformazione



Perimetro comparto C.13

FIG. 13 - CARTA DEL P.G.R.A.

(Piano Regionale Rischio alluvione - Distretto Appennino Settentrionale - scala 1: 10.000)



-  P1- pericolosità bassa (alluvioni rare e di estrema intensità)
-  P2- pericolosità media (alluvioni poco frequenti)
-  P3- pericolosità elevata (alluvioni frequenti)



Perimetro comparto C.13

FIG. 14 - CARTA DEL RETICOLO DI GESTIONE
(L.R. n. 79/2012 aggiornato con DGRT n.1357/2017 - fuori scala)



Specchi d'acqua

■ Area Bagnata

Reticolo irriguo 2017

■ Reticolo irriguo

Reticolo di gestione LR 79/2012 aggiornato con DGRT 1357/2017

■ Tratto in gestione

■ Tratto non in gestione

Reticolo idrografico LR 79/2012 aggiornato con DGRT 1357/2017

■ SI

■ NO (ALTRO RETICOLO)

■ TOMBATO



Perimetro comparto C.13

FIG. 15 - PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU
(scala 1: 1.000)

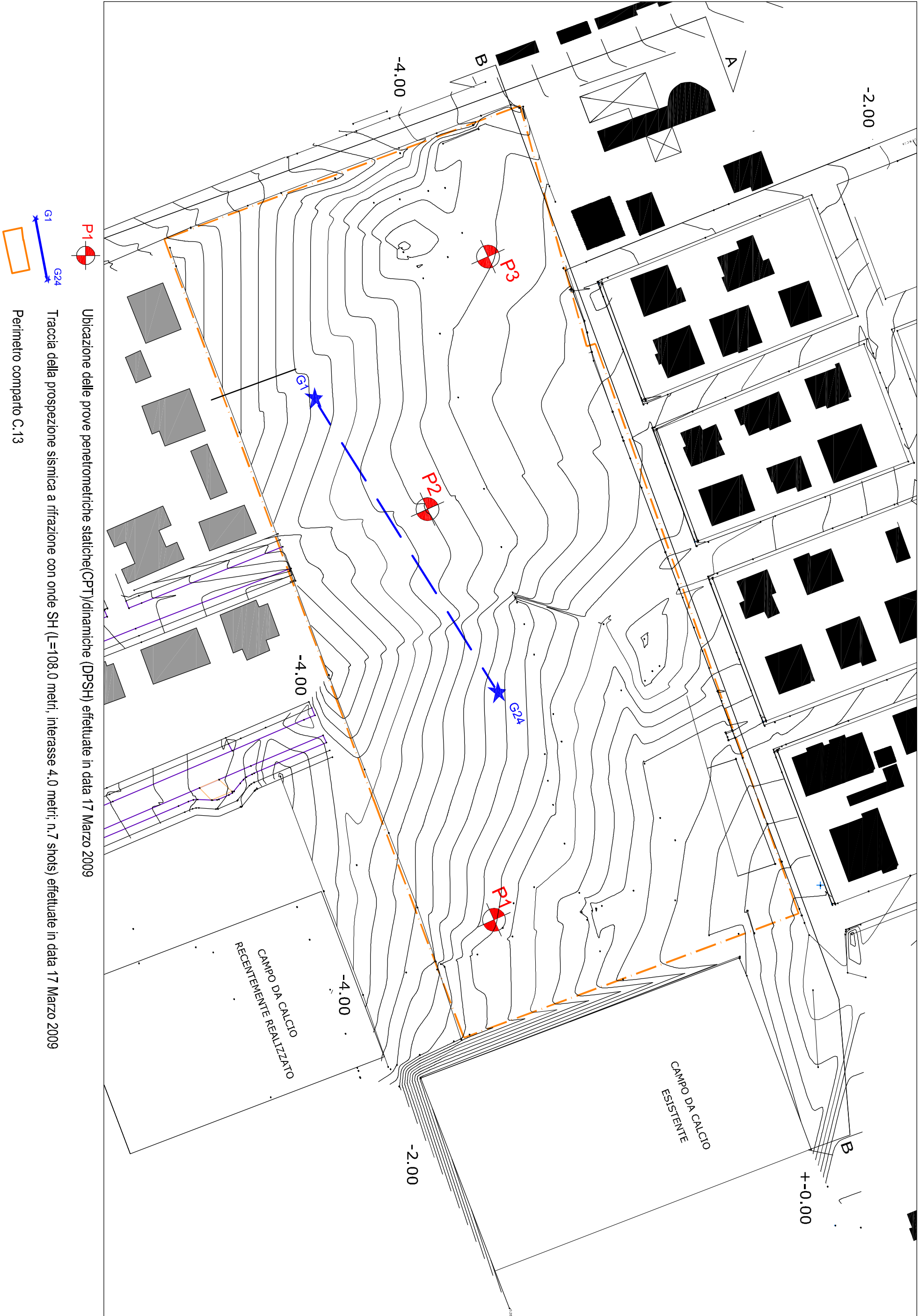
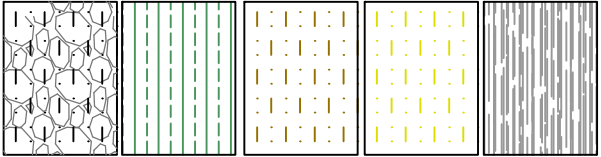
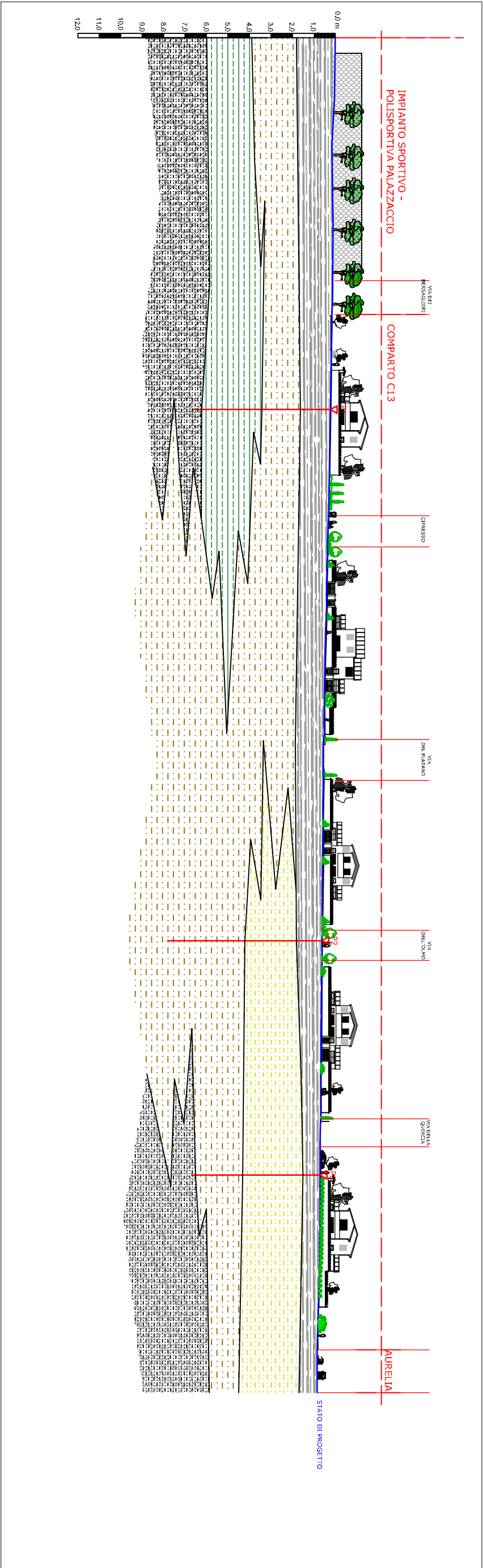


FIG. 16 - SEZIONE LITOTECNICA INTERPRETATIVA
(su sezione B-B stato di progetto - Scala 1:200)



- ORIZZONTE "A" "terreno vegetale/limi argillosi poco consistenti";
- ORIZZONTE "B" "limi sabbiosi-argillosi moderatamente addensati e consistenti";
- ORIZZONTE "C" "limi sabbioso-argillosi addensati";
- ORIZZONTE "D" "sabbie limose addensate con ciottolotti";
- ORIZZONTE "E" "alternanza tra sabbie fortemente addensate e livelli conglomeratici";



Studio di Geologia

PAOLA PECCIANI

Dott. Geol. Paola Peccianti

Via di Tiglio 1688 | 55100 Lucca | Tel/Fax 0583 935959 | cell. 3471829261 | paolapeccianti@yahoo.it | P.E.C. paolapeccianti@epap.sicurezzapostale.it

Allegato.1:

Indagine geognostiche in situ

- Prova penetrometriche statiche/dinamiche superpesanti (CPT/DPSH, 17 Marzo 2009)
- Indagine sismica a rifrazione in ondeggiamento Sh (17 Marzo 2009)



CPT

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

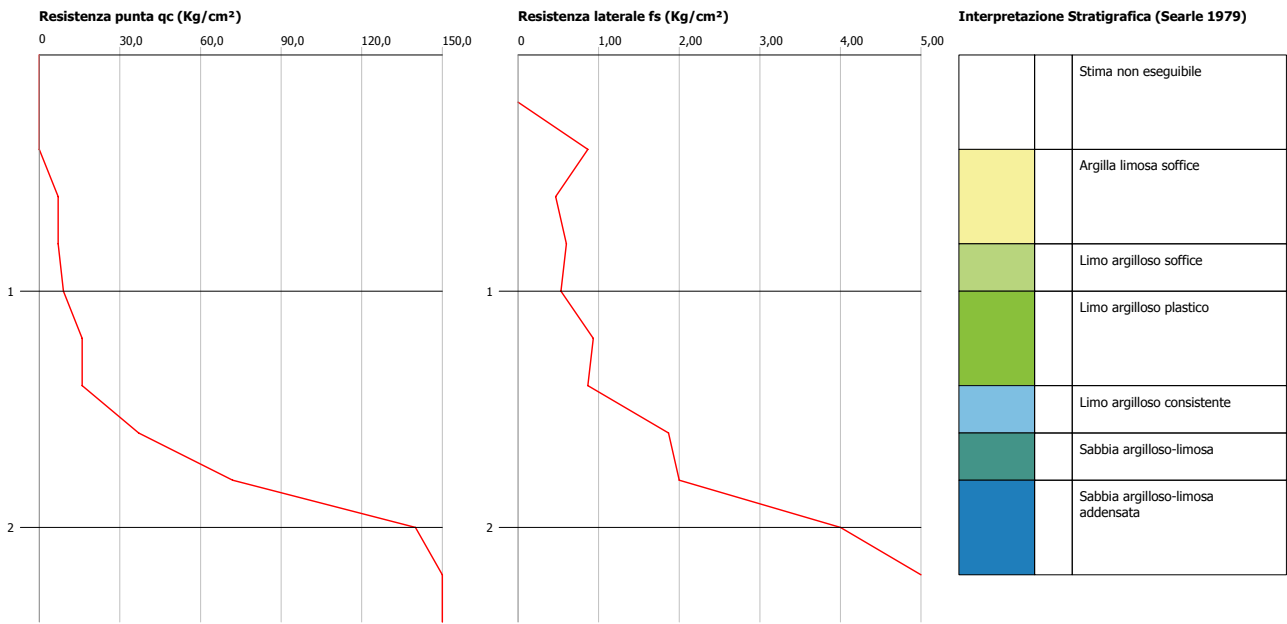
Committente :	Geol. Paola Peccianti
Cantiere:	Palazzaccio
Località:	Cecina (LI)
Data:	17/03/2009
N° di prove:	3

Caratteristiche Strumentali

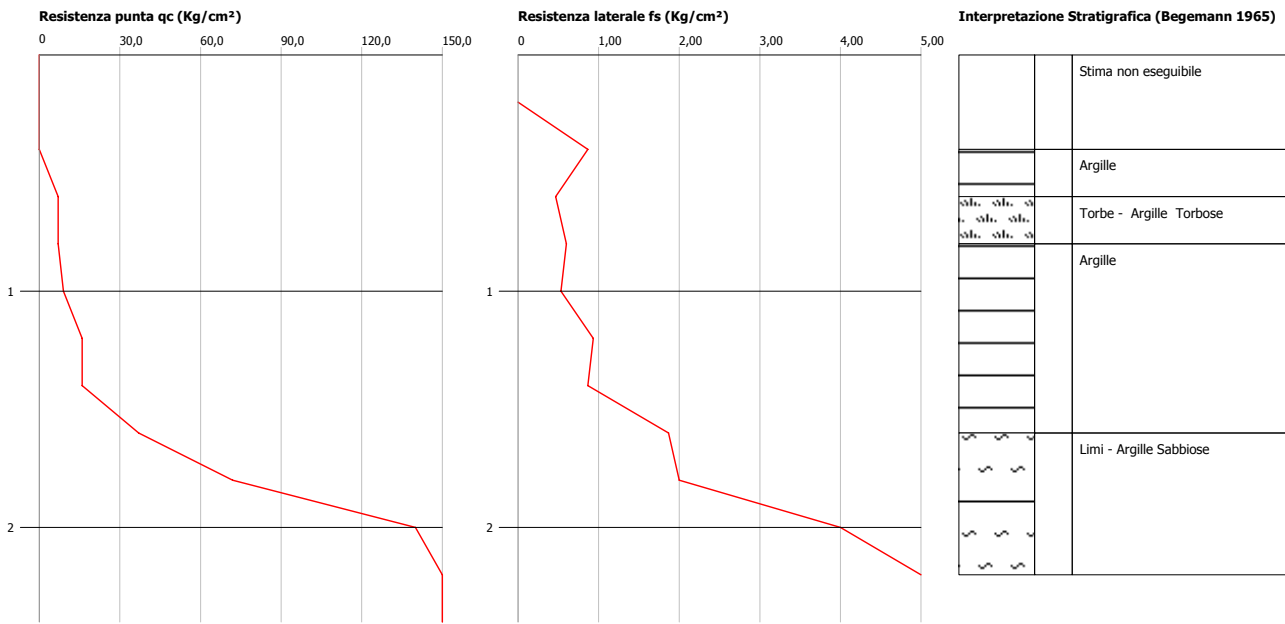
Ditta produttrice:	PAGANI GEOTHECNICAL EQUIPMENT
Modello:	TG63-200
Spinta:	200 KN
Punta:	meccanica tipo Begemann
Cella di carico di sommità:	Hottinger - Classe: 0,2
Centralina di rilevamento dati	elettronica
Diametro punta conica meccanica (mm):	35,7
Angolo di apertura punta (°):	60
Area punta (cmq):	10
Superficie manicotto (cmq): 150	150
Passo letture (cm):	20
Costante di trasformazione Ct:	10

P1**CPT****Committente:** Geol. Paola Peccianti**Cantiere:** Palazzaccio**Località:** Cecina (LI)**Data:** 17/03/2009**Piezometro:** assente**Prof. falda:** non mis

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs (Begemann)	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,2						
0,4				0,9		
0,6	7	20	7	0,5	15,0	6,7
0,8	7	14	7	0,6	11,7	8,6
1	9	18	9	0,5	16,9	5,9
1,2	16	24	16	0,9	17,1	5,8
1,4	16	30	16	0,9	18,5	5,4
1,6	37	50	37	1,9	19,8	5,1
1,8	72	100	72	2,0	36,0	2,8
2	140	170	140	4,0	35,0	2,9
2,2	250	310	250	7,3	34,1	2,9
2,4	210	320	210			



Profondità



Profondità

CPT

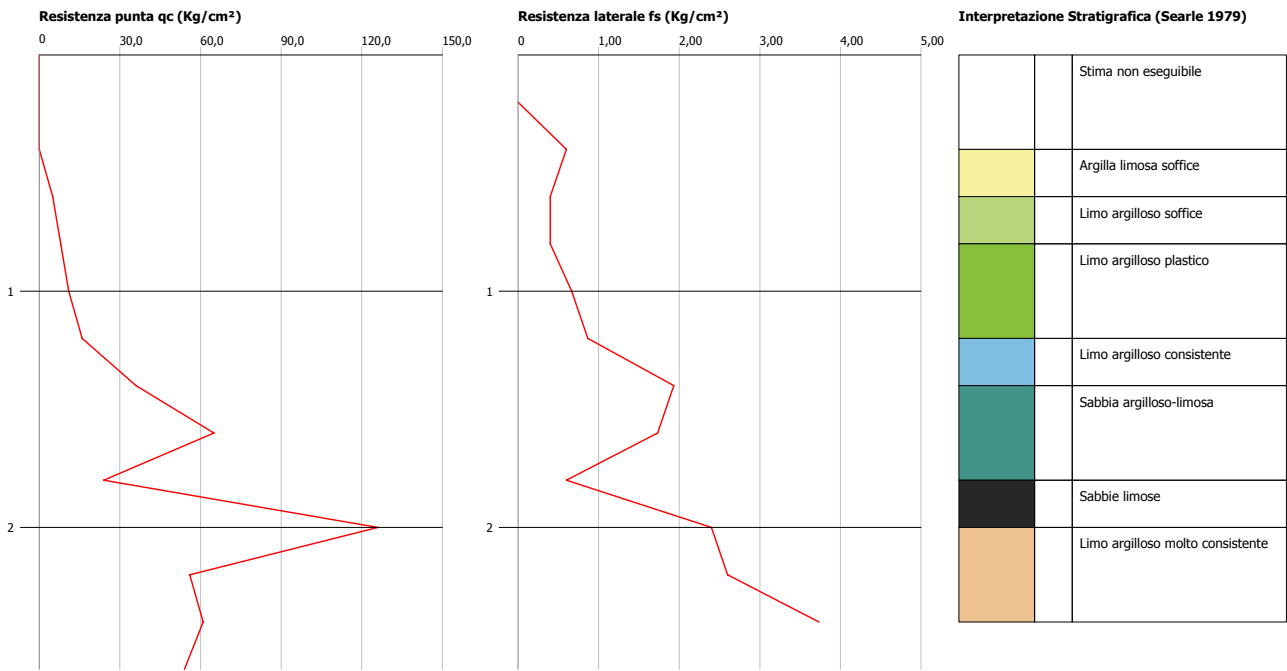
Data: 17/03/2009
Piezometro: assente
Prof. falda: non mis

P2

CPT

Committente: Geol. Paola Peccianti**Data:** 17/03/2009**Cantiere:** Palazzaccio**Piezometro:** 7 m**Località:** Cecina (LI)**Prof. falda:** non mis

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs (Begemann)	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,2				0,6		
0,4				0,4	12,5	8,0
0,6	5	14	5	0,4	20,0	5,0
0,8	8	14	8	0,4	16,5	6,1
1	11	17	11	0,7	18,5	5,4
1,2	16	26	16	0,9	18,6	5,4
1,4	36	49	36	1,9	37,5	2,7
1,6	65	94	65	1,7	40,0	2,5
1,8	24	50	24	0,6	52,5	1,9
2	126	135	126	2,4	21,5	4,6
2,2	56	92	56	2,6	16,3	6,1
2,4	61	100	61	3,7		
2,6	54	110	54			



Profondità



Committente: Geol. Paola Peccianti
Cantiere: Palazzaccio
Località: Cecina (LI)

Data: 17/03/2009
Piezometro: 7 m
Prof. falda: non mis

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

[illegible]

Tipo: C: Coesivo; I: Incoerente; CI: Coesivo-Incoerente **PuvS:** Peso unità di volume saturo (t/m³)
Cu: Coesione non drenata (Kg/cm²) **Dr:** Densità relativa (%)
Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm²) **Fi:** Angolo di resistenza al taglio (°)
G: Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²) **Ey:** Modulo di Young (Kg/cm²)

P3**CPT**

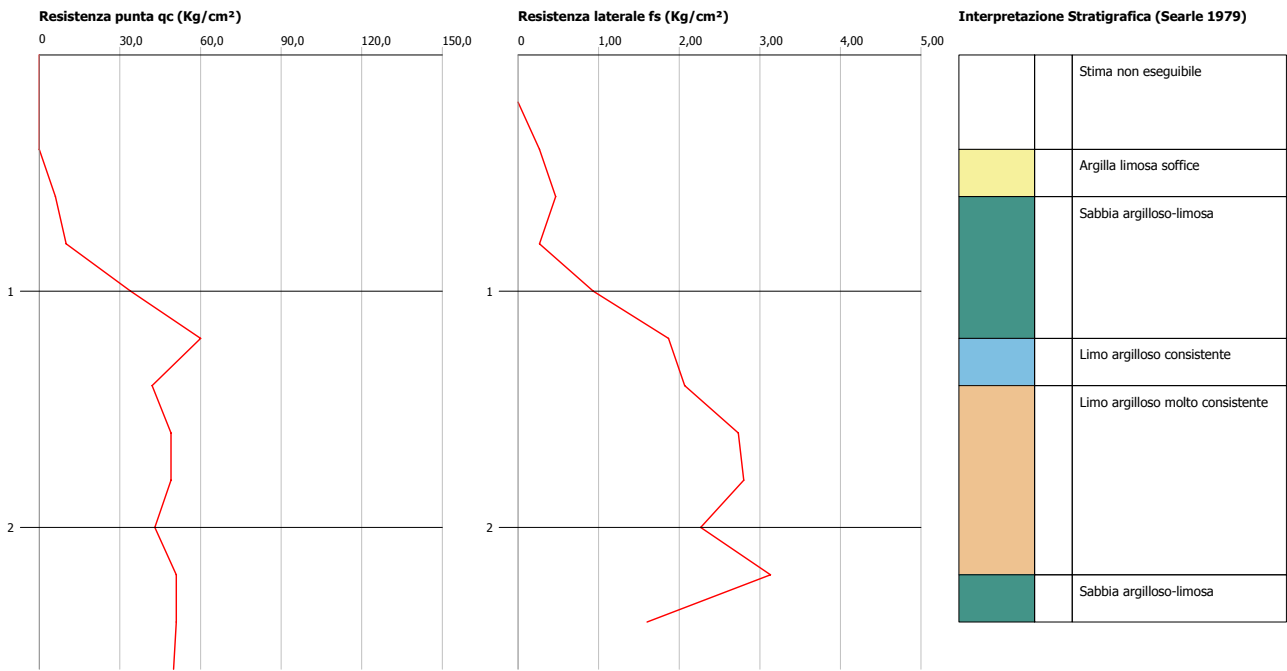
Committente: Geol. Paola Peccianti
Cantiere: Palazzaccio
Località: Cecina (LI)

Data: 17/03/2009
Piezometro: assente
Prof. falda: non mis

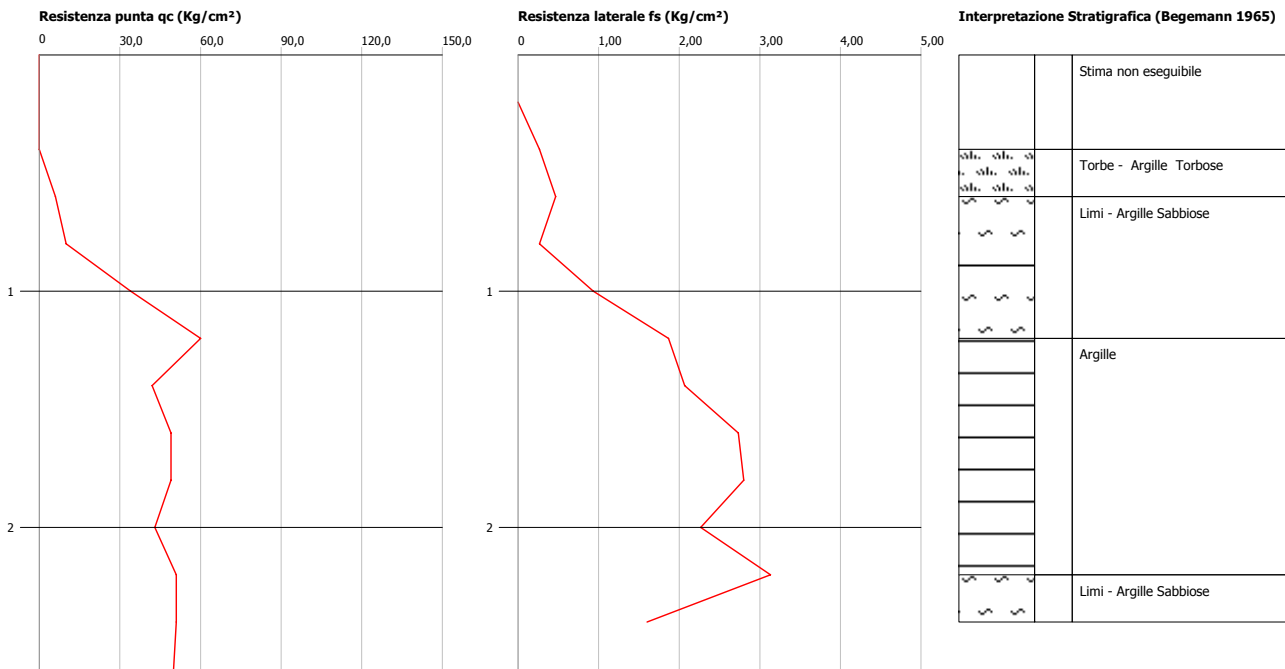
Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs (Begemann)	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,2				0,3		
0,4				0,5		
0,6	6	10	6	0,5	12,9	7,8
0,8	10	17	10	0,3	37,5	2,7
1	34	38	34	0,9	36,4	2,8
1,2	60	74	60	1,9	32,1	3,1
1,4	42	70	42	2,1	20,3	4,9
1,6	49	80	49	2,7	17,9	5,6
1,8	49	90	49	2,8	17,5	5,7
2	43	85	43	2,3	19,0	5,3
2,2	51	85	51	3,1	16,3	6,1
2,4	51	98	51	1,6	31,9	3,1
2,6	50	74	50			

Committente : Geol. Paola Peccianti
Cantiere : Palazzaccio
Località : Cecina (LI)

Data :17/03/2009



Profondità



Profondità

Committente: Geol. Paola Peccianti
Cantiere: Palazzaccio
Località: Cecina (LI)

Data: 17/03/2009
Piezometro: assente
Prof. falda: non mis

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

[illegible]

Tipo: C: Coesivo; I: Incoerente; CI: Coesivo-Incoerente **PuvS:** Peso unità di volume saturo (t/m³)
Cu: Coesione non drenata (Kg/cm²) **Dr:** Densità relativa (%)
Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm²) **Fi:** Angolo di resistenza al taglio (°)
G: Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²) **Ey:** Modulo di Young (Kg/cm²)



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

Committente :	Geol. Paola Peccianti
Cantiere:	Palazzaccio
Località:	Cecina (LI)
Data:	17/03/2009
N° di prove:	3

Caratteristiche Strumentali

Ditta produttrice:	PAGANI GEOTHECNICAL EQUIPMENT
Modello:	TG63-200
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,7 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,8 m
Avanzamento punta	0,2 m
Coeff. Correlazione	1,523
Angolo di apertura punta	60°

DPSH

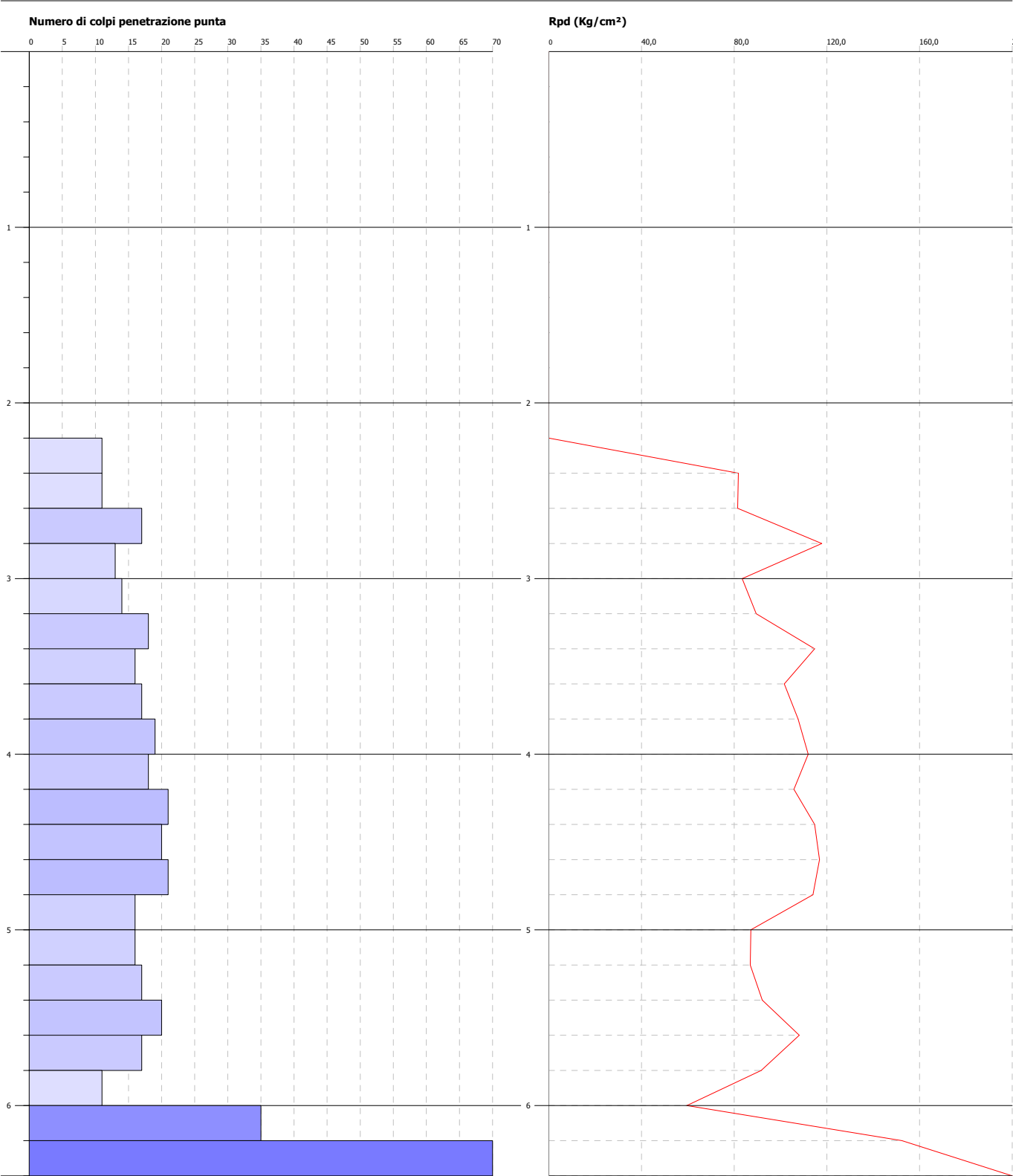
Committente:	Geol. Paola Peccianti
Cantiere:	Palazzaccio
Località:	Cecina (LI)

Data:	17/03/2009
Piezometro:	assente
Prof. falda:	non mis

[illegible]

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente :	Geol. Paola Peccianti	Data :17/03/2009
Cantiere :	Palazzaccio	
Località :	Cecina (LI)	



DPSH

Committente:	Geol. Paola Peccianti
Cantiere:	Palazzaccio
Località:	Cecina (LI)

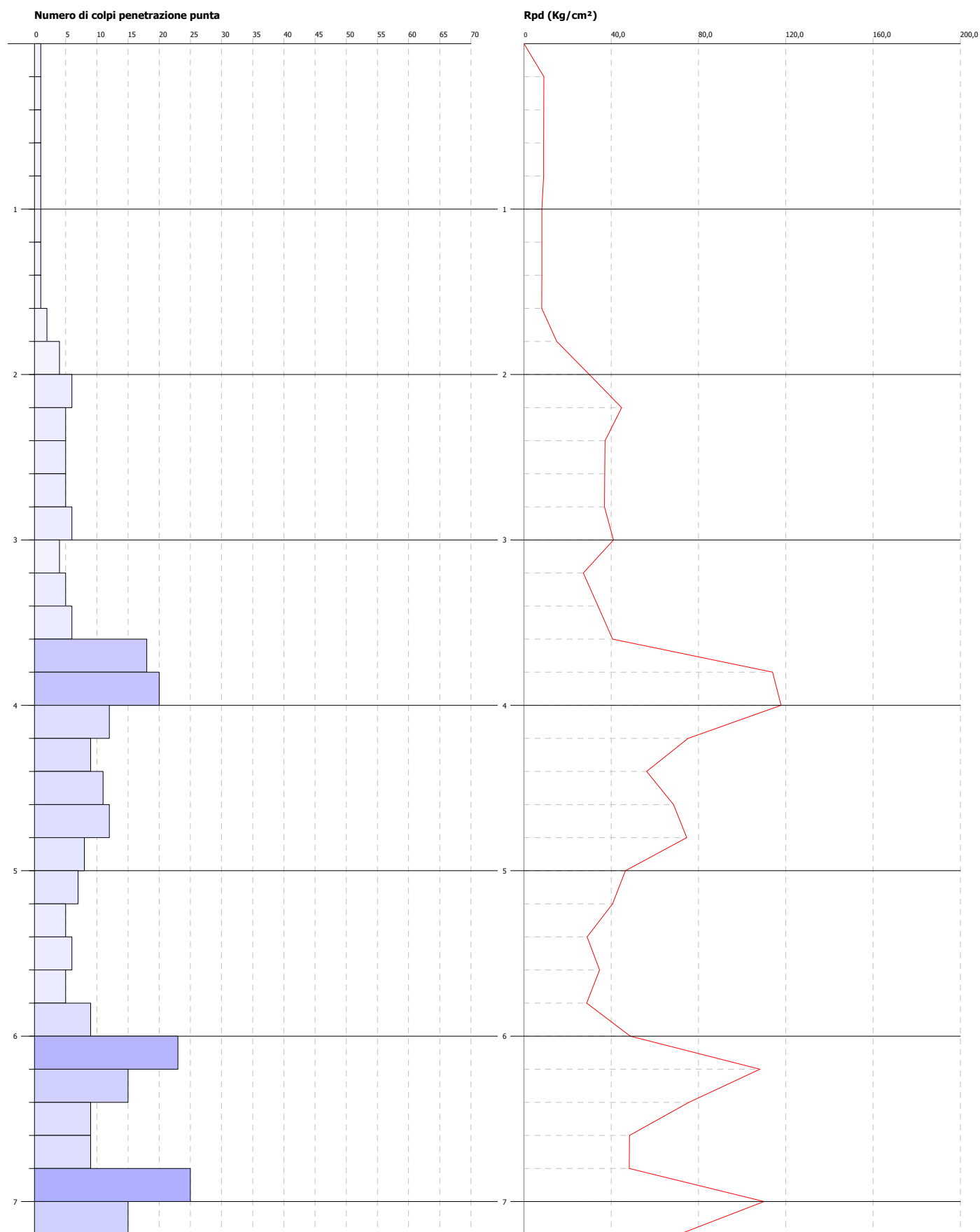
Data:	17/03/2009
Piezometro:	7 m
Prof. falda:	non mis

[illegible]

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Geol. Paola Peccianti
Cantiere : Palazzaccio
Località : Cecina (LI)

Data :17/03/2009



GAIA Servizi s.n.c.

Via Lenin 132/a San Martino a Ulmiano - 56017 San Giuliano Terme (PI)
Tel. 050 9910582 e-mail: info@studiogaia.net - P.Iva 01667250508

DPSH

Committente:	Geol. Paola Peccianti
Cantiere:	Palazzaccio
Località:	Cecina (LI)

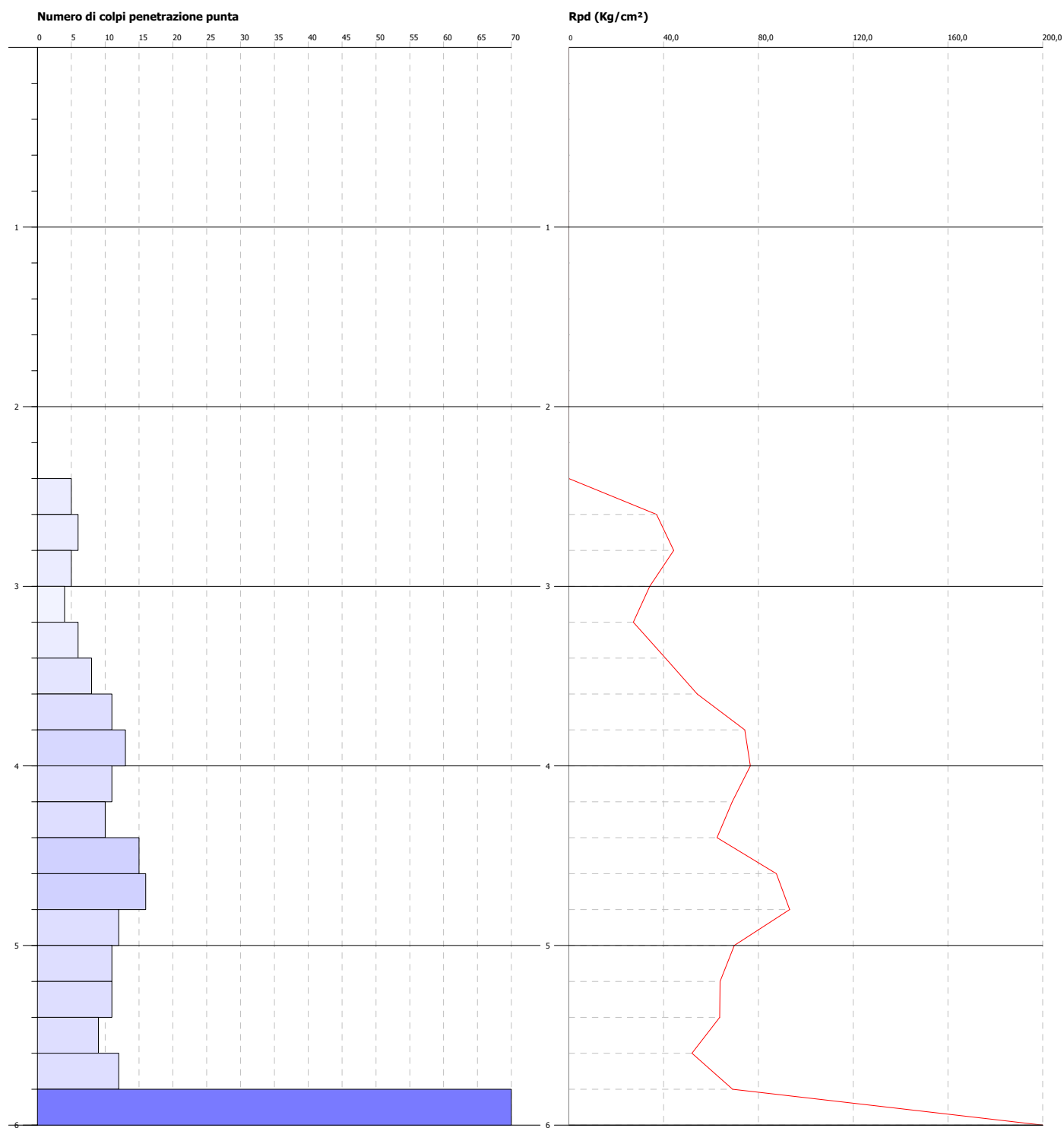
Data:	17/03/2009
Piezometro:	assente
Prof. falda:	non mis

[illegible]

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P3
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Geol. Paola Peccianti
Cantiere : Palazzaccio
Località : Cecina (LI)

Data :17/03/2009



GAIA Servizi s.n.c.

Via Lenin 132/a San Martino a Ulmiano - 56017 San Giuliano Terme (PI)
Tel. 050 9910582 e-mail: info@studiogaia.net - P.Iva 01667250508



**PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE
IN ONDE SH CON TECNICA TOMOGRAFICA**

RELAZIONE TECNICA

Committente: Geol. Paola Peccianti

Località: Palazzaccio – Cecina (LI)

Data: Marzo 2009

I N D I C E

PREMESSA	3
1. METODO SISMICO A RIFRAZIONE	3
1.1 Tomografia Sismica	4
2. SISTEMA DI ACQUISIZIONE	5
3. ELABORAZIONE DATI	6
4. COMMENTO AI RISULTATI DELLE PROSPEZIONI SISMICHE	7
4.1 Categoria del suolo di fondazione (D.M. 14/01/2008).....	8

ALLEGATI

Sezioni Sismo-tomografiche

PREMESSA

Per incarico del Geologo Paola Peccianti, sono state eseguite indagini geofisiche in Località Palazzaccio, nel Comune di Cecina (LI).

Tali indagini sono finalizzate alla ricostruzione della distribuzione e dell'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo, per determinare le principali caratteristiche sismo-stratigrafiche ed elastiche dei terreni.

La tecnica geofisica utilizzata è stata la Sismica a Rifrazione a mezzo di onde SH con elaborazione Tomografica.

Le presenti note illustrano la metodologia delle indagini ed i risultati conseguiti.

1. METODO SISMICO A RIFRAZIONE

Le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo. Nella prospezione sismica a rifrazione, si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P o "di compressione e dilatazione") o trasversali (onde SH o "di taglio") per determinare spessori e andamento dei livelli presenti.

La prospezione consiste nel generare un'onda sismica di compressione o di taglio nel terreno attraverso una determinata sorgente di energia (colpo di mazza o di maglio, esplosivo etc.) e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (*geofoni*) seguendo le leggi di rifrazione dell'ottica (*Legge di Snell*), cioè rifrangendosi sulle superfici di separazione tra due strati sovrapposti di densità (o meglio di modulo elastico) crescente.

L'apparecchiatura necessaria per le prospezioni è costituita da una serie di ricevitori (*geofoni*) che vengono spazati lungo un determinato allineamento (base sismica) e da un cronografo che registra l'istante di inizio della perturbazione elastica ed i tempi di primo arrivo delle onde a ciascun geofono. Così, osservando i primi arrivi su punti posti a distanze diverse dalla sorgente energizzante, è possibile costruire una curva tempo-distanza (*dromocrona*) rappresentante la variazione del minimo percorso in funzione del tempo. Attraverso metodi analitici si ricavano quindi le velocità delle onde elastiche longitudinali (V_p) o trasversali (V_s) dei mezzi attraversati ed il loro spessore.

La velocità di propagazione delle onde elastiche nel suolo è compresa tra larghi limiti; per lo stesso tipo di roccia essa diminuisce col grado di alterazione, di fessurazione e/o di fratturazione; aumenta per contro con la profondità e l'età geologica. Sensibili differenze si possono avere, in rocce stratificate, tra le velocità rilevate lungo i piani di strato e quelle rilevate perpendicolarmente a questi. La velocità delle onde compressionali, diversamente da quelle trasversali che non si trasmettono nell'acqua, è fortemente influenzata dalla presenza della falda acquifera e dal grado di saturazione.

Questo comporta che anche litotipi differenti possano avere uguali velocità delle onde sismiche compressionali (ad esempio roccia fortemente fratturata e materiale detritico

saturo con velocità V_p dell'ordine di 1400÷1700 m/sec), per cui non necessariamente l'interpretazione sismostratigrafica corrisponderà con la reale situazione geologico-stratigrafica.

Il metodo sismico a rifrazione è soggetto inoltre alle seguenti limitazioni:

- un livello potrà essere evidenziato soltanto se la velocità di trasmissione delle onde longitudinali in esso risulterà superiore a quella dei livelli soprastanti (effetto della inversione di velocità);
- un livello di spessore limitato rispetto al passo dei geofoni e alla sua profondità può non risultare rilevabile;
- un livello di velocità intermedia compreso tra uno strato sovrastante a velocità minore ed uno sottostante a velocità sensibilmente maggiore può non risultare rilevabile perché mascherato dagli "arrivi" dallo strato sottostante (effetto dello strato nascosto e "zona oscura");
- aumentando la spaziatura tra i geofoni aumenta la profondità di investigazione, ma può ovviamente ridursi la precisione nella determinazione della profondità dei limiti di passaggio tra i diversi livelli individuati. In presenza di successioni di livelli con velocità (crescenti) di poco differenti tra loro, orizzonti a velocità intermedia con potenza sino anche ad 1/3 del passo adottato possono non essere evidenziati. Il limite tra due orizzonti può quindi in realtà passare "attraverso" un terzo intermedio non evidenziabile;
- analogamente, incrementi gradualmente di velocità con la profondità danno origine a dromocroni che consentono più schemi interpretativi. Il possibile errore può essere più contenuto potendo disporre di sondaggi di taratura e "cercando" sulle dromocroni delle basi sismiche i livelli che abbiano velocità il più possibile simili a quelle ottenute con le tarature.

1.1 Tomografia Sismica

Il metodo della tomografia sismica è una tecnica di indagine che permette l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse.

Per il trattamento dei dati, per la ricostruzione tomografica dell'immagine si utilizza una suddivisione dell'area di studio in celle elementari, calcolando per ciascuna di queste un valore di velocità congruente con il tempo di tragitto medio relativo ai percorsi dei raggi sismici che le attraversano.

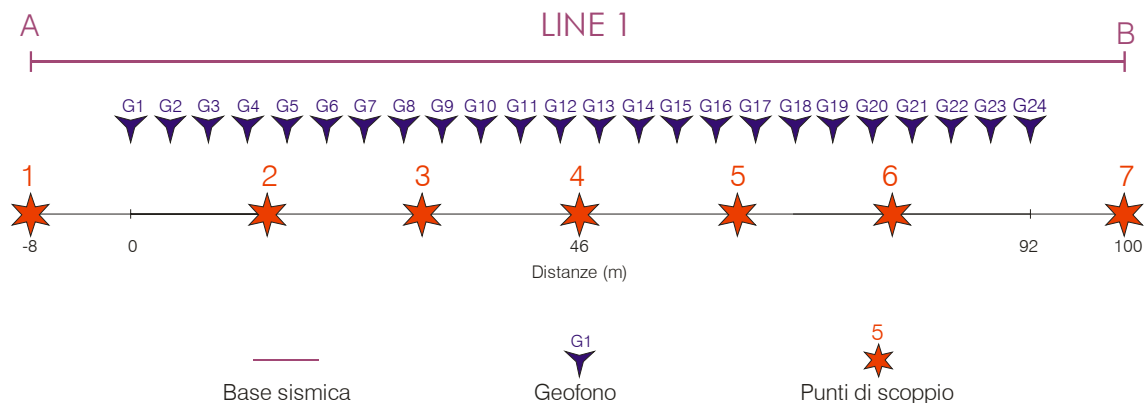
Con nuove tecniche di acquisizione e di inversione dati come il "*Delta-t-v-Method*" e soprattutto con l'applicazione dell'algoritmo *WET (Wavepath Eikonal Traveltime Tomography Processing)* è possibile indagare fenomeni come gradienti verticali di velocità all'interno degli strati e quindi valutare inversioni di velocità, sia forti variazioni locali di velocità che consentono di avere informazioni più precise sull'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo e di conseguenza sulla distribuzione degli orizzonti sismici che vengono delineati.

Questa tecnica fornisce l'immagine della distribuzione delle onde sismiche sotto la superficie, basate sui tempi di primo arrivo (come nella normale sismica a rifrazione) e sulla geometria di acquisizione. Si ricostruisce in tal modo un modello di velocità, che può essere migliorato attraverso successive iterazioni: la fase di calcolo si conclude quando si ha la migliore sovrapposizione fra i tempi di primo arrivo calcolati e quelli misurati.

2. SISTEMA DI ACQUISIZIONE

Sono state effettuate n° 1 prospezioni sismiche a rifrazione a 24 geofoni.

LINE 1: interasse $i = 4$ m - lunghezza ml 108



L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti:

- sismografo
- sorgente energizzante
- trigger
- apparecchiatura di ricezione

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico AMBROGEO modello Echo 24/2002 a 16 bit.

Come sorgente energizzante per le onde SH sono state generate mediante l'impatto orizzontale di una mazza di 10 kg o di un pendolo di 20 kg ai lati di un'asse di legno appoggiato al terreno, zavorrato dal peso di un'autovettura, ove accessibile, oppure dal peso di due o più operatori. In questo tipo di acquisizione è stata effettuata l'inversione della polarità dei segnali generati (battendo da entrambi i lati dell'asse) e l'acquisizione con polarità invertita dei geofoni al fine di annullare l'eventuale componente di compressione (onda P) generata ed enfatizzare la componente orizzontale.

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro)

nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso della durata di qualche secondo che viene inviato al sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

Per la ricezione delle onde SH sono stati utilizzati 24 geofoni orizzontali Geospace Oyo con frequenza propria di 10 Hz.

3. ELABORAZIONE DATI

L'elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

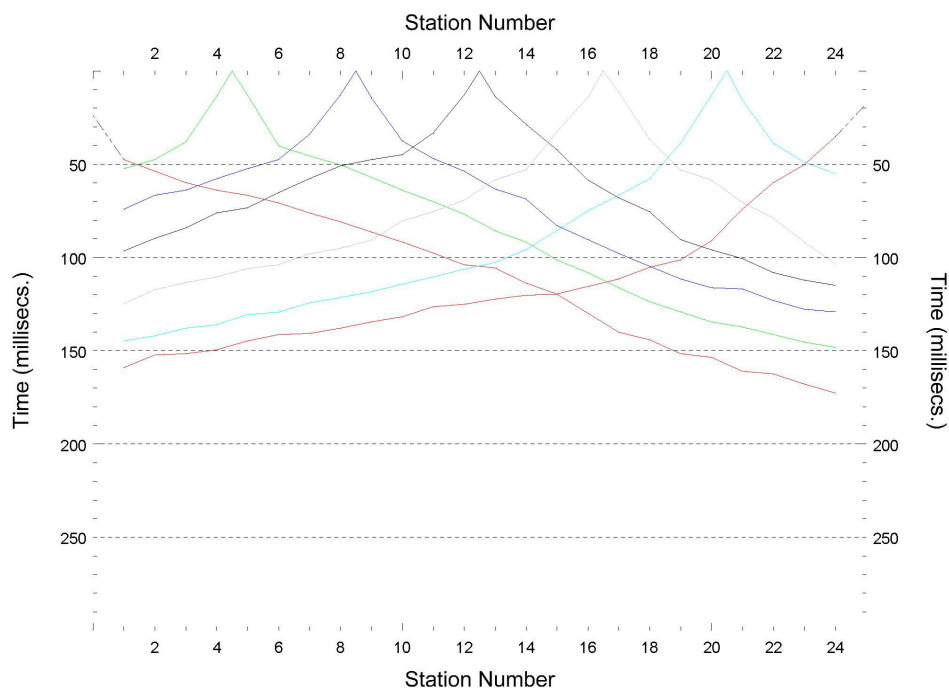
1. determinazione dei tempi di primo arrivo.
2. Inversione Delta t-V che permette di ottenere profili monodimensionali (1D) di tipo profondità/velocità.
3. Ottimizzazione del profilo, per iterazioni successive, mediante inversione tomografica WET (Wavepath Eikonal Traveltime).
4. Controllo del "fitting" tra tempi misurati e tempi calcolati ed eventuale reiterazione del processo di inversione.
5. Output grafico della sezione tomografica.

L'elaborazione tomografica, eseguita con il programma RAYFRAC, avviene quindi in almeno due fasi successive: una prima elaborazione porta alla ricostruzione delle stratigrafie di velocità sismica con la tecnica Delta-t-V, cioè si ricostruiscono con cadenza pari alla metà della cadenza dei geofoni (CMP = Common Mid Point) le successioni di velocità compatibili con l'andamento di tutte le possibili dromocrone nei punti intermedi tra punto di tiro e geofono. Dal modello ricostruito come successione di stratigrafie di resistività viene elaborato un modello ad elementi finiti di piccolissime dimensioni (ordine di grandezza di qualche decimetro di lato) che può già rappresentare un attendibile modello del sottosuolo.

Tuttavia questo rappresenta una prima approssimazione alla soluzione. Il passo successivo è quello di ottimizzare, in maniera iterativa, il suddetto modello di partenza mediante la tecnica WET (Wavepath Eikonal Traveltime).

In pratica si effettua il calcolo delle differenze dei tempi di arrivo dai vari punti di tiro ai vari geofoni, tra i valori sperimentali misurati nei sismogrammi ed i tempi calcolati sul modello di partenza. In base alle differenze riscontrate, per ciascun percorso delle onde sismiche, si apportano modifiche, in aumento o in diminuzione, delle velocità che caratterizzano i vari elementi che sono stati interessati dal passaggio del fronte d'onda considerato. Ad ogni iterazione, dopo avere apportato le modifiche alle velocità dei vari elementi, il nuovo modello viene sottoposto ad una operazione di smoothing che porta ad una migliore omogeneità dei valori di velocità entro aree di dimensioni maggiori.

In genere sono sufficienti da 10 a 20 iterazioni per giungere ad un modello che porta a scarti medi tra i tempi (Traveltime) dei vari percorsi dell'ordine di qualche millisecondo (Schuster & Quintus-Bosz, 1999).



Dromocrone LINE 1_SH

4. COMMENTO AI RISULTATI DELLE PROSPEZIONI SISMICHE

Con le modalità suddette sono state ottenute le tomografie relative alla velocità delle onde SH.

Le velocità delle onde SH variano da 125 m/s a 1300 m/s.

Con riferimento alle sezioni sismo-tomografiche allegate, in dettaglio si ha:

- dalla superficie fino a profondità massima di 2 m si incontra un primo strato con $V_{sh} = 125\div 250$, correlabile con il riporto, il terreno agrario e/o ai depositi da sciolti/molli a mediamente addensati/compatti;
- al di sotto, tra le isotachie di 250 e 450 m/sec, le velocità sono riferibili ai depositi da mediamente addensati/compatti ad addensati/compatti;
- tra le isotachie di 450 e 600 m/sec, le velocità sono riferibili ai depositi molto addensati/duri;
- tra le isotachie di 600 e 850 m/sec, le velocità sono riferibili alle arenarie e conglomerati mediamente compatti;
- al di sotto, $V_s > 850$ m/sec, possono essere riferibili alle arenarie e conglomerati compatti.

4.1 Categoria del suolo di fondazione (D.M. 14/01/2008)

Per il calcolo delle azioni sismiche di progetto e la valutazione dell'amplificazione del moto sismico, nella nuova normativa viene evidenziato come i diversi profili stratigrafici del sottosuolo, in base alle loro caratteristiche di spessore e di rigidità sismica (prodotto della densità per la velocità delle onde sismiche trasversali), possono amplificare il moto sismico in superficie rispetto a quello indotto alla loro base: il fattore moltiplicativo delle azioni sismiche orizzontali di progetto dipende cioè dalla natura, dallo spessore e soprattutto dalla velocità di propagazione delle onde di taglio V_{sh} all'interno delle coperture.

Nelle Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica si definiscono per questo aspetto cinque (A, B, C, D, E) più due (S1, S2) categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione a diversa rigidità sismica, caratterizzate da velocità V_{s30} (definito come il valore medio della velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali o di taglio nei primi 30 metri sotto la base della fondazione) decrescenti e quindi da effetti amplificativi crescenti:

- A) *Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/sec, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.*
- B) *Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).*
- C) *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa).*
- D) *Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/sec ($N_{spt} < 15$, $c_u < 70$ kPa).*
- E) *Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/sec.*

In aggiunta a queste due categorie, per le quali le norme definiscono le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

- F) *S1 – Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($I_p > 40$) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/sec.*
- G) *S2 – Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.*

Nelle classificazioni precedenti Vs30 è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Per la sezione sismo-tomografia in esame è stato calcolato il valore di Vs30 su tre progressive, e tale valore risulta:

- Vs30 = 750 m/sec (progressiva 40m)
- Vs30 = 670 m/sec (progressiva 60m)
- Vs30 = 680 m/sec (progressiva 80m)

Considerato che i terreni sono caratterizzati da Vs30 compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec, si iscrive il terreno di fondazione nella categoria di **profilo stratigrafico B**:

Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa.

S. Giuliano Terme (PI),

Marzo 2009

Gaia Servizi
per il Territorio e l'Ambiente s.n.c.

Dott. Jacopo Martini





Prospezione sismica a rifrazione con onde SH

Località: Cecina (LI)

Data: Marzo 2009

PROFILO SISMO-TOMOGRAFICO LINE 1_S

