

**COMUNE DI SAN GIULIANO TERME**  
PROVINCIA DI PISA

SETTORE TECNICO, ASSETTO DEL TERRITORIO E OPERE PUBBLICHE  
SERVIZIO EDILIZIA PRIVATA

**STUDIO SULLA FATTIBILITA' GEOLOGICA, GEOMOFOLOGICA, SISMICA, IDRAULICA ED  
IDROGEOLOGICA DEGLI INTERVENTI PREVISTI DALLA VARIANTE ALLA SCHEDA DI DI NORMA  
DEL COMPARTO 10 UTOE 6 MOLINA**

COMMITTENTE: SIGG.RI: PIEGARI GIANDOMENICO, PIEGARI ALESSIA, BIANUCCI LUCIANO,  
BIANUCCI LUCIANA, CASTIGLIONI ALESSIA, PARDOSSI DANIELE e STUDIATI BERNI  
VIOLA

PROPRIETA': SIGG.RI: PIEGARI GIANDOMENICO, PIEGARI ALESSIA, BIANUCCI LUCIANO,  
BIANUCCI LUCIANA, CASTIGLIONI ALESSIA, PARDOSSI DANIELE e STUDIATI BERNI  
VIOLA

UBICAZIONE: VIA SS ABETONE n. 167/169, MOLINA DI QUOSA

PROGETTISTA: DR. ARCH. SANDRO CATASSI

Il tecnico: Dr. geol. Francesco Marianetti

*Francesco Marianetti*



Mercoledì 28 Luglio 2021

## INDICE

1 GENERALITA' .....	2
2 QUADRO VINCOLISTICO INTERESSANTE IL COMPARTO 10.....	5
3 INDAGINI GEOLOGICHE UTILIZZATE PER LA STESURA DEL PRESENTE STUDIO .....	6
3.1 test penetrometrico statico.....	6
3.2 indagine sismica pregressa.....	7
4 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA .....	8
4.1 geologia .....	8
4.1.1 stratigrafia del sottosuolo sul quale si attesta il comparto 10 .....	9
4.2 geomorfologia .....	11
5 IDROGRAFIA .....	11
6 IDROGEOLOGIA.....	12
7 SISMICA.....	13
7.1 macrozonazione sismica.....	14
7.2 microzonazione sismica .....	17
7.3 Norme tecniche delle costruzioni .....	18
7.3.1 classe d'uso, vita nominale e coefficiente d'uso.....	19
7.3.2 categoria di sottosuolo .....	20
7.3.3 condizioni topografiche.....	21
7.3.4 azione sismica di progetto e coefficienti sismici per i vari Stati Limite.....	22
8 FATTIBILITA' DEGLI INTERVENTI PREVISTI ALL'INTERNO DEL COMPARTO 10.....	24
8.1 pericolosità - fattibilità geomorfologica secondo il Progetto di Piano di bacino del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, stralcio Assetto Idrogeologico .....	24
8.2 fattibilità degli interventi previsti all'interno del comparto 10 secondo P.O.C. del Comune di San Giuliano Terme .....	25
8.3 pericolosità - fattibilità idraulica il Piano di Gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale.....	30
8.4 fattibilità idraulica secondo la L.R. 41/2018 e le sue successive modifiche .....	33
8.5 vulnerabilità idrogeologica e relativa fattibilità .....	34
9 CONCLUSIONI.....	35

---

## ALLEGATI

- 01 indagini geognostiche (test penetrometrico statico PS1)
- 02 indagini geofisiche pregresse (indagine sismica MASW)
- 03 studio idrologico-idraulico sull'invarianza idraulica

## 1 GENERALITA'

Il presente studio ha avuto per oggetto un'area situata in corrispondenza del limite centro-meridionale dell'abitato del paese di Molina di Quosa: infatti la stessa si attesta a circa 240 m a sud dalla Chiesa paesana dei Santi Lucia e Fabiano (vedi fig.1). Dal punto di vista catastale, l'area di cui sopra, è identificata dalla particella n. 357, facente parte del foglio di mappa catastale n. 13 del Comune di San Giuliano Terme (vedi fig.2). Inoltre, secondo le indicazioni presenti nella tavola 4/17 "carta generale delle previsioni urbanistiche all'interno delle UTOE" a supporto del Piano Operativo Comunale (P.O.C.) del Comune di San Giuliano Terme, l'area in oggetto è compresa all'interno dell'U.T.O.E. 6 "Molina di Quosa" e costituisce il comparto n.10 (vedi fig.3); quest'ultimo è interessato da un procedimento d'avvio di una variante attraverso una procedura semplificata, di cui all'art.30 della L.R.65/2014, per rendere indipendente l'attuazione del comparto dalle previsioni urbanistiche delle aree limitrofe, in particolare dalla realizzazione del parcheggio pubblico e del percorso pedonale collegato, che attualmente rappresentano una condizione alla trasformazione per il comparto stesso; più precisamente la variante di cui sopra prevede essenzialmente la costruzione di edifici a destinazione residenziale e servizi di interesse generale, tra cui una farmacia e degli studi medici e la riqualificazione architettonica di un fabbricato; in ogni caso per avere un quadro di dettaglio in merito agli interventi previsti, testè sommariamente riassunti, rimando il Lettore agli elaborati progettuali redatti dall'arch. Sandro Catassi che sono stati depositati presso gli uffici tecnici del Comune di San Giuliano Terme.

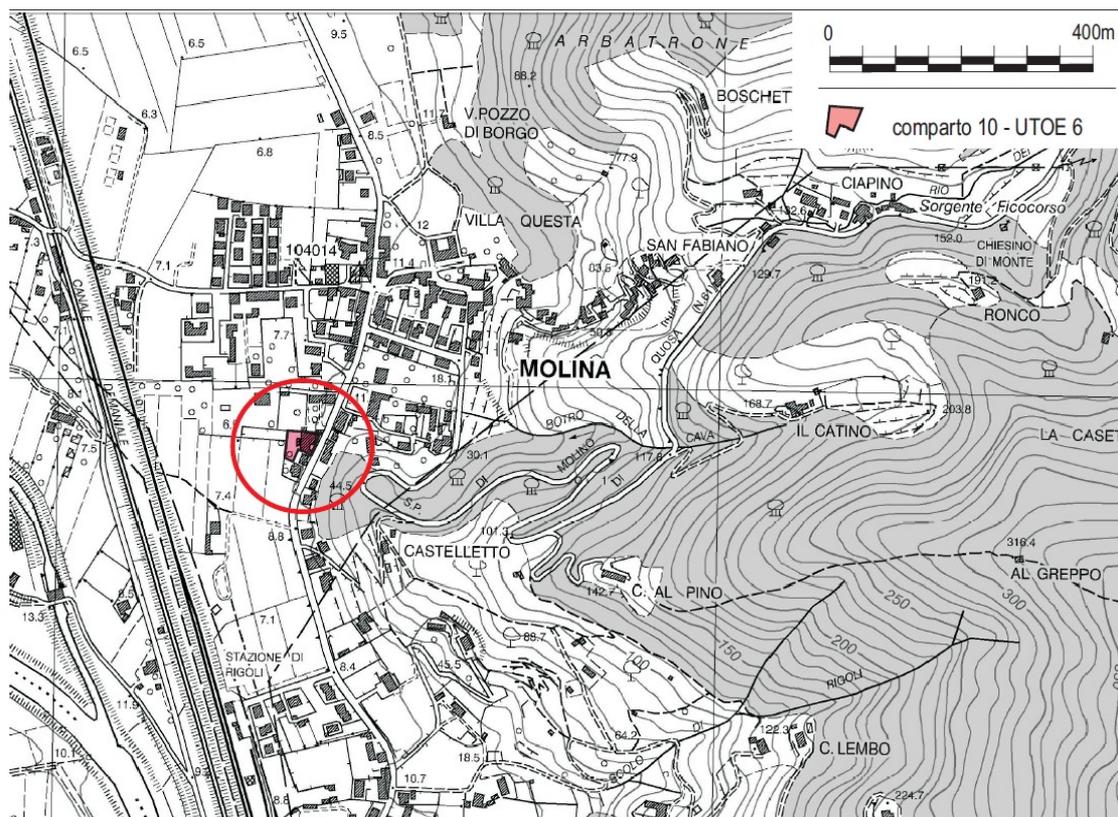


fig. 1 - ubicazione del comparto 10 UTOE 6  
estratto dalla sezione n. 273020 "S. GIULIANO T." della Carta Tecnica Regionale

Il presente rapporto tecnico, redatto dallo scrivente su incarico di tutti i proprietari degli immobili che compongono il comparto 10, è stato realizzato al fine di identificare in modo puntuale le principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrauliche, idrogeologiche e sismiche che contraddistinguono il comparto 10 e quindi

approfondire gli studi geologici-idraulici che sono stati realizzati a corredo del P.O.C. del Comune di S- Giuliano Terme.

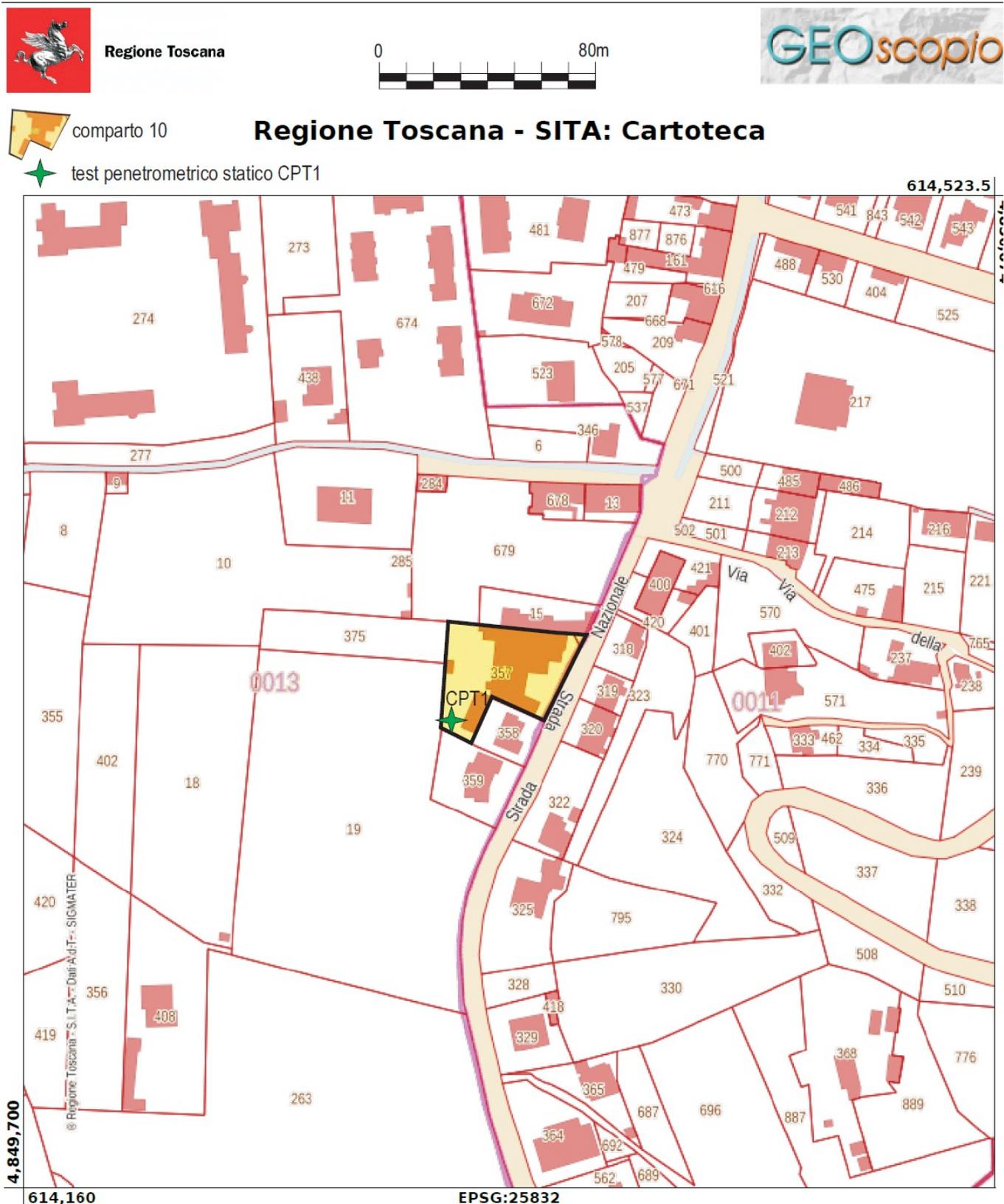


fig. 2 - planimetria catastale del comparto 10 - UTOE 6 con ubicazione del punto in cui è stato eseguito il test penetrometrico estratto dal foglio di mappa n. 13 del N.C.E.U. del Comune di san Giuliano Terme reperito da geoscopio "informazione geografica della Regione Toscana" <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html>

Inoltre, sempre grazie alla redazione del presente rapporto, è stato possibile verificare le condizioni di fattibilità delle previsioni interessanti il comparto 10 facendo riferimento, oltre che ad approfondimenti di natura geologica, alla normativa attualmente vigente; infine, grazie risultati derivanti dalla redazione del presente studio, è stato altresì possibile individuare la natura, la tipologia ed il numero delle indagini geognostiche, geofisiche e topografiche da effettuare a supporto del progetto esecutivo, nonché gli accorgimenti tecnico-costruttivi volti ad annullare e/o mitigare rischi e problematiche di natura prettamente idraulica.

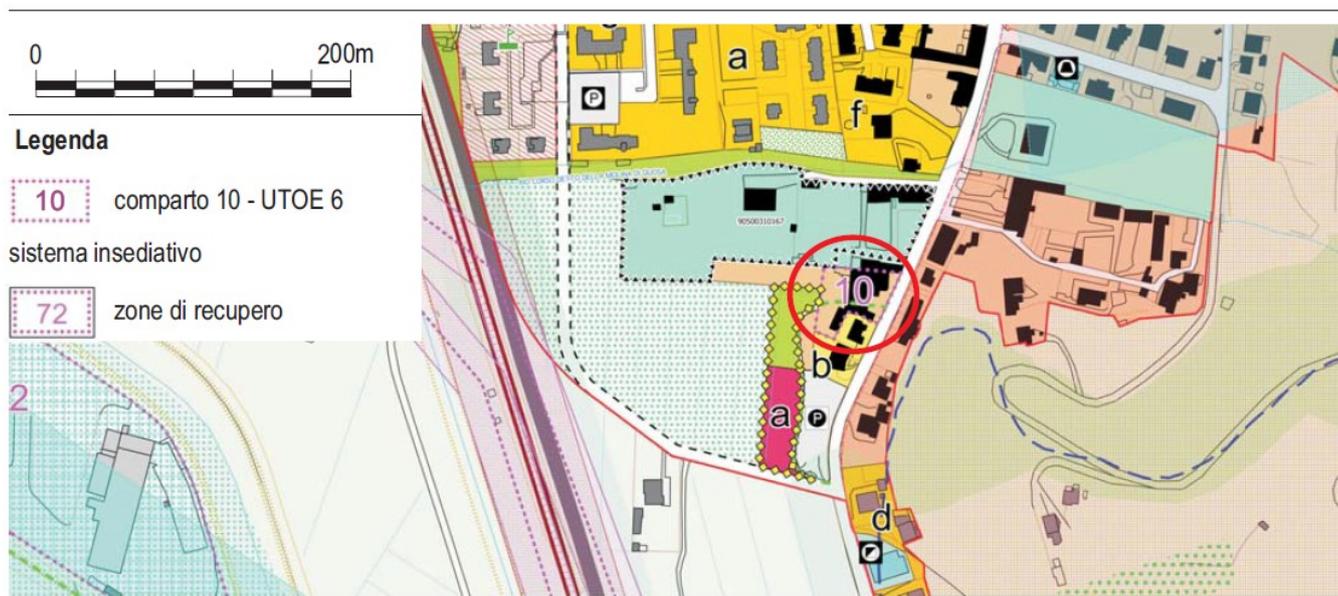


fig. 3 - inquadramento urbanistico del comparto 10 - UTOE 6  
estratto dalla tav. 4/17 "carta generale delle previsioni urbanistiche all'interno delle UTOE" a supporto del P.O.C. del Comune di San Giuliano Terme

Il presente rapporto è stato condotto facendo particolare riferimento al D.P.G.R. n. 53/R del 25/10/2011 "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" e comunque in ottemperanza alla normativa attualmente vigente, qui di seguito sommariamente evidenziata:

- D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le costruzioni";
- Delibera della Giunta Regione Toscana n. 878 del 8 ottobre 2012 "Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della DGRT 431/2006;
- D.P.G.R. 36/R 9.06.2009 "Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1";
- D.M. 17.01.2018 aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni";
- Progetto di Piano di bacino del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, stralcio Assetto Idrogeologico per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica, adottato con delibera della Conferenza Istituzionale Permanente n.20 del 20 dicembre 2019;
- Il Piano di gestione del rischio di alluvioni (*PGRA*) del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale relativo al

periodo 2015-2021 approvato nell'anno 2016;

- L.R. 41/2018;
- L. R. 17 febbraio 2020, n. 7 – modifiche alla L.R. 41/2018;
- Piano d'Indirizzo Territoriale della Regione Toscana (ex DCR 12/00);
- Delibera del Consiglio Regionale n. 37 del 27 marzo 2015 – Approvazione integrazione del Piano di Indirizzo Territoriale (PIT) della Regione Toscana;
- Variante per la disciplina del territorio rurale approvata con DCP n.7 del 13/01/2014 pubblicata sul BURT n.8 del 26/02/2014 al Piano territoriale di Coordinamento redatto dalla Provincia di Pisa (D.C.P. n. 349/1998);
- Piano Operativo Comunale del comune di San Giuliano Terme (adeguamento 2020);

In conclusione questo il presente elaborato è stato realizzato sulla base di:

- osservazioni dirette eseguite in sito;
- ricerche bibliografiche;
- i dati i dati ottenuti dall'esecuzione di n. 1 indagine geognostica (vedi paragrafo 3.1 e/o allegato 01);
- i dati ottenuti dall'esecuzione di n.1 indagine geofisica progressa (vedi paragrafo 3.2 e/o allegato 02);
- lo studio geologico, geotecnico, sismico ed idraulico a corredo del P.O.C. del Comune di San Giuliano terme.

## 2 QUADRO VINCOLISTICO INTERESSANTE IL COMPARTO 10

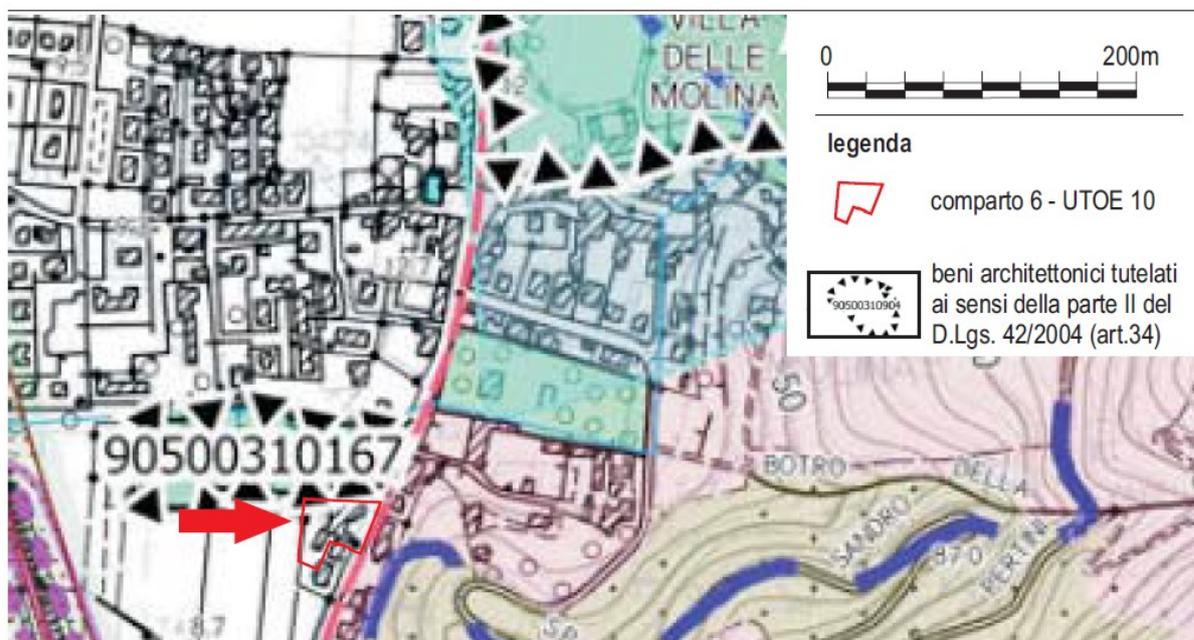


fig. 4 - quadro vincolistico dell'area sulla quale si attesta il comparto 10 UTOE 6  
estratto della "carta generale della ricognizione dei vincoli" (adeguamento Maggio 2020) a corredo del POC

Dall'esame della "carta generale della ricognizione dei vincoli – adeguamento Maggio 2020" a corredo del P.O.C. del Comune di San Giuliano terme si evince che: l'area all'interno della quale si attesta il comparto 10 non è

soggetta vincoli connessi : a beni architettonici (*Parte II del D.Lgs. 42/2004 art. 34*), ad aree tutelate per legge (*art. 142 del D.Lgs 42/04 - art. 35*) a vincoli sovraordinati ed a zone di rispetto di cui all'art. 38 delle norme tecniche di attuazione del P.O.C. (*vedi fig. 4*)

### 3 INDAGINI GEOLOGICHE UTILIZZATE PER LA STESURA DEL PRESENTE STUDIO

Come evidenziato al paragrafo 1 del presente rapporto a supporto della sua stesura è stato fatto riferimento a n.1 indagine geognostica ed a n. 1 indagine geofisica progressiva; quest'ultima è stata realizzata in una zona immediatamente a ridosso quella in studio (*vedi fig.5*) peraltro contraddistinta dalle stesse caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geotecniche, sismiche ed idrauliche proprie del comparto 10; più precisamente le indagini di cui sopra corrispondono a n.1 test penetrometrico statico, eseguito appositamente a supporto del presente studio (*vedi paragrafo 3.1 e/o allegato 01*), ed a n.1 stesa sismica progressiva che fu realizzata seguendo la metodologia MASW (*vedi paragrafo 3.2 e/o allegato 02*).

#### 3.1 test penetrometrico statico

Al fine di ottenere delle indicazioni preliminari circa la natura litologica e le principali caratteristiche fisico-meccaniche del sottosuolo sul quale si attesta il comparto 10 è stato fatto riferimento alle risultanze restituite da n.1 test penetrometrico statico eseguito appositamente a supporto del presente studio in data 22 Luglio 2021; quest'ultimo è contraddistinto dalla sigla CPT1 e la sua ubicazione puntuale è desumibile dall'esame della fig. 2. Le operazioni di perforazione sono state condotte dal dr. geol. Giampiero Calò attraverso un penetrometro PAGANI TG63-100 da 10 t di spinta ed ha raggiunto la profondità di 15,00 m rispetto all'attuale piano di campagna. Durante la realizzazione del test sono stati annotati i valori della resistenza alla punta e quelli relativi all'attrito laterale locale del manicotto e, in tutti i casi, le registrazioni sono avvenute in avanzamento, per tratti di 0,20 m (*vedi relazione tecnica sulle indagini geognostiche presente in allegato 01*). In conclusione, l'elaborazione dei dati così ottenuti ha consentito la ricostruzione della stratigrafia di dettaglio del sottosuolo testato e la definizione delle sue principali caratteristiche fisico-meccaniche (*vedi fig.7 e paragrafo 4.1.1*). Dall'esame dei perfori determinati dalla realizzazione dell'ancoraggio del penetrometro al terreno è stato inoltre possibile avere delle indicazioni circa la posizione alla quale si attestava il livello di falda; più precisamente, quest'ultima è risultata allocarsi alla profondità di circa 0.80 m rispetto all'attuale piano di campagna.

Per inciso va da se che le informazioni sulla natura stratigrafica e geotecnica del sottosuolo, ottenute grazie all'analisi dei dati restituiti dal test CPT1, hanno una valenza puramente preliminare; infatti in fase di progetto esecutivo sarà indispensabile provvedere alla realizzazione di un'adeguata campagna geognostica all'interno del comparto 10 le cui caratteristiche principali (*tipologia e numero*) dovranno essere in funzione, oltre della integrazione del test CPT1, anche del grado di fattibilità geologica e geomorfologica (*vedi paragrafi 8.1 e 8.2*) e delle indicazioni di cui art. 7 del D.P.G.R. 36/R del 26 Luglio 2009.

### 3.2 indagine sismica pregressa

Allo scopo di ottenere delle informazioni preliminari circa le principali caratteristiche sismiche che contraddistinguono il sottosuolo al di sopra del quale si attesta il comparto 10 è stato fatto riferimento ad un'indagine sismica pregressa reperita grazie all'esame dell'allegato C4.4 " indagini geofisiche reperite negli archivi comunali" a corredo del P.O.C. del comune di San Giuliano Terme; detta indagine, contraddistinta dalla sigla S27, fu eseguita a circa 50 m a sud del comparto 10 (vedi fig.5) seguendo la metodologia MASW.

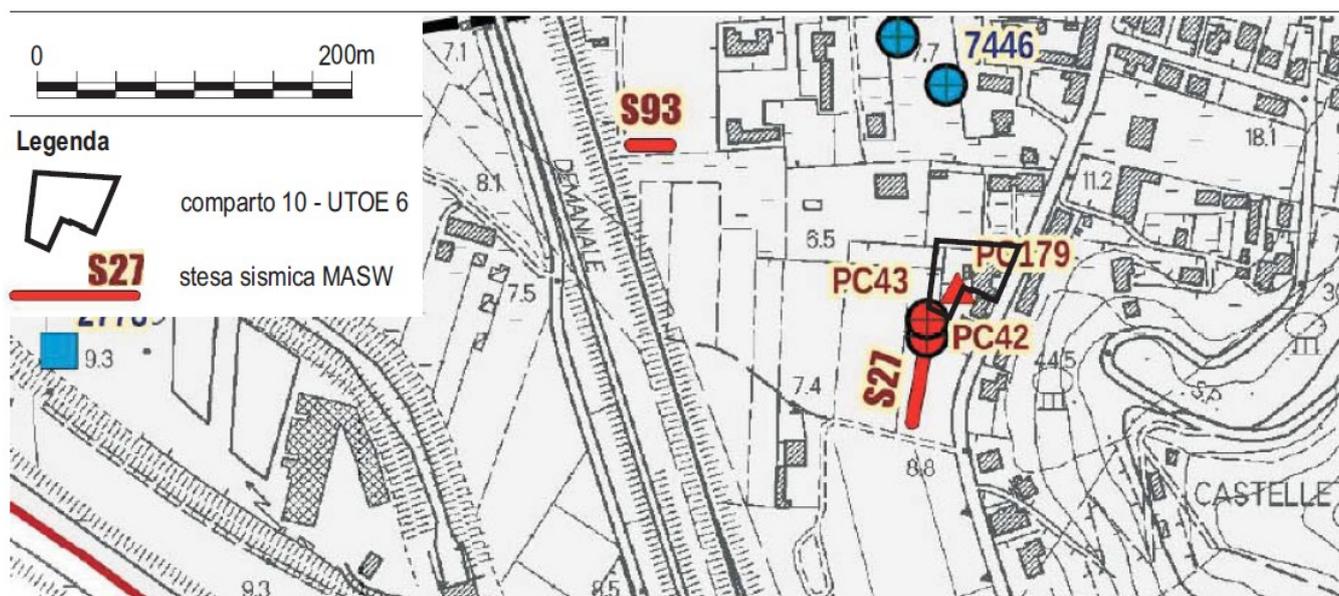


fig. 5 - ubicazione dell'indagine sismica pregressa (S27) rispetto alla posizione del comparto 10 - UTOE 6 estratto dalla tav. C2 "carta dei dati di base" di cui all'allegato 4 del P.O.C. del Comune di San Giuliano Terme

In pratica la realizzazione di questo tipo d'indagini geofisiche si concretizza nell'approntamento di una stesa attrezzata con un adeguato numero di geofoni posti alla stessa distanza l'uno dall'altro; dopodiché vengono effettuate delle registrazioni, realizzate con mazza battente su piastra in duralluminio, ottimizzate in seguito lavorando sulla sensibilità di ciascun geofono e sul filtraggio delle frequenze. In definitiva l'elaborazione e l'interpretazione dei dati restituiti da questo tipo d'indagine, incrociati con la stratigrafia dell'area sulla quale sono state eseguite, forniscono profili di velocità  $V_s$  monodimensionali. Nel caso in esame i risultati dell'inversione della curva di dispersione, determinata grazie all'analisi dei dati restituiti dalla "MASW" S27, ha fornito il seguente profilo verticale delle  $V_s$ :

- da 0.00 m a 5.00 m  $V_s = 133$  m/sec;
- da 5.00 m a 11.60 m  $V_s = 169$  m/sec;
- da 11.60 m a 15.00 m  $V_s = 223$  m/sec;
- da 15.00 m a 30.00 m  $V_s = 327$  m/sec.

Ovviamente, anche in questo caso, sarà necessario far precedere la fase esecutiva del progetto da una campagna geofisica adeguata, da tenersi all'interno del comparto 10, le cui caratteristiche (tipologia e numero) dovranno tenere conto, oltre che delle risultanze del presente studio, anche delle indicazioni di cui art. 7 del D.P.G.R. 36/R del 26 Luglio 2009 e del grado di fattibilità sismica di cui al paragrafo 8.2 del presente lavoro.

## 4 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

### 4.1 geologia

Il comparto 10 si attesta a circa 240 m a sud-ovest dalla Chiesa dei Santi Lucia e Fabiano del paese di Molina di Quosa (vedi fig. 1), di conseguenza è compreso in quel lembo della pianura compreso tra i Monti Pisani ed i Monti d'Oltre Serchio; in pratica la zona in studio si attesta in corrispondenza del limite tra la porzione nord-orientale della pianura di Pisa ed il margine sud-occidentale della piana di Lucca di Lucca; più precisamente il comparto 10 è allocato a poche decine di metri ad ovest delle pendici Monte Pervia, dove affiora la formazione del calcare cavernoso, alla sinistra orografica del Canale Demaniale, ed è quindi ubicato in corrispondenza del limite nord orientale di quel lembo di pianura di Pisa costituente la "valle stretta" compresa tra Avane e Molina di Quosa. In ogni caso, nonostante la prossimità del comparto 10 alle pendici occidentali del Monte Pervia, il sottosuolo sul quale si attesta il comparto 10 è di origine alluvionale e principalmente dovuto alle fasi di alluvionamento del fiume Serchio, che scorre a circa 500 m ad ovest del comparto stesso.

La Pianura di Pisa, di cui il comparto 10 fa parte, si estende sopra un tratto del bacino neoautoctono di Viareggio-Pisa-Valli di Tora-Fine, sopra un tratto del bacino neoautoctono della Valdera e, fra i due, sopra la continuazione nel sottosuolo del Monte Pisano. La sua storia evolutiva è stata molto complessa; ne è dimostrazione il fatto che sedimenti di natura fluviale, di età assai recente, si trovano nel sottosuolo sepolti sotto altri di facies marina. Tale complessità è il risultato di un insieme di eventi che, sovrapponendosi e diversificandosi tra loro, hanno portato, attraverso tempi geologici più o meno lunghi, a quell'eterogeneo assetto del territorio attualmente osservabile.

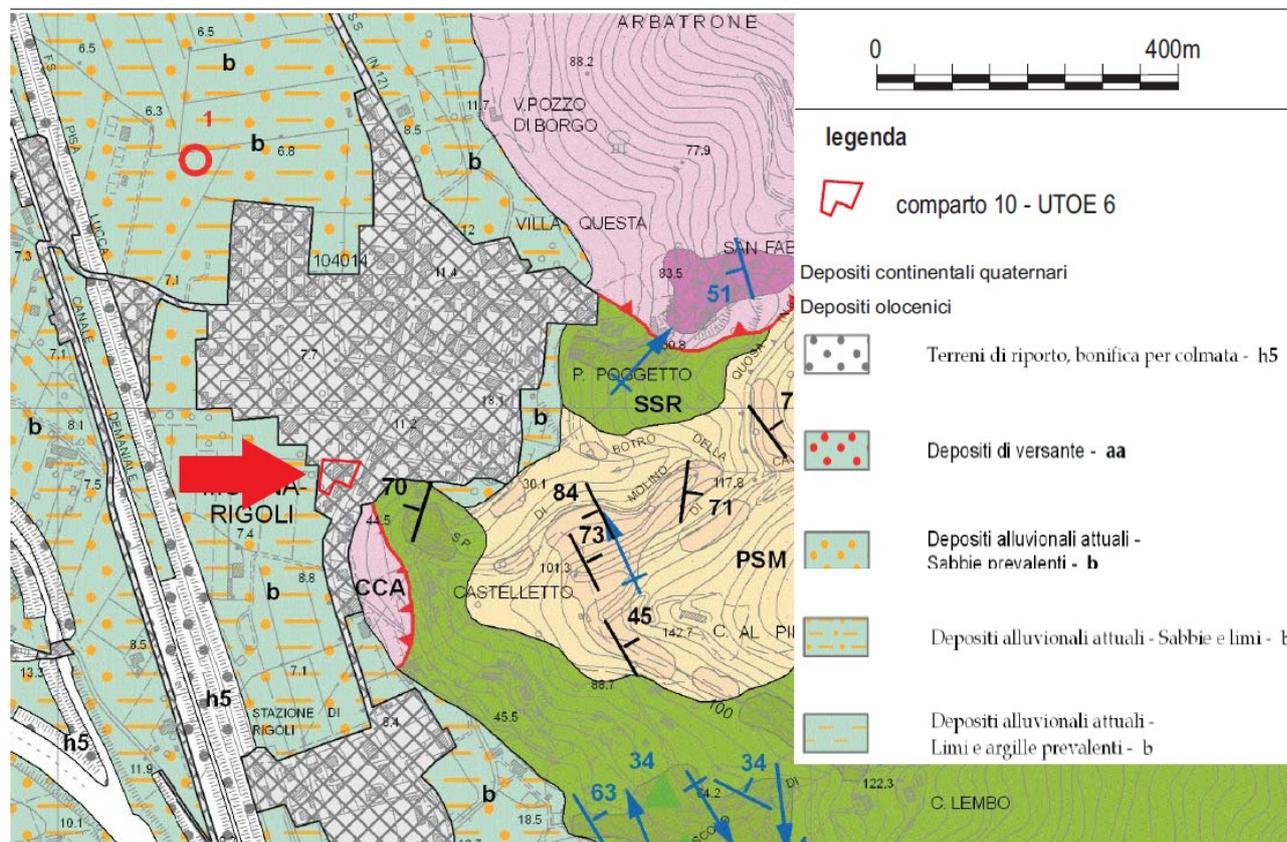


fig. 6 - geologia dell'area sulla quale si attesta il comparto 6 UTOE 10  
estratto dalla sezione n. 273020 "SAN GIULIANO TERME" della carta geologica della toscana

L'evoluzione geodinamica che ha condotto all'attuale apparato strutturale può essere riassunta nella presenza di faglie distensive, a direzione sia appenninica che antiappenninica; queste ultime hanno generato una struttura a "Graben" (*Graben della Versilia, qui presente con la sua terminazione meridionale*) all'interno della quale si accumularono centinaia di metri di sedimenti che successivamente le varie fasi di sollevamento hanno portato in affioramento; al di sopra di detti sedimenti, mediante fasi alterne di alluvionamento ed erosione, si è andata impiantando l'attuale idrografia del Bacino dell'Arno e del Serchio che, a loro volta, hanno generato nel tempo l'assetto morfologico attuale della Pianura di Pisa.

Il comparto 10, facendo riferimento alle indicazioni presenti nella carta geologica della Toscana (*vedi fig.6*), si attesta in corrispondenza di depositi alluvionali recenti ed attuali, costituiti da sabbie e limi, che si sono depositati a partire dall'inizio dell'Olocene; un rilievo di campagna, eseguito dallo scrivente il 22 Luglio 2021, conferma quanto desunto dalla cartografia di cui sopra; infatti laddove affiorano i terreni in posto gli stessi risultano costituiti dai limi sabbiosi, da scarsamente a mediamente addensati di colore marrone, ragionevolmente ascrivibili a depositi alluvionali.

#### 4.1.1 stratigrafia del sottosuolo sul quale si attesta il comparto 10

L'analisi dei dati desunti dalle indagini geognostiche, di cui al paragrafo 3.1 (*vedi anche allegato 01*) del presente rapporto, ha permesso di ottenere delle indicazioni preliminari circa la natura stratigrafica del sottosuolo sopra il quale si attesta il comparto 10 e la quantizzazione delle principali proprietà fisico-meccaniche dei litotipi che sono stati intercettati dalla prospezione penetrometrica.

In definitiva, a seguito dell'analisi dei dati di cui sopra, è emerso che il sottosuolo dell'area in studio è costituito da un'alternanza di livelli a componente dominante granulare con altri di natura coesiva; i livelli granulari sono costituiti da dei limi sabbiosi e/o delle sabbie limose moderatamente addensate e sono contraddistinti dai seguenti parametri fisico-meccanici:

$$R_p = 10.00 \text{ Kg/cm}^2; \gamma' = 0.75 \text{ t/m}^3; \phi = 28^\circ; c_u = 0.00 \text{ Kg/cm}^2; m_v = 0.028 \text{ cm}^2/\text{Kg}.$$

Viceversa gli strati a componente dominante fine sono formati da dei limi argillosi mediamente consistenti e sono contraddistinti dai seguenti parametri fisico-meccanici:

$$R_p = 9.02 \text{ Kg/cm}^2; \gamma' = 0.82 \text{ t/m}^3; \phi = 0.00^\circ; c_u = 0.55 \text{ Kg/cm}^2; m_v = 0.037 \text{ cm}^2/\text{Kg}.$$

Il significato delle simbologie impiegate per la descrizione delle caratteristiche geotecniche dei due orizzonti principali di cui sopra è chiarito dallo schema qui di seguito evidenziato:

- $R_p$  resistenza alla punta;
- $\gamma'$  peso di volume efficace;
- $\Phi$  angolo di attrito interno;
- $C_u$  coesione non drenata;
- $m_v$  modulo di compressibilità volumetrica.

Per inciso, i parametri geotecnici tipici suindicati, non derivano da una media aritmetica semplice dei parametri geotecnici relativi ad ogni singolo strato dello stesso tipo ma corrispondono a quelli che caratterizzavano il livello più scadente; in ogni caso per avere un quadro maggiormente esaustivo circa il modello litostratigrafico e geotecnico testè

evidenziato e le caratteristiche geotecniche di ciascun livello componente il sottosuolo prospezionato, è comunque possibile fare riferimento alla figura 7, qui di seguito esposta, e/o al rapporto di prova presente in allegato 01.

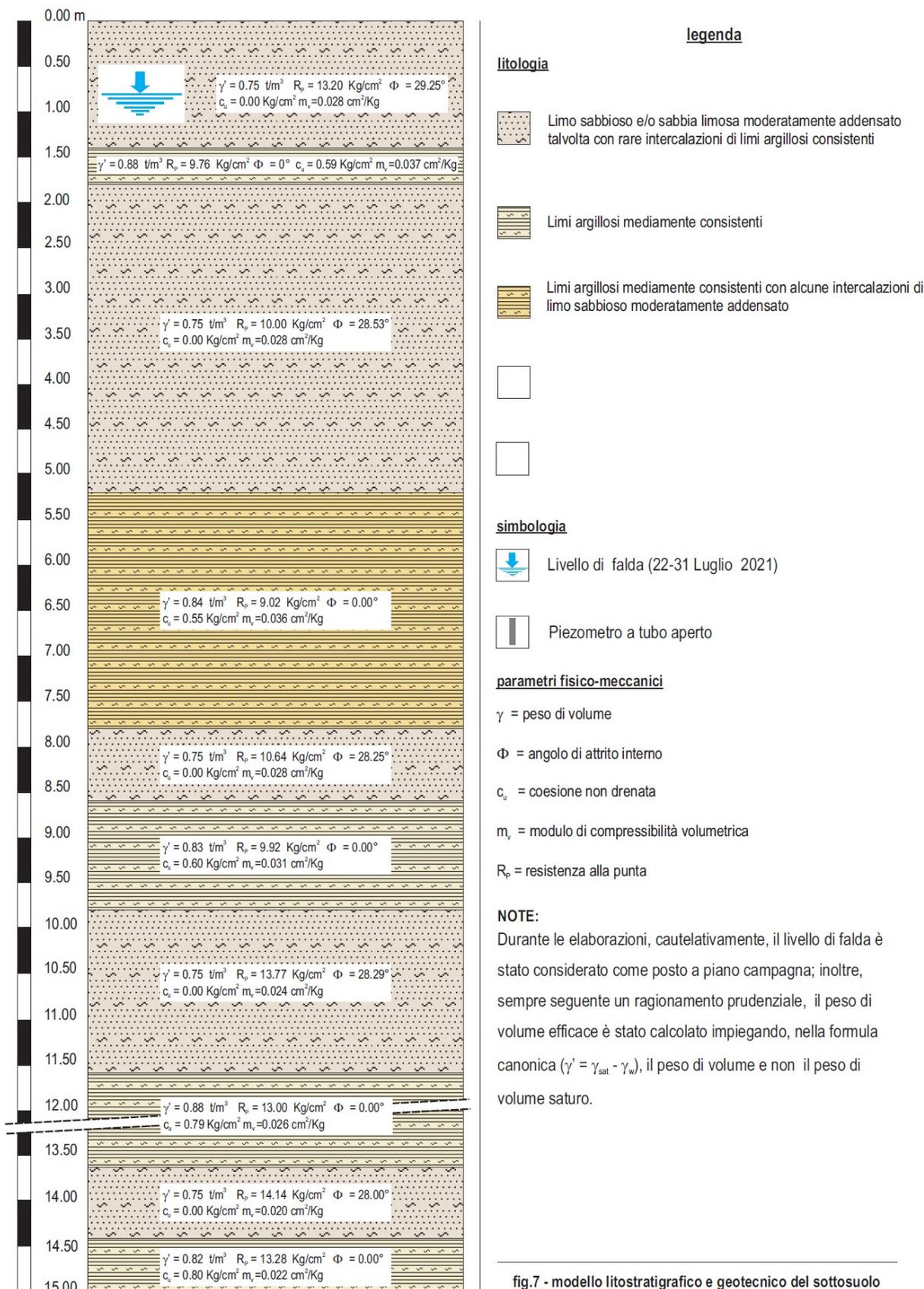


fig.7 - modello litostratigrafico e geotecnico del sottosuolo

## 4.2 geomorfologia

Dal punto di vista topografico l'area sulla quale si attesta il comparto 10 è contraddistinta da un andamento generale pianeggiante e si attesta ad una quota che mediamente si aggira intorno ai + 8-9 m sul livello medio del mare; dall'esame della tavola A2 "carta geomorfologica" a corredo del P.O.C. (vedi fig.8) si evince che il comparto 10 è ubicato in corrispondenza di un'area di fondovalle costituita da dei sedimenti alluvionali recenti. Sempre dall'esame della suddetta cartografia si deduce che il comparto 10 non è interessato da forme e processi antropici, da forme processi e depositi fluviali, forme processi e depositi di versante: infatti le emergenze geomorfologiche presenti nei dintorni del comparto 10 possono essere essenzialmente ricondotte alle ondulazioni dei campi soggetti ad attività agricole, alla rete viaria sia principale che secondaria, agli argini del Fiume Serchio e del Canale Demaniale, e dal versante occidentale del monte Pervia le cui pendici occidentali si attestano a poche decine di metri ad est del comparto 10.

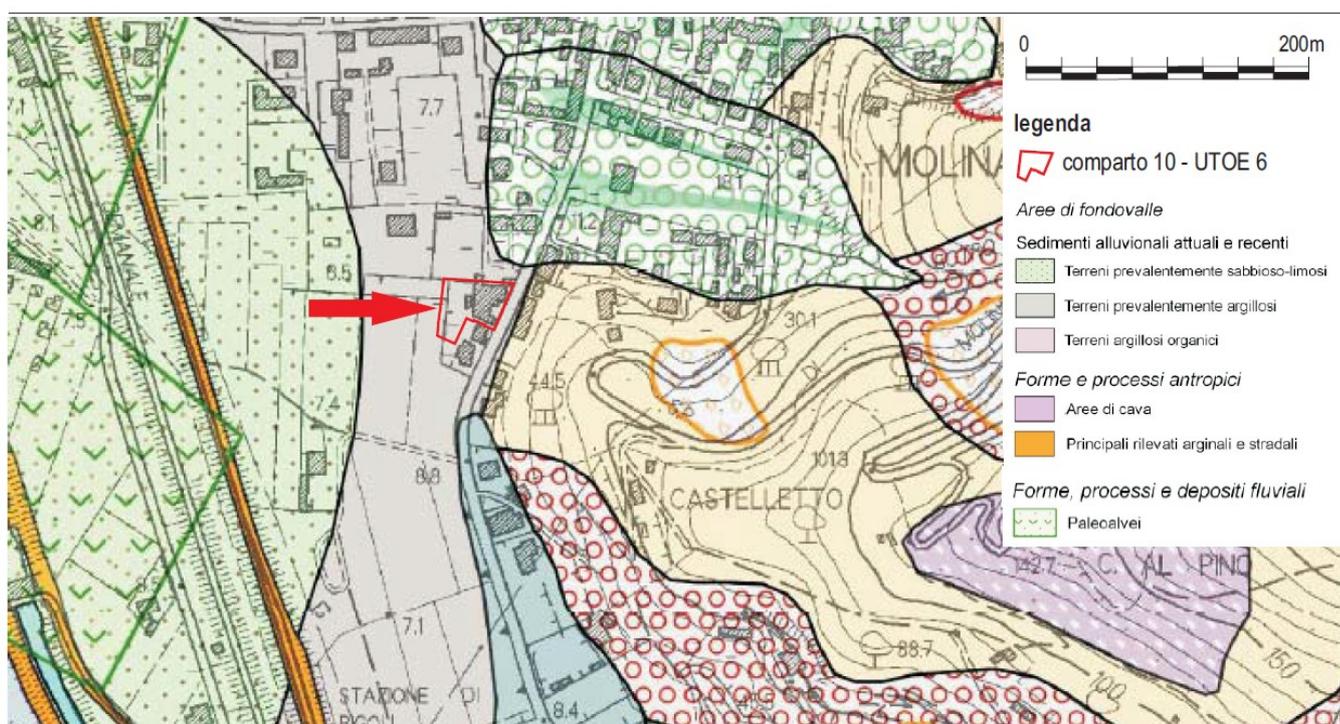


fig.8 geomorfologia dell'area sulla quale si attesta il comparto 10 UTOE 6 - estratto dalla tav. A2 "carta geomorfologica" a corredo del P.O.C.

## 5 IDROGRAFIA

Come indicato al paragrafo precedente il comparto 10, oggetto del presente studio, si attesta in corrispondenza di quel lembo della pianura alluvionale di Pisa che costituisce la valle stretta compresa tra il paese di Avane e quello di Molina di Quosa; quest'ultima è solcata da due fiumi: l'Arno che la suddivide in due parti, una meridionale e l'altra settentrionale e il Serchio che la lambisce nella sua porzione settentrionale. Sono inoltre presenti vari bacini minori che la circondano ai suoi margini. La presenza di acque superficiali nella Pianura di Pisa è piuttosto cospicua ed è riconducibile al fiume Arno, al fiume Serchio, al lago di Massaciuccoli e da una serie di paduli e lame (*quasi del tutto bonificati*). Nonostante le grandi portate dell'Arno e del Serchio gli aspetti idrici della pianura sono per lo più determinati dalla rete idrica minore che è stata quasi del tutto costituita dall'uomo ed assicura lo smaltimento delle acque locali.

Il comparto 10 è compreso nel bacino idrografico del fiume Arno: infatti si attesta in corrispondenza di una sorta di penisola, circondata dal bacino idrografico del fiume Serchio, che si sviluppa a ridosso della porzione nord-occidentale del bacino idrografico del fiume Arno; infatti il corpo idrico ricettore dei deflussi in uscita dal comparto 10 è costituito da una fossa campestre, che qui di seguito sarà identificata dalla sigla FC01, il cui sviluppo è evidenziato in fig.9; dall'esame di quest'ultima figura si evince che la fossa campestre FC01 è caratterizzata da un primo tratto che scorre verso ovest e, dopo circa 130 m, vira bruscamente verso nord, ad angolo retto, per poi, dopo aver percorso una settantina di metri andare ad immettersi nel Rio dei Mulini; quest'ultimo, dopo circa 220 m di sviluppo, si immette nel Canale Demaniale che si riversa poi nel fiume Arno, in corrispondenza della città di Pisa, all'altezza del ponte della Fortezza.



fig. 9 reticolo idraulico minore a cui fa capo il comparto 10 - OTOE 6 - estratto dal Reticolo Idrografico e di Gestione - DCR 28/2020 della Regione Toscana - [https://geoportale.lamma.rete.toscana.it/difesa\\_suolo/#/viewer/openlayers/265](https://geoportale.lamma.rete.toscana.it/difesa_suolo/#/viewer/openlayers/265)

## 6 IDROGEOLOGIA

Il territorio facente del Comune di San Giuliano terme si divide in una parte collinare/montuosa ed un'altra di pianura. La porzione collinare/montuosa del comune è costituita dal Il versante sangiulianese del Monte Pisano, ben noto per le caratteristiche delle sue acque termali, ma non altrettanto noto per il fatto che ospita anche risorse idriche non termali, peraltro di pregio sia per uso irriguo che potabile; quest'ultime sono state individuate da uno studio condotto dalla Regione Toscana nel 2007 e sono essenzialmente riconducibili al Corpo Idrico Sotterraneo Significativo dei Monti di Santa Maria del Giudice e dei Monti Pisani; detto corpo idrico principale è suddiviso in tre sotto sistemi: il sotto sistema nordoccidentale, da Ripafratta a S. Giuliano Terme, il sottosistema di S. Giuliano Terme ed il sottosistema di Uliveto Terme. Per quanto concerne la zona di pianura, sulla quale si attesta il comparto in studio, il Comune di San Giuliano Terme si trova a cavallo di due acquiferi sotterranei regionali, quello della Piana di Pisa e quello della Piana di

Lucca (*zona freatica del fiume Serchio*); più precisamente il comparto 10 è allocato in corrispondenza della porzione sud-occidentale del corpo idrico sotterraneo in mezzo poroso denominato “*Pianura di Lucca - Zona freatica e del Serchio*”. La pianura di Lucca corrisponde ad un’ampia depressione tettonica, che presenta un substrato di argille lacustri sormontato da depositi alluvionali con orizzonte sabbioso-ghiaioso esteso per tutta la pianura, anche se con spessori variabili (*fino oltre 40 m*). In superficie, i depositi della pianura risultano costituiti da sedimenti prevalentemente limoso-sabbiosi nella porzione centrale del sistema, mentre si osservano depositi più fini, talora torbosi, nella porzione sud-orientale. Le condizioni lito-stratigrafiche della pianura di Lucca fanno sì che l’acquifero alluvionale olocenico, costituito essenzialmente da ghiaie, ciottoli e sabbie, si presenti a falda libera nel settore centro-settentrionale della piana e a falda confinata nel settore meridionale della piana medesima, in conseguenza e dell’ispessimento di una coltre superficiale di terreni a bassa permeabilità. Il livello piezometrico medio si trova a 6-7 metri di profondità dal piano di campagna.

Per avere delle indicazioni preliminari circa la natura idrogeologica di dettaglio che contraddistingue il sottosuolo sul quale si attesta il comparto 10 sono stati presi in considerazione i dati restituiti dalla campagna d’indagini geognostiche di cui al paragrafo 3.1 (*vedi anche allegato 01*). Più precisamente dal punto di vista idrogeologico il sottosuolo in studio sembra essere costituito da un’alternanza di acquiferi (*limi sabbiose e/o sabbie limose sciolte*) ed acquicludi (*limi argillosi mediamente consistenti*); i potenziali acquiferi si presentano sia in forma freatica che confinata e le indicazioni circa la posizione del livello di falda, di cui al paragrafo 3.1, lasciano ragionevolmente supporre che per lo meno in corrispondenza dell’acquifero freatico, che si sviluppa da piano campagna sino alla profondità di 5.20 m, sia presente una circolazione idrica sotterranea. Tuttavia, a seguito di ricerche di natura bibliografica è emerso che, molto probabilmente tutti gli acquiferi intercettati dalla prospezione geognostica, sono contraddistinti dall’aver uno scarso interesse pratico circa un loro potenziale sfruttamento; infatti, sempre a seguito di ricerche bibliografiche, è risultato che nell’area in esame l’acquifero più superficiale, potenzialmente sfruttabile, ha il tetto allocato ad una profondità dell’ordine dei 20 m rispetto al piano di campagna.

Ovviamente anche in questo caso le indicazioni di cui sopra circa la natura idrogeologica di dettaglio del sottosuolo in studio hanno una valenza puramente indicativa e necessariamente dovranno essere integrate da un’adeguata campagna d’indagine che dovrà essere realizzata, in fase di progetto esecutivo, all’interno del comparto 10.

## 7 SISMICA

Il rischio sismico è comunemente inteso come il probabile danno che un determinato sito può accusare a seguito del verificarsi di un evento sismico; detto parametro può essere definito come il prodotto della pericolosità sismica, della vulnerabilità sismica e della quantificazione economica delle realtà danneggiate.

$$\boxed{\text{RISCHIO SISMICO} = \text{PERICOLOSITÀ SISMICA} \times \text{VULNERABILITÀ SISMICA} \times \text{DANNO ECONOMICO}}$$

La pericolosità sismica può essere direttamente riferita alla vibrazione che un sito può subire durante un

sisma, mentre la vulnerabilità definisce lo stato di conservazione del patrimonio edilizio e delle strutture sociali potenzialmente rese inattive dal sisma. Il parametro relativo alla quantificazione economica delle realtà danneggiate è di difficilissima valutazione poiché comprende, oltre a edifici, strutture produttive ed infrastrutture, anche vite umane e beni artistici e culturali.

La valutazione del rischio sismico, in aree ad estensione regionale, viene effettuata mediante la macrozonazione sismica, definita come l'individuazione di aree che possano essere soggette, in un dato intervallo di tempo, ad un terremoto di una certa intensità. All'interno di queste aree si possono valutare, con maggior dettaglio, le differenze di intensità massima dovute a differenti situazioni geologiche locali attraverso procedure il cui insieme costituisce la microzonazione sismica. Infatti l'esame della distribuzione dei danni prodotti da un terremoto nello stesso territorio dimostra che le azioni sismiche possono assumere, anche a distanze di poche decine di metri, caratteristiche differenti in funzione delle diverse condizioni locali (*morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza e profondità della falda freatica, costituzione e proprietà del sottosuolo, presenza di faglie, etc.*).

### 7.1 macrozonazione sismica

Con Deliberazione della G.R.T. n. 421 del 26/05/2014, pubblicata sul BURT Parte Seconda n. 22 del 04.06.2014, è stato approvato un aggiornamento della classificazione sismica regionale, relativo all'aggiornamento dell'allegato 1 (*elenco dei comuni*) e dell'allegato 2 (*mappa*) di cui alla Deliberazione della G.R.T. n. 878 dell'8 ottobre 2012;

zona sismica	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ag/g]		
2	0.25		
3	FASCIA	A	$ag > 0.15g^*$
		B	$0.125 < ag \leq 0.15g^*$
		C	$\leq 0.125g^*$
4	0.05		
*accelerazione sismica su suolo rigido e pianeggiante, allo SLV, riferito ad un TR di 475 anni, ad una Vn di 50 anni ad un Cu pari ad 1 ed a una classe d'uso II			
tabella 1			

secondo tale normativa il comune di San Giuliano Terme, all'interno del quale è compresa l'area in studio, rientra in zona sismica 3. Inoltre, contestualmente all'entrata in vigore della nuova classificazione sismica, è stato approvato con Delibera n° 886 del 08/10/2012 il regolamento 58R di attuazione dell' articolo 117, comma 2, lettera g) della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (*Norme per il governo del territorio*) "Verifiche nelle zone a bassa sismicità"; quest'ultime, ai sensi dell'articolo 105 quater della l.r.1/2005, si distinguono in:

- a) zona 3
- b) zona 4

Per di più la zona 3 è suddivisa in fasce di pericolosità che tengono conto del "valore di accelerazione sismica su suolo rigido e pianeggiante, allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), riferito al periodo di ritorno (TR) di 475 anni, corrispondente in termini progettuali ad una vita nominale (Vn) di 50 anni e categoria d'uso (Cu) pari ad 1 (*classe d'uso II*)":

- a) fascia A, contraddistinta da valori di  $ag > 0.15g$ ;
- b) fascia B, contraddistinta da valori di  $0.125 < ag < 0.15g$ ;
- c) fascia C, contraddistinta da valori di  $ag < 0.125g$ ;

In definitiva, visto che il Comune di San Giuliano Terme rientra in zona 3 e che il valore del parametro  $a_g$  (riferito a: SLV, TR 475 anni, Vn 50 anni, Cu 1 e classe d'uso II) vale 0,122, lo stesso rientra nella fascia C. (vedi tab.1). Sempre ragionando in termini regionali e facendo riferimento alle risultanze del “rapporto conclusivo, dell’Aprile 2004 del gruppo di lavoro per la redazione della mappa sismica INGV” è stato possibile individuare la zona sismogenetica all’interno della quale si attesta il comparto 10, che corrisponde alla n.916 “Versilia-Chianti (vedi fig.10); grazie a tale classificazione è stato inoltre possibile individuare il valore di riferimento della magnitudo momento massimo ( $M_{Wmax}$ ) alla quale il comparto 10 potrebbe essere sottoposto in caso di eventi sismici critici, a sua volta pari a 6.14; più precisamente tale operazione è stata possibile facendo riferimento alla tabella 11 dello studio dell’INGV di cui sopra (vedi fig.11).

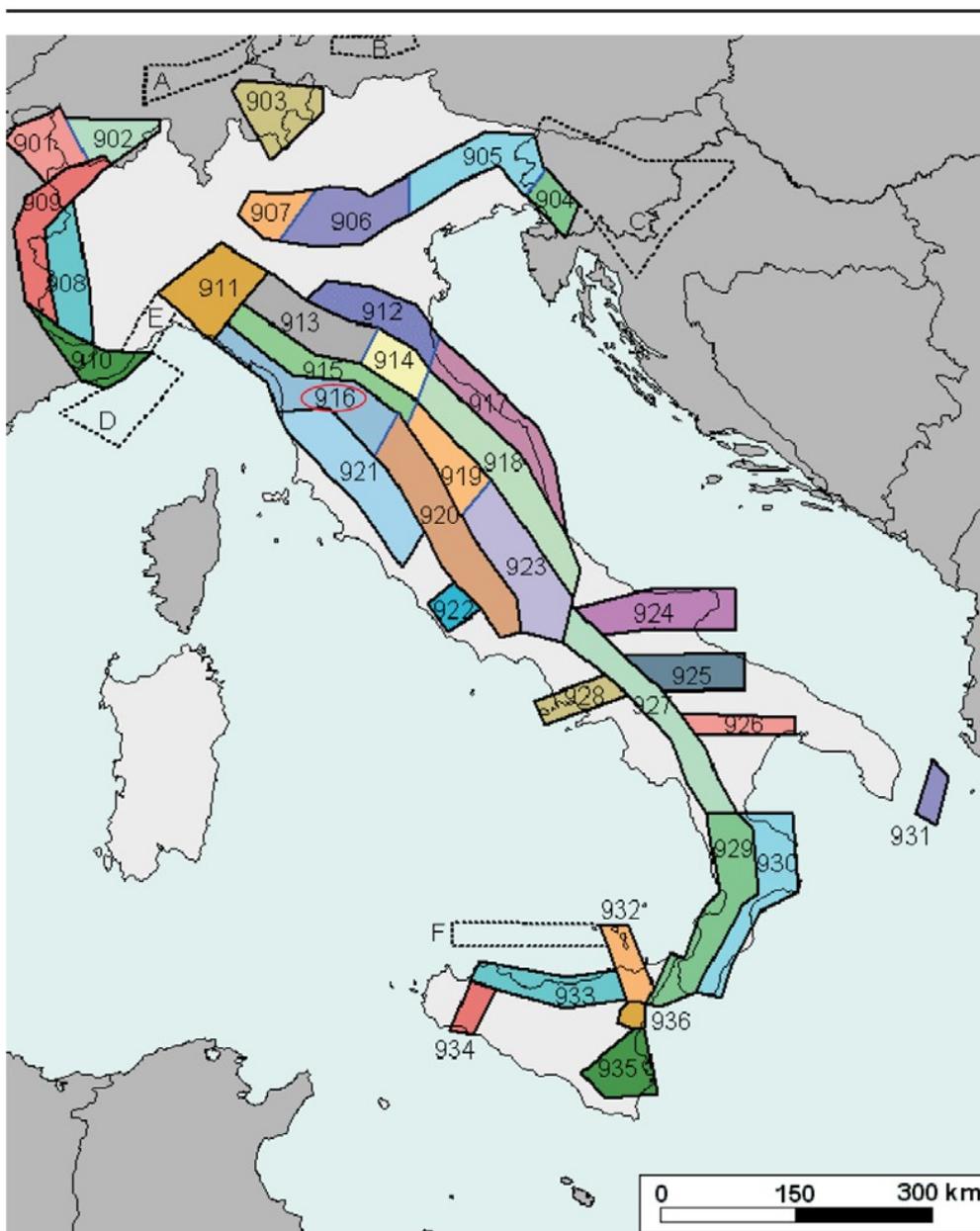


fig. 10- zonazione sismogenetica ZS9 - estratto dal rapporto conclusivo della redazione della mappa della pericolosità sismica dell’Aprile 2004 a cura dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS	N ZS	DISS2 MwMax	CPTI2 MwMax	CPTI2 MwMax (classe)	CPTI2 completo 04.2	Az1	Mw Max1	Az2	Mw Max2
Savoia	901		5.79	5.68	5.68	+1(a)	5.91	+2(d)	6.14
Vallese	902		6.10	6.14	6.14		6.14		6.14
Grigioni-Valtellina	903		5.79	5.68	5.22	+3(b)	5.91	+4(d)	6.14
Trieste -Monte Nevoso	904		5.71	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Friuli -Veneto Orientale	905	6.4	6.66	6.60	6.60		6.60		6.60
Garda-Veronese	906	6.2	6.49	6.60	6.60		6.60		6.60
Bergamasco	907	5.9	5.67	5.68	5.68	G	5.91	+2(d)	6.14
Piemonte	908		5.67	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Alpi Occidentali	909		5.54	5.45	5.45	+1(a)	5.68	+3(d)	6.14
Nizza-Sanremo	910	6.3	6.29	6.37	6.37		6.37		6.37
Tortona-Bobbio	911		5.67	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Dorsale Ferrarese	912	6.2	5.88	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14
Appennino Emiliano-Romagn.	913		5.85	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Forlivese	914		5.97	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Garfagnana-Mugello	915	6.4	6.49	6.60	6.60		6.60		6.60
Versilia-Chianti	916		5.52	5.45	5.45	+1(c)	5.68	+3(d)	6.14
Rimini-Ancona	917	6.1	5.94	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzz.	918		6.23	6.14	6.14	+1(a)	6.37	+1(a)	6.37
Appennino Umbro	919	6.0	6.33	6.37	6.37		6.37		6.37
Val di Chiana-Ciociaria	920		5.57	5.68	5.45	+1(b)	5.68	+3(d)	6.14
Etruria	921		5.91	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Colli Albani	922		5.53	5.45	5.45		5.45		5.45
Appennino Abruzzese	923	6.7	6.99	7.06	7.06		7.06		7.06
Molise-Gargano	924	6.7	6.73	6.83	6.83		6.83		6.83
Ofanto	925		6.72	6.83	6.83		6.83		6.83
Basento	926	5.8	5.84	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Sannio-Irpinia -Basilicata	927	6.8	6.96	7.06	7.06		7.06		7.06
Ischia-Vesuvio	928		5.78	5.68	5.68	+1(a)	5.91	+1(a)	5.91
Calabria Tirrenica	929	7.0	7.24	7.29	7.29		7.29		7.29
Calabria Ionica	930	6.0	6.60	6.60	6.60		6.60		6.60
Canale d'Otranto	931		6.90	6.83	6.83		6.83		6.83
Eolie-Patti	932	6.1	6.06	6.14	6.14		6.14		6.14
Sicilia settentrionale	933		5.89	5.91	5.91	+1(c)	6.14	+1(c)	6.14
Belice	934		6.12	6.14	6.14		6.14		6.14
Iblei	935		7.41	7.29	7.29		7.29		7.29
Etna	936		5.30	5.22	5.22	+1(a)	5.45	+1(a)	5.45

Tabella11. Valori di Mwmax da DISS2 e CPTI2 (col.3, 4, 5); valori di Mwmax dopo l'applicazione degli intervalli di completezza CO-04.2 (col.6); azioni e valore finale di Mwmax1 (col.7, 8); azioni e valori finali di Mwmax2 (col.9, 10). Le azioni indicano l'aumento (in numero di classi) rispetto ai valori della colonna 6 determinato da:

- a = aumento di 1 classe per convenzione (i) (arrotondamento alla classe superiore);
- b = aumento per convenzione (ii) (adozione dell'evento massimo osservato anche se al di fuori del periodo di completezza);
- c = aumento per motivazioni particolari descritte nel testo;
- d = aumento fino alla classe 6.14 per ragioni di maggiore cautela (vedi testo);
- G = aumento per adeguamento al dato geologico di DISS2.

## 7.2 microzonazione sismica

A corredo del P.O.C. di San Giuliano Terme è stato condotto uno studio di microzonazione sismica di livello I; tutto ciò al fine di individuare le zone in cui le condizioni locali possono modificare le caratteristiche del moto sismico atteso o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni, per le infrastrutture e per l'ambiente. Dall'esame di detto studio si evince che l'area sulla quale si attesta il comparto 10 rientra nelle "zone stabili suscettibili di amplificazioni locali" per amplificazione stratigrafica (vedi fig.12). Più precisamente il comparto 10 è compreso nella zona stabile suscettibile di amplificazioni locali 5 che corrispondono a: depositi alluvionali e recenti soggetti ad amplificazioni stratigrafiche.

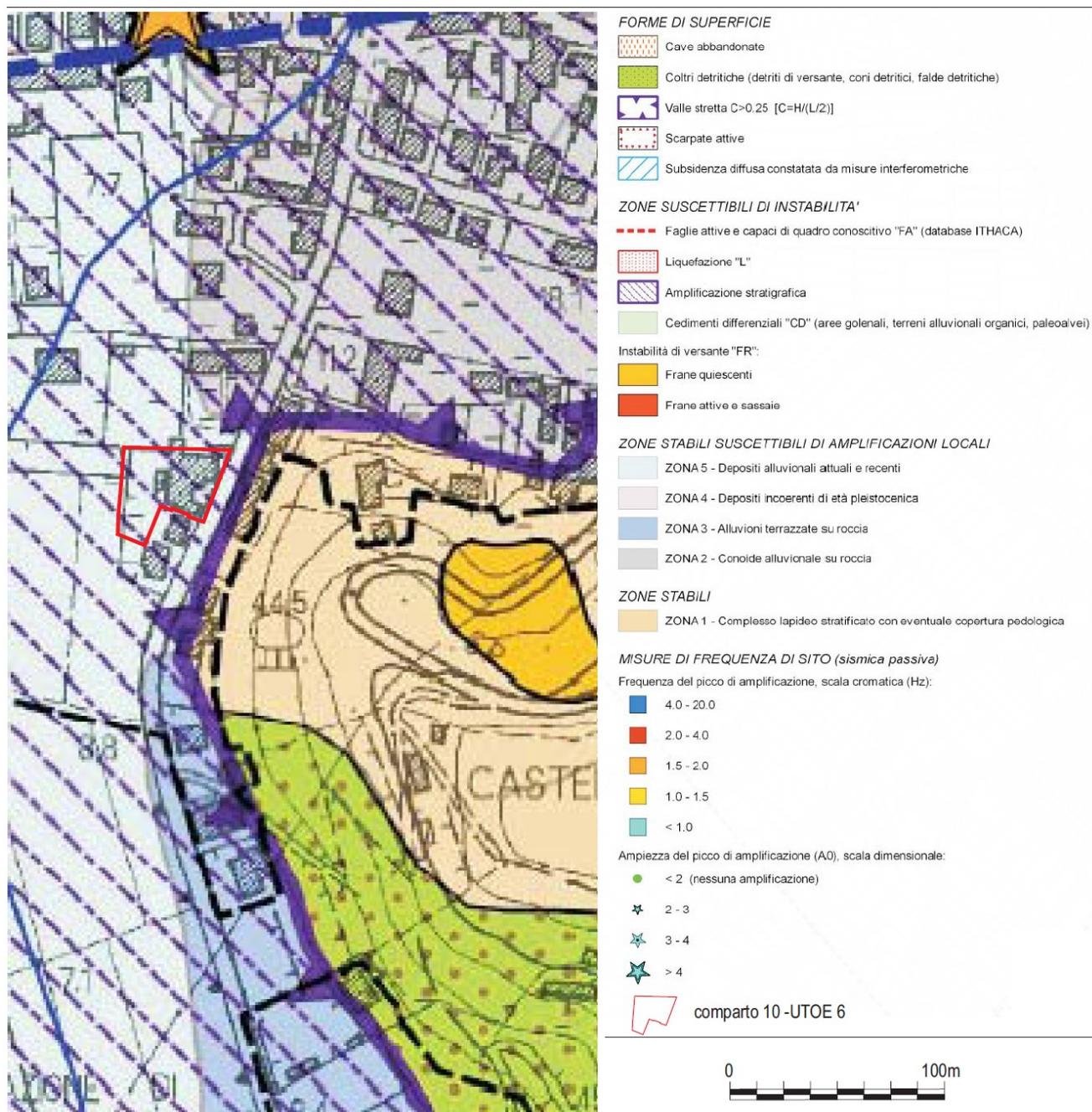


fig. 12 - MOPS dell'area sulla quale si attesta il comparto 10 e relativa tipologia potenziale instabilità estratto dalla tavola D1 "microzone omogenee in prospettiva sismica e frequenze fondamentali" a corredo del P.O.C.

Tali fenomeni di amplificazione stratigrafica si sviluppano quando sedimenti soffici sono sovrapposti ad un substrato molto consistente entro brevi profondità. In tali condizioni le onde sismiche generano una amplificazione del moto del suolo in senso orizzontale. Le indagini in sismica passiva, attraverso la registrazione del rumore sismico, consentono di evidenziare la presenza di picchi di amplificazione nel grafico Frequenza - H/V (*rapporto tra velocità orizzontali e verticali*). Questa metodologia d'indagine consente quindi di evidenziare le zone in cui le vibrazioni orizzontali del suolo (*le più dannose per gli edifici*) sono amplificate rispetto alle vibrazioni verticali. La sintesi dei rilievi effettuati nello studio a corredo del P.O.C. è riportata nelle "Misure di frequenza di sito" nelle Tavole D (*carta MOPS*). Nello studio sismico a corredo del P.O.C. è stato valutato anche il parametro C (*coefficiente di forma*), per due punti nel tratto Rigoli-Ripafratta attraverso la formula:

$$C = H / (L/2)$$

dove:

C = Coefficiente di forma;

H = spessore massimo della copertura;

L = Larghezza della valle:

Giungendo ai seguenti valori:

Tratto Avane – Molina  $C = 300 / (1840/2) = 0,33$

Tratto Filettoni nord - Ripafratta  $C = 60 / (470/2) = 0,26$

In entrambi i casi i valori ottenuti sono risultati superiori a 0,25 pertanto, stando a quanto indicato al paragrafo 2.3.3 degli ICMS, l'intera valle compresa tra Pappiana e Farneta è da considerarsi "Valle stretta". Alla luce di ciò, considerando anche la natura generalmente soffice dei sedimenti di riempimento, l'intera valle sopra descritta è da considerarsi potenzialmente suscettibile di amplificazione sismica e quindi anche il comparto 10 di cui ne fa parte.

### 7.3 Norme tecniche delle costruzioni

Le norme Tecniche delle Costruzioni, introdotte nel 2008 ed i loro successivi aggiornamenti, definiscono le regole da seguire per la progettazione, esecuzione, collaudo e manutenzione delle costruzioni, sia in zona sismica che in zona non sismica; definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni e le prestazioni richieste in termini di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità; forniscono i criteri generali di sicurezza e precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, cioè i carichi sulle costruzioni; infine definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

Qui di seguito, allo scopo di fornire al Progettista delle prime indicazioni per un'eventuale progettazione preliminare degli interventi che andranno ad interessare il comparto 10, vengono passati in rassegna i principali parametri che dovranno essere impiegati in fase di progettazione. Ovviamente tali parametri, nella fase di progetto esecutivo, dovranno poi essere integrati ed approfonditi attraverso l'impiego di nuove indagini geognostiche e geofisiche puntuali da effettuarsi all'interno del comparto 10.

### 7.3.1 classe d'uso, vita nominale e coefficiente d'uso

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione; quest'ultima è descritta dalla probabilità (*probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$* ) che, in un fissato lasso di tempo (*periodo di riferimento  $V_R$* ), si verifichi un evento sismico di entità pari ad un valore prefissato. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è invece definita in termini di:

1. accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A (*vedi tab. 5*)
2. ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  (*vedi tab.4*), nel periodo di riferimento  $V_R$ ; quest'ultimo indicativamente è stato assunto uguale a 50 anni in quanto ottenuto grazie all'applicazione della seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1 = 50 \text{ anni}$$

con:

$V_N$  = vita nominale, desumibile dalla tab.2 ed a sua volta ragionevolmente ascrivibile a 50 anni;

$C_U$  = coefficiente d'uso (*vedi tab.3*), desumibile dall'incrocio tra la  $V_n$  indicata in tab. 2 e la classe d'uso di cui alla tab.2bis.

TIPI DI COSTRUZIONE		Valori minimi di $V_n$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

tabella 2 - valori minimi dalla vita nominale di progetto per i diversi tipi di costruzione (tab.2.4.I del par. 2.4.1 dell'aggiornamento delle NTC del 17/01/18)

Sempre facendo riferimento all'aggiornamento delle NTC del 17/01/18, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I:	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II:	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui

	interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III:	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV:	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica
tabella 2 bis - classi d'uso delle costruzioni (par. 2.4.2 dell'aggiornamento delle NTC del 17/01/18)	

Il valore del coefficiente d'uso  $C_u$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in tab. 3.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_u$	0,7	1,0	1,5	2,0
tabella 3 - valori minimi del coefficiente d'uso $C_u$ (tab.2.4.II del par. 2.4.3 dell'aggiornamento delle NTC del 17/01/18)				

STATI LIMITE	$P_{VR}$ : PROBABILITA' DI SUPERAMENTO NEL PERIODO DI RIFERIMENTO $V_R$	
STATI LIMITE DI ESERCIZIO	SLO	81%
	SLD	63%
STATI LIMITE ULTIMI	SLV	10%
	SLC	5%
tabella 4 – probabilità di superamento in funzione dello stato limite considerato (tab. 3.2.I del par. 3.2.1 dell'aggiornamento delle NTC del 17/01/18)		

### 7.3.2 categoria di sottosuolo

Sempre secondo la normativa di cui sopra ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale viene valutata mediante specifiche analisi; tuttavia, visto che le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni che costituiscono il sottosuolo dell'area in studio sono riconducibili alle categorie definite nella tab. 3.2.II (vedi tab. 5), la valutazione della risposta sismica locale è stata preliminarmente eseguita facendo riferimento a un approccio semplificato che si basato sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . Di conseguenza sono state prese in considerazione le risultanze dell'indagine geofisica pregressa, di cui al paragrafo 3.2, che peraltro è stata realizzata nei dintorni dell'area in studio (vedi fig. 5) all'interno di un contesto geologico e geomorfologico del tutto analogo a quello che caratterizza l'area in esame. In definitiva l'elaborazione e l'interpretazione dei dati restituiti da detta indagine, ha fornito un profilo delle velocità  $V_s$  monodimensionale per la zona investigata. Infine, facendo riferimento a quest'ultimi dati, è stato possibile effettuare una classificazione preliminare del sottosuolo del comparto 10 in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della

velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s); per inciso quest'ultimo parametro è stato determinato applicando la seguente relazione:

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

$V_{S,eq}$  = velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_S$  (m/s)  
 $H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da  $V_S$  non inferiori a 800 m/s (m)  
 $V_{S,i}$  = velocità delle onde di taglio nello strato  $i$ -esimo (m/s)  
 $N$  = numero di strati (-)  
 $h_i$  = spessore dello strato  $i$ -esimo (m)  
 $V_{S,i}$  = velocità equivalente delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo (m/s)

di cui al paragrafo 3.2.2 dell'aggiornamento delle NTC (2018). Visto che l'area in esame, e quella investigata dall'indagine geofisica, si attestano in corrispondenza di depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, nella relazione adottata per il calcolo delle  $V_{S,eq}$  è stato posto  $H = 30$  m e sono state considerate le proprietà degli strati fino a tale profondità. In definitiva i calcoli per la stima delle  $V_{S,eq}$  sono stati evidenziati in tabella A e dall'esame della stessa si evince che la  $V_{S,eq}$ , all'interno dei primi 30 m di profondità, risulta pari a 217.76 m/s.

profondità (m)		spessore (m)	Vs (m/s)	Vs,eq (m/s)
da	a			
0	5,00	5,00	133	217,76
5,00	11,60	6,60	169	
11,60	15,00	3,40	223	
15,00	30,00	15,00	327	

TABELLA A

Dall'esame di quest'ultimi valori si evince che: la  $V_{S,eq}$  calcolata impiegando i valori restituiti dall'indagine sismica a rifrazione fa sì che il sottosuolo investigato rientri nella sottosuolo di classe C (vedi tabella 5 – categoria di sottosuolo) ovvero "Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina

mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s."

CAT.	DESCRIZIONE
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categoria C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

tabella 5 – categoria dei suoli di fondazione (tab. 3.2.II del par. 3.2.2 dell'aggiornamento delle NTC del 17/01/18)

### 7.3.3 condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici, come appunto nel caso del comparto 10, in alternativa si può adottare la

classificazione evidenziata nella tabella 7 qui di seguito esposta; in definitiva dall'esame della stessa risulta che la categoria topografica del sito in studio è risultata uguale a T1.

CATEGORIA	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

tabella 6 – categorie topografiche (tab. 3.2.III del par. 3.2.2 dell'aggiornamento delle NTC del 17/01/18)

#### 7.3.4 azione sismica di progetto e coefficienti sismici per i vari Stati Limite

Utilizzando il software "Geostru PS – parametri sismici" ([http://www.geostru.com/geoapp/Parametri\\_Sismici.aspx](http://www.geostru.com/geoapp/Parametri_Sismici.aspx)), è stato possibile effettuare una valutazione preliminare dell'azione sismica di progetto e ricavare, sempre in via iniziale, i coefficienti sismici per i vari Stati Limite; nel dettaglio i dati d'input, inseriti nel programma sono stati i seguenti:

1. coordinate geografiche (ED 50) del sito in studio

LATITUDINE = 43,794327 [°]

LONGITUDINE = 10,422302 [°]

2. la classe d'uso della struttura in progetto

classe II (vedi paragrafo 7.3.1)

3. la vita nominale della struttura in progetto

$V_N = 50$  (vedi paragrafo 7.3.1)

4. categoria sottosuolo del sito in studio

C (vedi paragrafo 7.3.2)

5. categoria topografica del sito in studio

$T_1$  (vedi paragrafo 7.3.3) In definitiva l'elaborazione dei dati d'ingresso testè descritti ha permesso all'applicativo di calcolare l'azione sismica di progetto, ricavando i coefficienti sismici per i vari Stati Limite, dei quali sono da prendere particolarmente in considerazione quelli dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV):

$A_{max}$  (accelerazione massima): 1.792

$K_h$  (coefficiente sismico orizzontale): 0,044

$K_v$  (coefficiente sismico verticale): 0,022

In ogni caso per i dettagli relativi ai calcoli di cui sopra rimando il Lettore alla tabella 7 qui di seguito esposta.

tabella 7 - parametri e coefficienti sismici

**Sito in esame.**

latitudine: 43,794327 [°]

longitudine: 10,422302 [°]

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

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

**Siti di riferimento.**

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	19824	43,793500	10,373190	3943,0
Sito 2	19825	43,795310	10,442460	1621,6
Sito 3	20047	43,745340	10,444960	5742,9
Sito 4	20046	43,743530	10,375710	6775,0

**Parametri sismici**

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,039	2,579	0,229
Danno (SLD)	63	50	0,049	2,556	0,249
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,122	2,357	0,284
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,156	2,385	0,287

**Coefficienti Sismici**

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,500	1,710	1,000	0,012	0,006	0,579	0,200
SLD	1,500	1,660	1,000	0,015	0,007	0,718	0,200
SLV	1,500	1,590	1,000	0,044	0,022	1,792	0,240
SLC	1,480	1,590	1,000	0,055	0,028	2,261	0,240

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

## 8 FATTIBILITA' DEGLI INTERVENTI PREVISTI ALL'INTERNO DEL COMPARTO 10

La valutazione della fattibilità degli interventi previsti all'interno del comparto 10 è stata effettuata sulla base delle risultanze degli studi condotti a supporto della stesura del presente rapporto e considerando le indicazioni contenute nella normativa attualmente vigente; in particolar modo facendo riferimento al P.O.C. del Comune di San Giuliano Terme, al Progetto di Piano di bacino del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, stralcio Assetto Idrogeologico per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica (adottato con delibera della Conferenza Istituzionale Permanente n.20 del 20 dicembre 2019), al Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale oltre a quanto indicato nella L.R. 41/2018 e nella sua successiva modifica (L.R. 17/02/2020 n. 7).

### 8.1 pericolosità - fattibilità geomorfologica secondo il Progetto di Piano di bacino del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, stralcio Assetto Idrogeologico

Dall'esame della "Mappa della pericolosità da dissesti di natura geomorfologica" a corredo del "Piano di Bacino del Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, stralcio assetto idrogeologico per la gestione del rischio da



fig.13 franosità dell'area sulla quale si attesta il comparto 10 - UTOE 10  
estratto dalla "mappa frane Bacino dell'Arno"

<https://geodataserver.appenninosettentrionale.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=14ca15f41e8e4396a1b27d788db98f60>

dissesti di natura geomorfologica”, consultabile online al seguente indirizzo: <https://geodataserver.appenninosettentrionale.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=14ca15f41e8e4396a1b27d788db98f60>, si evince che il comparto 10 è ubicato all’interno delle aree con propensione al dissesto di classe P1-bassa; quest’ultime, secondo il comma 1 dell’art. 6 della Disciplina di Piano corrispondono ad: “*aree stabili con condizioni litologiche, strutturali e geomorfologiche aventi caratteri per lo più favorevoli alla stabilità con bassa propensione al dissesto*”. Inoltre la Disciplina di Piano per quando riguarda le zone P1, di cui il comparto 10 fa parte, non impone prescrizioni ma si limita a fornire delle indicazioni per gli strumenti di governo del territorio; più precisamente secondo il comma 2 dell’art. 12 della Disciplina di Piano “*sono da privilegiare le tipologie di intervento previste dagli strumenti di governo del territorio che non determinino condizioni di instabilità e non modifichino negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell’area e nelle zone potenzialmente interessate dagli interventi e dalle loro pertinenze.*” Di conseguenza, sulla scorta di quanto appena premesso è ragionevole ipotizzare che gli interventi previsti all’interno del comparto 10 siano geomorfologicamente fattibili fermo restando che non vadano ad interferire in modo significativo o comunque negativo con la geomorfologia dell’area sulla quale saranno realizzati e nelle sue pertinenze.

## 8.2 fattibilità degli interventi previsti all’interno del comparto 10 secondo P.O.C. del Comune di San Giuliano Terme

Nelle carte di fattibilità a corredo del P.O.C. sono indicate, per ogni fattibilità, la rispettiva classe di pericolosità (*geologica, idraulica e sismica locale*) ed il relativo grado di fattibilità; quest’ultimo parametro è riferito al massimo intervento consentito all’interno del comparto. Dall’esame della tavola L2 “carta della fattibilità geologica” si evince che il comparto 10 è contraddistinto dalla seguenti classi di pericolosità e fattibilità (*vedi anche fig.14*):

- pericolosità geologica G2 classe di fattibilità F3
- pericolosità idraulica I2 classe di fattibilità F2
- pericolosità sismica S3 classe di fattibilità F3

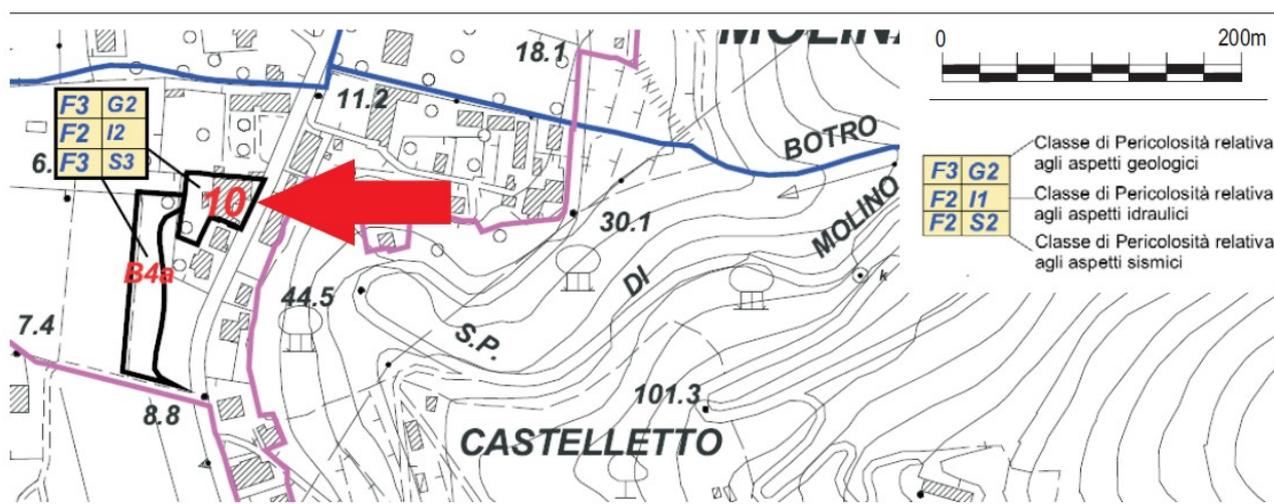


fig. 14 - fattibilità geologica, idraulica e sismica del comparto 10 UTOE 6  
estratto dalla tav. L2 “carta della fattibilità geologica” a corredo del POC del Comune di S. Giuliano Terme

Tuttavia la valutazione della fattibilità degli interventi previsti all’interno del comparto 10 può anche essere ottenuta facendo riferimento alla tabelle di fattibilità, di cui all’appendice b) delle N.T.A. del P.O.C. ed alle prescrizioni di cui

all'art.39 delle NTA. del P.O.C.; più precisamente in dette tabelle la classe di fattibilità è definita in modo univoco dall'intersezione tra la classe di pericolosità competente al sito con la tipologia dell'intervento previsto all'interno del sito stesso. Di conseguenza, allo scopo di verificare le classi di fattibilità desunte dall'esame della cartografia di cui sopra, qui di seguito è stata condotta una valutazione della fattibilità degli interventi previsti all'interno del comparto 10 facendo riferimento alle tabelle di fattibilità di cui all'appendice b) delle N.T.A. del P.O.C; di conseguenza, qui di seguito, sono state riportate le classi di pericolosità geologica, sismica e idraulica del comparto 10 che sono state impiegate nelle tabelle di fattibilità.

**Pericolosità geologica media (classe G.2);** (vedi fig.15) questa classe di pericolosità comprende le aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto. Sono ricompresi i versanti del complesso litoide affiorante o subaffiorante caratterizzati da pendenze inferiori al 75%, e terreni con caratteristiche litologiche mediocri, o con una sottile copertura pedologica purché con pendenze mediamente inferiori al 50%. Si riconoscono inoltre le aree di fondovalle con terreni di media consistenza e non soggetti a subsidenza diffusa né ad azioni erosive.

**Pericolosità sismica locale elevata (classe S.3);** (vedi fig.16) questa classe di pericolosità comprende zone suscettibili di instabilità non comprese in classe S4. Frane quiescenti, che potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici ed i seguenti elementi di fragilità descritti:

- le zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti, che possono dar luogo a cedimenti del terreno (*zone suscettibili di Cedimenti Differenziali e/o con Subsidenza diffusa*);
- i terreni potenzialmente suscettibili di liquefazione dinamica;
- le zone alluvionali suscettibili di Amplificazione Stratigrafica del moto del suolo, che hanno restituito picchi di ampiezza superiore a 3 nel rapporto H/V, e quelle suscettibili di amplificazione per morfologie sepolte (*"valle stretta"*);
- i corpi detritici di versante;
- le cave abbandonate.

**Pericolosità idraulica media (classe I.2);** (vedi fig.17) questa classe di pericolosità comprende le aree della pianura alluvionale esterne alle zone giudicate fragili per episodi di esondazione con  $200 < T_r < 500$  anni. In via cautelativa sono state considerate come ricadenti in tale classe le aree esterne a quelle individuate dagli ingegneri idraulici come fragili per piene con  $T_r$  fino a 200 anni, e ricadenti sempre all'interno della pianura alluvionale.

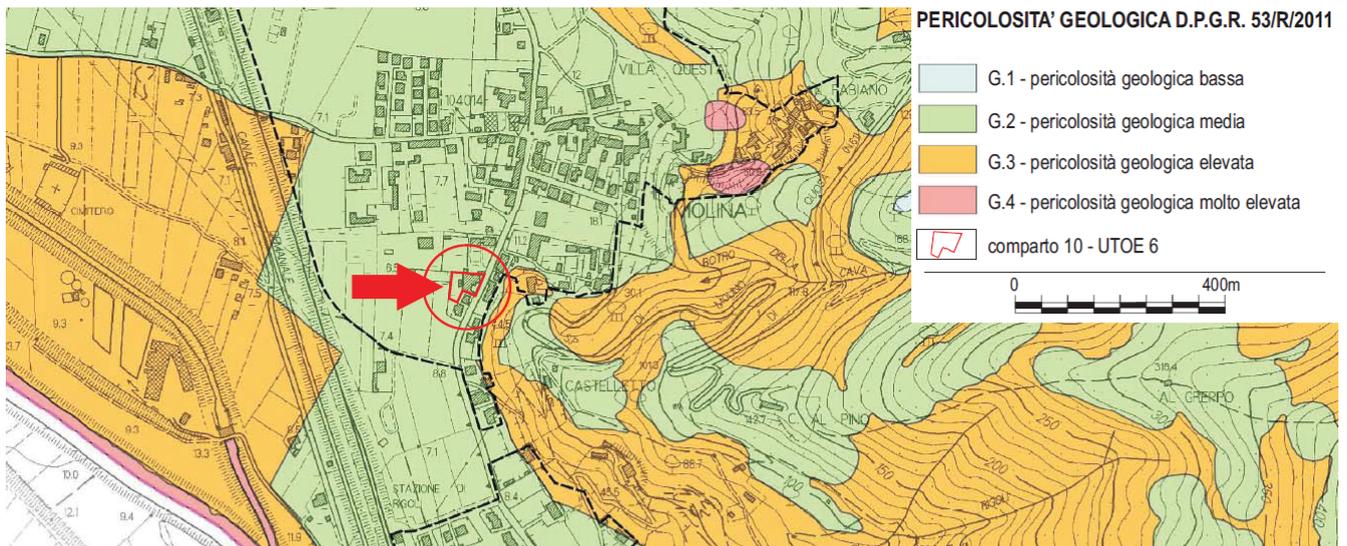


fig. 15 - pericolosità geologica dell'area sulla quale si attesta il comparto 10 - estratto dalla tav. G2 "carta della pericolosità geologica" del P.O.C.

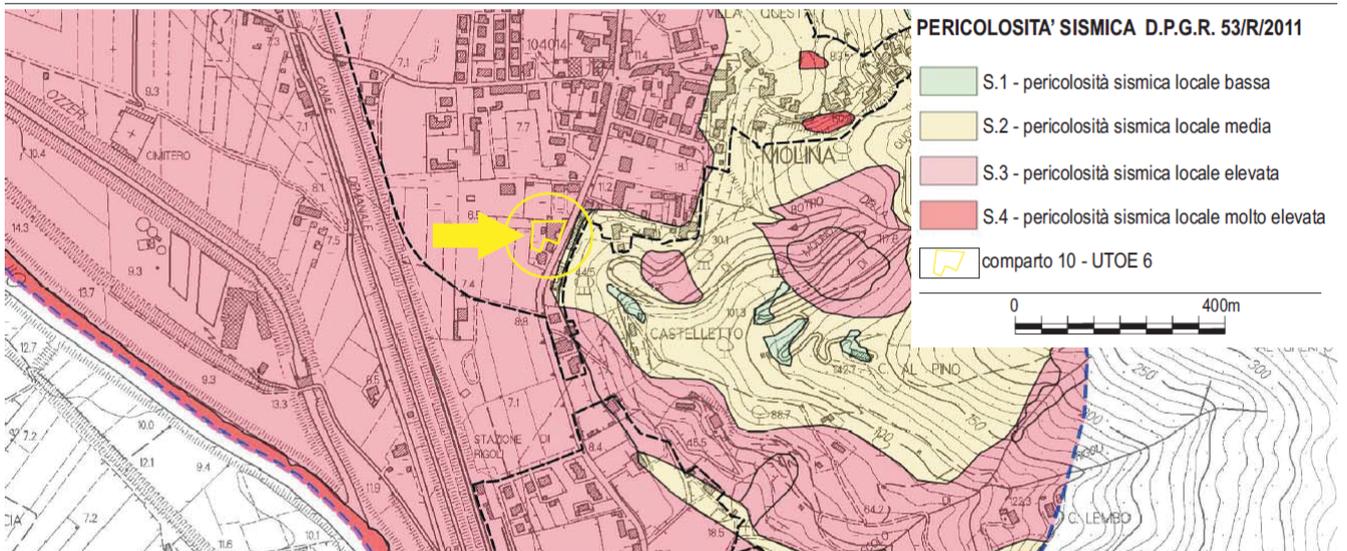


fig. 16 - pericolosità sismica dell'area sulla quale si attesta il comparto 10 - estratto dalla tav. I1 "carta della pericolosità sismica" del P.O.C.

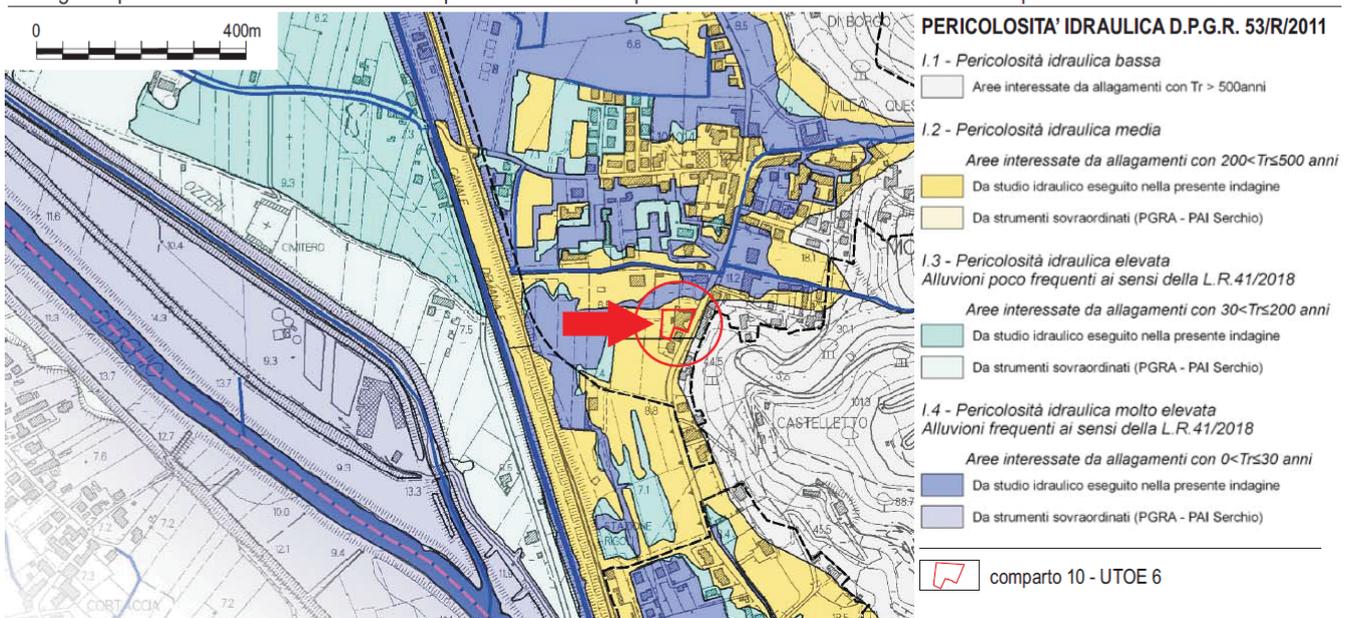


fig. 17 - pericolosità idraulica dell'area sulla quale si attesta il comparto 10 in esame - estratto dalla tav. H2 "carta della pericolosità idraulica" del P.O.C.

Vista la natura dell'intervento in progetto (vedi paragrafo 1) nelle tabelle di fattibilità le tipologie di trasformazione impiegate seguendo un ragionamento prudenziale; infatti corrispondo alla 2) (Nuove edificazioni, compresa la ristrutturazione urbanistica e la ristrutturazione edilizia ricostruttiva, addizioni volumetriche di edifici esistenti, sostituzione edilizia; volumetrie interrato) per le tabelle di pericolosità geologica e sismica ed alla 3) (nuove edificazioni) per la tabella di pericolosità idraulica. In definitiva l'incrocio delle classi di pericolosità geologica, sismica ed idraulica con le tipologie di trasformazione testè indicate ha permesso l'identificazione della classe di fattibilità geologica, sismica ed idraulica degli interventi previsti all'interno del comparto 10; quest'ultima è risultata, di classe F2 "fattibilità con normali vincoli" per la pericolosità geologica che per quella idraulica, mentre è risultata di classe F3 "Fattibilità condizionata" per la pericolosità sismica (vedi fig. 18)

La fattibilità di classe F2 si riferisce a: 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:

- il progetto deve basarsi su un'apposita indagine geognostica e/o idrologico-idraulica mirata a verificare a livello locale quanto indicato negli studi condotti a supporto dello strumento urbanistico vigente al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area nonché il funzionamento del sistema di scolo locale.
- Nelle aree della pianura classificate a pericolosità I2 (Tr compreso tra 200 e 500 anni), per perseguire un maggiore livello di sicurezza idraulica è richiesto comunque di rialzare il piano di calpestio dei fabbricati di almeno 20 cm rispetto al piano di campagna, a meno di limitazioni derivanti da elementi di carattere tipologico e formale del patrimonio edilizio esistente. Trattandosi di interventi al di fuori delle zone a pericolosità idraulica elevata e molto elevata, non è richiesto il recupero dei volumi sottratti alla naturale esondazione.

Gli interventi previsti dallo strumento urbanistico sono attuabili senza particolari condizioni.

Mentre la fattibilità di classe 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. Sono richieste indagini di dettaglio condotte a livello di "area complessiva" sia come supporto alla redazione di strumenti urbanistici attuativi che nel caso sia ipotizzato un intervento diretto. L'esecuzione di quanto previsto dai risultati di tali indagini in termini di interventi di attenuazione del rischio idraulico, bonifica, miglioramento dei terreni e/o tecniche fondazionali particolari devono costituire condizioni da recepire all'interno della richiesta del titolo abilitativo occorrente".

Dal confronto delle classi di fattibilità determinate attraverso le matrici (vedi fig. 18) con quelle evidenziate nella carta di fattibilità (vedi fig. 14) emerge una sola differenza che riguarda la fattibilità geologica: infatti secondo la carta di fattibilità quest'ultima è di classe F3, mentre secondo le matrici è di classe F2. La pericolosità geologica dell'area sulla quale si attesta il comparto 10 è di classe G2-media (vedi fig. 15); nelle matrici di fattibilità per una tal classe di pericolosità la fattibilità F3 è riconducibile solo a tipologie d'interventi e trasformazioni ascrivibili a "Scavi e rinterrati di qualsiasi genere connessi alle opere di cui al presente abaco con  $h > 2,5m$ ". Sulla scorta di quanto appena premesso e considerando che

Classi di Fattibilità degli interventi minori previsti all'interno dei comparti di cui alla carta di Fattibilità, e di tutti gli interventi esterni a tali comparti						
<b>Pericolosità Geologica</b>						
Trasformazioni ed attività		Pericolosità Geologica				
		G1	G2	G3 valle	G3 collina	G4
1	Interventi sul patrimonio edilizio esistente (manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, superamento barriere architettoniche e adeguamento immobili esigenze dei disabili, ristrutturazione edilizia conservativa)					
	a. senza incrementi di carico urbanistico, incrementi plano-volumetrici e/o modifiche nella distribuzione dei carichi sulle fondazioni	1	1	2	2	2
	b. con incrementi di carico urbanistico, incrementi di superficie coperta e di volume e/o modifiche nella distribuzione dei carichi sulle fondazioni	2	2	3	3	N.F.
2	Nuove edificazioni, compresa la ristrutturazione urbanistica e la ristrutturazione edilizia ricostruttiva, addizioni volumetriche di edifici esistenti, sostituzione edilizia; volumetrie interrato	2	2	3	3	N.F.

Classi di Fattibilità degli interventi minori previsti all'interno dei comparti di cui alla carta di Fattibilità, e di tutti gli interventi esterni a tali comparti						
<b>Pericolosità Sismica</b>						
Trasformazioni ed attività		Pericolosità Sismica				
		S1	S2	S3	S4	
1	Interventi sul patrimonio edilizio esistente (manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, superamento barriere architettoniche e adeguamento immobili esigenze dei disabili, ristrutturazione edilizia conservativa)					
	a. senza incrementi di carico urbanistico, incrementi plano-volumetrici e/o modifiche nella distribuzione dei carichi sulle fondazioni	1	1	2	2	
	b. con incrementi di carico urbanistico, incrementi di superficie coperta e di volume e/o modifiche nella distribuzione dei carichi sulle fondazioni	1	2	3	N.F.	
2	Nuove edificazioni, compresa la ristrutturazione urbanistica e la ristrutturazione edilizia ricostruttiva, addizioni volumetriche di edifici esistenti, sostituzione edilizia; volumetrie interrato	1	2	3	N.F.	

Classi di Fattibilità degli interventi minori previsti all'interno dei comparti di cui alla carta di Fattibilità, e di tutti gli interventi esterni a tali comparti					
<b>Pericolosità Idraulica</b>					
Trasformazioni ed attività		Pericolosità idraulica			
		I1	I2	I3	I4
1	Interventi sul patrimonio edilizio esistente (manutenzione ordinaria e straordinaria, demolizione senza ricostruzione, sostituzione delle coperture in cemento amianto)	1	1	2	2
2	Interventi sul patrimonio edilizio esistente (restauro, risanamento conservativo, superamento barriere architettoniche e adeguamento immobili esigenze dei disabili, ristrutturazione edilizia conservativa)				
	a. senza incrementi di carico urbanistico, o incrementi di carico urbanistico che non consentano il pernottamento e comunque realizzati senza incrementi di superficie coperta	1	1	2	3
	b. con modifiche del carico urbanistico che consentano il pernottamento o incrementi di superficie coperta all'interno delle aree edificate	1	2	4	4
	c. con modifiche del carico urbanistico che consentano il pernottamento o incrementi di superficie coperta all'esterno delle aree edificate	1	2	4	4
3	Nuove edificazioni	1	2	4	4

Per le casistiche evidenziate con 2 deve essere preliminarmente verificata la fattibilità degli interventi ai sensi della L.R. 41/2018

fig. 18 - fattibilità geologica, sismica ed idraulica dell'intervento in progetto secondo le matrici "classi di fattibilità degli interventi minori previsti all'interno dei comparti di cui alla carta di fattibilità. e di tutti gli interventi esterni a tali comparti" a corredo del P.O.C.

gli interventi che saranno realizzati all'interno del comparto 10 non prevedono l'esecuzione di scavi e rinterri con altezze maggiori di 2.5 m è ragionevole attribuire agli stessi una fattibilità geologica di classe F2 così come evidenziate nelle tabelle di fattibilità (vedi fig.18).

### 8.3 pericolosità - fattibilità idraulica il Piano di Gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale

Dall'esame della cartografia di supporto al "Piano di Gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale" si evince che l'area in studio è contraddistinta da uno scenario di pericolosità da alluvione fluviale che rientra in classe P1 bassa (vedi fig.19), a sua volta riferibile ad "ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale"

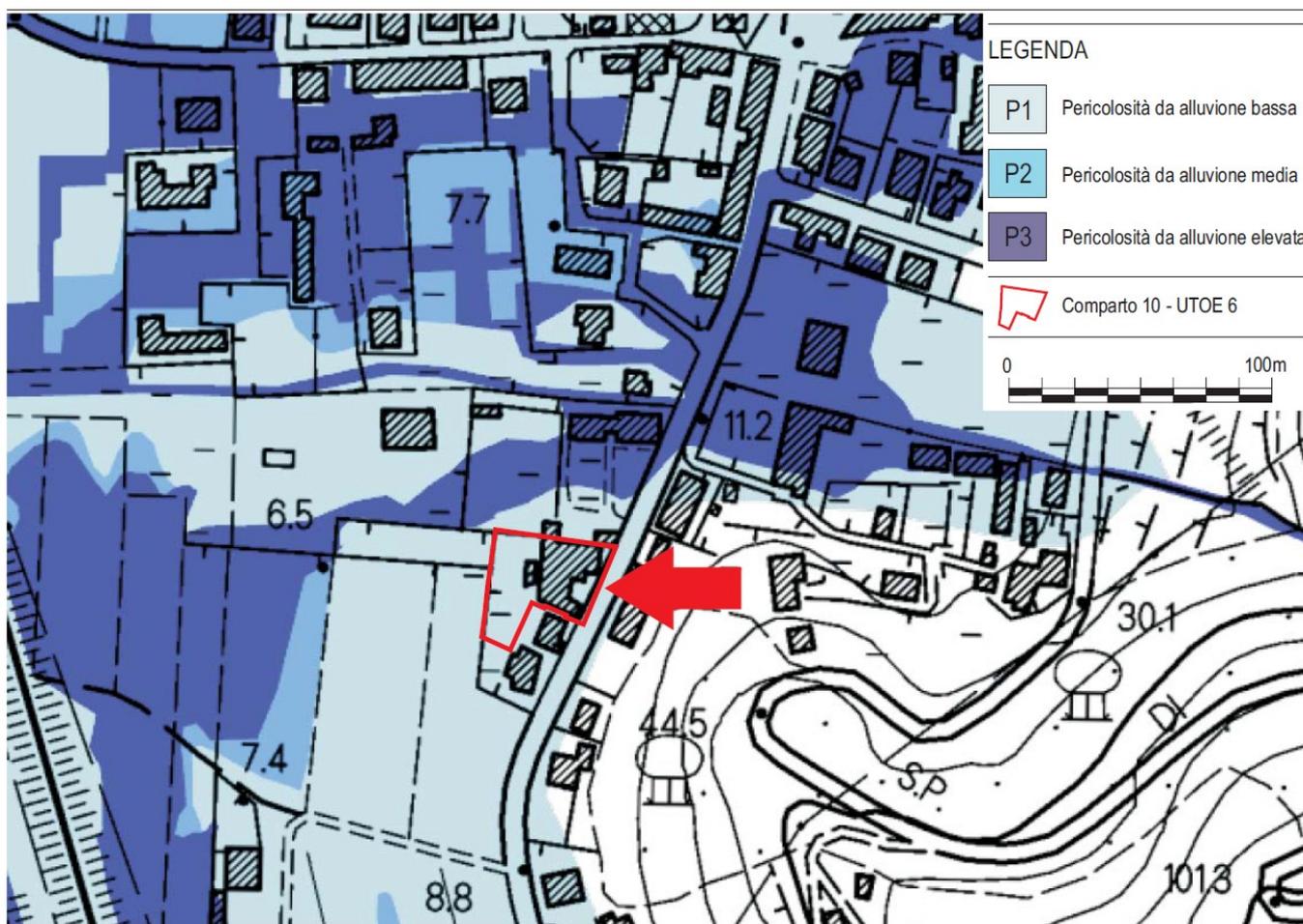


fig.19 - pericolosità idraulica da alluvione fluviale dell'area sulla quale si attesta il comparto 10  
estratto dalla Mappa della Pericolosità da alluvione Vigente - UoM Arno ed ex bacini regionali toscani

dati cartografici reperiti online al seguente indirizzo: <https://geodataserver.appenninoseptentrionale.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=5df4e2dc9f79431ea89eef064912c45a>

Secondo quanto evidenziato nella disciplina di piano vigente (PGRA 2015-2021) le aree contraddistinte da pericolosità da alluvione fluviale P1 bassa, come quella che ospita il comparto 10, non sono soggette a norme e/o prescrizioni ma a soli indirizzi per gli strumenti per il governo del territorio. Infatti secondo i commi 1 e 2 l'art.11 della disciplina di piano vigente:

- 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 le condizione di gestione del rischio idraulico per la realizzazione degli interventi nelle aree P.1

Sulla base di quanto appena premesso è ragionevole presumere che la fattibilità idraulica degli interventi

previsti all'interno del comparto 10 sia subordinata alla sua loro realizzazione in condizioni di gestione del rischio idraulico, con riferimento agli obiettivi di cui all'art. 1 comma 4, disciplina di piano vigente (*PGRA 2015-2021*). Di conseguenza, vista le loro caratteristiche e la loro natura, è ragionevole presumere gli stessi possano essere realizzati in condizioni tali da poter gestire il rischio idraulico in riferimento agli obiettivi di cui al comma 4 dell'art.1 peraltro qui di seguito elencati :

- **Obiettivi per la salute umana**
  - riduzione del rischio per la vita delle persone e la salute umana;
  - mitigazione dei danni ai sistemi che assicurano la sussistenza e l'operatività delle strutture strategiche.
  
- **Obiettivi per l'ambiente**
  - riduzione del rischio per le aree protette derivante dagli effetti negativi dovuti a possibile inquinamento in caso di eventi alluvionali;
  - mitigazione degli effetti negativi per lo stato ambientale dei corpi idrici dovuti a possibile inquinamento in caso di eventi alluvionali, con riguardo al raggiungimento degli obiettivi ambientali di cui alla direttiva 2000/60/CE.
  
- **Obiettivi per il patrimonio culturale**
  - Riduzione del rischio per il patrimonio culturale, costituito dai beni culturali, storici ed architettonici esistenti;
  - mitigazione dei possibili danni dovuti ad eventi alluvionali sul sistema del paesaggio.
  
- **Obiettivi per le attività economiche**
  - mitigazione dei danni alla rete infrastrutturale primaria;
  - mitigazione dei danni al sistema economico e produttivo pubblico e privato;
  - mitigazione dei danni alle proprietà immobiliari;
  - mitigazione dei danni ai sistemi che consentono il mantenimento delle attività economiche.

La mitigazione del rischio idraulico, secondo l'art.1 disciplina di piano vigente (*PGRA 2015-2021*) , è data dall'insieme di misure, azioni ed interventi tesi a diminuire le conseguenze negative di eventi alluvionali; di conseguenza la loro realizzazione è strettamente connessa agli effetti che potrebbero essere causati da un evento alluvionale. Di conseguenza qui di seguito sono state condotte delle indagini in merito a quest'ultimo parametro: effetti che un evento alluvionale potrebbe avere nei confronti del comparto 10. Secondo gli studi condotti dall' Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale sull'asta del fiume Arno risulta che il comparto 10 potrebbe essere interessato da allagamenti soltanto per eventi alluvionali con tempi di ritorno superiori ai 200 anni (*vedi fig.19*). Allo stato attuale, per lo meno per l'area in esame, non esistono studi che abbiano interessato l'asta del fiume Arno per tempi di ritorno superiori



fig.20 - allegamenti del comparto 10 a seguito di un evento meteorico critico con tempi di ritorno trentennali  
estratto dalla tav. Q1X "battenti idraulici di modello" - facente parte dello studio di supporto al POC di San Giuliano Terme

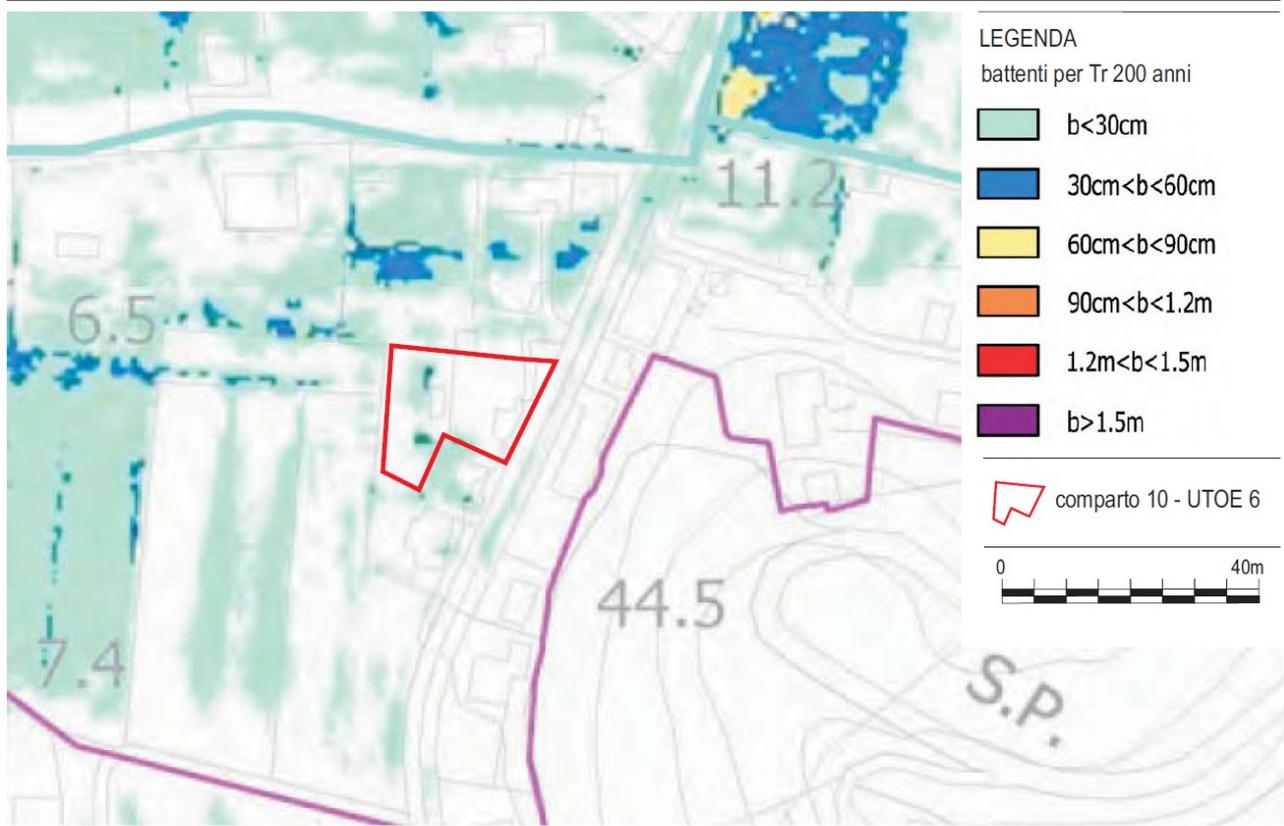


fig.21 - allegamenti del comparto 10 a seguito di un evento meteorico critico con tempi di ritorno duecentennale  
estratto dalla tav. Q1X "battenti idraulici di modello" - facente parte dello studio di supporto al POC di San Giuliano Terme

ai 200 anni; di conseguenza al fine di reperire informazioni circa l'entità degli allagamenti a cui potrebbe essere sottoposto il comparto 10 in caso di eventi critici è stato preso in considerazione lo studio idraulico a corredo del P.O.C. del Comune di San Giuliano Terme che ha interessato parte del reticolo idraulico minore presente all'interno del Comune; infatti, lo stesso, ha preso in considerazione i bacini, ed i relativi corsi d'acqua della zona collinare, interessanti anche marginalmente le principali aree edificate poste alle pendici collinari; detto studio ha inoltre esaminato un'area pianeggiante (*denominata Piana dell'Arno*) compresa tra il Fiume Morto, il Canale Demaniale e il Fiume Arno ed infine un piccolo fosso di guardia posto lungo il tracciato della ferrovia nella frazione di Gello. In definitiva lo studio idraulico sul reticolo idraulico minore a corredo del P.O.C. ha evidenziato che per tempi di ritorno, sia trentennali che duecentennali, il comparto 10 è interessato da allagamenti solo in corrispondenza della sua porzione occidentale e che gli stessi, nella peggiore delle ipotesi, determinano un'altezza della lama d'acqua massima pari a 60 cm rispetto al piano di campagna (*vedi figg. 20 e 21*). Dall'esame degli elaborati progettuali redatti dall'arch. Catassi, si evince l'ampliamento dell'edificio UMI3, per la realizzazione degli studi medici, si andrà ad attestare sulla porzione nord occidentale del comparto 10 e quindi in corrispondenza di quelle zone soggette ad allagamento. Queste zone soggette ad allagamenti, rispetto al contesto generale, hanno uno sviluppo estremamente contenuto e sono prive di collegamenti con le altre zone allagate tanto che, la loro presenza, non è stata presa in considerazione al momento della realizzazione della carta della pericolosità idraulica a corredo del P.O.C.; infatti il dr. geol. Emilio Pistilli, che ha redatto la suddetta carta, previa colloquio telefonico ha confermato allo scrivente che le zone allagate presenti all'interno del comparto 10, viste le loro caratteristiche, sono state trascurate al momento in cui al comparto 10 è stata attribuita una classe di pericolosità I2 media (*vedi fig. 17*). Ciò nonostante, seguendo un ragionamento prudentiale, sarebbe opportuno intervenire sul piano di calpestio dei manufatti in progetto (*ampliamenti*) e di quelli in riqualificazione, allocando lo stesso ad una quota non inferiore a +80 cm rispetto all'attuale piano di campagna. In questo modo, oltre a soddisfare quanto richiesto al punto 11.9 di cui alla relazione tecnica costituente l'allegato 4 del P.O.C. circa il conseguimento di un maggior livello di sicurezza idraulica, automaticamente viene realizzata anche la mitigazione del rischio idraulico richiesta al comma 1 dell'art. 11 dal PGRA. Infine secondo il comma 2, sempre dell'art. 11, nelle aree P1 e quindi nel caso in esame, sono le Regioni che disciplinano le condizioni di gestione del rischio idraulico per la realizzazione degli interventi e quindi la fattibilità degli interventi in progetto è disciplinata dalla Regione Toscana attraverso l'applicazione L.R. 41/2018 (*vedi paragrafo 8.4*)

#### 8.4 fattibilità idraulica secondo la L.R. 41/2018 e le sue successive modifiche

La legge regionale 41/2018 disciplina le condizioni di gestione del rischio per le zone caratterizzate dall'essere soggette ad "alluvioni frequenti" e "poco frequenti"; più precisamente secondo la lettera a) del comma 1 dell'art. 2 della LR 41/2018 per "scenario per alluvioni frequenti" si intende lo scenario di cui all'articolo 6, comma 2, lettera c), del d.lgs. 49/2010, individuato negli atti di pianificazione di bacino e definito dai medesimi atti con riferimento al tempo di ritorno non inferiore a trenta anni. Mentre la lettera b) del comma 1 dell'art. 2 della LR 41/2018 per "scenario per alluvioni poco frequenti" si intende lo scenario di cui all'articolo 6, comma 2, lettera b), del d.lgs. 49/2010, individuato

negli atti di pianificazione di bacino e definito dai medesimi atti con riferimento al tempo di ritorno non inferiore a duecento anni.

Dall'esame delle mappe di pericolosità idraulica da alluvione fluviale a corredo del PGRA del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale risulta che il comparto 10 è incluso nelle aree P1 a pericolosità bassa (*vedi fig.19 di cui al paragrafo 8.3*); di conseguenza il comparto 10 potrebbe essere interessato da allagamenti soltanto in occasione di eventi alluvionali critici con tempi di ritorno maggiori di 200 anni e quindi lo stesso non rientra nelle zone caratterizzate da alluvioni frequenti, né in quelle contraddistinte da alluvioni poco frequenti e quindi non è soggetto alla prescrizioni di cui alla L.R. 41/2018.

### 8.5 vulnerabilità idrogeologica e relativa fattibilità

Dall'esame della tavola tavola 09 "Vulnerabilità Idrogeologica" del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa si evince che il comparto 10 è contraddistinta da una classe di vulnerabilità idrogeologica media di sottoclasse 3A (*vedi fig. 22*); quest'ultima corrisponde a *"situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un certo grado di protezione, insufficiente tuttavia a garantirne la salvaguardia; in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 15 ed i 30 giorni, quali quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali scarsamente permeabili con falda prossima al piano campagna, da falde idriche in materiali a medio-bassa permeabilità con piezometria depressa per cause naturali, da falde idriche spesso sospese attestata in terrazzi alluvionali non direttamente connessi con gli acquiferi principali ovvero in estesi corpi detritici pedecollinari, nonché, nelle aree collinari e montuose, le zone in cui affiorano terreni a bassa permeabilità e le zone interessate da falde freatiche attestata in complessi detritici sufficientemente estesi o con evidenze di circolazione idrica"*.

Inoltre, sempre secondo le indicazioni del PTC, mettendo in relazione la vulnerabilità idrogeologica comparto 10 con gli interventi previsti al suo interno che, cautelativamente possono essere ragionevolmente inclusi negli "Interventi di nuova edificazione od equivalenti nei nuclei urbani storici ed assimilati (*espansioni urbane consolidate, insediamenti d'interesse storico non urbani, altre unità di spazio d'interesse storico*)", risulta che la realizzazione degli stessi andrà a determinare un rischio di: **livello II – rischio basso**: *"la trasformazione o l'attività è ammissibile, in relazione alle conoscenze disponibili, ma è richiesta verifica a livello locale"*.

Sulla base di quanto esposto in merito alla vulnerabilità idrogeologica del comparto 10 ed al livello di rischio a cui lo stesso è soggetto a seguito della realizzazione degli interventi previsti al suo interno è logico ipotizzare che: le caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo in esame indichino che non ci sono aspetti di particolare pericolosità che possano influenzare, o essere influenzati in modo significativo dalla realizzazione degli interventi previsti; in effetti, la tipologia degli stessi associata alla verifica puntuale della natura idrogeologica del sottosuolo in studio, garantiscono un più che sufficiente grado di salvaguardia nei confronti della risorsa idrica. In conclusione la realizzazione degli interventi previsti all'interno del comparto 10 è compatibile con la situazione idrogeologica che contraddistingue il sottosuolo del comparto stesso. Va da sé che in fase di progettazione esecutiva attraverso un'adeguata campagna geognostica, da realizzarsi all'interno del comparto, andranno verificate le condizioni idrogeologiche del sottosuolo

evidenziate al paragrafo 6 del presente rapporto e derivanti dalla risultanze del test penetrometrico CPT1.

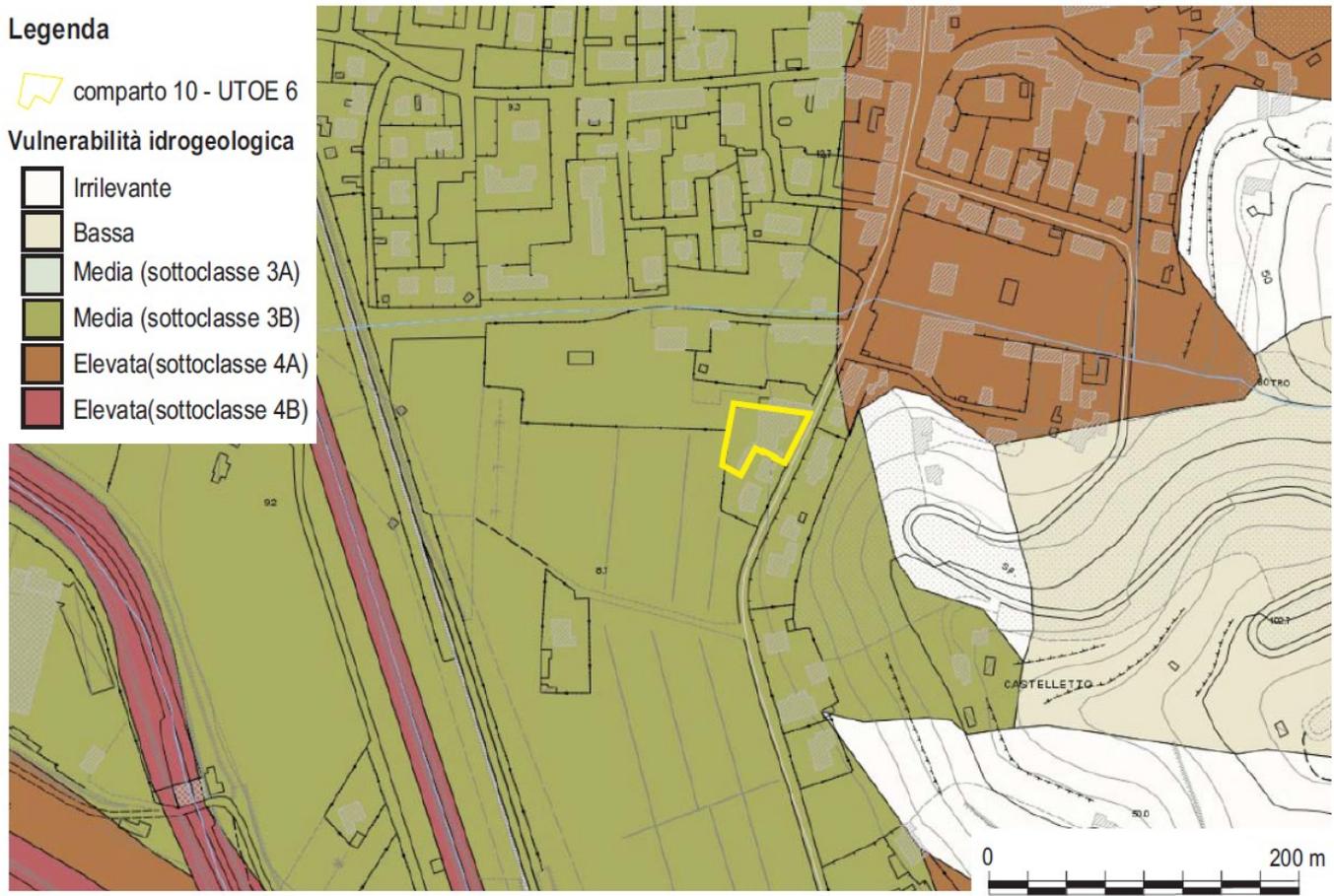


fig.22 - vulnerabilità idrogeologica dell'area sulla quale si attesta il comparto 10 - UTOE 6  
estratto dalla tav. P09 del PTC della Provincia di Pisa

## 9 CONCLUSIONI

In questo paragrafo viene riassunta la fattibilità delle opere previste all'interno del comparto 10; tutto ciò sulla scorta di quanto esposto ai paragrafi precedenti circa il rapporto tra le caratteristiche geologiche, intese in senso lato (*geomorfologiche, idrauliche, sismiche ed idrogeologiche*), che contraddistinguono il comparto 10, la sua pericolosità/vulnerabilità, sempre intesa in senso lato (*geomorfologica, idraulica, sismica ed idrogeologica*) e la natura delle opere in progetto. Va da se che dovranno essere rispettati sia gli indirizzi e le prescrizioni dettati dalle fattibilità qui di seguito evidenziate che le tipologie e modalità delle indagini che dovranno andare a supporto delle successive fasi di attuazione degli interventi previsti per il comparto 10.

L'attribuzione delle classi di fattibilità è stata eseguita a seguito dalle analisi dell'interazione tra: trasformazione edificatoria ed effetti della medesima; tutto ciò ha inoltre permesso l'individuazione di prescrizioni, studi e/o indagini di approfondimento finalizzate all'annullamento e/o alla mitigazione del rischio connesso alla pericolosità geologico-geomorfologica, idraulica, sismica ed idrogeologica del comparto 10; la mitigazione o l'annullamento del rischio

potranno essere conseguiti attraverso interventi sulla pericolosità e/o sulla vulnerabilità del comparto 10.

In definitiva le classi di fattibilità e le relative limitazioni e/o prescrizioni individuate nel presente studio possono essere riassunte attraverso le seguenti tabelle:

FATTIBILITA' GEOLOGICO GEOMORFOLOGICA	PRESCRIZIONI E LIMITAZIONI
<p style="text-align: center;"><b>2 CON NORMALI VINCOLI</b></p>	<p>L'attuazione di interventi di nuova edificazione, ivi comprese le infrastrutture, in fase d'intervento diretto è subordinata agli esiti di idonei studi finalizzati alle verifiche della stratigrafia del sottosuolo e della sua parametrizzazione fisico-meccanica di cui al paragrafo 4.1.1 del presente rapporto; dovrà poi essere condotta la verifica agli stati limite ultimo (capacità portante del terreno di fondazione e verifica allo scorrimento del suo piano di posa) sia in condizioni drenate che non drenate, e la verifica agli stati limite di esercizio (cedimenti assoluti e differenziali) per i nuovi manufatti e per quelli interessati da variazioni dell'entità e/o della distribuzione dei carichi.</p> <p>Nel caso in cui vengano realizzati degli scavi e/o delle opere interrato sarà necessario valutare preventivamente la loro eventuale interferenza con la circolazione idrica sotterranea; anche le modalità esecutive con le quali saranno realizzati eventuali scavi sotto falda dovranno essere tali da non interferire in modo significativo con la circolazione idrica sotterranea; dovrà poi essere valutata la stabilità dei fronti di scavo e/o del complesso terreno-opera di sostegno nelle fasi pre e post intervento nonché in quella intermedia.</p> <p>Le indagini geologiche e geotecniche che andranno ad integrare l'indagine penetrometrica di cui al paragrafo 3.1 del presente rapporto dovranno essere costituite da minimo n. 1 prova penetrometrica statica e/o da un sondaggio geognostico a carotaggio continuo con recupero integrale del materiale e prelievo di almeno n.2 campioni indisturbati; per inciso sui campioni indisturbati dovranno essere condotte analisi geotecniche di laboratorio finalizzate alla determinazione delle loro caratteristiche fisico meccaniche, in ogni caso, in fase di progettazione dell'intervento diretto, le nuove indagini geognostiche dovranno essere eseguite ai sensi del D.M. 14/2008 e seguendo quanto indicato nell'art. 7 del D.P.G.R. 09 Luglio 2009 n.36/R.</p>

FATTIBILITA' IDRAULICA	PRESCRIZIONI E LIMITAZIONI
<p style="text-align: center;"><b>2 CON NORMALI VINCOLI</b></p>	<p>In fase di progetto esecutivo, al fine di conseguire un maggior livello di sicurezza idraulica, i piani di calpestio del piano terra dei nuovi manufatti e di quelli oggetto di riqualificazione, dovranno essere allocati ad una quota non inferiore a +80 cm rispetto all'attuale piano di campagna riferito al resede antistante al lato ovest del manufatto che ospitava il locale "Lo Sparviero"</p> <p>La realizzazione di nuove superfici impermeabili e/o semipermeabili dovrà essere supportata da uno studio idrologico-idraulico di dettaglio; quest'ultimo dovrà individuare gli interventi necessari atti a mitigare gli effetti prodotti dall'aumento delle portate affluenti al ricettore finale; di conseguenza dovranno essere previste delle vasche e/o altri sistemi di stoccaggio provvisorio che consentano l'accumulo delle acque meteoriche ed il loro rilascio programmato; tutto ciò in funzione dello stato ante operam e quindi, in definitiva, gli interventi previsti all'interno del comparto 10 dovranno essere realizzati ad invarianza idraulica. In buona sostanza dovrà essere valutato dal Progettista se lo studio idrologico-idraulico proposto dallo scrivente (vedi allegato 03) possa ritenersi soddisfacente oppure necessiti di integrazioni e/o approfondimenti.</p>

FATTIBILITA' SISMICA	PRESCRIZIONI E LIMITAZIONI
3 CONDIZIONATA	<p>La progettazione esecutiva dovrà essere supportata da delle indagini geofisiche eseguite all'interno del comparto 10 che dovranno essere costituite da almeno n.1 prova di tipo MASW e/o da una tomografia sismica e comunque dovranno essere eseguite seguendo quanto indicato all'art. 7 del D.P.G.R. 09 Luglio 2009 n.36/R.</p> <p>Attraverso le risultanze derivante dalle indagini sismiche, opportunamente progettate, dovrà essere valutata puntualmente la possibilità che si verifichino fenomeni di amplificazione stratigrafica, definendo geometrie e velocità sismiche dei litotipi posti a contatto e gli effetti del contrasto di rigidità sismica delle strutture.</p> <p>Viste le risultanze dell'indagine geognostica preliminare, di cui al paragrafo 3.1 del presente rapporto, in fase di progettazione esecutiva dovrà essere valutata la suscettibilità alla liquefazione degli strati granulari immersi in falda intercettati dalla suddetta prospezione.</p>

RISCHIO IDROGEOLOGICO	PRESCRIZIONI E LIMITAZIONI
II BASSO	<p>La progettazione esecutiva dovrà essere supportata dalle indagini idrogeologiche puntuali che verifichino la natura idrogeologica del sottosuolo, desunta dalle indagini geognostiche preliminare di cui al paragrafo 3.1, e confermino che la realizzazione delle opere previste all'interno del comparto 10 non vada ad interferire in modo significativo con la circolazione idrica sotterranea.</p>

Vecchiano li 28 Luglio 2021

Il tecnico: dr. geol. Francesco Marianetti



**PENETROMETRIE STATICHE  
"CPT"RM (standard ASTM 1979)**

**PENETROMETRO PAGANI TG 63/100 kN cingolato - motore 15 Hp**

**data prova di campagna 22/07/2021**  
**località Molina di Quosa - S.S. 12**  
**comune San Giuliano terme (PI)**

tiro in estrazione	11000 kg	Rt (kg/cm <sup>2</sup> )	resistenza totale
spinta di infissione	10000 kg	Rp/RL	rapporto di Begemann
corsa utile cilindri	1.25 m	100*Rp/RL	rapporto di Schmertmann
peso aste 8.00 kg	peso astine 1.38 kg	c <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	coesione non drenata
lunghezza aste	1.00 m	O.C.R	rapporto di sovraconsolidazione
diametro aste	36.00 mm	φ (°)	angolo di attrito interno
diametro astine	15.00 mm	Dr (%)	densità relativa
penetrazione standard	20.00 cm	γ (t/m <sup>3</sup> )	peso di volume
punta (Begemann) meccanica		m <sub>v</sub> (cm <sup>2</sup> /kg)	coeff. di compressibilità vol
angolo di apertura punta	60°	litologia interpretativa	
superficie punta	10.00 cm <sup>2</sup>	torba	v v v v v v argilla - - - -
superficie laterale manicotto	150.00 cm <sup>2</sup>	limo	~ ~ ~ ~ ~ sabbia . . . .
Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	resistenza statica alla punta	sabbia grossolana	• • • • • ghiaia o o o o
RL (kg/cm <sup>2</sup> )	resistenza laterale		

Nella prova **PENETROMETRICA STATICA STANDARD "CPT"** con punta di tipo meccanico (*Begemann*) si infiggono nel terreno la punta e la batteria d'aste ad una velocità costante di 2 ±0.5 cm/sec, indipendentemente dalla resistenza incontrata durante l'infissione. Durante la prova ogni 20 cm di avanzamento con un sistema di acquisizione dati elettronico (errore fondo scala di ± 0.2 %) si procede con letture delle seguenti resistenze: *alla punta; alla punta più manicotto; totale (punta più manicotto più la batteria d'aste)*. La precisione delle letture è massima in depositi omogenei, media in terreni teneri, scarsa in depositi con stratificazioni inferiori a 20-30 cm (uguale o inferiore alla differenza di quota tra punta e manicotto). In terreni dove la resistenza totale (*Rt*) è molto elevata, per limitare gli attriti vengono utilizzate aste dotate di anello allargatore. L'interpretazione dei dati, riportate nelle pagine seguenti, è stata eseguita utilizzando le seguenti esperienze: De Beer '67 (*c<sub>u</sub>*); Searle '72 (*Dr, stato di consistenza e φ*); Ladd & Foot '77 (*O.C.R.*); Terzaghi & Peck '67 e Bowles '82 (*γ*); Mitchell & Gardner '75 (*m<sub>v</sub>*); Schmertmann '69, Begemann '65 e A.G.I. '77 (*stratigrafia*).

Le informazioni ricavate sono di tipo: empirico (*stratigrafie, c<sub>u</sub>, stato di consistenza, φ, Dr, γ e m<sub>v</sub>*); semi empirico (*O.C.R.*); semi empirico/empirico (*capacità portante alla punta*).

Nella lettura dei risultati si ricorda che:

1. nella valutazione di *Rp, RL e Rp/RL*, si considera la differenza di quota tra punta e manicotto (20 cm)
2. la stratigrafia proposta è ricavata da Searle '72 e modificata secondo Begemann '65. I tre campi del grafico indicano: terreni prevalentemente argillosi e limo torbosi (*Rp/RL < 27,5*); da limi fini a sabbie fini (*Rp/RL* compreso tra 27,5 e 60); terreni riconducibili a sabbie medio grossolane e ghiaie (*Rp/RL > 60*)
3. per i valori di *RL* in terreni coesivi, Schmertmann '69 suggerisce una riduzione di 0.5-0.3
4. in terreni incoerenti solo parzialmente drenati (per effetto di percentuali non trascurabili di materiali fini) il valore di resistenza di punta (*Rp*) e dei parametri geotecnici ad esso correlati (*φ, Dr, stato di consistenza e m<sub>v</sub>*) sono sottostimati ad eccezione del *m<sub>v</sub>* (sovrastimato)
5. il valore dell'angolo di attrito interno in terreni coesivi e non drenati risulta sovrastimato
6. i valori di *Dr* sono maggiormente attendibili se relativi a depositi sabbiosi NC, non cementati, con granuli costituiti da quarzo feldspati e modeste frazioni di minerali micacei
7. il peso di volume, ricavato da esperienze di Terzaghi & Peck '67 - Bowles '82 è da ritenersi indicativo (correlazioni dirette su n. 50 campioni prelevati tra la piana di Lucca, la Versilia e la piana Pisana hanno rilevato variazioni superiori al 20%)
8. il rapporto di sovraconsolidazione (OCR), ricavato ipotizzando la presenza di falda è da ritenersi indicativo



letture di campagna				valori derivati				
profondità (m)	punta	punta più manicotto	totale	Rp kg/cm <sup>2</sup>	RL kg/cm <sup>2</sup>	Rt kg/cm <sup>2</sup>	Rp/RL	(RL/Rp)*100
0,20								
0,40								
0,60	12	26		12,13	0,33		36,76	2,72
0,80	7	12		7,13	0,20		35,65	2,81
1,00	14	17	18	14,13	1,00	180	14,13	7,08
1,20	19	34		19,26	0,67		28,75	3,48
1,40	14	24		14,26	0,27		52,81	1,89
1,60	11	15		11,26	0,60		18,77	5,33
1,80	8	17		8,26	0,53		15,58	6,42
2,00	7	15	23	7,26	0,13	230	55,85	1,79
2,20	8	10		8,39	0,20		41,95	2,38
2,40	9	12		9,39	0,20		46,95	2,13
2,60	9	12		9,39	0,47		19,98	5,01
2,80	10	17		10,39	0,60		17,32	5,77
3,00	11	20	32	11,39	0,47	320	24,23	4,13
3,20	12	19		12,52	0,47		26,64	3,75
3,40	9	16		9,52	0,27		35,26	2,84
3,60	10	14		10,52	0,33		31,88	3,14
3,80	10	15		10,52	0,33		31,88	3,14
4,00	11	16	51	11,52	0,27	510	42,67	2,34
4,20	8	12		8,65	0,27		32,04	3,12
4,40	8	12		8,65	0,27		32,04	3,12
4,60	7	11		7,65	0,33		23,18	4,31
4,80	9	14		9,65	0,33		29,24	3,42
5,00	11	16	65	11,65	0,40	650	29,13	3,43
5,20	12	18		12,78	0,40		31,95	3,13
5,40	9	15		9,78	0,47		20,81	4,81
5,60	8	15		8,78	0,33		26,61	3,76
5,80	7	12		7,78	0,40		19,45	5,14
6,00	8	14	75	8,78	0,27	750	32,52	3,08
6,20	5	9		5,91	0,20		29,55	3,38
6,40	5	8		5,91	0,27		21,89	4,57
6,60	5	9		5,91	0,53		11,15	8,97
6,80	13	21		13,91	0,87		15,99	6,25
7,00	12	25	99	12,91	0,40	990	32,28	3,10
7,20	10	16		11,04	0,53		20,83	4,80
7,40	10	18		11,04	0,33		33,45	2,99
7,60	9	14		10,04	0,47		21,36	4,68
7,80	7	14		8,04	0,47		17,11	5,85
8,00	14	21	104	15,04	0,47	1040	32,00	3,13
8,20	7	14		8,17	0,27		30,26	3,30
8,40	9	13		10,17	0,33		30,82	3,24
8,60	8	13		9,17	0,33		27,79	3,60
8,80	9	14		10,17	0,40		25,43	3,93
9,00	8	14	111	9,17	0,40	1110	22,93	4,36
9,20	8	14		9,30	0,47		19,79	5,05
9,40	7	14		8,30	0,40		20,75	4,82
9,60	9	15		10,30	0,80		12,88	7,77
9,80	11	23		12,30	0,73		16,85	5,93
10,00	29	40	125	30,30	0,60	1250	50,50	1,98

q.ta inizio (m) : p.c.

quota falda d.p.c. (m) :

**0,80**

Prova n. : **CPT1**

riferimento:

**0721\_M\_quosa**

letture di campagna				valori derivati				
profondità (m)	punta	punta più manicotto	totale	Rp kg/cm <sup>2</sup>	RL kg/cm <sup>2</sup>	Rt kg/cm <sup>2</sup>	Rp/RL	(RL/Rp)*100
10,20	16	25		17,43	0,60		29,05	3,44
10,40	16	25		17,43	0,47		37,09	2,70
10,60	10	17		11,43	0,47		24,32	4,11
10,80	12	19		13,43	0,47		28,57	3,50
11,00	9	16	128	10,43	0,47	1280	22,19	4,51
11,20	10	17		11,56	0,47		24,60	4,07
11,40	13	20		14,56	0,33		44,12	2,27
11,60	9	14		10,56	0,40		26,40	3,79
11,80	8	14		9,56	0,67		14,27	7,01
12,00	9	19	147	10,56	0,73	1470	14,47	6,91
12,20	10	21		11,69	0,60		19,48	5,13
12,40	9	18		10,69	0,53		20,17	4,96
12,60	14	22		15,69	0,73		21,49	4,65
12,80	9	20		10,69	0,47		22,74	4,40
13,00	11	18	154	12,69	0,53	1540	23,94	4,18
13,20	12	20		13,82	0,73		18,93	5,28
13,40	19	30		20,82	0,93		22,39	4,47
13,60	12	26		13,82	0,53		26,08	3,84
13,80	12	20		13,82	0,40		34,55	2,89
14,00	12	18	157	13,82	0,60	1570	23,03	4,34
14,20	13	22		14,95	0,53		28,21	3,55
14,40	12	20		13,95	0,47		29,68	3,37
14,60	11	18		12,95	0,53		24,43	4,09
14,80	11	19		12,95	0,60		21,58	4,63
15,00	12	21	162	13,95	0,53	1620	26,32	3,80
15,20	12	20		14,08				
15,40								
15,60								
15,80								
16,00								
16,20								
16,40								
16,60								
16,80								
17,00								
17,20								
17,40								
17,60								
17,80								
18,00								
18,20								
18,40								
18,60								
18,80								
19,00								
19,20								
19,40								
19,60								
19,80								
20,00								

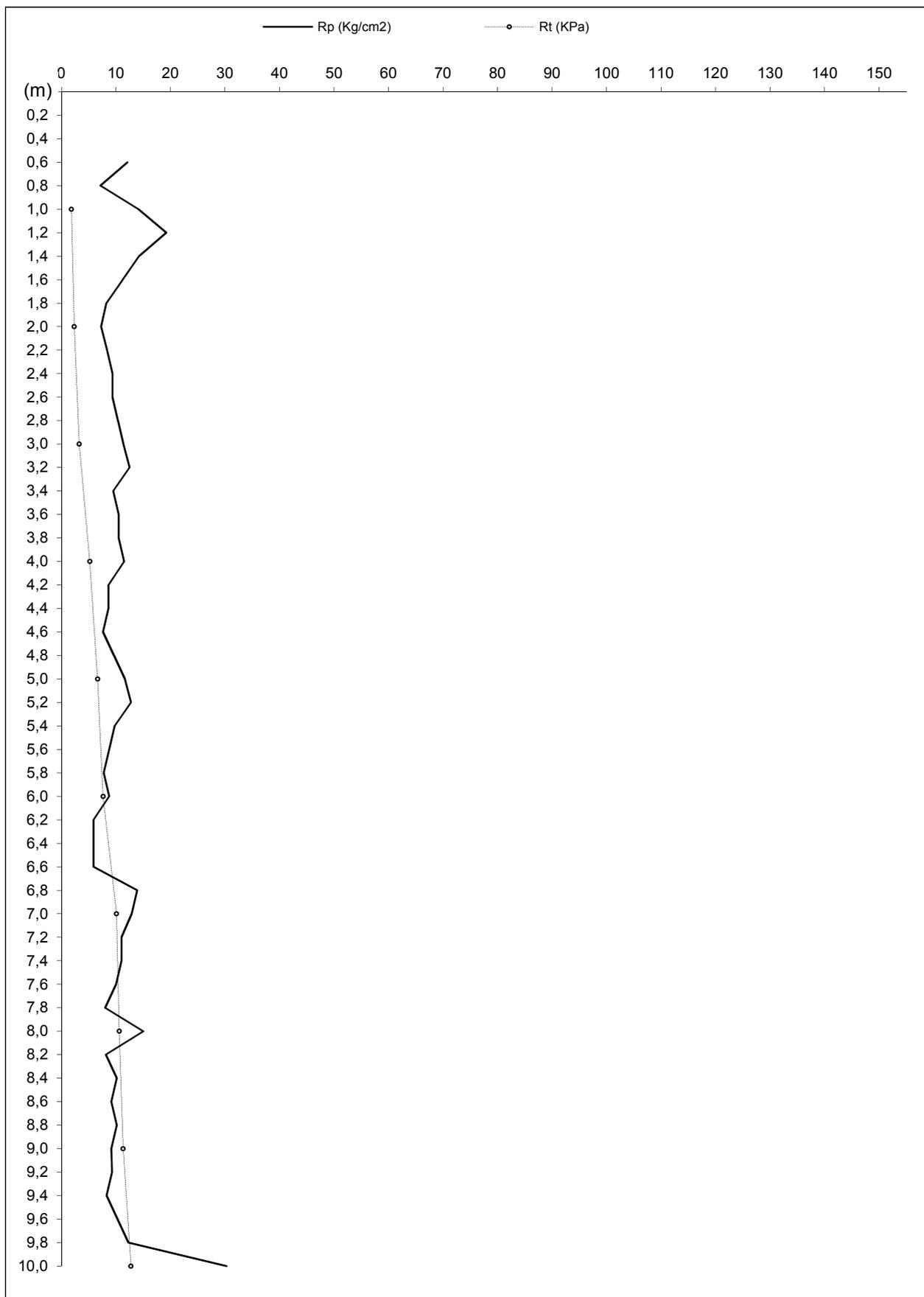
q.ta inizio (m) : **p.c.**

quota falda d.p.c. (m) :

**0,80**

Prova n. : CPT1

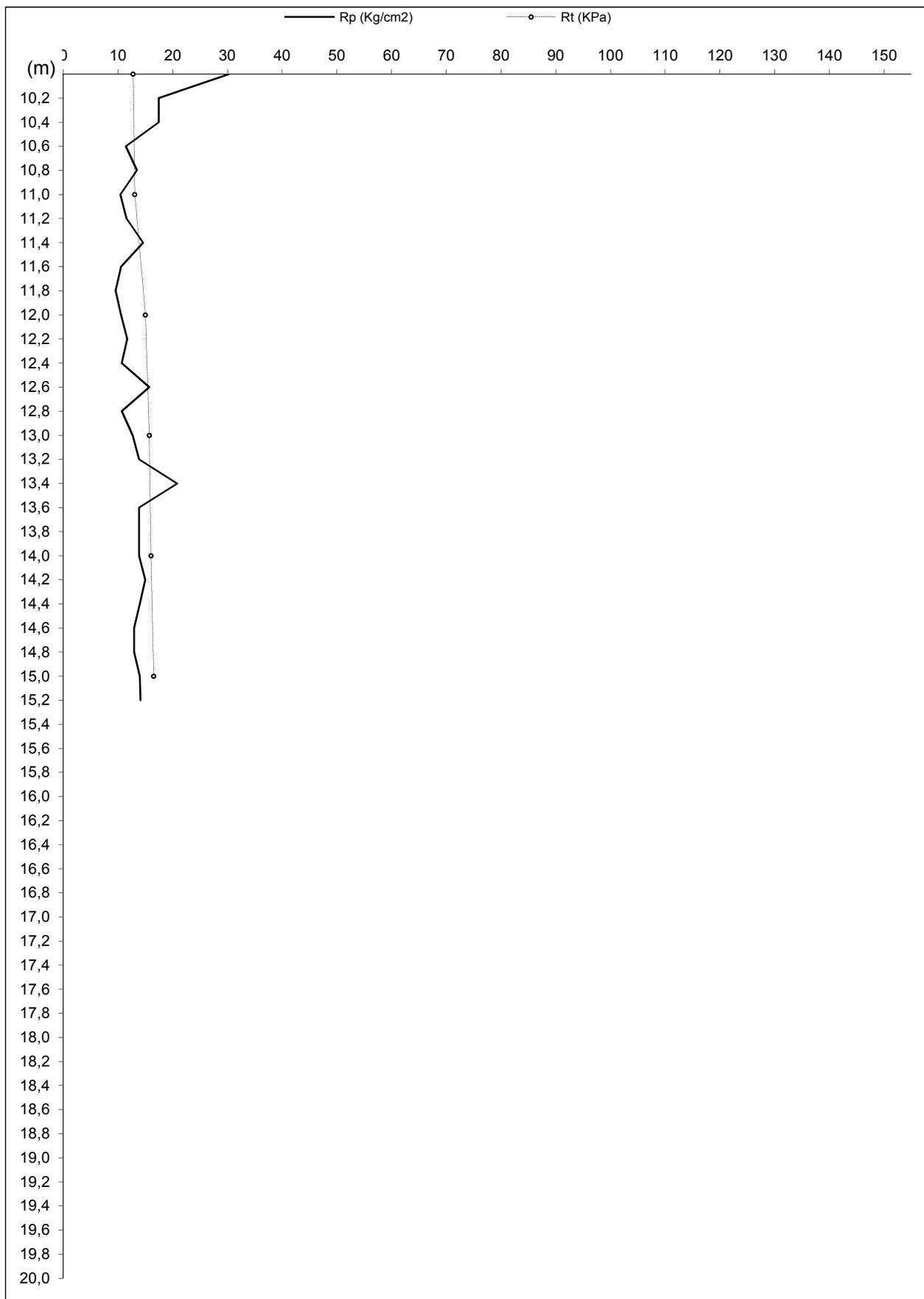
riferimento: 0721\_M\_quosa



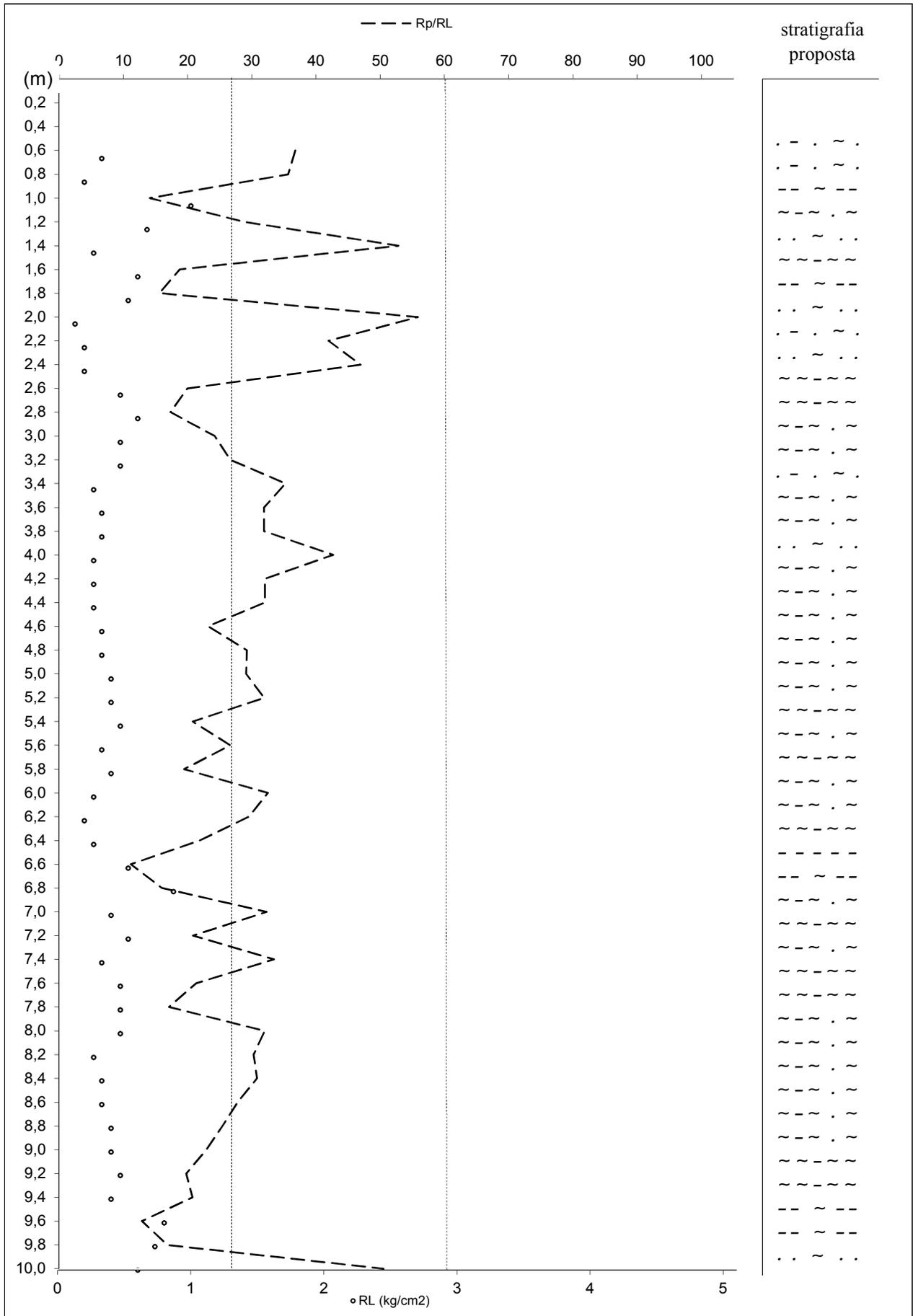
quota falda d.p.c. (m) : 0,80

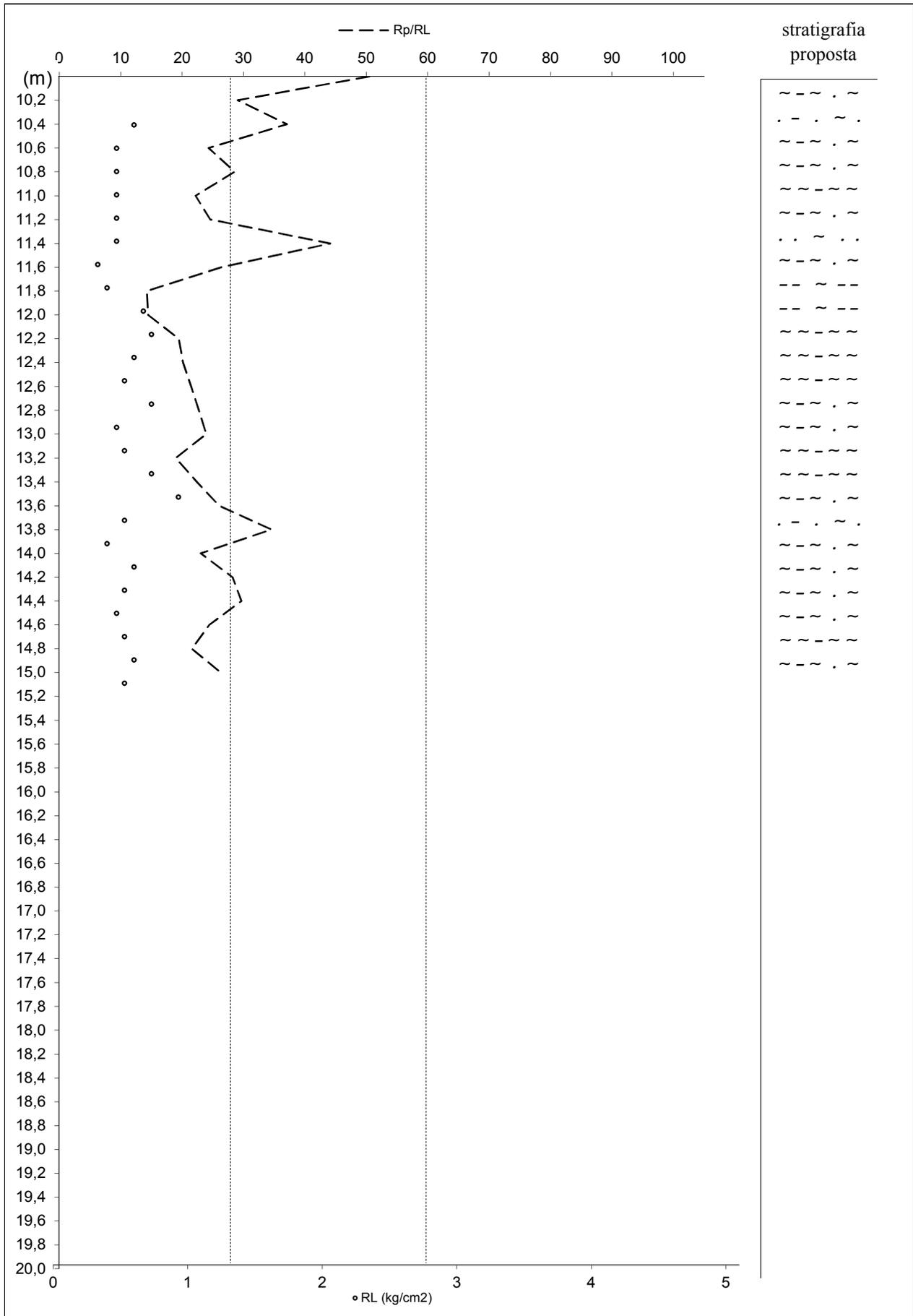
Prova n. : CPT1

riferimento: 0721\_M\_quosa



quota falda d.p.c. (m) : 0,80





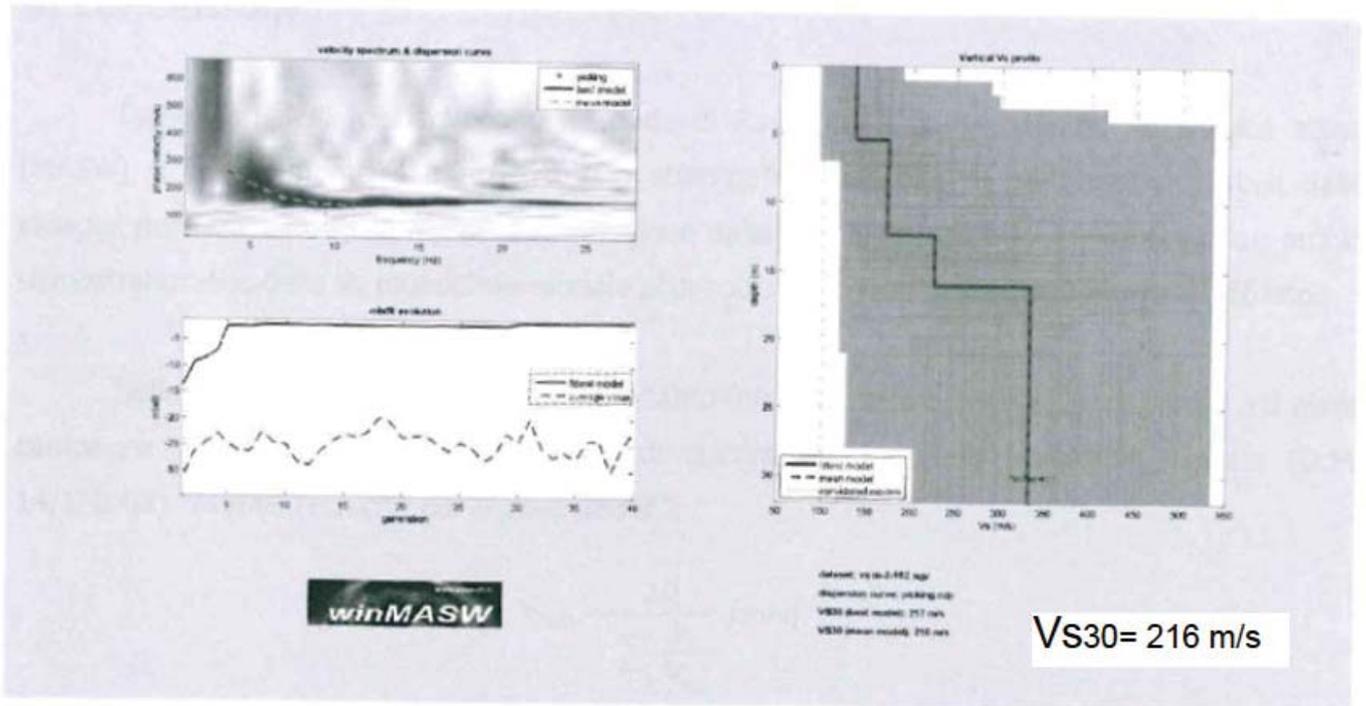
Prova n. : CPT1

riferimento:

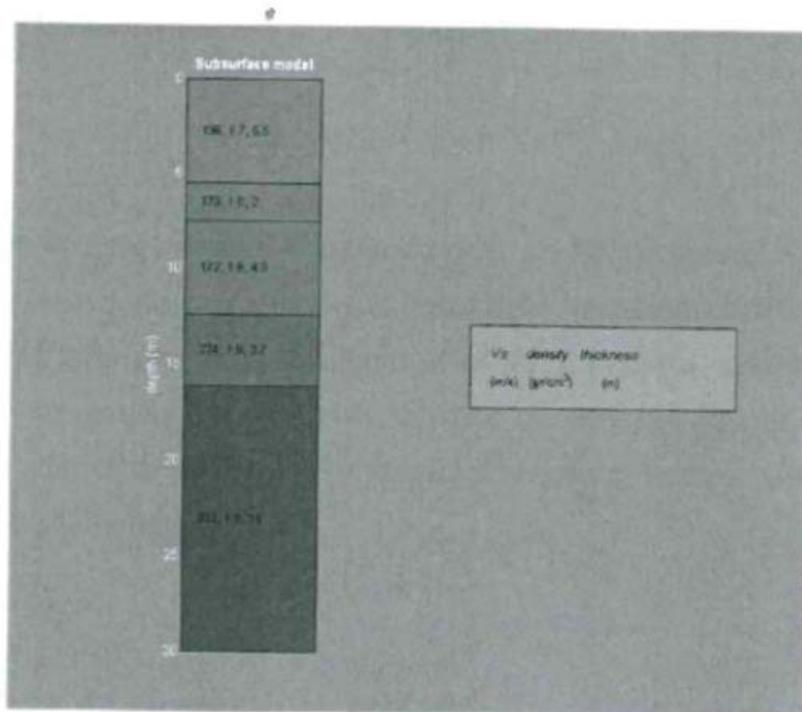
0721\_M\_quosa

m	natura coesiva			natura mista			natura granulare			$\gamma$ ( $t/m^3$ )	$m_v$ ( $cm^2/Kg$ )
	$c_u$ ( $Kg/cm^2$ )	stato di consisten.	O.C.R.	$c_u$ ( $Kg/cm^2$ )	$\phi$ ( $^\circ$ )	Dr (%)	$\phi$ ( $^\circ$ )	Dr (%)	stato di addens.		
0,20											
0,40											
0,60							29	27	sciolta	1,75	0,024
0,80							29	17	sciolta	1,75	0,040
1,00	0,86	consist.	1,7							1,95	0,024
1,20							28	41	sciolta	1,75	0,015
1,40							31	23	sciolta	1,75	0,035
1,60	0,68	plastica	0,7							1,95	0,025
1,80	0,50	plastica	0,4							1,80	0,048
2,00							31	9	m. sciol.	1,75	0,069
2,20							30	17	sciolta	1,75	0,034
2,40							30	17	sciolta	1,75	0,053
2,60	0,57	plastica	0,4							1,80	0,030
2,80	0,63	plastica	0,5							1,95	0,027
3,00				0,69	27,00	34				1,75	0,025
3,20				0,76	28,00	34				1,75	0,023
3,40							29	23	sciolta	1,75	0,030
3,60							28	27	sciolta	1,75	0,027
3,80							28	27	sciolta	1,75	0,027
4,00							30	23	sciolta	1,75	0,043
4,20							28	23	sciolta	1,75	0,033
4,40							28	23	sciolta	1,75	0,033
4,60				0,46	26,00	27				1,75	0,037
4,80							28	27	sciolta	1,75	0,030
5,00							28	31	sciolta	1,75	0,025
5,20							29	31	sciolta	1,75	0,022
5,40	0,59	plastica	6,5							1,80	0,029
5,60				0,53	27,00	27				1,75	0,033
5,80	0,47	plastica	4,5							1,80	0,037
6,00							28	23	sciolta	1,75	0,033
6,20							27	17	sciolta	1,75	0,048
6,40	0,36	molle	2,8							1,80	0,048
6,60	0,36	molle	2,7							1,80	0,068
6,80	0,84	consist.	7,5							1,95	0,024
7,00							29	31	sciolta	1,75	0,022
7,20	0,67	plastica	5,3							1,95	0,026
7,40							29	27	sciolta	1,75	0,026
7,60	0,61	plastica	4,4							1,95	0,028
7,80	0,49	plastica	3,2							1,80	0,036
8,00							29	34	sciolta	1,75	0,019
8,20							28	23	sciolta	1,75	0,035
8,40							28	27	sciolta	1,75	0,028
8,60							28	27	sciolta	1,75	0,031
8,80				0,62	27,00	31				1,75	0,028
9,00				0,56	26,00	31				1,75	0,031
9,20	0,56	plastica	3,1							1,80	0,031
9,40	0,50	plastica	2,6							1,80	0,034
9,60	0,62	plastica	3,3							1,95	0,032
9,80	0,75	plastica	4,1							1,95	0,027
10,00							31	39	sciolta	1,80	0,017





**Fig. 3.** Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione "piccate" e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale  $V_s$  identificato. In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli *Algoritmi Genetici* – Dal Moro et al., 2007).



**Fig. 4.** Colonnina sismo-stratigrafica di massima del sito. Per ciascun strato indicate  $V_s$ , densità (stimate) e spessori.

**“STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO SULL’INVARIANZA IDRAULICA RELATIVA AGLI INTERVENTI  
PREVISTI ALL’INTERNO DEL COMPARTO 10 – UTOE”**

**INDICE**

1 premessa	2
2 invarianza idraulica	2
3 stima del volume da laminare per piogge orarie e tempi di ritorno trentennali	3
3.1 coefficienti di deflusso	3
3.2 curva di possibilità pluviometrica per piogge orarie e tempi di ritorno trentennali	5
4 stima delle portate di picco in uscita dal comparto 10	6
4.1 tempo di corrivazione	7
4.2 curva di possibilità pluviometrica per piogge di durata minore di 1 ora e tempi di ritorno trentennali	8
5 stima del volume da laminare attraverso il metodo delle sole piogge	10
6 dimensionamento della tubazione principale che andrà a drenare le portate di picco defluenti dal comparto allo stato di progetto	10 13
7 conclusioni	16

## 1 premessa

Il presente studio idrologico-idraulico è stata realizzato a corredo della relazione di fattibilità geologica, geomorfologica, sismica, idraulica ed idrogeologica degli interventi previsti all'interno del comparto 10 "Lo Sparviero" ubicato all'interno dell' U.T.O.E. 6 "Molina di Quosa"; tutto ciò allo scopo di fornire delle indicazioni preliminari al Progettista delle opere in modo tale che le stesse possano essere progettate ad *"invarianza idraulica"*.

## 2 invarianza idraulica

L'invarianza idraulica costituisce il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non siano maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione; di conseguenza, per trasformazione del territorio ad *Invarianza Idraulica* si intende la trasformazione di un'area che non provochi un incremento della portata di piena del corpo idrico ricettore dei deflussi superficiali.

Allo stato attuale il corpo idrico ricettore dei deflussi in uscita dal comparto 10 è costituito da una fossa campestre, che qui di seguito sarà identificata dalla sigla FC01, il cui sviluppo è evidenziato in fig.1; dall'esame di quest'ultima figura si evince che la fossa campestre FC01 è caratterizzata da un primo tratto che scorre verso ovest e, dopo circa 130 m vira bruscamente verso nord ad angolo retto, per poi dopo aver percorso una settantina di metri, andare ad immettersi nel Rio dei Mulini; quest'ultimo, dopo circa 220 m di sviluppo, si immette nel Canale Demaniale.



fig. 1 reticolo idraulico minore a cui fa capo il comparto 10 - OTOE 6 - estratto dal Reticolo Idrografico e di Gestione - DCR 28/2020 della Regione Toscana - [https://geoportale.lamma.rete.toscana.it/difesa\\_suolo/#/viewer/openlayers/265](https://geoportale.lamma.rete.toscana.it/difesa_suolo/#/viewer/openlayers/265)

Nei paragrafi successivi sarà quindi valutata la portata in uscita dal comparto 10 sia allo stato attuale che a quello di progetto; tutto ciò in quanto l'aumento dell'impermeabilizzazione del comparto 10, che si avrà allo stato di progetto, determinerà incremento delle portate dallo stesso defluenti. Infatti le coperture, l'asfaltatura e

le impermeabilizzazioni provocano una diminuzione della infiltrazione delle acque meteoriche nel terreno, che in termini analitici si traduce nell'aumento del coefficiente di deflusso ( $\psi$ ) della formula razionale e quindi, in generale, nell'aumento delle portate defluenti dal comparto 10. Una volta individuato l'incremento di delle portate in uscita dal comparto, causate dalla realizzazione degli interventi in progetto, sarà quindi possibile individuare degli accorgimenti tecnico-costruttivi volti a far sì che allo stato di progetto al fosso FC01 afferiscano le stesse portate che gli pervenivano allo stato pre-progettuale. In buona sostanza, in questo modo, la realizzazione degli interventi progettati dall'arch. Catassi non andrà ad incrementare le portate in arrivo al fosso FC01, e quindi sarà garantita una trasformazione del territorio ad *Invarianza Idraulica*.

### 3 stima del volume da laminare per piogge orarie e tempi di ritorno trentennali

Il volume d'acqua in surplus, prodotto dalla variazione di permeabilità delle superfici del comparto 10, a seguito della realizzazione dall'intervento in progetto, è funzione oltre che della sua estensione, dell'incremento del coefficienti di deflusso, dell'altezza e della durata della pioggia di progetto; la formula per il suo calcolo può essere espressa attraverso la seguente relazione:

$$V = S \cdot \Delta\varphi \cdot h$$

con:

V	incremento di volume d'acqua determinato dalla realizzazione dell'intervento in progetto (m <sup>3</sup> );
S	superficie del comparto interessato dalla realizzazione del progetto $\Rightarrow 1629$ m <sup>2</sup> ;
h	pioggia oraria trentennale $\Rightarrow 0.06686$ m (vedi paragrafo 3.2) ;
$\Delta\varphi$	variazione del coefficiente di deflusso = $\varphi_{\text{post-operam}} - \varphi_{\text{ante-operam}}$ ;
$\varphi_{\text{post-operam}}$	coefficiente di deflusso del comparto 10 allo stato di progetto $\Rightarrow 0.80$ (vedi paragrafo 3.1);
$\varphi_{\text{ante-operam}}$	coefficiente di deflusso del comparto 10 allo stato attuale $\Rightarrow 0.74$ (vedi paragrafo 3.1).

In definitiva considerando come superficie scolante (s) l'intera estensione areale del comparto 10, a sua volta pari a 1629 m<sup>2</sup>, un'altezza massima probabile di precipitazione (h) per una pioggia di 1 ora con tempo di ritorno trentennale pari a 66.86 mm (vedi paragrafo 3.2) ed un valore del coefficiente di deflusso ( $\varphi$ ) del comparto 10 uguale a 0.74 allo stato attuale ed a 0.80 a quello di progetto (vedi paragrafo 3.1), si ottiene un incremento di volume di portate da laminare uguale a 6.53 m<sup>3</sup>.

$$V = S \cdot \Delta\varphi \cdot h = 1629 \cdot 0.06 \cdot 0.06686 = 6.53 \text{ m}^3$$

#### 3.1 coefficienti di deflusso

Le valutazioni sulla permeabilità delle singole aree che compongono il comparto 10 sono state effettuate facendo riferimento alla letteratura; più precisamente è stato fatto riferimento allo studio di Milano che suggerisce l'attribuzione dei coefficienti di afflusso evidenziati in tabella 1, qui di seguito esposta.

Il coefficiente di deflusso per il comparto 10 è stato calcolato sia allo stato attuale che a quello di

progetto: infatti la tipologia di ogni singola zona componente il comparto, e la sua relativa estensione, è stata determinata, sia allo stato attuale che a quello di progetto, facendo riferimento alle indicazioni presenti negli elaborati progettuali redatti dall'arch. Catassi; ovviamente, per lo stato attuale quest'ultima operazione è stata supportata anche da sopralluoghi effettuati in loco dalla scrivente.

Tipo di superficie	coefficiente di afflusso
Tetti, terrazzi	0.85 – 0.95
Superfici asfaltate	0.85 – 0.90
Lastricati ben connessi	0.70 – 0.90
Lastricati ordinari	0.50 – 0.70
Pavimentazioni in pietra, laterizi e legno con connessioni a cemento	0.75 – 0.85
Pavimentazioni in pietra, laterizi e legno con connessioni aperte	0.50 – 0.70
Pavimentazioni in ciottoli	0.30 – 0.60
Superfici in terra battuta, strade con ghiaietto	0.15 – 0.30
Superfici non pavimentate e non battute	0.10 – 0.20
Terreni coltivati da molto a poco permeabili	0.20 – 0.50
Terreni a pascolo da molto a poco permeabili	0.15 – 0.45
Terreni boscati da molto a poco permeabili	0.10 – 0.40
Parchi, giardini, prati	0.05 – 0.10
Valori del coefficiente di afflusso per superfici di diversa natura e vari tipi di terreno (tab. 13.VII. Manuale di ingegneria civile Edizione Aprile 1996)	
<b>tabella 1 - coefficienti di afflusso relativi ai vari tipi di superficie</b>	

In definitiva l'attribuzione del coefficiente di deflusso al comparto 10, sia per lo stato attuale che per quello di progetto, è stata effettuata suddividendo il comparto in n.5 zone sulla base dello loro relativa tipologia, ed a ciascuna di esse è stato attribuito il proprio coefficiente di deflusso; tutto ciò, come detto, facendo riferimento alle indicazioni di cui alla tabella 13.VII. del Manuale di Ingegneria Civile Edizione aprile 1996 (vedi tab. 1). Infine il coefficiente di deflusso medio del comparto è stato valutato eseguendo una media ponderata dei singoli coefficienti di deflusso assegnati a ciascuna zona che lo compone; tutto ciò applicando la seguente relazione:

$$\Psi_{\text{medio}} = (\sum_i \psi_i A_i) : (\sum_i A_i)$$

con:

$\Sigma$  sommatoria;

$\psi$  coefficiente di deflusso attribuito alla singola superficie facente parte del comparto;

A estensione areale della singola superficie facente parte del comparto 10.

Tralasciando i calcoli, peraltro evidenziati in tabella 2 qui di seguito esposta, allo stato attuale il comparto 10 è caratterizzato dall'aver un coefficiente di deflusso medio uguale a 0.74, mentre lo stesso, allo stato di progetto assume il valore di 0.80.

tipo di superficie	coefficiente di afflusso	stato attuale	stato di progetto
(-)	(-)	area (m <sup>2</sup> )	area (m <sup>2</sup> )
superfici in terra battuta, strade con ghiaietto	0,30	212,00	-
parcheeggi privati (sup. asfaltate)	0,90	15,00	391,77
tetti, terrazzi, marciapiedi e sup.impermeabili	0,95	1169,00	907,03
lastricati ordinari (passo pedonale + isole resede)	0,70	-	92,63
verde privato (giardini)	0,10	233,00	237,57
<u>area comparto 10</u>		1.629,00	1.629,00
<u>coefficiente di afflusso medio</u>		<b>0,74</b>	<b>0,80</b>

tab. 2 - coefficiente di afflusso del comparto 10 allo stato attuale ed a quello di progetto

### 3.2 curva di possibilità pluviometrica per piogge orarie e tempi di ritorno trentennali

Ai fini della determinazione dell'intensità di pioggia di progetto è stato fatto riferimento alla curva segnalatrice di possibilità pluviometrica di cui alla stazione "TOS0200431144 Ripafratta" ed estratta dal sito della Regione Toscana "Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica - Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme- LSPP" al seguente link <http://www.sir.toscana.it/lsp-2012>.

Il regime delle piogge intense per detta stazione è stato sintetizzato attraverso la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica. Tali curve possono essere espresse in forma monomia dalla seguente espressione:

$$h_{(Tr)} = a \cdot (tc)^n$$

con:

$h_{(Tr)}$  [mm] altezza massima probabile di precipitazione relativa ad un assegnato tempo di ritorno;

$Tr$  [anni] tempo di ritorno;

$tc$  [ore] durata evento meteorico;

$a$  [-] parametro costante della curva associato ad un tempo di ritorno  $Tr$ ;

$n$  [-] parametro costante della curva associato ad un tempo di ritorno  $Tr$ .

In definitiva fissato un tempo di ritorno in 30 anni e una durata della pioggia pari a 1 ora, per la stazione in esame, il sito fornisce i seguenti valori (vedi anche fig.2) :

$a = 66.86500$ ;

$n = 0.28723$ ;

h = 66.86 mm.

**Settore Idrologico e Geologico Regionale**

**ELABORAZIONI / Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica - Aggiornamento 2012**

**Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme - LSPP - Aggiornamento al 2012**

Nell'ambito dell'accordo di collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze di cui alla DGRT 1133/2012, al fine di procedere ad un'implementazione e un aggiornamento del quadro conoscitivo idrologico del territorio toscano, si è provveduto ad effettuare un aggiornamento dell'analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme fino all'anno 2012 compreso (Referente: Prof. Enrica Caporali Dipartimento di Ingegneria civile e Ambientale UNI FI).

TEMPO DI RITORNO in ANNI

30

DURATA PIOGGIA in ORE

1h

 ubicazione stazione

STAZIONI

TOS02004311 - Ripafratta (PI)

LAT

4852742,01

LON

1613761,61

 ubicazione area in studio

H = 66.86 [mm] altezza di pioggia (a = 66.86500, n = 0.28723)

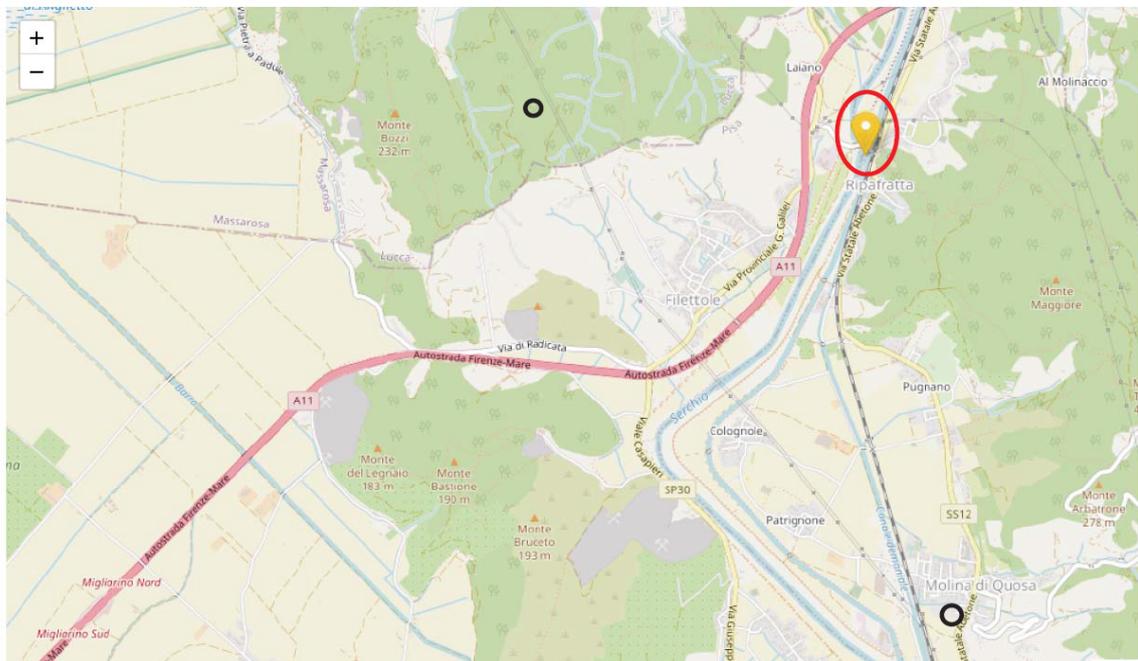


figura 2

**4 stima delle portate di picco in uscita dal comparto 10**

Per la stima delle portate in uscita dal comparto 10 in corrispondenza della sua sezione di chiusura (*testa del fosso campestre FC01, vedi fig. 1*), sia allo stato attuale che a quello di progetto, è stata utilizzata, in via notoriamente cautelativa, la formula razionale che a sua volta si basa sulla teoria del metodo razionale; in definitiva l'equazione della massima portata al colmo è data dalla seguente espressione:

$$Q_{max} = 0.2778 \psi A [h(t_c) : t_c]$$

con:

$Q_{max}$  portata di picco ( $m^3/sec$ );

$\psi$  coefficiente di afflusso relativo ai vari tipi di superficie;

- A superficie scolante (Km<sup>2</sup>);  
 h altezza di pioggia (mm);  
 t<sub>c</sub> tempo di corrivazione (ore).

Adottando i coefficienti di afflusso di cui al paragrafo 3.1, un tempo di corrivazione pari a 15 min (vedi paragrafo 4.1) ed una pioggia di progetto, per tempi di ritorno trentennali e durata pari al tempo di corrivazione, uguale a 34.37 mm (vedi paragrafo 4.2), la formula razionale di cui sopra fornisce le seguenti portate di picco (vedi anche tabb. 3 e 4):

Q<sub>max</sub> = 46.04 l/sec stato attuale

Q<sub>max</sub> = 49.77 l/sec stato di progetto

---


$$Q = (278 \psi S h) : t_s = 0,046039 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Q (l/sec)	46,04	portata
Ψ (-)	0,74	coefficiente di deflusso
S (Km <sup>2</sup> )	1,63E-03	superficie del comparto 10
h (mm)	34,37	altezza di pioggia
t (h)	0,25	tempo di scroscio

---

tab. 3 portate di picco in uscita dal comparto 10 allo stato attuale

---


$$Q = (278 \psi S h) : t_s = 0,049772 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Q (l/sec)	49,77	portata
Ψ (-)	0,80	coefficiente di deflusso
S (Km <sup>2</sup> )	1,63E-03	superficie del comparto 10
h (mm)	34,37	altezza di pioggia
t (h)	0,25	tempo di scroscio

---

tab. 4 portate di picco in uscita dal comparto 10 allo stato di progetto

#### 4.1 tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione, rappresenta l'intervallo di tempo, impiegato dalla particella d'acqua, che cade nel punto più lontano da un punto di vista idraulico, per attraversare la sezione di chiusura di un bacino.

Il comparto 10 può essere ragionevolmente considerato come un bacino di tipo "urbano" di conseguenza il suo tempo di corrivazione, è stato calcolato come somma di un tempo di accesso (t<sub>a</sub>) e di un tempo di rete (t<sub>r</sub>). Pertanto, per la determinazione del tempo di corrivazione (t<sub>c</sub>), è stato fatto riferimento alla somma dei due contributi sopra citati, ovvero :

$$t_c = t_a + t_r$$

Il tempo d'accesso alla rete (t<sub>a</sub>) è sempre di incerta determinazione, varia con la pendenza dell'area, la sua natura, il livello di realizzazione dei drenaggi minori, nonché dell'altezza della pioggia precedente l'evento

critico di progetto; ciò nonostante il valore normalmente assunto nelle progettazioni, è compreso nell'intervallo di 5 – 15 minuti (*valori più bassi per aree di minore estensione, più attrezzate e di maggiore pendenza, ed i valori più alti nei casi opposti*).

Il tempo di rete ( $t_r$ ), è dato dalla somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione, seguendo il percorso più lungo della rete fognaria; nel caso specifico, riferendo il comparto 10 ad *“aree urbane di tipo estensivo con piccole caditoie poco frequenti”*, può essere ragionevolmente compreso in un intervallo di 10-15 min.

In conclusione, sulla scorta di quanto appena premesso, per il comparto 10 è stato assunto un tempo d'accesso alla rete di 5 m ed un tempo di rete di 10 m e di conseguenza un tempo di corrivazione pari a 15 minuti.

Visto che l'altezza di pioggia che compare nella formula razionale per il calcolo delle portate di picco è riferita al tempo di corrivazione (*vedi paragrafo 4*) e che quest'ultimo è inferiore ad 1 ora, è evidente che per il calcolo della pioggia di progetto non è stato possibile fare riferimento alle risultanze di cui al paragrafo 3.2; infatti in quest'ultimo paragrafo i parametri delle curve di possibilità pluviometrica sono riferiti ad eventi di durata oraria.

#### 4.2 curva di possibilità pluviometrica per piogge di durata minore di 1 ora e tempi di ritorno trentennali

Allo scopo di avere indicazioni circa la quantità di piogge che cadono sul comparto 10 per tempi di ritorno trentennali e durata inferiore ad 1 ora è stato fatto riferimento alle “Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica”- analisi delle precipitazioni intense delle stazioni del compartimento di Pisa a cura dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa con la collaborazione del centro studi di ingegneria dell' Università di Firenze e la Regione Toscana. Più precisamente sono state prese in considerazione l'elaborazione dei dati pluviometrici registrati dalla stazione “Ripafratta” [520] riferiti a fenomeni di durata minore di 1 ora. Le curve di possibilità Pluviometrica ottenute dal suddetto studio, forniscono la relazione tra durata ( $t$ ) ed altezza della precipitazione ( $h$ ) in riferimento ad un determinato tempo di ritorno ( $T_r$ ) e la loro equazione è contraddistinta dalla seguente forma:

$$h = \alpha \cdot a \cdot t^n \cdot T_r^m$$

con:

- $h$  altezza totale della precipitazione espressa in mm;
- $\alpha$  coefficiente di ragguaglio all'area e alla durata della precipitazione, valutato pari a 1.00;
- $a, n, m$  coefficienti da determinare in base ad analisi statistiche o parametrizzazioni di carattere regionale;
- $t$  durata del fenomeno meteorico, espressa in ore;
- $T_r$  tempo di ritorno dell'evento critico da simulare, espresso in anni.

I cui coefficienti a,n ed m derivanti dalla analisi dei dati registrati dalla stazione di Ripafratta , come desunti dall'analisi del 1998 di Viti e Pagliara per la Provincia di Livorno, sono diversi per piogge di durata inferiore e superiore ad un ora e sono riportati nella tabella 4 qui di seguito esposta:

STAZIONE DI RIFERIMENTO	DURATA DEL FENOMENO METEORICO	a	n	m
RIPAFRATTA	< 1 ora	29.027	0.376	0.203
	> 1 ora	24.547	0.342	0.209

tabella 4 - valori dei coefficienti a,n,m per la stazione pluviometrica di Ripafratta  
(estratto da: "Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica"- a cura dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa con la collaborazione del centro studi di ingegneria dell' Università di Firenze e la Regione Toscana)

In base alla tabella 4 sono state quindi determinate le curve di possibilità pluviometrica per tempi di pioggia minori di 1 ora e tempi di ritorno trentennali (vedi tabella 5):

TEMPO DI PIOGGIA	TR = 30 ANNI
T< 1ora	$h = 29.027 \cdot t^{0.376} \cdot 30^{0.203}$
T>1ora	$h = 24.547 \cdot t^{0.342} \cdot 30^{0.209}$

Tabella 5 – C.P.P. per diversi tempi di pioggia e tempo di ritorno 30 anni

Infine, in base alle CPP determinate, sono state poi svolte le simulazioni sul comparto 10, sia allo stato attuale che a quello di progetto; i fenomeni meteorici riprodotti sono caratterizzati da intensità costante; di conseguenza lo ietogramma «lordo», ad essi relativo è di tipo rettangolare con base la durata della precipitazione ( $t_p$ ). In conclusione, adottando un valore del coefficiente di ragguaglio all'area ( $\alpha$ ) pari ad 1, un tempo di ritorno ( $T_r$ ) uguale a 30 anni, ed una durata del fenomeno meteorico uguale al tempo di corrivazione (vedi paragrafo 4.1) , le curve di cui sopra forniscono un'altezza della precipitazione interessante il comparto 10 uguale a 35 mm.

$$h = 1 \cdot 29.027 \cdot 0.25^{0.376} \cdot 30^{0.203} = 35 \text{ mm}$$

Per inciso il coefficiente di ragguaglio all'area ( $\alpha$ ) è funzione della superficie dei bacini e del tempo di pioggia, tuttavia per bacini di limitata estensione, come nel caso specifico, è logico assumere un coefficiente di ragguaglio pari all'unità.

## 5 stima del volume da laminare attraverso il metodo delle sole piogge

Qui di seguito è stata condotta una verifica in merito al dimensionamento del volume di laminare stimato al paragrafo 3, per una pioggia oraria con tempo di ritorno trentennale, che è risultato pari a 6.53 m<sup>3</sup>.

La metodologia di calcolo impiegata nel presente paragrafo si è basata sulle risultanze della curva di possibilità pluviometrica per piogge di durata inferiore ad un'ora e tempi di ritorno trentennali (vedi paragrafo 4.2) ed ipotizzando una portata massima in uscita dalla vasca di laminazione costante; praticamente, utilizzando questo procedimento, viene completamente trascurata, a prescindere dalle sole perdite idrologiche, la trasformazione afflussi deflussi che si realizza nel bacino a monte dell'opera di laminazione; tuttavia tutto ciò verte a favore della sicurezza: infatti le portate di piena in ingresso così come i volumi di laminazione vengono sovrastimati. In definitiva secondo questo metodo il volume in entrata per effetto di una pioggia di durata  $\sigma$  può essere stimato attraverso la seguente relazione:

$$W_e = S \phi h(\sigma) = S \phi a \sigma^n$$

con :

- $W_e$  = volume in ingresso;
- $S$  = superficie del bacino scolante;
- $\phi$  = coefficiente di afflusso del bacino;
- $a$  = parametro della curva di possibilità pluviometrica;
- $n$  = parametro della curva di possibilità pluviometrica;
- $\sigma$  = tempo di durata della pioggia.

e, nello stesso tempo il volume uscito dalla vasca è ottenibile attraverso la seguente relazione:

$$W_u = Q_u \sigma$$

e quindi il volume invasato sarà dato dalla seguente relazione:

$$W = W_e - W_u = S \phi a \sigma^n - Q_u \sigma$$

In definitiva il volume da assegnare al dispositivo di laminazione sarà quindi pari al valore massimo di questo volume che si ottiene per una precipitazione di durata critica per la vasca; quest'ultimo parametro a sua volta è ottenibile attraverso l'utilizzo della seguente relazione:

$$\sigma_w = (Q_u : S \phi a n)^{1:(n-1)}$$

Come evidenziato al paragrafo 1 del presente rapporto la realizzazione di un intervento ad invarianza idraulica impone che, allo stato di progetto, al ricettore finale giungano le stesse portate che gli arrivavano allo stato pre-progettuale; di conseguenza nei calcoli è stata ipotizzata un'opera di laminazione con la portata in uscita costante pari a quella di picco che contraddistingue il comparto 10 allo stato attuale, a sua volta pari a 46.04 l/sec (vedi tab. 3 di cui al paragrafo 4). In definitiva, tralasciando i calcoli peraltro evidenziati in tabella 6, adottando una portata in uscita massima costante pari a 0.04604 m<sup>3</sup>/sec, una superficie del bacino scolante di 1629 m<sup>2</sup>, un coefficiente d'afflusso alla rete uguale 0.80 ed i seguenti valori di  $a$  e  $n$  29.027 e 0.376 il volume da

assegnare al dispositivo di laminazione è risultato pari a 5.38 m<sup>3</sup> e quindi inferiore a quello stimato al paragrafo 4.

**tab. 6 - dimensionamento dei volumi da laminare sulla base delle sole piogge**

dati di progetto			
Q <sub>u</sub>	m <sup>3</sup> /sec	0,04604	portata in uscita max costante
S	m <sup>2</sup>	1.629,00	superficie del bacino scolante
φ	-	0,800	coefficiente d'afflusso
a	mm/h <sup>n</sup>	29,027	parametro della curva di possibilità pluviometrica
n	-	0,376	parametro della curva di possibilità pluviometrica

stima della precipitazione di durata critica

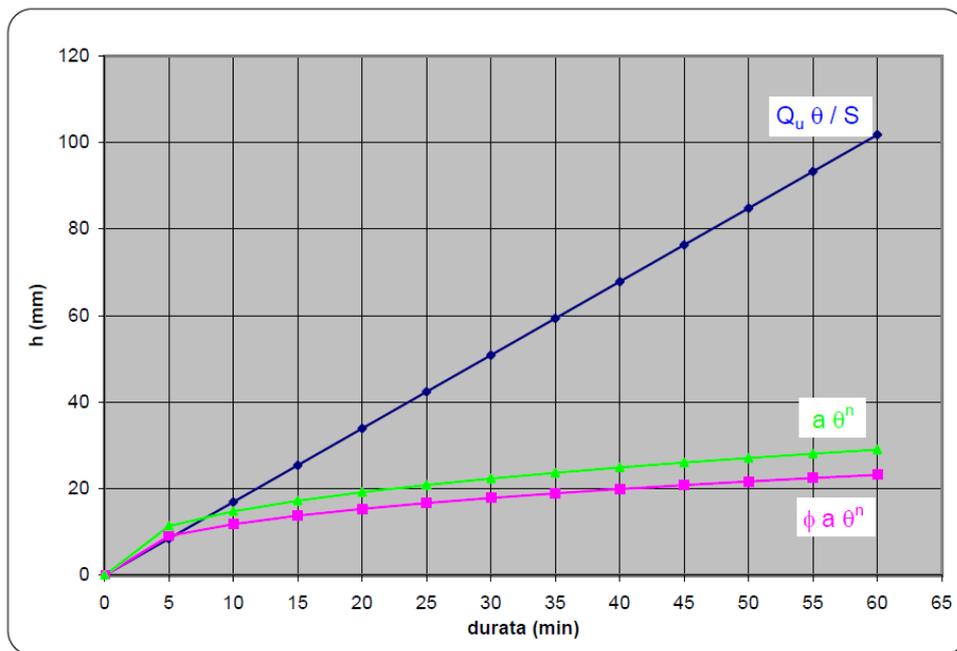
$$\theta_w = (Q_u / S \phi a n)^{1/(n-1)} = 0,02 \text{ h} \quad 1 \text{ min}$$

stima del volume da laminare

$$W_m = S \phi a (Q_u / S \phi a n)^{n/(n-1)} - Q_u (Q_u / S \phi a n)^{1/(n-1)} = 5,38 \text{ m}^3$$

grafico per la determinazione della durata critica e del corrispondente volume della vasca sulla base della sola curva di possibilità pluviometrica

- a θ<sup>n</sup>    h, θ della curva di possibilità pluviometrica
- φ a θ<sup>n</sup>    curva di possibilità pluviometrica netta (depurata dalle perdite idrologiche)
- Q<sub>u</sub> θ / S    volumi progressivamente allontanati con portata costante (con dimensioni omogenee)



**tab.7 - dimensionamento dei volumi da laminare sulla base delle sole piogge**

dati di progetto			
$Q_u$	$m^3/sec$	0,03000	portata in uscita max costante
$S$	$m^2$	1.629,00	superficie del bacino scolante
$\phi$	-	0,800	coefficiente d'afflusso
$a$	$mm/h^n$	29,03	parametro della curva di possibilità pluviometrica
$n$	-	0,376	parametro della curva di possibilità pluviometrica

stima della precipitazione di durata critica

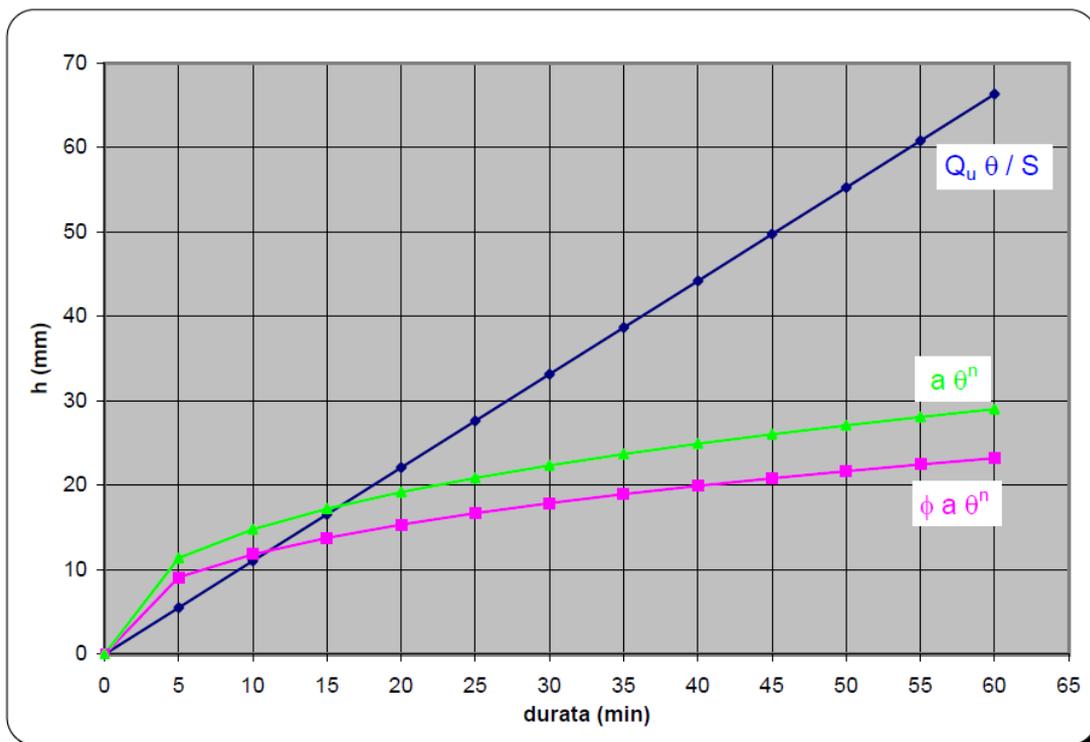
$$\theta_w = ( Q_u / S \phi a n )^{1/(n-1)} = 0,04 \text{ h} \quad 2 \text{ min}$$

stima del volume da laminare

$$W_m = S \phi a ( Q_u / S \phi a n )^{n/(n-1)} - Q_u ( Q_u / S \phi a n )^{1/(n-1)} = 6,96 \text{ m}^3$$

grafico per la determinazione della durata critica e del corrispondente volume della vasca sulla base della sola curva di possibilità pluviometrica

- $a \theta^n$       $h, \theta$  della curva di possibilità pluviometrica
- $\phi a \theta^n$      curva di possibilità pluviometrica netta (depurata dalle perdite idrologiche)
- $Q_u \theta / S$      volumi progressivamente allontanati con portata costante (con dimensioni omogenee)



A scopo puramente indicativo è stata condotta una stima del volume di laminare nel caso in cui la portata in uscita dalla vasca di laminazione sia di 30 l/sec e quindi inferiore a quella che caratterizza le portate di picco del comparto 10 allo stato pre-progettuale; tralasciando i calcoli, peraltro evidenziati in tabella 7, in quest'ultimo caso il volume da laminare corrisponde a 7 m<sup>3</sup> ed è ascrivibile ad un intervento che, dal punto di vista dell'invarianza idraulica risulta migliorativo: infatti allo stato pre-progettuale le portate di picco in arrivo al ricettore finale corrispondono a 46.04 l/sec mentre allo stato di progetto le stesse sono dell'ordine di 30 l/sec. In buona sostanza una laminazione di 7 m<sup>3</sup> associata ad una portata in uscita costante di 30 l/sec, allo stato di progetto, garantisce un alleggerimento delle portate in arrivo al ricettore finale dell'ordine dei 16 l/sec.

## **6 dimensionamento della tubazione principale che andrà a drenare le portate di picco defluenti dal comparto 10 allo stato di progetto**

Sempre ragionando in termini indicativi qui di seguito viene proposta una metodologia di calcolo attraverso la quale dimensionare la tubazione che andrà a costituire il collettore principale di deflusso per le acque provenienti dal comparto 10 allo stato di progetto; il calcolo è stato realizzato in condizione di moto uniforme ed applicando le seguenti relazioni:

$$Q = A V$$

con:

Q portata;

A area di deflusso;

V velocità di deflusso.

$$V = c (R_i p)^{1/2}$$

con

c coefficiente di attrito;

R<sub>i</sub> raggio idraulico;

P pendenza.

$$c = [100 (R_i)^{1/2}] : [m + (R_i)^{1/2}]$$

con

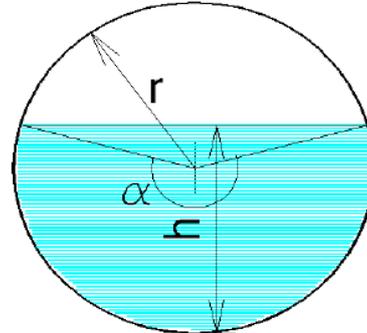
m coefficiente di scabrosità di Kutter;

Tralasciando i calcoli, peraltro evidenziati in tabella 8, una tubazione a sezione circolare in calcestruzzo del diametro di 400 mm e della pendenza del 0.3 ‰ è in grado di smaltire una portata massima pari a 131.50 l/sec e quindi decisamente superiore a quella di picco defluente dal comparto 10, a sua volta pari a 46.04 l/sec. Inoltre dall'esame del grafico cartesiano evidenziato in tabella 8 si evince che la tubazione in progetto, al 45% del suo riempimento, è già in grado di smaltire una portata di 50.43 l/sec, superiore a quella di picco in uscita dal comparto 10; tutto ciò implica che il 55% della tubazione potrebbe essere impiegata come

**TAB.08 STIMA DELLA CAPACITA' DI SMALTIMENTO DI UNA TUBAZIONE IN CLS SEZIONE IDRAULICA CIRCOLARE**

**CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE DI SMALTIMENTO**

<b>d</b>	⇒	<b>0,40</b>	di diametro [m]
<b>r</b>	⇒	<b>0,2</b>	[m]
<b>h</b>	⇒	<b>0,40</b>	[m]
<b>p</b>	⇒	<b>0,30%</b>	pendenza
<b>m</b>	⇒	<b>0,25</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter



Angolo al centro	$\alpha$	⇒	<b>360,0</b> [°]
Contorno bagnato	$Pb = 2\pi\left(\frac{\alpha}{360^\circ}r\right)$	⇒	<b>1,257</b> [m]
Area di deflusso	$A = 1/2r^2\left(\frac{\pi\alpha}{180^\circ} - \text{sen } \alpha\right)$	⇒	<b>0,1257</b> [m <sup>2</sup> ]
Raggio idraulico	$Ri = \frac{A}{Pb}$	⇒	<b>0,100</b> [m]

**CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua  $h = 0,4$  m**

<b>MOTO UNIFORME</b>	Portata	$Q = AV$	dove	A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso
	Velocità di deflusso	$V = c\sqrt{Ri p}$	dove	c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza
	Coefficiente di attrito	$c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$	dove	m = Coeff. Di scabrosità di Kutter

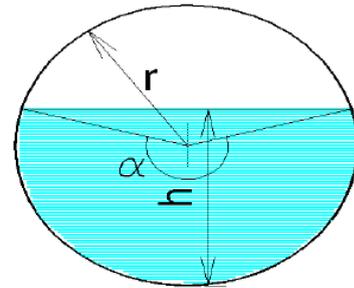
<b>c</b>	⇒	<b>55,85</b>	
<b>V</b>	⇒	<b>0,96732</b>	[m/sec]
<b>Q</b>	⇒	<b>0,12156</b>	[m <sup>3</sup> /sec] <b>121,56</b> [l/sec]

**TAB.08 STIMA DELLA CAPACITA' DI SMALTIMENTO DI UNA TUBAZIONE IN CLS SEZIONE IDRAULICA CIRCOLARE**

CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE		
<b>d</b>	<b>0,40</b>	DIAMETRO [m]
<b>p</b>	<b>0,30%</b>	Pendenza
<b>m</b>	<b>0,25</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter

osservazioni:

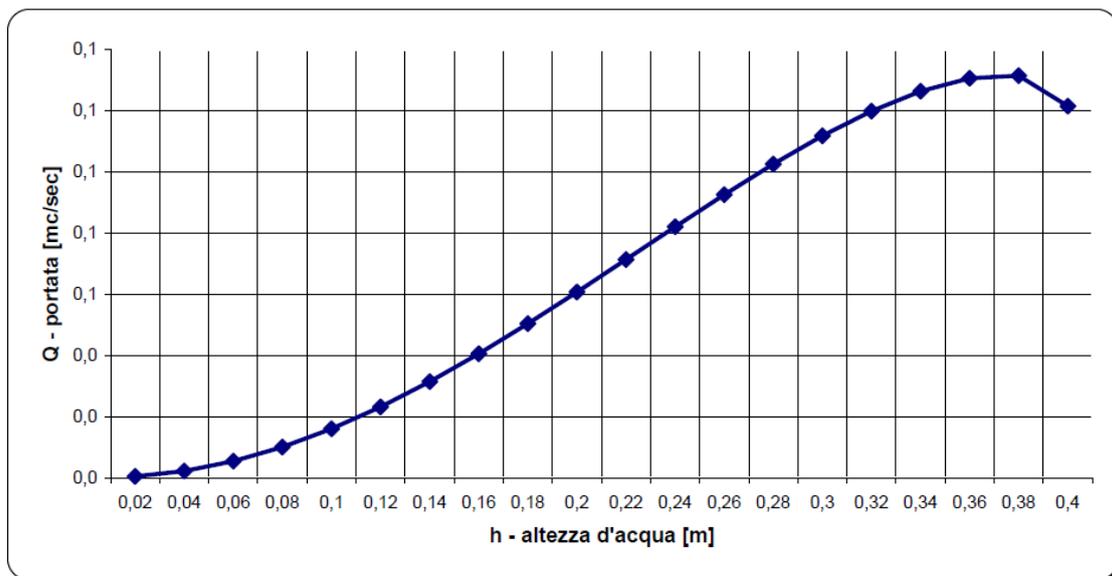
h [m]	Q[m <sup>3</sup> /sec]	Q[l/sec]	h <sub>R</sub> [%]
0,02	0,0005	0,46	5
0,04	0,0022	2,22	10
0,06	0,0054	5,43	15
0,08	0,0101	10,07	20
0,10	0,0160	16,03	25
0,12	0,0232	23,22	30
0,14	0,0315	31,46	35
0,16	0,0406	40,59	40
0,18	0,0504	50,43	45
0,20	0,0608	60,78	50
0,22	0,0714	71,41	55
0,24	0,0821	82,10	60
0,26	0,0926	92,60	65
0,28	0,1026	102,62	70
0,30	0,1119	111,86	75
0,32	0,1199	119,94	80
0,34	0,1264	126,43	85
0,36	0,1307	130,67	90
0,38	0,1315	131,50	95
0,40	0,1216	121,56	100



h = altezza d'acqua

Q = portata all'altezza d'acqua corrispondente

h<sub>R</sub> = percentuale di riempimento del tubo



dispositivo di laminazione delle acque di piena: infatti, considerando uno sviluppo della condotta di 38 m, il volume della stessa riservato alla laminazione corrisponderebbe a circa 2.62 m<sup>3</sup> e quindi inferiore a quello di progetto che, nell'ipotesi maggiormente cautelativa corrisponde a circa 7 m<sup>3</sup> (vedi paragrafo 5). Di conseguenza , allo

scopo di ottenere una maggiore volumetria di laminazione il progettista potrebbe impiegare non una ma due tubazioni a sezione circolare in calcestruzzo del diametro di 400 mm e della pendenza del 0.3 ‰; infatti in questo modo si andrebbe a recuperare un ulteriore volume d'invaso per la laminazione pari a 4.77 m<sup>3</sup>. In conclusione un sistema di drenaggio principale costituito da una doppia tubazione, ciascuna in cls con  $\Phi$  400 mm e p 0.3 ‰, garantirebbe una volumetria d'invaso per la laminazione pari a 7.39 m<sup>3</sup> e quindi superiore a quella di progetto (7 m<sup>3</sup>). Va da se che a valle delle tubazioni in progetto dovrà essere installato un modulatore delle portate che garantisca una portata in uscita dalle tubazioni in progetto non superiore a 30 l/sec.

## 7 conclusioni

Sulla scorta di quanto esposto ai paragrafi precedenti al fine di realizzare il progetto interessante il comparto 10 ad invarianza idraulica è necessario che, allo stato di progetto, sia presente un sistema laminazione che sia contraddistinto da una volumetria non inferiore a 7 m<sup>3</sup>; inoltre le portate in uscita dal comparto, prima di raggiungere il ricettore finale, dovranno essere intercettate da un sistema di modulazione delle loro portate che sia in grado di garantire che le stesse non siano superiori a 30 l/sec.

In questo modo la realizzazione del progetto redatto dall'arch. Catassi non solo sarà ad invarianza idraulica ma, sempre rispetto allo stato pre-progettuale, sarà migliorativo: infatti lo stesso andrà ad alleggerire le portate in arrivo al ricettore finale di circa 16 l/sec.

Pur lasciando al Progettista la scelta finale dei suddetti accorgimenti tecnico-costruttivi, volti a garantire che il progetto sia realizzato ad invarianza idraulica qui di seguito vengono proposte delle soluzioni progettuali potenzialmente praticabili; il sistema di laminazione delle portate di picco in uscita dal comparto 10 potrebbe essere dato da n. 2 tubazioni principali di raccolta sovradimensionate contraddistinte ciascuna dalla seguenti dimensioni (*vedi anche paragrafo 6*):

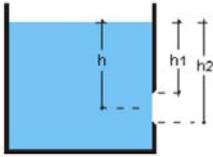
diámetro	400
pendenza	0.3 ‰
lunghezza minima	38.00 m

Il dispositivo di limitazione delle portate potrebbe essere costituito da un pozzetto, dove confluiscono le acque drenate dalle tubazioni principali prima di raggiungere il ricettore finale, caratterizzato da un'altezza d'invaso pari a 1.00 m e da una bocca tarata a sezione circolare del diametro di 12.00 cm, allocata in corrispondenza della sua base, così come indicato in figura 3 qui di seguito evidenziata.

---

**Luci a battente a spigolo vivo**

**Sezione circolare.** Si considera dapprima una luce circolare a spigolo vivo completamente sommersa sotto il pelo libero del serbatoio, come schematizzato nella figura seguente.



Il carico  $h$  e' la distanza fra il baricentro della luce ed il pelo libero.

Il battente  $h_1$  è la distanza fra la sommità superiore della luce ed il pelo libero.

La portata  $Q$  defluente attraverso la sezione risulta:

$$Q = \mu S \sqrt{2gh}$$

---

figura 3

In conclusione un pozzetto munito da una bocca tarata contraddistinto dalle suddette dimensione garantirebbe una portata in uscita  $\leq 30$  l/sec.

Vecchiano li 28 Luglio 2021

Il tecnico:

dr. geol. Francesco Marianetti

*Francesco Marianetti*