

STUDIO di GEOLOGIA

*Studio di Geologia*  
*Dott. Geol. Giorgio Della Croce*

## **COMUNE DI SAN GIULIANO TERME (PI)**

### **UTOE 34 – GHEZZANO – COMPARTO 5**

# **PIANO ATTUATIVO DI LOTTIZZAZIONE E CONTESTUALE VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE**

## **RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA**

(D.P.G.R. 53R/2011)

MARZO 2019



## UTOE 34 – GHEZZANO – COMPARTO 5

### PIANO ATTUATIVO DI LOTTIZZAZIONE E CONTESTUALE VARIANTE PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE. RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

###

#### PREMESSA

L'area oggetto di Piano di Lottizzazione denominata Comparto 5 è posta in Comune di San Giuliano Terme frazione Ghezzano, a nord ed in posizione parallela alla strada provinciale Calcesana, tra la fine di via Pascarella ad ovest e la via Salgari ad est, in adiacenza ad un'area già edificata con destinazione residenziale (Comparto 3).

Il vigente strumento urbanistico regola l'area in oggetto attraverso una specifica scheda norma, (Comparto n°5 – Utoe n°34 - Ghezzano), prevedendo quale destinazione urbanistica del comparto un nuovo insediamento residenziale (zona C2), da realizzarsi mediante la redazione di un Piano di Lottizzazione attuabile anche per sub comparti funzionali.

Dato che l'area in oggetto risulta fisicamente separata in senso trasversale (dai terreni oggetto della sentenza del TAR n. 198/2019), la nuova scheda norma proposta prevede l'attuazione del comparto attraverso un Piano di Lottizzazione che individua due sub comparti identificati in 5a e 5b, ma con parametri urbanistici calcolati sull'area complessiva dei due sub comparti.

Il progetto prevede la realizzazione di n° 8 lotti a carattere residenziale, di varie forme e dimensioni planimetriche e diverse tipologie edilizie, prevalentemente isolate, ripartiti tra i due sub comparti: nel 5a si ritrovano i lotti n°1, 2, 3, 4a, 4b, 4c; nel 5b i lotti 5, 6

La presente relazione fa seguito ad una precedente relazione ai sensi del DPGR 53R 2011 datata febbraio 2014 (ed una ancora precedente del 2008),. Ha come oggetto la definizione delle condizioni geologiche e geomorfologiche di un'area nella quale è prevista la realizzazione del complesso residenziale e la relativa viabilità di accesso in località Ghezzano nel Comune di San Giuliano Terme (PI).

La ricostruzione geologica e geotecnica necessaria per la definizione della fattibilità geologica si è basata sul rilievo diretto dell'area di intervento, sulla raccolta di tutti i dati bibliografici disponibili riguardanti l'assetto geologico e geomorfologico dell'area, sui dati relativi ad un'indagine sismica MASW appositamente eseguita ed a prove penetrometriche statiche CPT; due di queste prove furono eseguite appositamente per la redazione del primo studio di fattibilità nel mese di giugno 2008 all'interno dell'area soggetta a lottizzazione mentre la prova posta a sud fu eseguita per la lottizzazione adiacente, oggi completata.

Per quanto riguarda la parte idraulica, si è invece fatto riferimento alle cartografie di Piano Strutturale e del Distretto Appennino Settentrionale, P.G.R.A. dell'Autorità di Bacino dell'Arno, nonché allo "Studio idraulico a supporto del piano di lottizzazione – Comparto 5, UTOE 34, posto in Ghezzano" a cura dell'Ing. Simone Pozzolini.

## INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area di lottizzazione é ubicata al margine dell'abitato di Ghezzano nel Comune di San Giuliano Terme. La zona interessata dall'intervento è localmente subpianeggiante e quindi non risulta interessata da fenomeni di instabilità geomorfologica. Nell'ambito del perimetro interessato dall'intervento, non è presente vincolo idrogeologico. Per le caratteristiche dell'intervento si rimanda al relativo progetto, del quale la presente relazione costituisce un allegato.

### GEOMORFOLOGIA, IDROGRAFIA, GEOLOGIA

L'area di intervento si colloca a circa 500 m in direzione ovest rispetto al vasto meandro che il Fiume Arno disegna nella pianura prima di attraversare la città di Pisa, dalla quale dista circa due chilometri.

L'area è completamente pianeggiante, con l'unica eccezione delle opere di regimazione ed arginatura dei fossati e dei canali esistenti, dei quali il principale è appunto l'Arno.

Non è presente, nell'area di lottizzazione idrografia superficiale. Nell'area sono invece presenti numerose fossette campestri che tutt'oggi regolano efficacemente l'acqua superficiale e che dovranno essere sostituite dal sistema di regimazione delle acque superficiali integrato all'intervento in progetto.

Per quanto riguarda la geologia e la geotecnica, si fa riferimento alla cartografia ufficiale della Regione Toscana ([www.regione.toscana.it](http://www.regione.toscana.it)) a scala 1:10.000, di cui è riportato in allegato uno stralcio, tutta l'area di Ghezzano è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali recenti ed attuali, in questo caso prevalentemente coesivi (limosi ed argillosi), con sporadici intervalli granulari fini, perlopiù relativamente superficiali. La successione è descritta come regolare e monotona.

In profondità sono generalmente presenti terreni organici, talvolta torbosi di scarsa consistenza, che possono dar luogo a cedimenti significativi sotto carico. Non è mai segnalato substrato litoide in prossimità della superficie.

### Falda

Sono state rinvenute condizioni di saturazione di acqua nel terreno a partire mediamente da circa due metri da p.c.. da rilevare nella prova CPT 1/08 la segnalazione di acqua già ad una profondità di un metro. Quest'ultimo dato è probabilmente da ricondurre alla vicinanza di una fossetta e al fatto che la prova è stata eseguita in un periodo umido, tuttavia è lecito attendersi un livello di saturazione (non di falda) sempre alto e con risalienze capillari significative anche vicino al piano di fondazione e, nelle aree più basse, di campagna.

## PERICOLOSITÀ DELL'AREA DI INTERVENTO

Sulla base degli studi di supporto al Piano Strutturale del Comune di San Giuliano Terme l'area di intervento è stata classificata con un grado di pericolosità **P=3 (3,2)**. Questa definizione implica un grado di pericolosità P=3 media per quanto riguarda il rischio idraulico, derivante dalla quota di p.c. inferiore al ciglio dell'argine principale dell'Arno; P=2, bassa per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica, ed un grado di fattibilità conseguente pari a F=2, ovvero fattibilità con normali vincoli

da precisare a livello di progetto.

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica, la classificazione del territorio è la seguente (rif.to studio idraulico Ing. Simone Pozzolini):

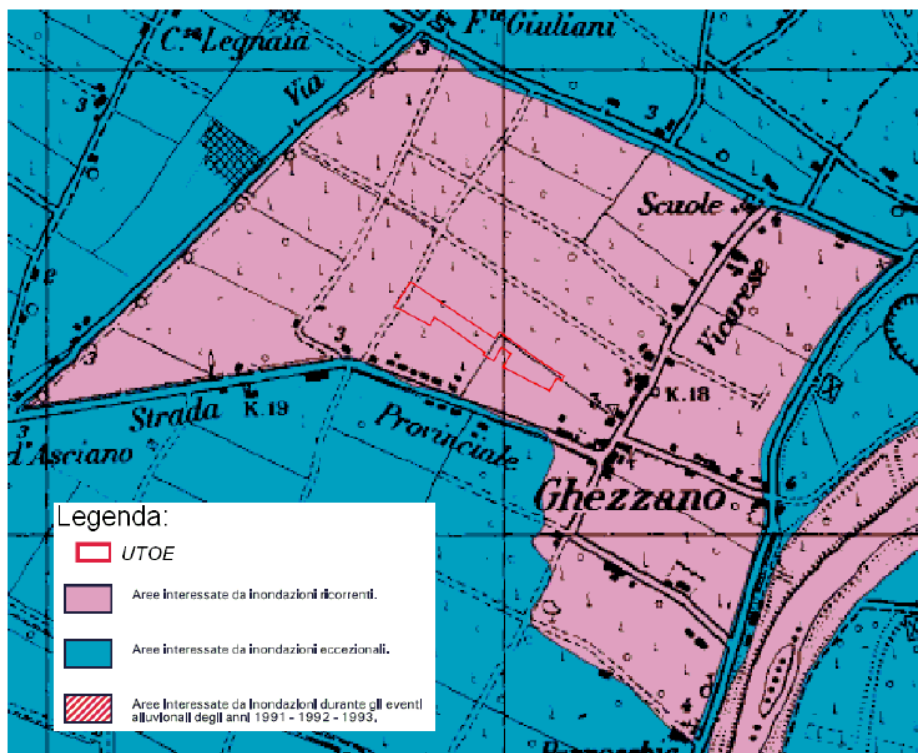


Figura 1: estratto carta guida delle aree allagate Autorità di Bacino Arno. L'area relativa al comparto 5 è evidenziata in rosso.

L'area di interesse ricade all'interno delle aree interessate da esondazioni ricorrenti.

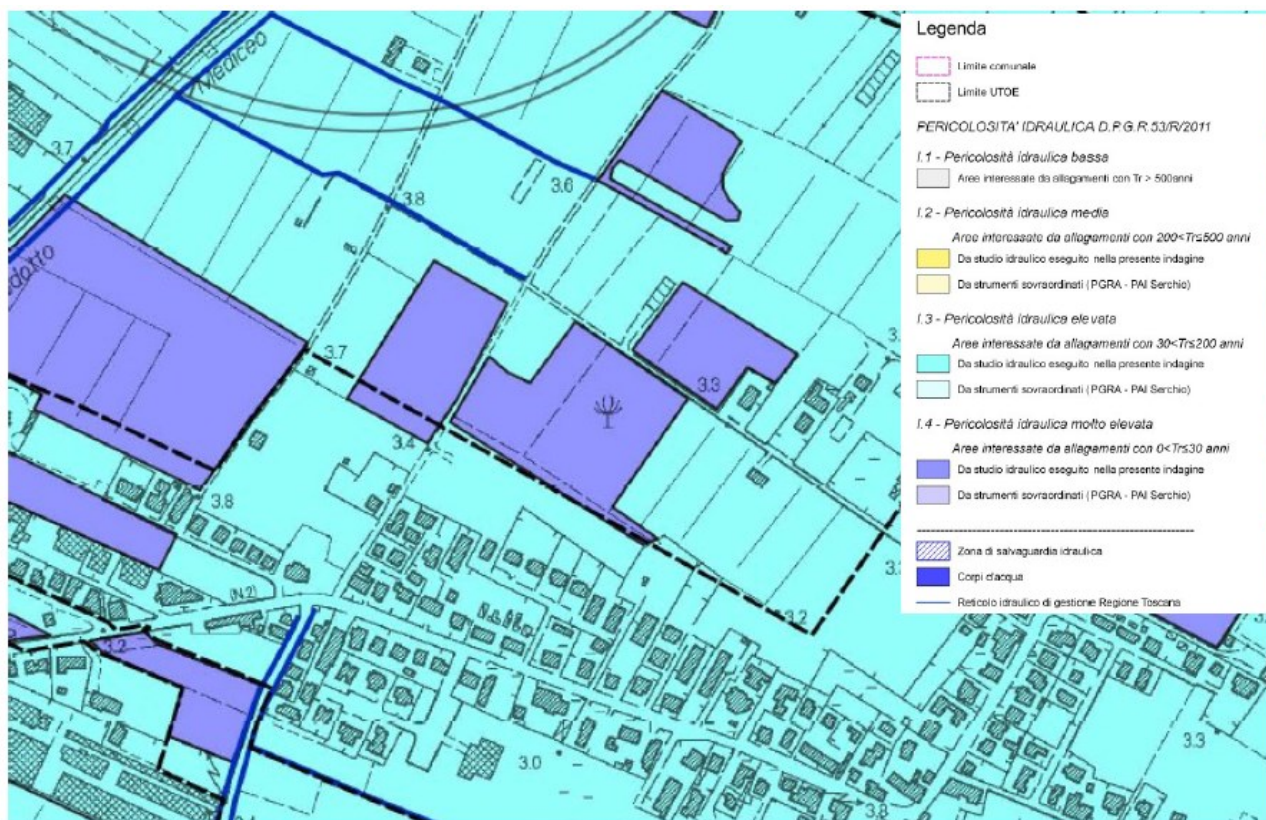


Figura 2: estratto dalla tavola H1 "Carta della pericolosità idraulica" delle indagini geologiche di supporto al Piano Operativo Comunale

L'area oggetto del comparto 5 ricade in classe di pericolosità idraulica 1.3 elevata ai sensi del DPGR

53/2011, tranne che per una piccolissima porzione all'angolo Nord-Ovest, ove è previsto l'adeguamento della pubblica viabilità, che ricade in pericolosità idraulica molto elevata (I.4). La quasi totalità del comparto risulta quindi in condizioni di sicurezza a fronte di eventi con tempo di ritorno 30 anni e soggetta ad allagamenti per eventi con tempo di ritorno 200 anni.

Il **PGRA** (DPCM 03/02/2017) inserisce l'area in oggetto in pericolosità P2 (media), come mostrato nell'estratto di figura seguente:



*Figura 3: pericolosità idraulica ai sensi del PGRA*

L'area risulta quindi in sicurezza a fronte di eventi con tempo di ritorno 30 anni e soggetta ad allagamenti per eventi duecentennali.

#### Classificazione sismica del territorio

Il Comune di San Giuliano Terme secondo il D.M.14.09.2005 "Normative tecniche per le costruzioni" è classificato "sismico" e collocato in zona 3.

### **INDAGINE GEOGNOSTICA IN SITO PER IL PROGETTO DI LOTTIZZAZIONE**

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione relativo all'area di lottizzazione si fa riferimento alle due prove penetrometriche statiche (CPT1 e CPT2) eseguite nel mese di giugno 2008, la cui ubicazione è riportata nella planimetria allegata, ed a una prova penetrometrica statica (CPT3) eseguita per lo studio di fattibilità relativo all'area di lottizzazione ubicata immediatamente a sud est di quella in studio.

Le prove penetrometriche 2008 sono state eseguite con un penetrometro Pagani TG 73 200 kN semovente, munito di punta meccanica tipo Begemann per la misura della resistenza alla punta e la resistenza di punta più manicotto, ogni 20 cm di avanzamento, ditta esecutrice la Geoservizi sas di Pisa.



La prova del lotto adiacente fu invece eseguita con penetrometro statico RMU da 200 kN, semovente, munito della stessa attrezzatura di misura, ditta esecutrice la Ichnogeo sas di San Miniato Basso (PI). I diagrammi relativi alla resistenza, ed i valori numerici ricavati in dettaglio, sono riportati in allegato.

#### Ricostruzione stratigrafica

Si faccia riferimento alla sezione stratigrafica allegata. Essa correla le tre prove CPT eseguite rispettivamente agli estremi ed al centro dell'area di lottizzazione. Come si può vedere, la stratigrafia è sufficientemente omogenea, con minime variazioni laterali.

Nella necessità di dover fornire una stratigrafia media di progetto, nella sezione sono stati indicati gli strati omogenei (composizionalmente e meccanicamente simili) con lettere.

Lo spessore degli strati può essere dedotto dalla sezione stratigrafica allegata o più in dettaglio direttamente ai diagrammi delle prove in sito.

I parametri geotecnici preliminari (da verificare puntualmente per i singoli interventi) sono stati ricavati mediante l'utilizzo dei diagrammi delle prove. È sempre presente la coesione non drenata  $C_u$ , che caratterizza quindi la resistenza al taglio dei terreni coesivi in condizioni non drenate, mentre non è significativo in questi terreni l'angolo d'attrito interno  $\Phi$ . Nella tabella seguente si riporta la descrizione schematica degli strati e i principali parametri geotecnici:

Strato	Descrizione	Qc med (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\gamma$ (T/m <sup>3</sup> )	mv
A	Terreno superficiale, vegetale, crosta superficiale argillo/limosa	-	-	-	-
B	Limo debolmente sabbioso ed argilloso coesivo, di media consistenza	11-13	0.5-0.6	1.9	0.014-0.015
C	Limi argillosi di medio bassa consistenza	7	0.3-0.4	1.85	0.030-0.032

Legenda : Qc – resistenza alla punta; Cu – coesione non drenata;  $\gamma$  – peso di volume del terreno; mv – coefficiente di compressibilità volumetrico;

#### Indagine sismica

In accordo con la normativa, è stata eseguita (febbraio 2014) una prova sismica di tipo MASW per la definizione della categoria di suolo di fondazione tipica della zona in esame. L'indagine è stata eseguita all'interno del lotto nel settore orientale come ubicato in allegato. L'indagine sismica masw (il report è allegato alla relazione) ha permesso di determinare la seguente stratigrafia sismica (con rif.to al "modello medio"):

strato	1	2	3
VSh (m/sec)	174	178	202
spessore (m)	3.4	4.6	

Con i dati ottenuti per la zona di indagine si ha :

VS30 del modello medio: 194 m/s,

che corrisponde, data l'assenza di inversioni di velocità e il graduale aumento di velocità riscontrato, ad

una categoria del suolo di fondazione “C” secondo le categorie definite dalle N.T.C.

Dato il valore molto prossimo al limite di categoria, per gli elementi progettuali posti al lato opposto del Comparto 5 sarà necessario verificare la categoria di suolo per ogni intervento specifico.

La categoria topografica è T1.

## DEFINIZIONE DELLE CLASSI DI PERICOLOSITÀ AI SENSI DEL D.P.G.R. 53R/11

Visto quanto sopra nell’ottica della normativa vigente, si possono attribuire all’intervento in progetto le seguenti classificazioni di pericolosità:

**Pericolosità geomorfologica G=2.** Testualmente dalla normativa – “... aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%”.

C troviamo in area pianeggiante dove non sono prevedibili dissesti geomorfologici. Per quanto riguarda le problematiche edificative, gli interventi previsti sono costituiti da palazzine di modeste dimensioni e di conseguenza carichi sul terreno contenuti. La natura coesiva del terreno esclude fenomeni di liquefazione, che comunque sarà ulteriormente verificata per ogni singolo lotto in fase esecutiva.

**Pericolosità idraulica I=3.** Si riportano i dati salienti estratti dallo studio idraulico dell’Ing. Simone Pozzolini, al quale si rimanda per i dettagli relativi:

Classe di pericolosità idraulica:	I.3 elevata ai sensi del DPGR 53/R
Magnitudo L.R. 41/2018:	moderata
Quota di allagamento TR200:	2.40 m slm
Quota di sicurezza:	2.65 m slm

**Pericolosità sismica locale S=3.** Zona sismica 3 – “... zone stabili suscettibili di amplificazioni locali ... ” e zone in classe di pericolosità sismica S.3);

## DEFINIZIONE DELLA FATTIBILITÀ DEGLI INTERVENTI PREVISTI AI SENSI DEL D.P.G.R. 53R/2011 E CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ

Le opere in progetto all’interno dell’area di lottizzazione UTOE 34, comparto 5, sono da considerarsi comprese in classe **F=3 “Fattibilità condizionata”**: tale classificazione 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, di predisposizione dei progetti edilizi.

### 1. Fattibilità in relazione agli aspetti geologici

L’area interessata dall’intervento, è caratterizzata da una discreta omogeneità complessiva a livello di

substrato geologico, che è risultato essere di medio-bassa qualità geotecnica e caratterizzato da comportamento complessivamente coesivo per la profondità di indagine raggiunta (10 m).

L'area si caratterizza quindi da "Fattibilità con normali vincoli" (F2), consistenti nell'esecuzione di indagini geognostiche specifiche per ogni intervento edificatorio così come determinato dalla normativa regionale e nazionale vigente. In particolare dovrà essere valutata l'eventuale presenza di banchi sabbiosi locali (non intercettati mediante l'esecuzione delle indagini a supporto della presente), dunque a comportamento granulare, che possano indurre fenomeni di liquefazione, la quale verifica dovrà accompagnare ogni progetto edilizio.

I terreni attraversati possono dar luogo a cedimenti in caso di carichi puntuali e concentrati rilevanti.

## **2. Fattibilità in relazione agli aspetti idraulici**

Si attribuisce all'area, anche in relazione allo studio idraulico già citato ed incluso nella documentazione progettuale. "Fattibilità idraulica condizionata" (F3).

Si riporta testualmente quanto riportato nello studio idraulico a firma dell'Ing. Simone Pozzolini (si rimanda alla relazione per i dettagli operativi):

- *i sedimenti stradali, i parcheggi e gli edifici dovranno essere posti a quota pari o superiore alla quota di sicurezza individuata (2.65 m s.l.m.) mediante opere di sopraelevazione;*
- *per garantire il non incremento del rischio al contorno sarà necessario recuperare il volume sottratto alla naturale esondazione, con riferimento alla quota di allagamento duecentennale (2.40 m s.l.m.). Nel rispetto dell'art.8 comma 2 lettera a della L.R. 41/2018 il non aggravio del rischio sarà garantito mediante la realizzazione di volumi interrati al di sotto dei fabbricati con compenso del volume sottratto alla naturale esondazione; lo svuotamento dei volumi interrati dalle eventuali acque di esondazione avverrà mediante pompe con svuotamento nella fognatura di Lottizzazione, ottenendo così il drenaggio delle acque verso il corpo idrico recettore garantendo il buon regime delle acque.*

## **3. Fattibilità in relazione agli aspetti sismici**

La classificazione dell'area in fattibilità sismica F3 deriva dalla classificazione del Comune di San Giuliano Terme in zona sismica 3. Le condizioni ordinarie di fattibilità sono costituite dall'esecuzione di indagini geognostiche e sismiche specifiche per ogni intervento edificatorio così come determinato dalla normativa regionale e nazionale vigente.

In caso di reperimento di livelli granulari ricadenti nel fuso granulometrico caratteristico previsto dalla normativa (D.M.17.01.18 "N.T.C.") si dovrà procedere alle verifiche della liquefazione del terreno.

## **ELENCO ALLEGATI**

- 1) Corografia (Estratto C.T.R.), scala 1:10.000;
- 2) Corografia con ubicazione indagini (Estratto C.T.R.), scala 1:2.000;
- 3) Carta geologica ([www.rete.toscana.it](http://www.rete.toscana.it)), scala 1:10.000;



- 4) Estratto cartografie di pericolosità e fattibilità dal Piano Strutturale del Comune di San Giuliano Terme scala 1:10.000;
- 5) Estratti carta di pericolosità geomorfologica ed idraulica dal Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa, scala 1:10.000;
- 6) Planimetria di progetto con ubicazioni indagini, scala 1:1.000;
- 7) Sezione stratigrafica schematica;
- 8) Risultati prove penetrometriche statiche CPT1, CPT2 e CPT3;
- 9) Relazione indagini masw;
- 10) N.3 carte di pericolosità (geologica, sismica, idraulica) ai sensi del DPGR 53R/11
- 11) Carta di fattibilità ai sensi del DPGR 53R/2011.

Livorno, 27 marzo 2019.

Dott. Geol. Giorgio Della Croce  
O.G.T. n.453



# COMUNE DI SAN GIULIANO TERME (PI)

Committente:  
EDIFOR s.r.l.

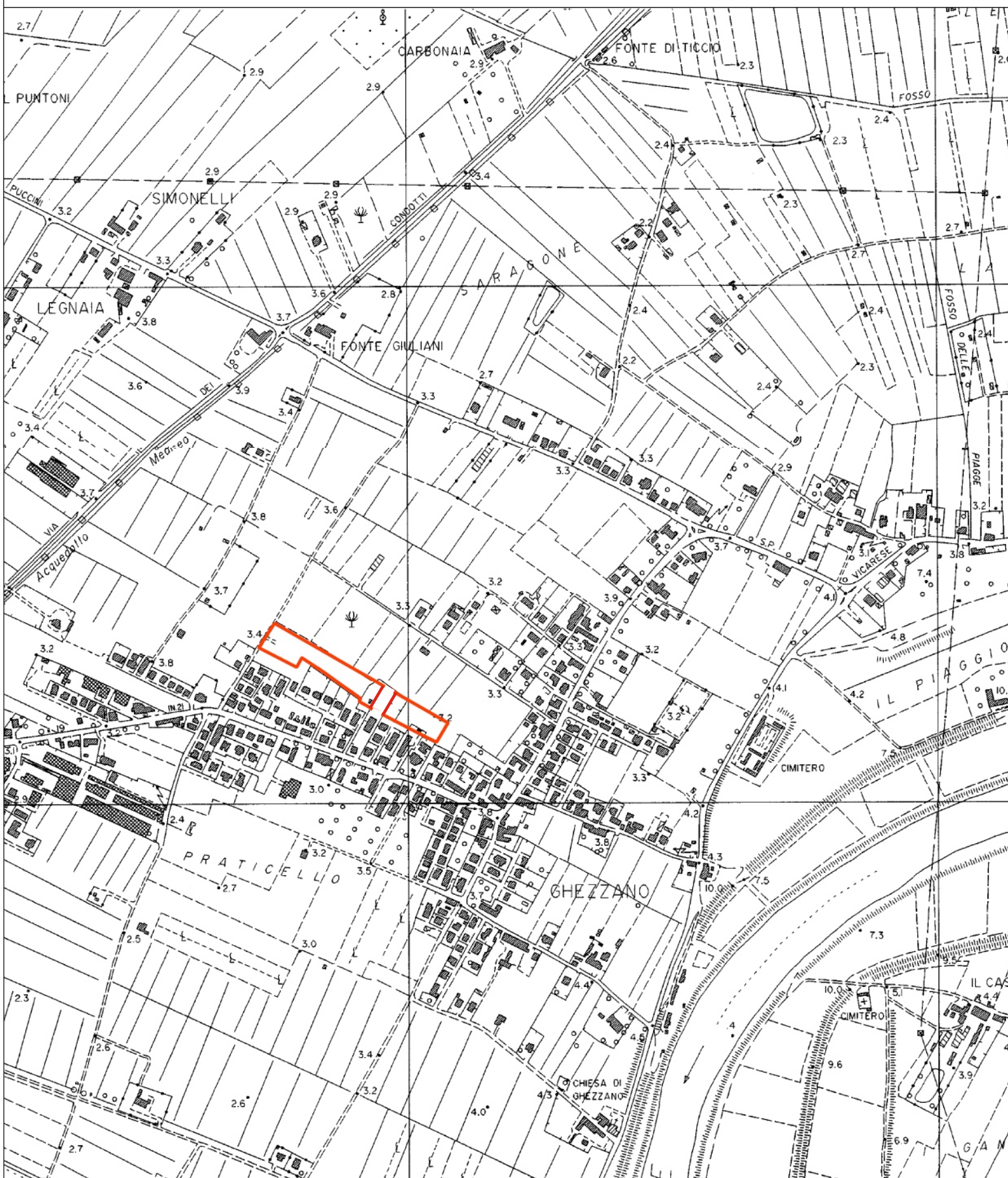
UTOE 34-GHEZZANO-COMPARTO 5 PIANO DI LOTTIZZAZIONE  
PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE  
RELAZIONE FATTIBILITÀ GEOLOGICA

COROGRAFIA (Estratto C.T.R.)

SCALA 1:10.000

Dott.Geol.Giorgio Della Croce

Piazza della Vittoria 47 - 57125 Livorno





COMUNE DI SAN GIULIANO TERME (PI)

Committente:  
EDIFOR s.r.l.

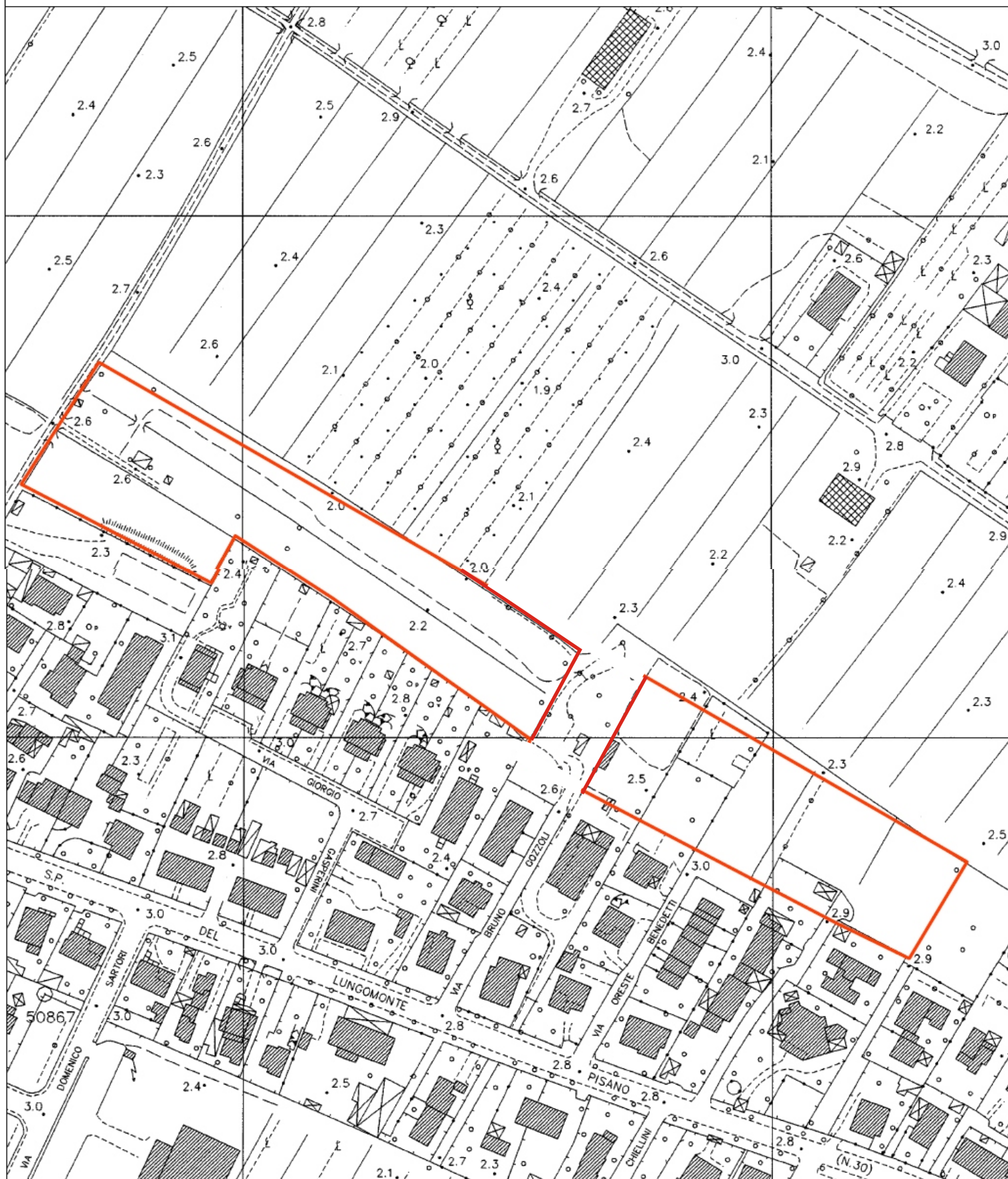
UTOE 34-GHEZZANO-COMPARTO 5 PIANO DI LOTTIZZAZIONE  
PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE  
RELAZIONE FATTIBILITÀ GEOLOGICA

COROGRAFIA (Estratto C.T.R.)

SCALA 1:2.000

Dott.Geol.Giorgio Della Croce

Piazza della Vittoria 47 - 57125 Livorno





# COMUNE DI SAN GIULIANO TERME (PI)

Committente:  
EDIFOR s.r.l.

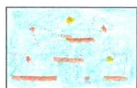
UTOE 34-GHEZZANO-COMPARTO 5 PIANO DI LOTTIZZAZIONE  
PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE  
RELAZIONE FATTIBILITÀ GEOLOGICA

CARTA GEOLOGICA ([www.rete.toscana.it](http://www.rete.toscana.it))

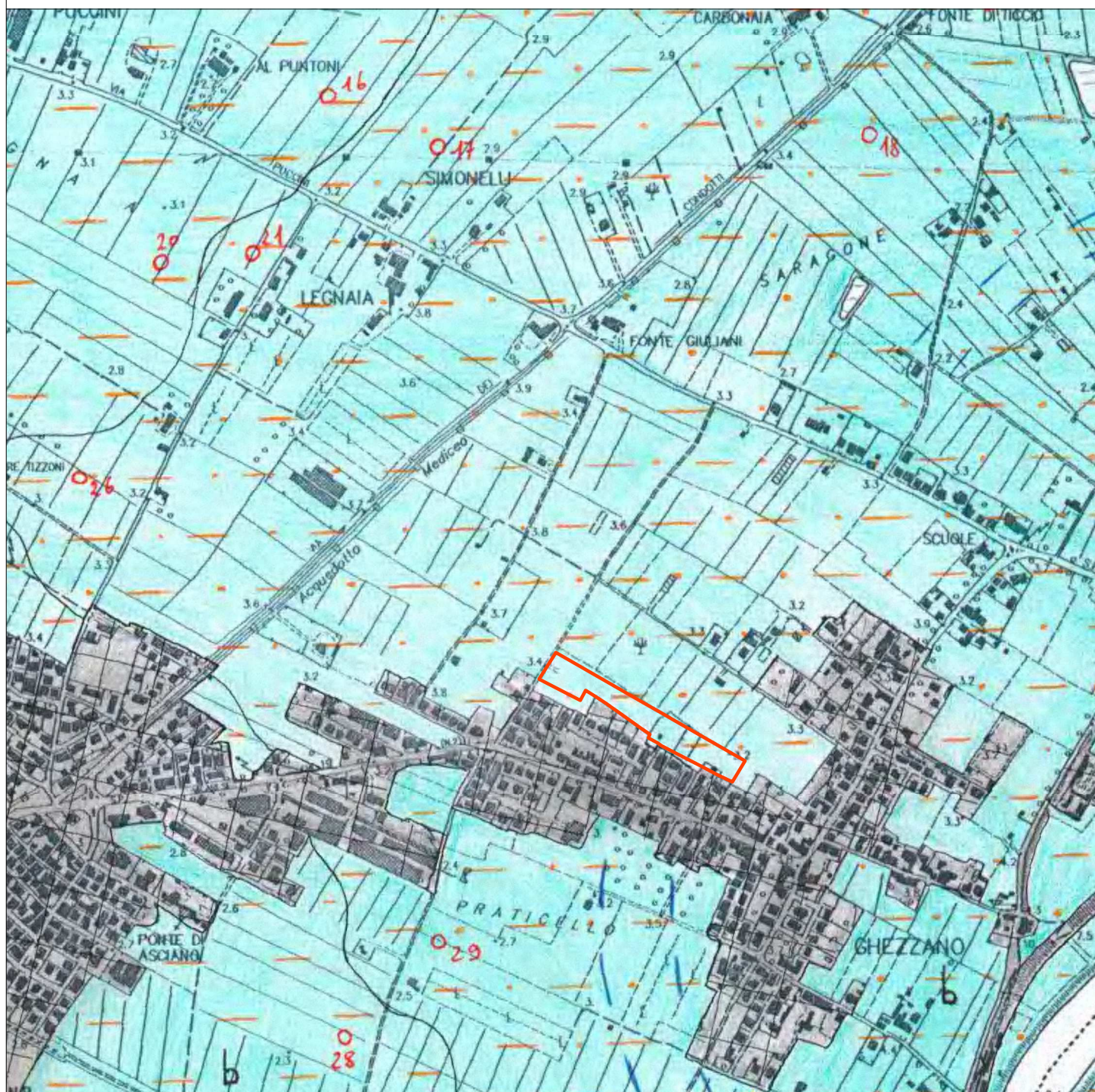
SCALA 1:10.000

Dott.Geol.Giorgio Della Croce

Piazza della Vittoria 47 - 57125 Livorno



**b** Depositi alluvionali attuali (sabbie e limi)





# COMUNE DI SAN GIULIANO TERME (PI)

Committente:  
EDIFOR s.r.l.

UTOE 34-GHEZZANO-COMPARTO 5 PIANO DI LOTTIZZAZIONE  
PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE ()  
RELAZIONE FATTIBILITÀ GEOLOGICA

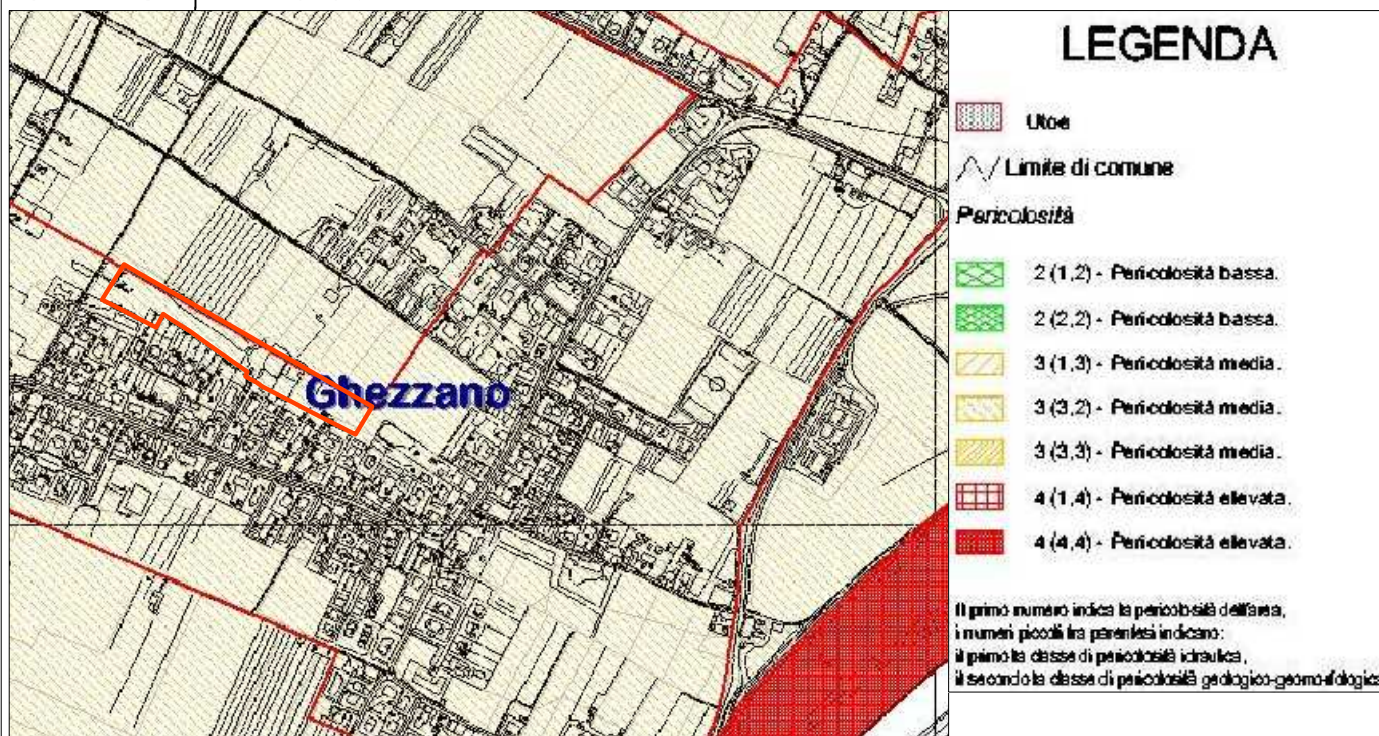
ESTRATTI DA P.R.G. DEL COMUNE DI SAN GIULIANO TERME

SCALA 1:10.000

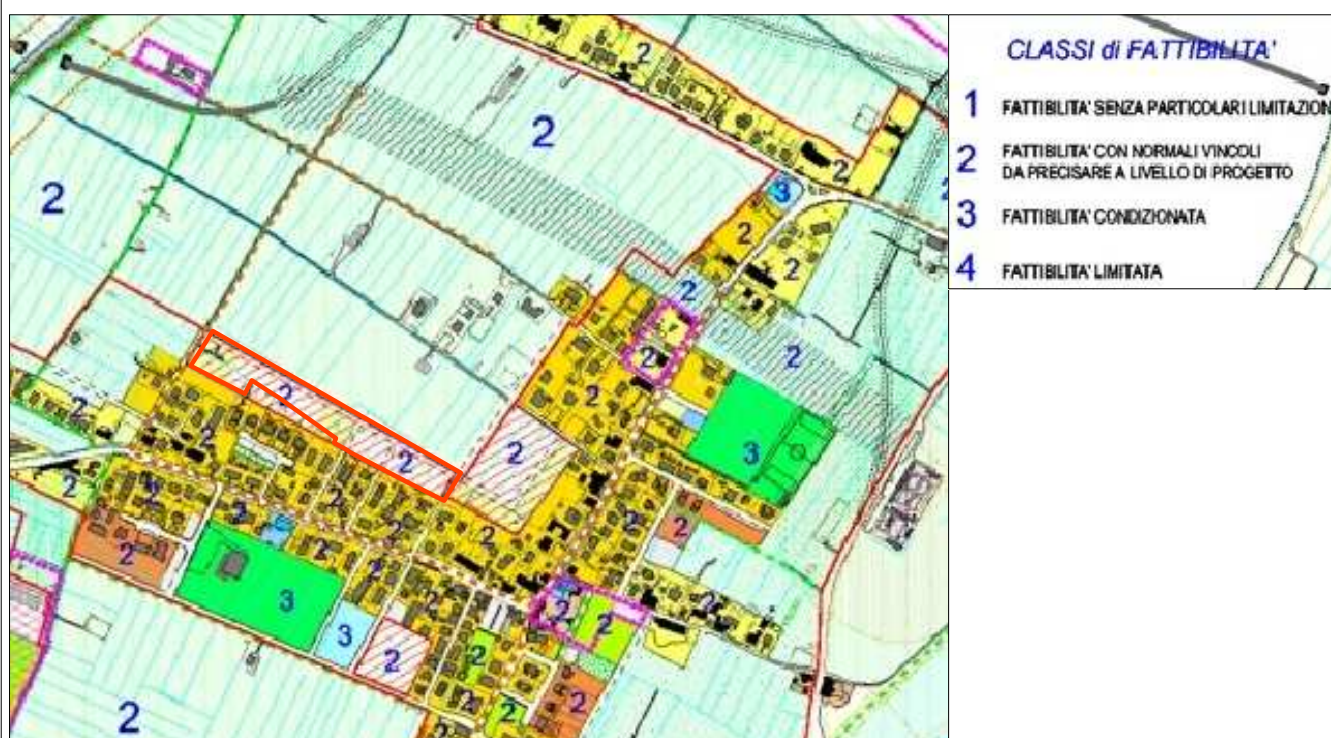
Dott.Geol.Giorgio Della Croce

Piazza della Vittoria 47 - 57125 Livorno

## Carta di pericolosità

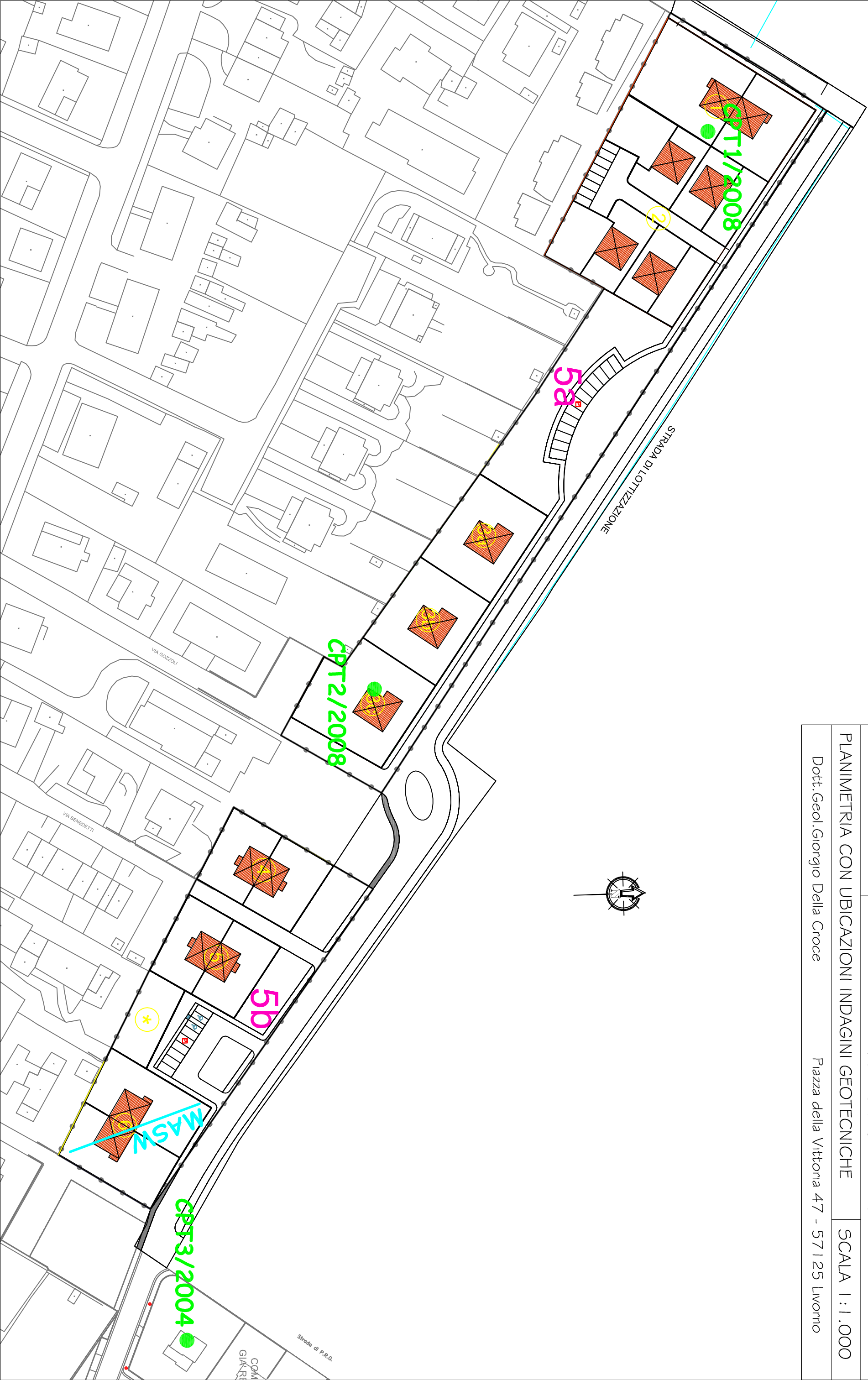


## Carta di fattibilità





COMUNE DI SAN GIULIANO TERME (PI)		
Committeente: EDIFOR s.r.l.	UTOE 34-CHEZZANO-COMPARTO 5 PIANO DI LOTTIZZAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE RELAZIONE di FATTIBILITA'	
PLANIMETRIA CON UBICAZIONI INDAGINI GEOTECNICHE		SCALA 1 : 1.000
Dott. Geol. Giorgio Della Croce		Piazza della Vittoria 47 - 57125 Livorno



COMUNE DI SAN GIULIANO TERME (PI)			
Commitente: EDIFOR s.r.l.		UTOE 34-CHEZZANO-COMPARTO 5 PIANO DI LOTTIZZAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE	
SEZIONE STRATIGRAFICA SCHEMATICA			RELAZIONE DI FATIBILITÀ GEOLOGICA
Dott.Geol.Giorgio Della Croce		Piazza della Vittoria 47 - 57125 Livorno	
			SCALA ORIZ. - 1:500 SCALA VERT. - 1:100

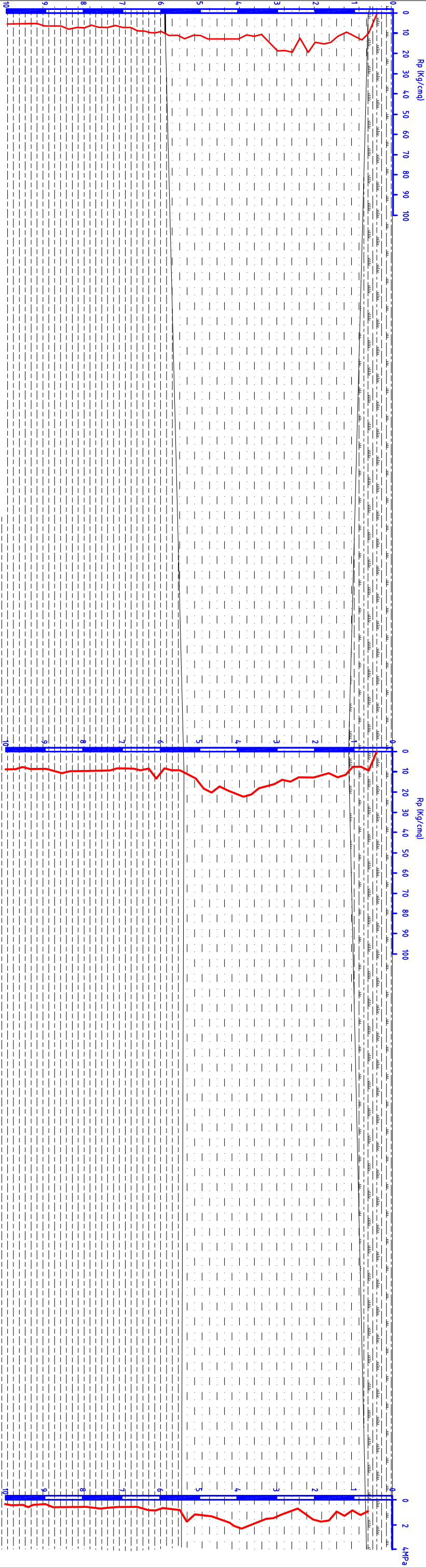
NO

CPT1/2008

SE

CPT2/2008

CPT3/2004



A

terreno superficiale, vegetale, "crosta" superficiale argillo/limosa

B

limo debolmente sabbioso ed argilloso coesivo, media consistenza

C

limi argillosi medio bassa consistenza





## GEOSERVIZI S.N.C. di Cosco e Spadaro

Via U. Foscolo 14 - 56017 Ghezzano (PI)  
tel e fax 050-878470 cell. 339-1344492

### PROVA PENETROMETRICA STATICA

### ELABORAZIONE NUMERICA DEI RISULTATI

Committente: DOT T. DELLA CROCE  
Località: S. GIULIANO  
Cantiere: GHEZZANO  
Data: 6/6/08  
N. prove: 2

LEGENDA					
#####	aot	argilla organica e/o torba	Rp	Resistenza di Punta	
=====	a	argilla	RI	Resistenza laterale	
====~==	al	argilla limosa	Rp/RI	Rapporto Begemann	
~~~~~	l	limo	Rt	Spinta totale (rivest.+punta)	
~~~~~	sl	sabbia e limo	$\gamma$	Peso di volume	
~~~~~	ss	sabbia sciolta	$\sigma'_{vo}$	Pressione verticale efficace	
~~~~~	sm	sabbia mediamente addensata	$\phi$	Angolo di attrito interno	
~~~~~	sdg	sabbia densa e/o ghiaia	Dr	Densità relativa	
*****	rip	riporto	Cu	Coesione non drenata	
			$m_v$	Coeff. di compressibilità volum.	

Penetrometro statico TG 73 200KN Pagani  
Punta meccanica tipo "Begemann"  
Diametro = 35,7 mm; Angolo di apertura = 60°  
Ap=10 cm<sup>2</sup>; At=20 cm<sup>2</sup>; Am=150 cm<sup>2</sup>  
Velocità di avanzamento = 2 cm/sec

**GEOSERVIZI S.N.C.**

di Cosco e Spadaro

Via U. Foscolo 14 - 56017 Ghezzano (PI)  
tel e fax 050-878470 cell. 339-1344492

Prova numero: 1

Data: 6/6/08

Committente: DOT T. DELLA CROCE

Località: S. GIULIANO

Cantiere: GHEZZANO

Profondità massima: 10,0 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: 1,2 m dal p.c.

Certificato n. 186-2007

parametri geotecnici stimati												
Prof.	Rp	RI	Rp/RI	Rt	$\gamma$	$\sigma'_{vo}$	$\phi$	Dr	Cu	mv	Colonna	lito_
[metri]	[Kg/cmq]	[Kg/cmq]		[Kgf]	[Kg/dmc]	[Kg/cmq]	[gradi]	[%]	[Kg/cmq]	[cmq/t]	stratig.	logia
0,2				151	1,80	0,04	-	-	-	-	non ril.	
0,4				191	1,80	0,07	-	-	-	-	non ril.	
0,6	9,1	0,4	23	301	1,86	0,11	-	-	0,36	24,7	=====	a
0,8	13,3	0,4	33	253	1,91	0,15	-	-	0,52	20,4	=====	al
1	11,3	0,7	17	323	1,90	0,19	-	-	0,44	21,9	=====	a
1,2	9,3	0,7	14	343	1,52	0,20	-	-	0,36	38,6	#####	aot
1,4	11,3	0,7	17	453	1,90	0,21	-	-	0,44	21,9	=====	a
1,6	14,3	0,6	24	543	1,91	0,23	-	-	0,56	19,9	=====	a
1,8	15,4	0,9	18	614	1,91	0,25	-	-	0,61	19,6	=====	a
2	14,4	0,8	18	774	1,91	0,27	-	-	0,56	19,9	=====	a
2,2	19,4	0,6	32	704	1,70	0,28	-	-	0,76	16,7	=====	l
2,4	12,4	0,6	21	834	1,91	0,30	-	-	0,48	20,9	=====	a
2,6	19,4	1,0	19	854	1,92	0,32	-	-	0,76	19,8	=====	a
2,8	18,5	0,7	25	895	1,92	0,34	-	-	0,73	19,5	=====	al
3	18,5	1,2	15	995	1,92	0,36	-	-	0,73	19,5	=====	a
3,2	14,5	1,1	14	1095	1,58	0,37	-	-	0,57	25,5	#####	aot
3,4	10,5	0,8	13	1225	1,54	0,38	-	-	0,41	35,2	#####	aot
3,6	11,5	0,7	17	1335	1,90	0,40	-	-	0,44	21,7	=====	a
3,8	10,7	0,7	16	1427	1,90	0,41	-	-	0,41	22,6	=====	a
4	12,7	0,7	19	1477	1,91	0,43	-	-	0,49	20,8	=====	a
4,2	12,7	0,9	14	1497	1,56	0,44	-	-	0,49	29,3	#####	aot
4,4	12,7	0,7	19	1607	1,91	0,46	-	-	0,49	20,8	=====	a
4,6	12,7	0,7	19	1717	1,91	0,48	-	-	0,49	20,8	=====	a
4,8	12,8	0,7	17	1798	1,91	0,50	-	-	0,49	20,7	=====	a
5	10,8	0,9	12	1838	1,54	0,51	-	-	0,41	34,4	#####	aot
5,2	10,8	0,7	15	1968	1,54	0,52	-	-	0,41	34,4	#####	aot
5,4	12,8	0,6	21	2058	1,91	0,54	-	-	0,49	20,7	=====	a
5,6	10,8	0,7	15	2128	1,54	0,55	-	-	0,41	34,4	#####	aot
5,8	10,9	0,8	14	2129	1,54	0,56	-	-	0,41	33,9	#####	aot
6	8,9	0,6	15	2129	1,52	0,57	-	-	0,33	39,5	#####	aot
6,2	9,9	0,5	19	2149	1,90	0,59	-	-	0,37	23,5	=====	a
6,4	8,9	0,6	15	2179	1,52	0,60	-	-	0,33	39,5	#####	aot
6,6	8,9	0,5	19	2189	1,85	0,61	-	-	0,33	25,1	=====	a
6,8	7,0	0,5	13	2280	1,50	0,62	-	-	0,26	46,0	#####	aot
7	7,0	0,4	18	2180	1,75	0,64	-	-	0,26	29,6	=====	a
7,2	6,0	0,3	18	2180	1,70	0,65	-	-	0,22	33,2	=====	a
7,4	7,0	0,4	18	2200	1,75	0,67	-	-	0,25	29,6	=====	a
7,6	7,0	0,5	15	2120	1,50	0,68	-	-	0,25	46,0	#####	aot
7,8	6,2	0,5	13	2192	1,49	0,69	-	-	0,22	50,7	#####	aot
8	7,2	0,4	18	2192	1,76	0,70	-	-	0,26	29,2	=====	a
8,2	7,2	0,4	18	2242	1,76	0,72	-	-	0,26	29,2	=====	a
8,4	8,2	0,4	20	2262	1,81	0,73	-	-	0,30	26,6	=====	a
8,6	6,2	0,5	12	2252	1,49	0,74	-	-	0,22	50,7	#####	aot
8,8	6,3	0,3	19	2233	1,72	0,76	-	-	0,22	32,2	=====	a
9	6,3	0,2	32	2213	1,72	0,77	-	-	0,22	32,2	=====	al
9,2	5,3	0,3	20	2233	1,67	0,79	-	-	0,18	36,9	=====	a
9,4	5,3	0,3	20	2233	1,67	0,80	-	-	0,18	36,9	=====	a
9,6	5,3	0,3	20	2243	1,67	0,81	-	-	0,18	36,9	=====	a
9,8	5,4	0,3	20	2254	1,67	0,83	-	-	0,18	36,2	=====	a
10	5,4	0,3	20	2254	1,67	0,84	-	-	0,18	36,2	=====	a

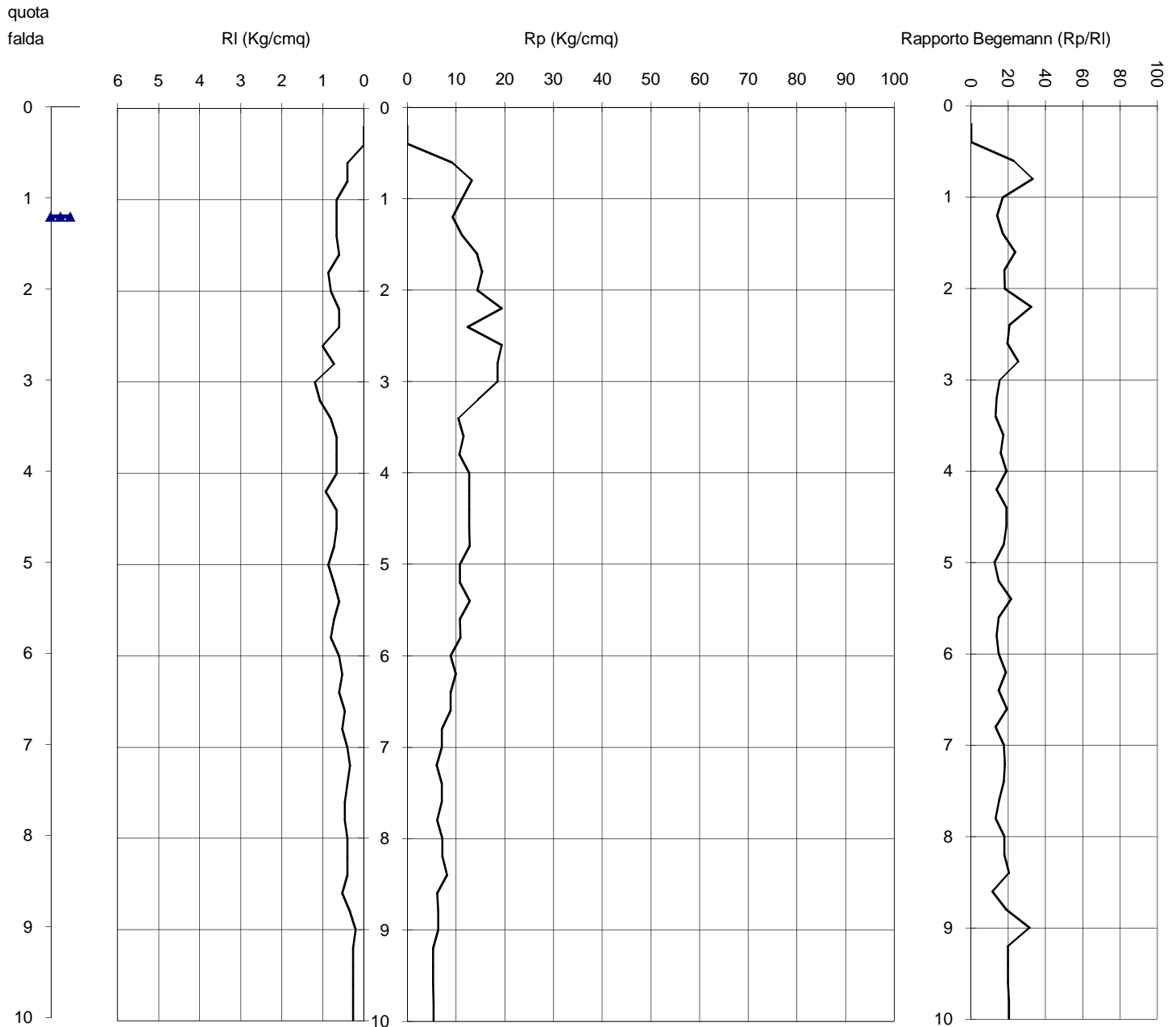


**GEOSERVIZI S.N.C.**  
di Cosco e Spadaro  
Via U. Foscolo 14 - 56017 Ghezzano (PI)  
tel e fax 050-878470 cell. 339-1344492

Prova numero 1  
Committente DOT T. DELLA CROCE  
Località S. GIULIANO  
Cantiere GHEZZANO  
Data 6/6/08

Certificato n. 186-2007

Profondità massima (m): 10  
Quota falda (m dal p.c.): 1,2



PENETROMETRO STATICO: TG 73 200 KN PAGANI

**GEOSERVIZI S.N.C.**

di Cosco e Spadaro

Via U. Foscolo 14 - 56017 Ghezzano (PI)  
tel e fax 050-878470 cell. 339-1344492

Prova numero: 2

Data: 6/6/08

Committente: DOT T. DELLA CROCE

Località: S. GIULIANO

Cantiere: GHEZZANO

Profondità massima: 10,0 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: 2,6 m dal p.c.

Certificato n. 187-2007

parametri geotecnici stimati												
Prof.	Rp	RI	Rp/RI	Rt	$\gamma$	$\sigma'_{vo}$	$\phi$	Dr	Cu	mv	Colonna	lito_
[metri]	[Kg/cmq]	[Kg/cmq]		[Kgf]	[Kg/dmc]	[Kg/cmq]	[gradi]	[%]	[Kg/cmq]	[cmq/t]	stratig.	logia
0,2				131	1,80	0,04	-	-	-	-	non ril.	
0,4				191	1,80	0,07	-	-	-	-	non ril.	
0,6	9,1	0,5	20	211	1,86	0,11	-	-	0,36	24,7	=====	a
0,8	7,3	0,5	16	173	1,50	0,14	-	-	0,28	45,1	#####	aot
1	7,3	0,3	27	203	1,76	0,17	-	-	0,28	28,9	=====	a
1,2	11,3	0,5	24	233	1,90	0,21	-	-	0,44	21,9	=====	a
1,4	12,3	0,5	26	283	1,91	0,25	-	-	0,48	21,0	=====	al
1,6	10,3	0,7	15	333	1,90	0,29	-	-	0,40	23,0	=====	a
1,8	11,4	0,5	21	354	1,90	0,33	-	-	0,44	21,8	=====	a
2	12,4	0,7	19	404	1,91	0,36	-	-	0,48	20,9	=====	a
2,2	12,4	0,5	27	444	1,91	0,40	-	-	0,48	20,9	=====	al
2,4	12,4	0,5	23	504	1,91	0,44	-	-	0,48	20,9	=====	a
2,6	14,4	0,7	22	554	1,91	0,46	-	-	0,56	19,9	=====	a
2,8	13,5	0,8	17	645	1,91	0,48	-	-	0,52	20,3	=====	a
3	15,5	0,9	17	775	1,91	0,50	-	-	0,60	19,5	=====	a
3,2	16,5	1,0	17	885	1,91	0,51	-	-	0,64	19,4	=====	a
3,4	17,5	1,1	16	1035	1,92	0,53	-	-	0,68	19,4	=====	a
3,6	20,5	1,1	18	1235	1,92	0,55	-	-	0,80	19,5	=====	a
3,8	21,7	0,9	25	1347	1,93	0,57	-	-	0,84	18,5	=====	al
4	19,7	1,2	16	1557	1,92	0,59	-	-	0,76	19,9	=====	a
4,2	18,7	1,3	14	1647	1,92	0,61	-	-	0,72	19,6	=====	a
4,4	16,7	1,4	12	1777	1,60	0,62	-	-	0,64	22,2	#####	aot
4,6	19,7	0,9	23	1897	1,92	0,64	-	-	0,76	19,9	=====	a
4,8	17,8	1,2	15	2028	1,92	0,65	-	-	0,69	19,4	=====	a
5	12,8	1,1	12	2098	1,56	0,67	-	-	0,48	29,0	#####	aot
5,2	10,8	0,5	23	2128	1,90	0,68	-	-	0,40	22,4	=====	a
5,4	8,8	0,4	22	2118	1,84	0,70	-	-	0,32	25,3	=====	a
5,6	8,8	0,3	26	2158	1,84	0,72	-	-	0,32	25,3	=====	a
5,8	7,9	0,4	20	2199	1,80	0,73	-	-	0,29	27,2	=====	a
6	12,9	0,1	97	2159	1,66	0,75	28	5	-	25,8	=====	ss
6,2	7,9	0,2	40	2119	1,64	0,76	-	-	0,29	26,3	=====	l
6,4	8,9	0,2	45	2149	1,64	0,77	-	-	0,33	24,1	=====	l
6,6	7,9	0,3	30	2189	1,80	0,79	-	-	0,28	27,2	=====	al
6,8	8,0	0,3	30	2230	1,80	0,80	-	-	0,29	26,9	=====	al
7	8,0	0,4	20	2290	1,80	0,82	-	-	0,29	26,9	=====	a
7,2	9,0	0,2	45	2330	1,65	0,83	-	-	0,33	23,8	=====	l
7,4	9,0	0,2	45	2440	1,65	0,85	-	-	0,33	23,8	=====	l
7,6	9,0	0,3	34	2400	1,85	0,86	-	-	0,33	24,9	=====	al
7,8	9,2	0,3	28	2422	1,86	0,88	-	-	0,33	24,6	=====	al
8	9,2	0,3	28	2412	1,86	0,90	-	-	0,33	24,6	=====	al
8,2	9,2	0,4	23	2402	1,86	0,91	-	-	0,33	24,6	=====	a
8,4	10,2	0,3	31	2352	1,90	0,93	-	-	0,37	23,1	=====	al
8,6	9,2	0,3	34	2392	1,86	0,95	-	-	0,33	24,6	=====	al
8,8	8,3	0,3	25	2413	1,82	0,97	-	-	0,29	26,3	=====	a
9	8,3	0,3	31	2403	1,82	0,98	-	-	0,29	26,3	=====	al
9,2	8,3	0,2	42	2373	1,64	1,00	-	-	0,29	25,3	=====	l
9,4	7,3	0,2	37	2343	1,64	1,01	-	-	0,25	27,9	=====	l
9,6	8,3	0,1	62	2323	1,64	1,02	28	2	-	40,2	=====	ss
9,8	8,4	0,2	42	2334	1,64	1,03	-	-	0,30	25,0	=====	l
10	8,4	0,2	42	2334	1,64	1,05	-	-	0,30	25,0	=====	l

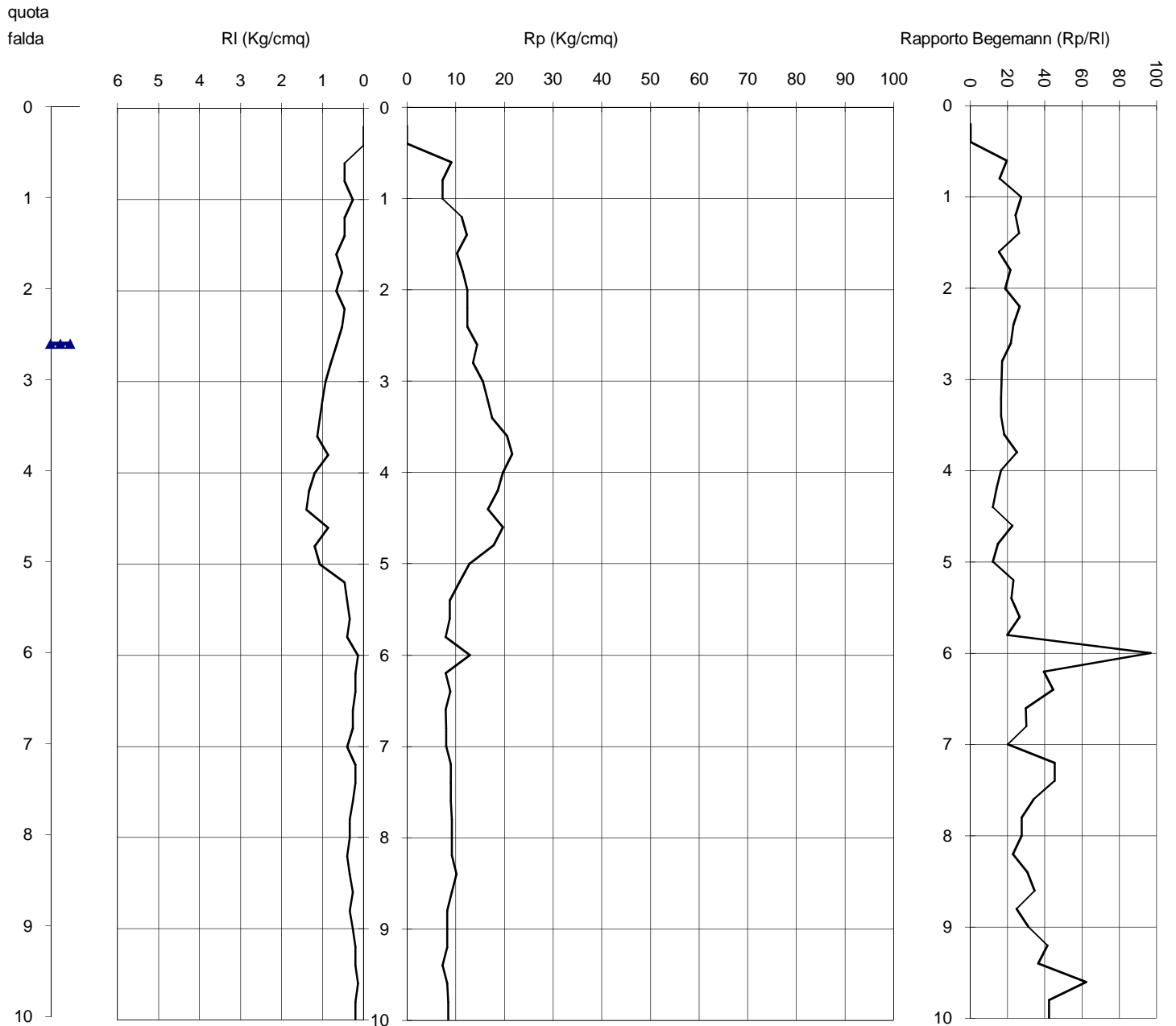


**GEOSERVIZI S.N.C.**  
di Cosco e Spadaro  
Via U. Foscolo 14 - 56017 Ghezzano (PI)  
tel e fax 050-878470 cell. 339-1344492

Prova numero 2  
Committente DOT T. DELLA CROCE  
Località S. GIULIANO  
Cantiere GHEZZANO  
Data 6/6/08

Certificato n. 187-2007

Profondità massima (m): 10  
Quota falda (m dal p.c.): 2,6



PENETROMETRO STATICO: TG 73 200 KN PAGANI

Ichnogeo s.a.s.

Piazza La Pace, 8-56028 San Miniato-0571 43213

Committente: Impresa Forti S.p.A.

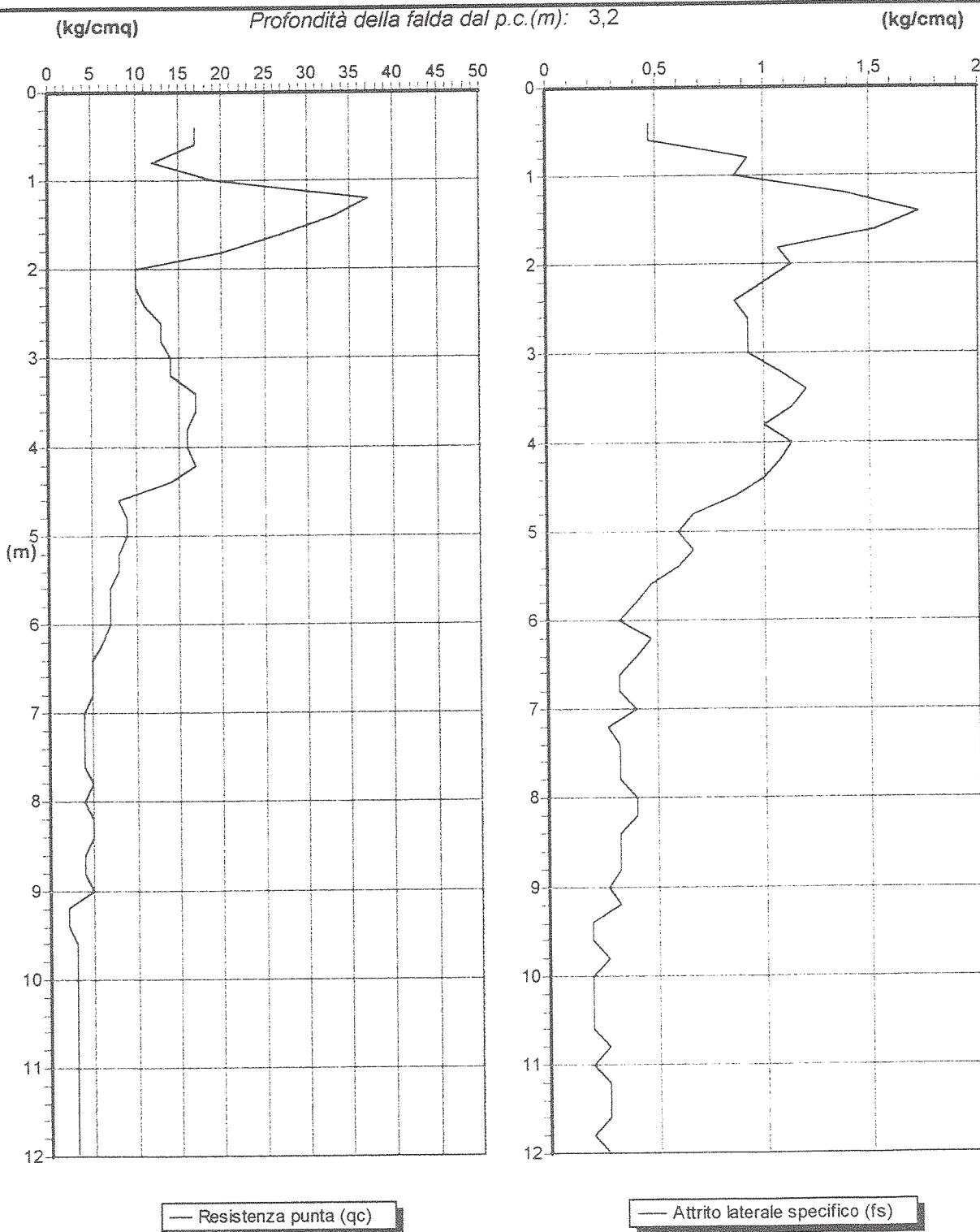
Località: via G. da Maiano - Ghezzano

Note:

Penetrometro: Pagani TG 73 200 kN

Sigla: P03

## Grafico della prova



# Ichnogeo s.a.s.

Piazza La Pace, 8-56028 San Miniato-0571 43213

Profondità base strato(m)	qc medio dello strato (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	Indice di compressione Cc	Angolo d' attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo edom. coesivi (kg/cm <sup>2</sup> )	O. C. R.	Modulo dinamico di taglio (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo edom. incoerenti (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. eff. a metà strato (kg/cm <sup>2</sup> )
5,4	8	Argilla organica	0,09		1,81			0,42	28	2,41	100		0,8317
5,6	7	Argilla organica	0,09		1,77			0,36	25	1,94	92		0,8475
5,8	7	Argilla organica	0,09		1,77			0,36	25	1,9	92		0,8629
6	7	Argilla inorganica med. consistente	0,09		1,77			0,36	25	1,86	92		0,8783
6,2	6	Argilla organica	0,1		1,73			0,3	30	1,45	84		0,8933
6,4	5	Argilla organica	0,1		1,68			0,24	25	1,07	75		0,9074
6,6	5	Argilla organica	0,11		1,68			0,24	25	1,05	75		0,921
6,8	5	Argilla organica	0,11		1,68			0,24	25	1,03	75		0,9346
7	4	Argilla organica	0,11		1,62			0,18	20	0,71	65		0,9476
7,2	4	Argilla organica	0,11		1,62			0,18	20	0,7	65		0,96
7,4	4	Argilla organica	0,11		1,62			0,18	20	0,69	65		0,9724
7,6	4	Argilla organica	0,11		1,62			0,18	20	0,68	65		0,9848
7,8	5	Argilla organica	0,11		1,67			0,23	25	0,9	75		0,9977
8	4	Argilla organica	0,12		1,6			0,17	20	0,61	65		1,0104
8,2	5	Argilla organica	0,11		1,67			0,23	25	0,88	75		1,0231
8,4	5	Argilla organica	0,11		1,67			0,23	25	0,86	75		1,0365
8,6	4	Argilla organica	0,12		1,6			0,17	20	0,58	65		1,0492
8,8	4	Argilla organica	0,12		1,6			0,17	20	0,57	65		1,0612
9	5	Argilla organica	0,11		1,67			0,23	25	0,82	75		1,0739
9,2	2	Argilla organica	0,14		1,33			0,05	10	0,12	43		1,0839
9,4	2	Argilla organica	0,15		1,33			0,05	10	0,12	43		1,0905
9,6	3	Argilla organica	0,13		1,51			0,11	15	0,32	55		1,0989
9,8	3	Argilla organica	0,13		1,51			0,11	15	0,31	55		1,1091
10	3	Argilla organica	0,13		1,51			0,11	15	0,31	55		1,1193
10,2	3	Argilla organica	0,13		1,51			0,11	15	0,31	55		1,1295
10,4	3	Argilla organica	0,13		1,51			0,11	15	0,3	55		1,1397
10,6	3	Argilla organica	0,13		1,51			0,11	15	0,3	55		1,1499
10,8	3	Argilla organica	0,13		1,51			0,11	15	0,3	55		1,1601
11	3	Argilla organica	0,13		1,51			0,11	15	0,29	55		1,1703
11,2	3	Argilla organica	0,13		1,51			0,11	15	0,29	55		1,1805
11,4	3	Argilla organica	0,13		1,51			0,11	15	0,29	55		1,1907

Certificato n.3 del 05/11/01

Firma:

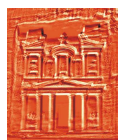


Ichnogeo s.a.s.

Piazza La Pace, 8-56028 San Miniato-0571 43213

Profondità base sfrato(m)	qc medio dello sfrato (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello sfrato	Indice di com pressione Cc	Angolo d' attrito(°)	Peso di volume naturale (t/m <sup>3</sup> )	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo edom. coesivi (kg/cm <sup>2</sup> )	O. C. R.	Modulo dinamico di taglio (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo edom. incoerenti (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres.eff. a metà sfrato (kg/cm <sup>2</sup> )
11,6	3	Argilla organica	0,13		1,49			0,1	15	0,25	55		1,2007
11,8	3	Argilla organica	0,13		1,49			0,1	15	0,25	55		1,2105
12	3	Argilla organica	0,13		1,49			0,1	15	0,25	55		1,2203

Profondità della falda (m): 3,2



**petra**

**Petra snc di Carmignani Andrea C.**  
Via Grande 225  
57123 Livorno

**Studio Tecnico**  
**Dott.Geol. Giorgio Della Croce**

Piazza della Vittoria 47  
57125 Livorno

---

## **COMUNE DI SAN GIULIANO TERME**

### **UTOE 34-GHEZZANO-COMPARTO 5 PIANO DI LOTTIZZAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE**



### **INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW**

(ai sensi di D.M. 14/1/08 “N.T.C.” e D.P.G.R. 53/R 2011)

Committente:

EDIFOR s.r.l.

Febbraio 2014

Petra S.n.c. di Carmignani Andrea & C. - C/o Studio Masi, Via Grande 225 , Livorno  
Studio Tecnico Dott.Geol. Giorgio Della Croce - Piazza della Vittoria 47 - Livorno

### PREMESSE

La presente relazione illustra e sintetizza i risultati di un'indagine sismica effettuata, mediante il metodo MASW, presso Ghezzano, UTOE 34-comparto 5, per conto di EDIFOR s.r.l.

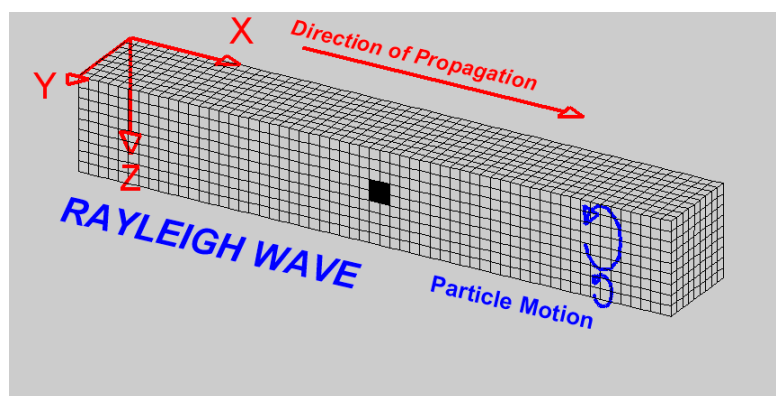
L'indagine MASW è stata effettuata per la caratterizzazione della velocità delle onde Sh dei terreni presenti, per determinare il parametro VS30, necessario al fine della classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto, come richiesto dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 14/01/2008).

L'interpretazione dei dati acquisiti in campagna ha consentito di ricavare una sequenza sismo-stratigrafica relativamente all'area di indagine, con suddivisione in strati aventi analoghe caratteristiche delle velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali. La taratura di partenza dell'indagine è stata eseguita combinando i dati del rilievo geologico di superficie con i risultati di una campagna geognostica costituita da una prova penetrometrica statica CPT. Ciò è servito ovviamente anche per ottimizzare l'interpretazione, visto il locale assetto geolitologico-geotecnico.

### GENERALITÀ SUL METODO MASW

Le onde sismiche che si propagano in un mezzo si dividono, principalmente, in Onde di corpo e onde di superficie. Fra queste ultime si hanno le onde di Rayleigh, le onde di Love e le onde di Lamb.

Le onde di Rayleigh, in particolare, sono originate dall'interazione fra le onde di pressione e le onde di taglio verticali quando esista una superficie libera in un mezzo omogeneo e isotropo.



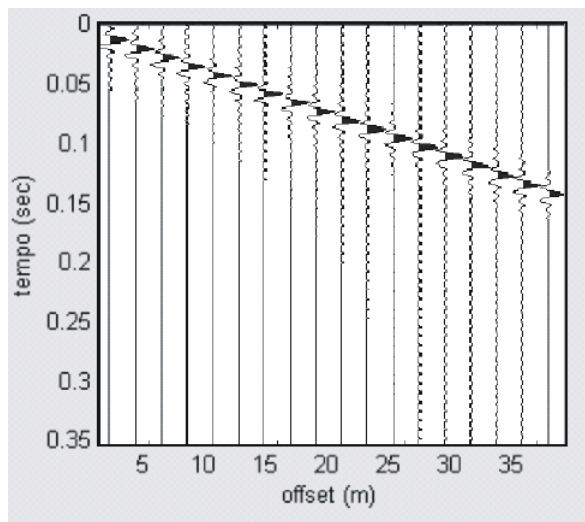
Il moto delle particelle è di tipo ellittico retrogrado, il quale si inverte a una profondità di  $\lambda/2\pi$ . L'ampiezza dello spostamento decresce secondo una legge esponenziale.

L'energia convertita in onde di Rayleigh è, in percentuale, molto maggiore rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P ed S. Inoltre l'ampiezza delle onde di superficie varia con la radice quadrata di r, e non con r come avviene per le onde di corpo. Le onde di Rayleigh presentano una velocità del 90% circa rispetto a quella delle onde di taglio.

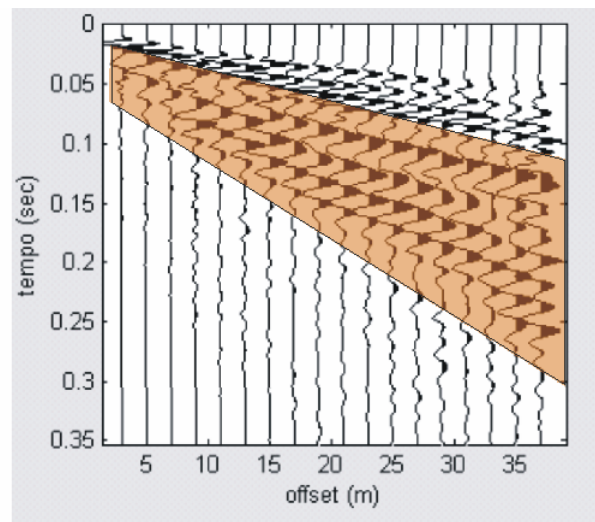
In presenza di un semispazio omogeneo, la velocità di tali onde non varia in funzione della frequenza, non si ha cioè *dispersione*, la deformazione di un treno di onde dovuta alla variazione della velocità di propagazione in funzione della frequenza. Questa deformazione si manifesta invece quando il terreno presenti una stratificazione; la velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda viene influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino a una profondità dell'ordine di  $\lambda/2$  circa.

Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Quindi una metodologia che utilizzi le onde superficiali è in grado di rilevare variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità.

Nel caso che l'obiettivo sia di verificare le caratteristiche delle velocità delle onde S nel terreno, questo tipo di indagine è molto utile, in quanto la Vs è il fattore che governa le caratteristiche della dispersione.



mezzo non stratificato



mezzo stratificato = dispersione

Inoltre il metodo non è limitato dalla presenza di inversioni di velocità, e presenta una buona risoluzione. L'indagine secondo la tecnica MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) prevede l'energizzazione mediante sorgente attiva, con registrazione simultanea su 12 o più canali. Vengono utilizzati geofoni a componente verticale sensibili alle basse frequenze (un valore tipico sono 4,5 Hz). La distanza dalla sorgente di energizzazione e il primo ricevitore condiziona  $\Delta x_{max}$ , e quindi la profondità di indagine; anche la lunghezza dello stendimento geofonico è in relazione alla profondità di indagine, mentre la distanza intergeofonica condiziona lo spessore dello strato più sottile rilevabile.

E' importante osservare che nel sismogramma possono comparire diversi tipi di onde: onde di corpo, onde superficiali non piane, onde riverberate dalle disomogeneità superficiali, oltre al rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. Questo comporta una difficoltà aggiuntiva nella "lettura" dello spettro di velocità e quindi nella successiva individuazione della curva di dispersione.

Le onde di corpo sono di solito riconoscibili; le onde superficiali riverberate (back scattered) possono risultare prevalenti in un sismogramma quando siano presenti discontinuità orizzontali. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

In sintesi l'indagine comporta:

- l'acquisizione delle onde superficiali (*ground roll*);
- la determinazione di uno spettro di velocità, con velocità di fase in funzione della frequenza;
- l'identificazione della curva di dispersione, cioè la determinazione dei punti che, sullo spettro di velocità, appartengono a un certo modo di propagazione dell'onda superficiale di Rayleigh;
- l'inversione della curva di dispersione, al fine di ottenere il profilo verticale delle Vs.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando come riferimento la curva di dispersione precedentemente ottenuta. Per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione è necessaria l'assunzione di valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità.

La procedura di inversione utilizzata dal software *winMASW* è legata agli "algoritmi genetici", il quale approccio consente di ottenere risultati più affidabili rispetto ai metodi di inversione basati sulla matrice Jacobiana.

E' estremamente utile, per una interpretazione affidabile, poter disporre di dati di riferimento, sia per fornire uno spazio di ricerca iniziale al processo di inversione, sia per effettuare una "modellazione diretta" di ausilio a un corretto "picking" della curva di dispersione.

#### ATTREZZATURA E METODOLOGIE IMPIEGATE

Per l'indagine in oggetto si è impiegata un'attrezzatura *AMBROGEO "ECHO 12-24/2002 Sismic Unit"*, avente le seguenti caratteristiche:

- . numero di canali: 24
- . sampler interval: 0,296 msec
- . A/D conversion: 16 bit

- . input impedance: 1KOhm
- . Gain: 10 dB – 100 dB (step 1 dB)
- . saturation tension: +/- 2,3 V
- . saturation level: 100 dB
- . distorsion: 0,01%
- . sampler:
  - 25 msec (191 punti)
  - 50 msec (383 punti)
  - 100 msec (756 punti)
  - 200 msec (1530 punti)
  - 400 msec (3060 punti)
  - 1000 msec (7560 punti)
- . sampling: 130 microsec
- . filter low pass: 50/950 Hz, step 1 Hz
- . digital filter low pass: 1000-50
- . digital filter high pass: 0-250
- . frequency response: 7-950 Hz, filter at 950 Hz
- . dynamic range: 93 dB
- . noise: 0,66 uV RMS, gain = 55 dB
- . crosstalk: 52 dB, gain = 55 dB
- . power: 12 V.

Il software di acquisizione dati è “ECHO 12-24” vers. 7.1. L’attrezzatura è completata da 2 cavi sismici a 12 takes out spazati a 3 m, con connettori *cannon*, montati su rullo, geofoni “Geospace” a 4,5 Hz, cannoncino per cartucce industriali, mazza di battuta da 8 Kg con interruttore starter, geofono starter, cavo trigger da 200 m montato su rullo.

Lo stendimento impiegato per il profilo MASW in oggetto ha le seguenti caratteristiche:

- n. geofoni: 24
- spaziatura fra i geofoni: 2.0 m
- n. shots: sono state effettuate 3 rilevazioni, impiegando esclusivamente la mazza di battuta, a distanza di 6, 8 e 10 metri dalla linea geofonica; per l’elaborazione è stata preferita la rilevazione a 10 m.
- tempo di acquisizione : 1.000 msec.

Il piano di campagna su cui è stato eseguito il profilo è orizzontale.

### INTERPRETAZIONE DEI DATI

Per il processo di interpretazione/inversione è stata utilizzata la curva di dispersione relativa allo “shot” posto a offset di 10 m dalla linea geofonica.

Per l’interpretazione dei dati è stato impiegato il software *winMASW*, il quale consente la determinazione di profili verticali della velocità delle onde di taglio Vs tramite l’inversione delle curve di dispersione ottenute, effettuata con algoritmi “genetici”. Tale programma è in grado di operare sui records in formato *SGY* prodotti dalla strumentazione *Ambrogeo* secondo la procedura specifica descritta nel capitolo introduttivo.

Come già accennato, per dare uno spazio di ricerca significativo al processo di inversione ci si è basati anche sul contesto geolitologico locale.

I diagrammi ed il report relativi al procedimento di elaborazione ed inversione sono allegati alla presente relazione. Sono stati individuati 4 strati a differente velocità Vsh:

Secondo il modello medio

strato	1	2	3
VSh (m/sec)	174	178	202
spessore (m)	3.4	4.6	



Secondo il modello migliore

strato	1	2	3
VSh (m/sec)	173.76	178.74	198.90
spessore (m)	3.76	4.66	

Quindi, con i dati suddetti, per la zona di indagine (da p.c.) si ha :

- VS30 del modello medio: 194 m/sec
- VS30 del modello migliore: 192 m/sec

il che corrisponde, data l'assenza di inversioni di velocità e il graduale aumento di velocità, ad un possibile suolo di fondazione "C" secondo le categorie definite dalla N.T.C.

**ALLEGATO :**

- *Report di calcolo*
- *Ubicazione area in oggetto*

**Livorno, febbraio 2014.**

## ***SAN GIULIANO TERME, Ghezzano UTOE 34, Comparto 5***

### **ELABORAZIONE DATI SISMICI**

-----  
 Dispersion curve: number of frequency-velocity points=6  
 winMASW 4.1 Standard - Surface Wave Analysis  
 via MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves  
 -----

#### **==o== SECTION#1**

dataset: 10.sgy  
 minimum offset (m): 10  
 geophone spacing (m): 2  
 sampling (ms): 0.131  
 Dispersion curve: pick10.cdp  
 Number of individuals: 30  
 Number of generations: 41  
 Adopted search space (minimum Vs & thickness): 160    2    160    3    180  
 Adopted search space (maximum Vs & thickness): 200    4    220    6    300  
 Adopted Poisson values: 0.35        0.35        0.35  
 Output folder: C:\WINMAS~1\output

#### **==o== SECTION#2**

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits:	-9.0518    -2.741
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits:	-8.1984    -2.741
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits:	-6.4586    -2.741
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits:	-6.7494    -2.741
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits:	-6.5925    -2.741
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits:	-6.4406    -2.6383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits:	-5.8161    -2.6383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits:	-6.0321    -2.6383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits:	-6.0004    -2.6383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits:	-5.4874    -2.6383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits:	-6.0044    -2.6383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits:	-5.9076    -2.6383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits:	-5.2296    -2.6383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits:	-4.6227    -2.6383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits:	-4.4901    -2.6383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits:	-4.9299    -2.6383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits:	-5.0813    -2.6383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits:	-4.989     -2.6383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits:	-4.6467    -2.6383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits:	-5.836     -2.6383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits:	-5.7804    -2.6383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits:	-5.4636    -2.6383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits:	-6.0995    -2.6383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits:	-6.0796    -2.6257
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits:	-4.6826    -2.6257
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits:	-5.142     -2.6257
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits:	-5.0294    -2.6257
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits:	-6.2715    -2.6257
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits:	-5.6088    -2.6257
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits:	-4.8057    -2.6257
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits:	-4.2454    -2.6156
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits:	-4.334     -2.6156
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits:	-4.3167    -2.6156
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits:	-4.5606    -2.6156



Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -5.2911 -2.6156  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -4.7685 -2.6156  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -4.2519 -2.6156  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -4.4542 -2.6156  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -5.8292 -2.6156  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -4.9424 -2.6156  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -4.4242 -2.6001

Checking the new search space (for the finer search)

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -5.5612 -2.6001  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -5.9197 -2.6001  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -5.0723 -2.6001  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -5.7809 -2.6001  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -5.4337 -2.6001  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -5.7109 -2.6001  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -6.057 -2.5999  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -6.3078 -2.5999  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -5.8584 -2.5999  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -6.0988 -2.5999  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -6.3359 -2.5999

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 174 179 199  
 Poisson: 0.35 0.35 0.35  
 Thickness (m): 3.8 4.7

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vp & Density - generation: 1; average & best misfits: -2.6174 -2.5817  
 Optimizing Vp & Density - generation: 2; average & best misfits: -2.6033 -2.5816  
 Optimizing Vp & Density - generation: 3; average & best misfits: -2.5986 -2.5816  
 Optimizing Vp & Density - generation: 4; average & best misfits: -2.5982 -2.5797  
 Optimizing Vp & Density - generation: 5; average & best misfits: -2.6022 -2.5797  
 Optimizing Vp & Density - generation: 6; average & best misfits: -2.6008 -2.5795  
 Optimizing Vp & Density - generation: 7; average & best misfits: -2.5961 -2.5795  
 Optimizing Vp & Density - generation: 8; average & best misfits: -2.593 -2.5795  
 Optimizing Vp & Density - generation: 9; average & best misfits: -2.5981 -2.5795  
 Optimizing Vp & Density - generation: 10; average & best misfits: -2.5929 -2.579  
 Optimizing Vp & Density - generation: 11; average & best misfits: -2.5873 -2.5788

Number of models considered to calculate the average model: 57

#####

RESULTS winMASW 4.1 Standard

#####

Dataset: 10.sgy

Analyzed curve: pick10.cdp

### ==o== SECTION#3

#### MEAN MODEL

VS (m/s): 174 178 202  
 Standard deviations (m/s): 2 6 11  
 Thickness (m): 3.4 4.6  
 Standard deviations (m): 0.6 0.7  
 Approximate values for Vp, density & elastic moduli  
 Vp (m/s): 356 383 423  
 Density (gr/cm3): 1.80 1.82 1.85  
 Vp/Vs ratio: 2.05 2.15 2.09  
 Poisson: 0.34 0.36 0.35

Young modulus (MPa):	147	157	204
Sjear modulus (MPa):	55	58	75
Lamé (MPa):	119	152	180
Bulk modulus (MPa):	156	190	230

Fundamental mode - Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
4.95864	182.7619
9.7307	173.7187
15.3704	167.0684
25.2399	163.8886
39.0138	162.88
49.6425	162.6453

#### ==o== SECTION#4

##### BEST MODEL

Vs (m/s):	173.7606	178.6408	198.9064
thickness (m):	3.7581	4.6575	
Approximate values for Vp, density & elastic moduli			
Vp (m/s):	349	403	447
Density (gr/cm3):	1.80	1.83	1.86
Vp/Vs ratio:	2.01	2.25	2.25
Poisson:	0.33	0.38	0.38
Young modulus (MPa):	145	162	203
Shear modulus (MPa):	54	59	74
Lamé (MPa):	110	180	224
Bulk modulus (MPa):	147	220	273

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode - best model

F(Hz)	VR(m/s)
4.95864	180.5389
9.7307	172.183
15.3704	166.3591
25.2399	163.3793
39.0138	162.381
49.6425	162.1742

#### ==o== SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 35 m

Inversion quality: very good

VS5 (mean model): 175 m/s

VS5 (best model): 175 m/s

VS20 (mean model): 191 m/s

VS20 (best model): 189 m/s

VS30 (mean model): 194 m/s

VS30 (best model): 192 m/s

#### ==o== SECTION#6

For the Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT30 < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero  $NSPT30 < 15$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $VS > 800$  m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero  $10 < cu_{S30} < 20$  kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

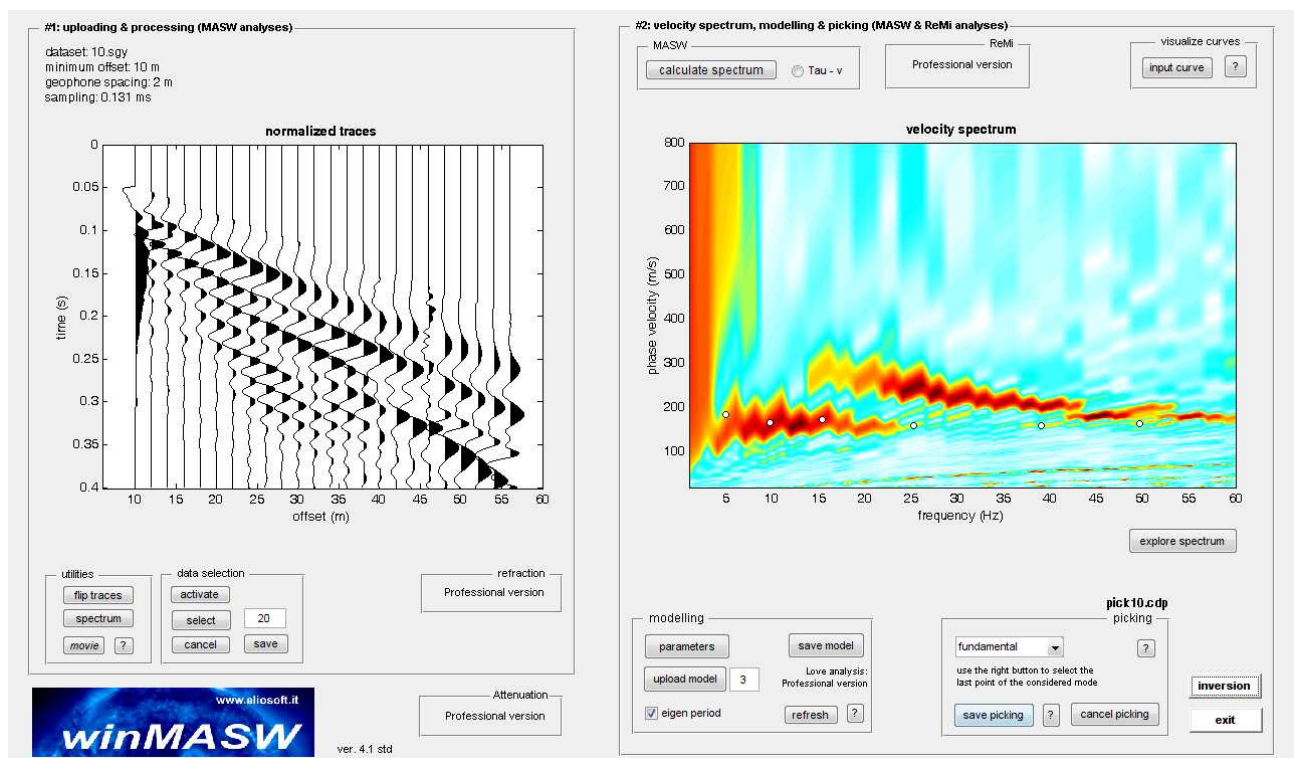
S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

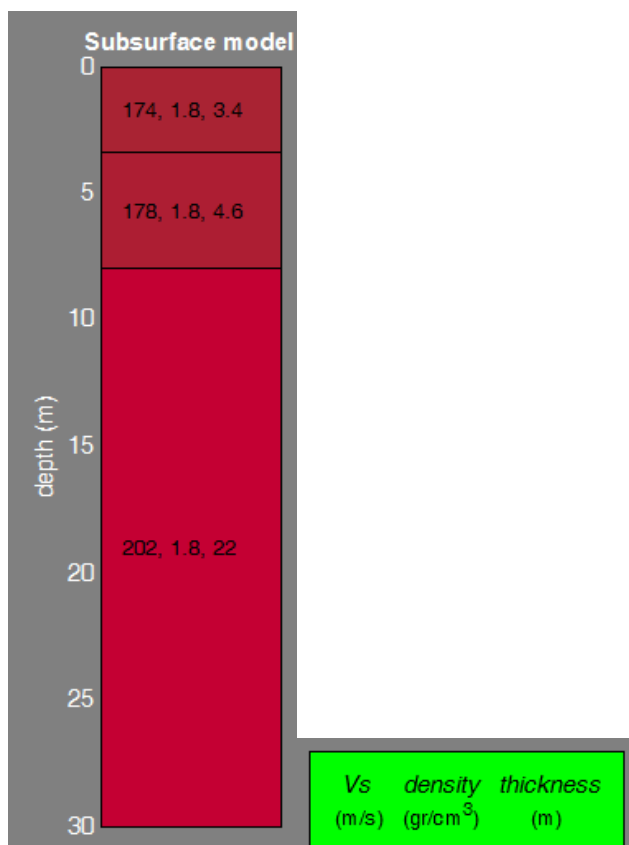
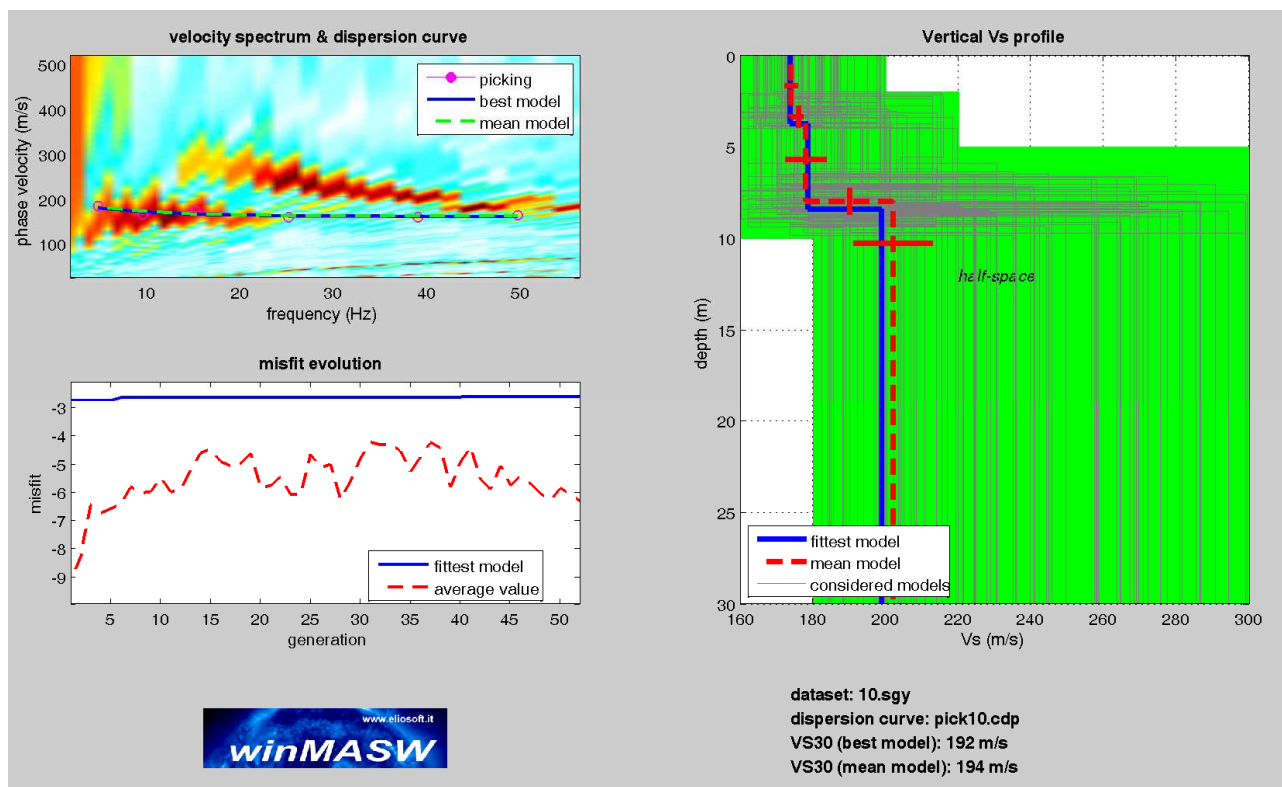
Results saved in the folder "C:\WINMAS~1\output".

=====

winMASW 4.1 Standard - Surface Wave Analysis - Multichannel Analysis of Surface Waves

[www.eliosoft.it](http://www.eliosoft.it)

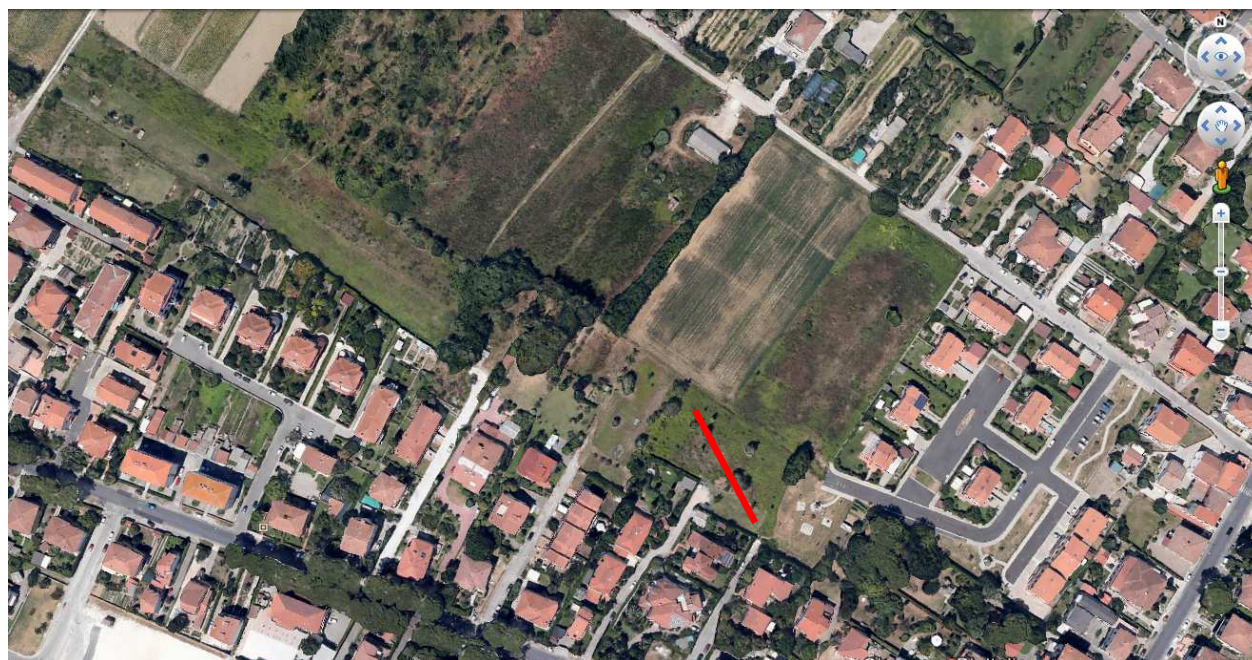








*Centralina di acquisizione dati simici*



*Ubicazione prova sismica “masw” presso Ghezzano UTOE 34, comparto 5 (linea rossa),  
immagine da Google Earth*



# COMUNE DI SAN GIULIANO TERME (PI)

Committente:  
EDIFOR s.r.l.

UTOE 34-GHEZZANO-COMPARTO 5 PIANO DI LOTTIZZAZIONE  
PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE  
RELAZIONE di FATTIBILITA'

Carte di pericolosità ai sensi del DPGR 53/R 2011

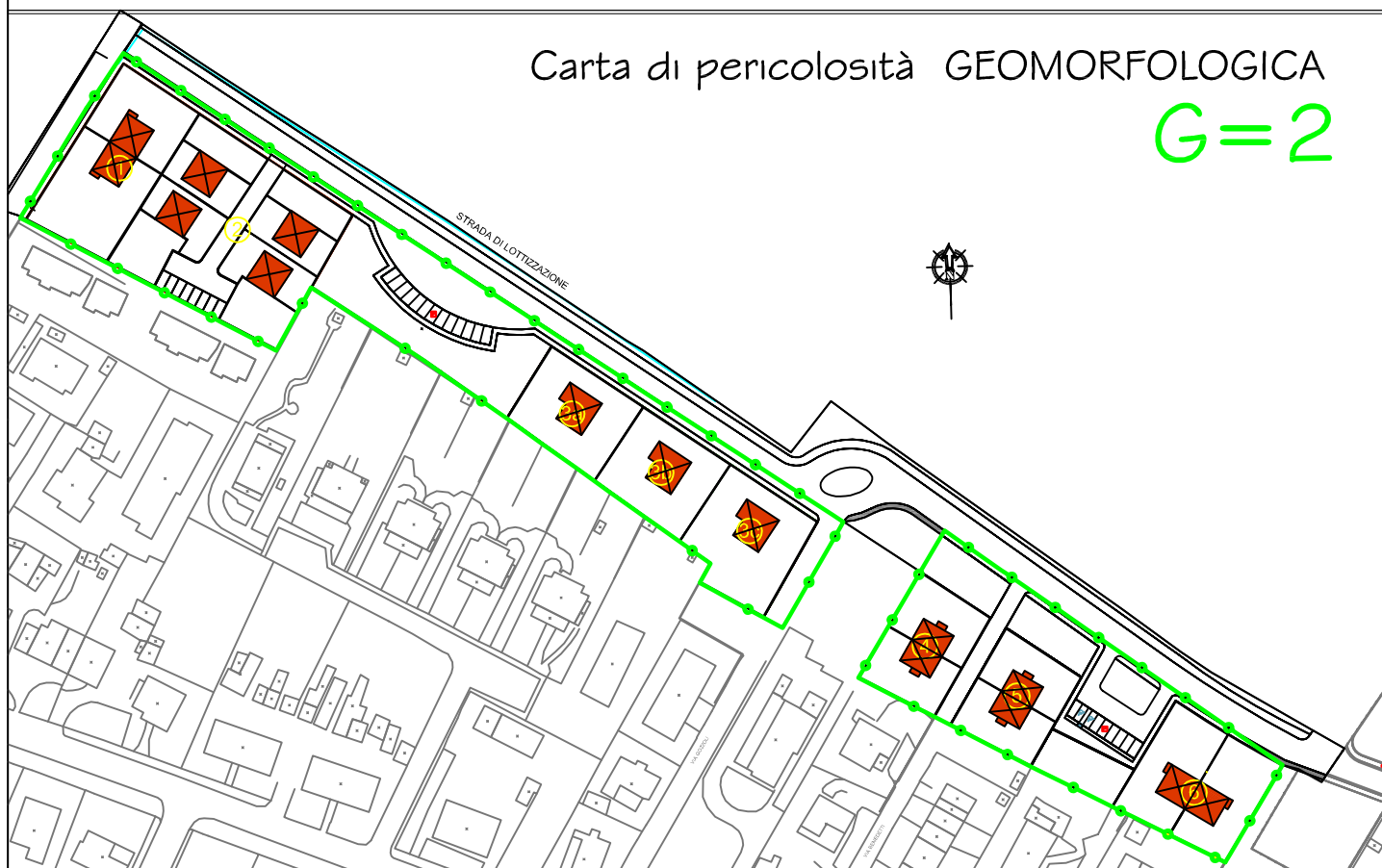
SCALA 1:2.000

Dott.Geol.Giorgio Della Croce

Piazza della Vittoria 47 - 57125 Livorno

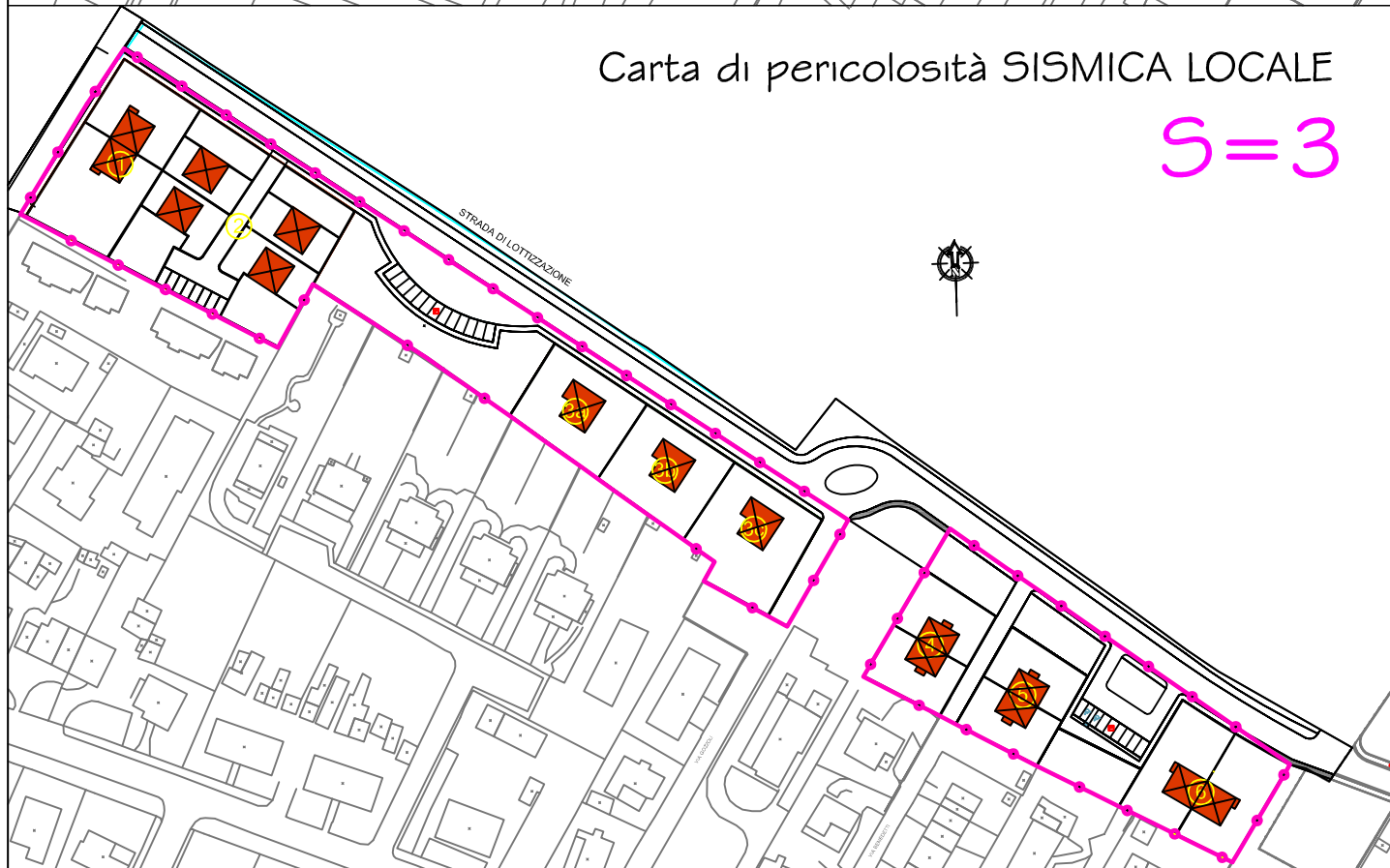
## Carta di pericolosità GEOMORFOLOGICA

G=2



## Carta di pericolosità SISMICA LOCALE

S=3



# COMUNE DI SAN GIULIANO TERME (PI)

Committente:  
EDIFOR s.r.l.

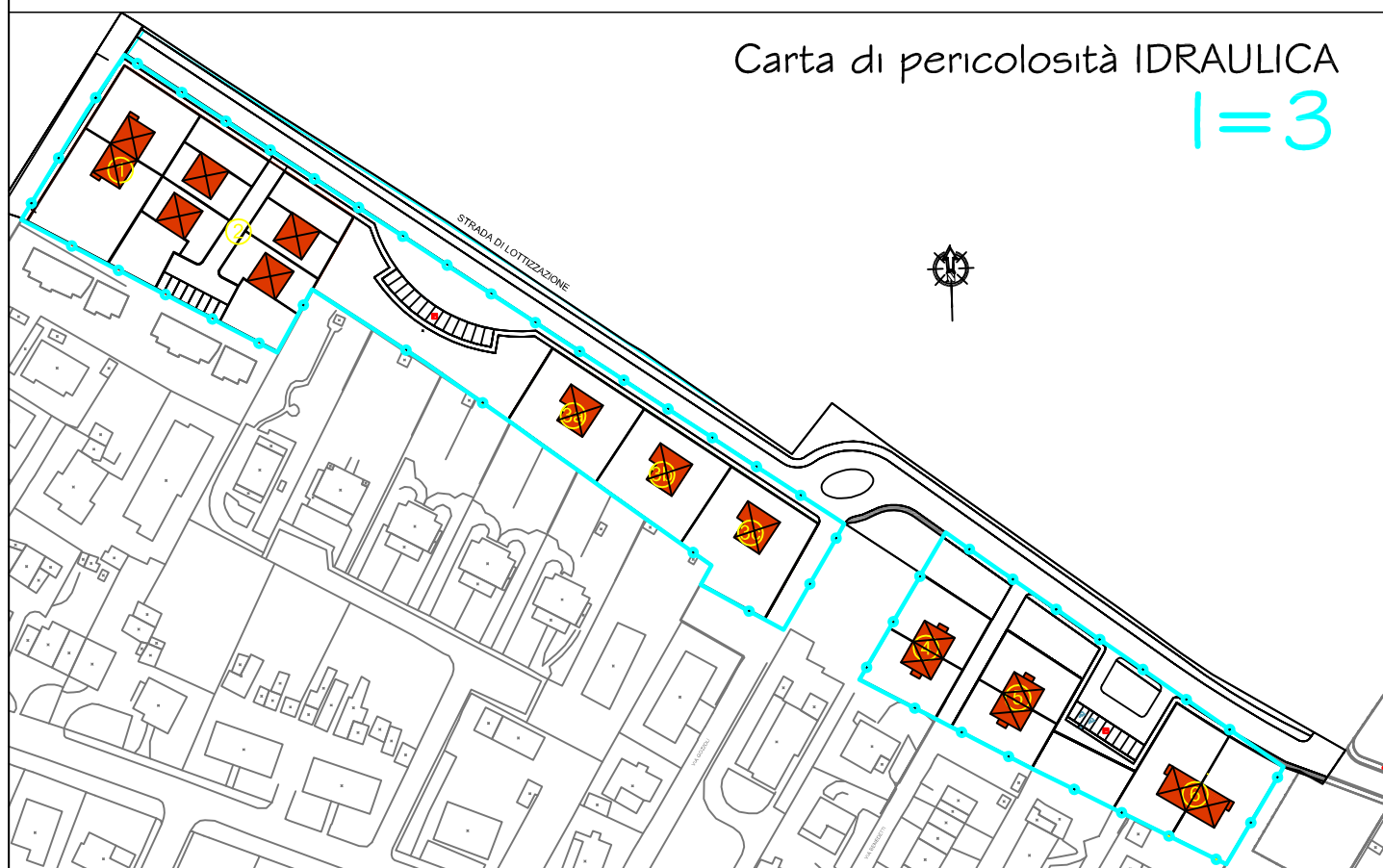
UTOE 34-GHEZZANO-COMPARTO 5 PIANO DI LOTTIZZAZIONE  
PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE  
RELAZIONE di FATTIBILITA'

Carte di pericolosità ai sensi del DPGR 53/R 2011

SCALA 1:2.000

Dott.Geol.Giorgio Della Croce

Piazza della Vittoria 47 - 57125 Livorno





# COMUNE DI SAN GIULIANO TERME (PI)

Committente:  
EDIFOR s.r.l.

UTOE 34-GHEZZANO-COMPARTO 5 PIANO DI LOTTIZZAZIONE  
PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE  
RELAZIONE di FATTIBILITA'

Carta di fattibilità ai sensi del DPGR 53/R 2011

SCALA 1:2.000

Dott.Geol.Giorgio Della Croce

Piazza della Vittoria 47 - 57125 Livorno

Fattibilità condizionata  
 $F=3$

