

Piano di Lottizzazione "Madonna della Legna"

Versione	Aprile	2011

rapporto geologico - geotecnico

Committente	Comune	Località
Zazzi Renata – Gustinelli Vera- Brocchi Alessandro – Brocchi Lorenzo	Sansepolcro	San Lazzaro
Design		
Romolini Federico - Architetto Via del Prucino, n° 57 52037 SANSEPOLCRO (PU)	GE.A.TE.ST Via Don Bramante Ligi, 10 61030 Canavaccio di URBINO ☎ +39 0 722 532 83 ☎ +39 338 636 57 45 www.studiomontini.com ✉ info@studiomontini.com	
		Data 28 Aprile 2011

INDICE

1		Schede di fattibilità dell'intervento programmato	Pag.	3
	2.0	Premessa	Pag.	7
	2.1	Riferimenti geografici	Pag.	8
	2.2	Quadro Conoscitivo di Riferimento	Pag.	10
	2.3	Caratteristiche Geologiche e Geomorfologiche	Pag.	11
	2.4	Caratteristiche Stratigrafico Strutturali del Sottosuolo	Pag.	12
	2.5	Caratterizzazione Stratigrafico Geotecnica	Pag.	13
	2.6	Caratterizzazione Geomeccanica	Pag.	17
	2.7	Elementi Litotecnici	Pag.	18
	2.8	Aspetti Geomorfologici	Pag.	19
	2.9	Aspetti Idraulici	Pag.	20
	3.0	Aspetti idrogeologici	Pag.	21
	3.1	Pericolosità Geomorfologica	Pag.	22
	3.2	Pericolosità Idraulica	Pag.	22
	4.0	Azione sismica	Pag.	23
	4.1	Indagini geofisiche	Pag.	24
	4.2	Strumentazione utilizzata	Pag.	24
	4.3.1	Simica a rifrazione – cenni teorici	Pag.	26
	4.3.2	Principali limiti della simica a rifrazione	Pag.	27
	4.3.3	Geometria dei rilievi	Pag.	27
	4.3.4	Risultati della simica a rifrazione	Pag.	27
	4.4.1	Analisi svolta con le onde superficiali masw – cenni teorici	Pag.	29
	4.4.2	Risultati elaborazione metodo masw	Pag.	30
	4.4.3	Caratterizzazione geodinamica del sito indagato	Pag.	31
	5.0	Categoria sismica del terreno	Pag.	31
	6.0	Aree a Pericolosità Sismica Locale ZMPSL	Pag.	32
	7.0	Fattibilità dell'intervento in relazione agli aspetti geomorfologici	Pag.	33
	7.1	Fattibilità dell'intervento in relazione agli aspetti idraulici	Pag.	33
	7.2	Condizioni di Fattibilità	Pag.	33
	8.0	Considerazioni conclusive	Pag.	34

ALLEGATI

Corografia Generale	Sc.	1:25.000
Corografia Particolare	Sc.	1:2.000
Carta Geologica	Sc.	1:2.000
Carta Litotecnica	Sc.	1:2.000
Carta Geomorfologica	Sc.	1:10.000
Carta Idrogeologica	Sc.	1:10.000
Carta delle Pendenze	Sc.	1:2.000
Carta delle pericolosità Geomorfologiche	Sc.	1:2.000
Carta delle Aree a pericolosità Idraulica	Sc.	1:2.000
Zone a maggior pericolosità sismica locale ZMPSL	Sc.	1:2.000
Legenda - Zone a maggior pericolosità sismica locale	Fogli	n. 1
Carta della Fattibilità	Sc.	1:2.000
Planimetria Catastale	Sc.	1:2.000
Grafici Sondaggi Penetrometrici	Fogli	n. 16
Sezione geologica A-A' – B-B'	sc	1:500 1:1.000
Sezione geomeccanica A-A' – B-B'	sc	1:500 1:1.000

SCHEDE DI FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO PROGRAMMATO

1.1 Tipologia di previsione urbanistica:

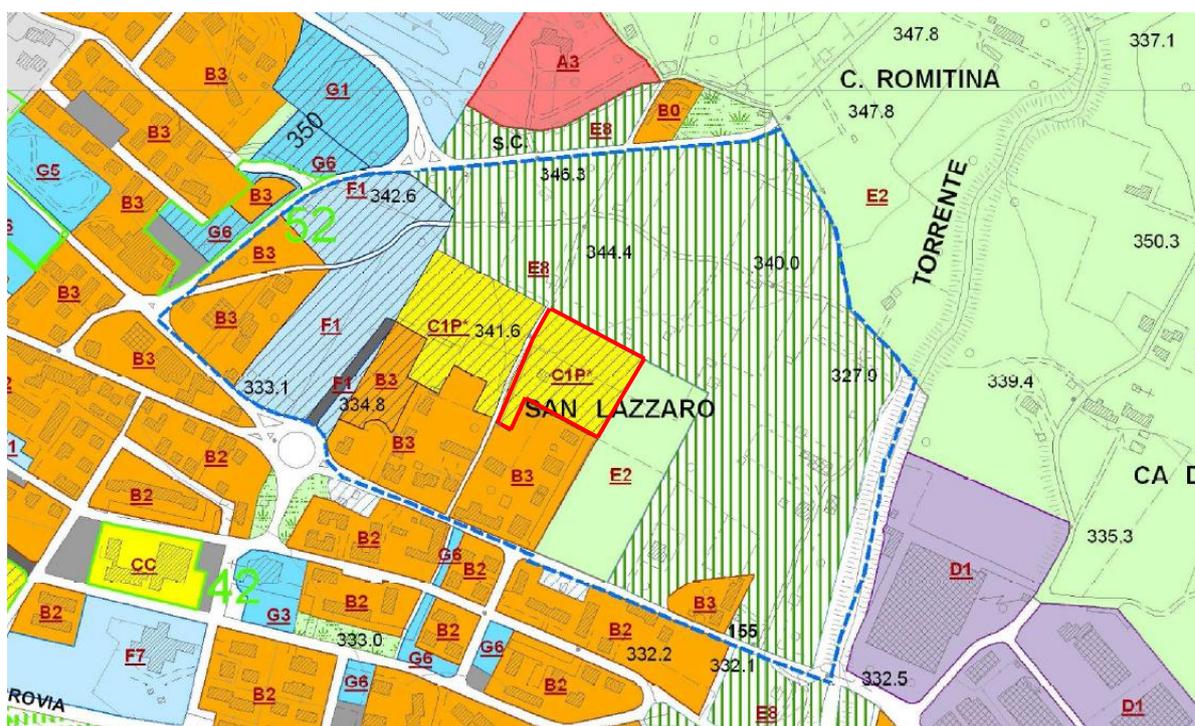


Fig. 1 – Estratto PS Vigente – Fonte PS Sansepolcro – INSULA C1P

1.2 Geologia dell'area - PS vigente

Dal punto di vista geologico il sito è caratterizzato da terreni appartenenti ad un cono di deiezione.

Tale cono è riconducibile all'azione congiunta della forza di gravità e delle acque ruscellanti che, provenendo dalla prossima catena appenninica, una volta raggiunto il fondovalle, per effetto della riduzione di velocità, depositavano quanto prima eroso.

Considerazioni geostrutturali rendono plausibile un'interdigitazione fra i depositi di conoide ed i sedimenti alluvionali dell'Afra.

Le litologie afferenti a tali ambienti sedimentari sono ascrivibili a terreni con fuso granulometrico compreso fra le argille, le sabbie e le ghiaie.

Le granulometrie fini, prevalentemente argillose, si alternano a sabbie con ciottoli di ghiaia e detriti talora poco elaborati.

I depositi di cui trattasi, di spessore nell'ordine delle decine di metri, sovrastano un bedrock marnoso ascrivibile ai termini miocenici della serie umbro-marchigiana.

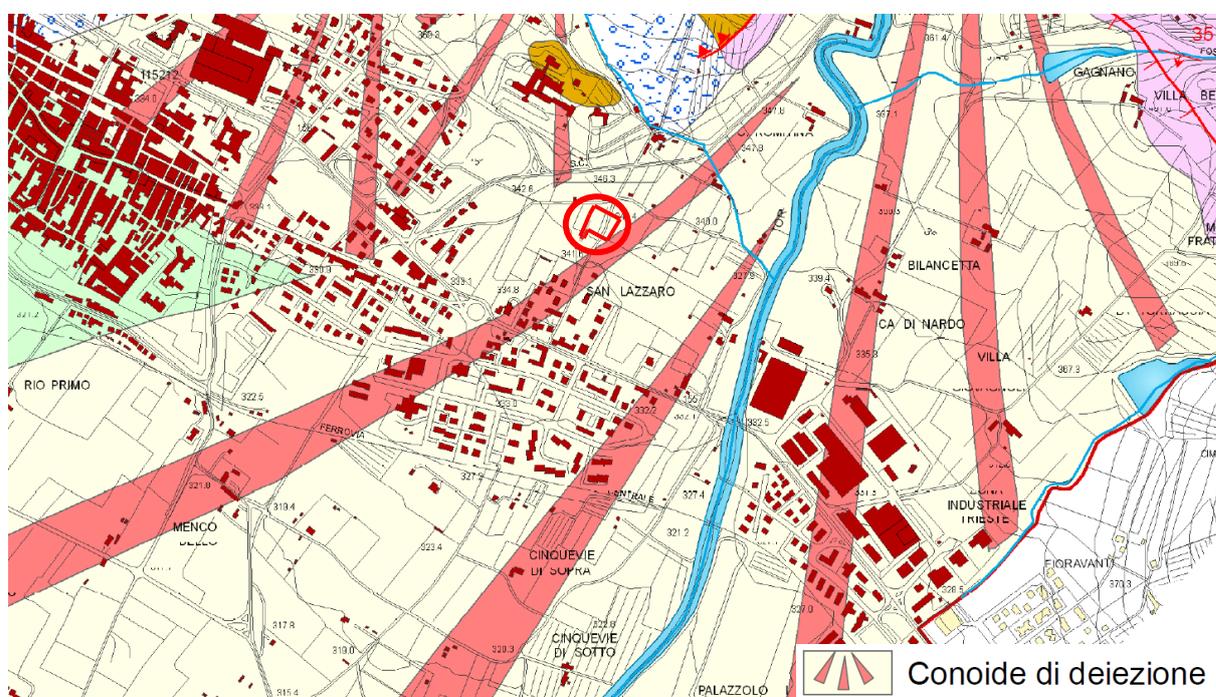


Fig. 2 – Carta Geologica – Fonte PS Sansepolcro

1.3 Sismicità dell'area

Zona 2 - $a_g = 0.25 g$.

Prescrizioni previste dall'OPCM 20103/2003 n. 3274.

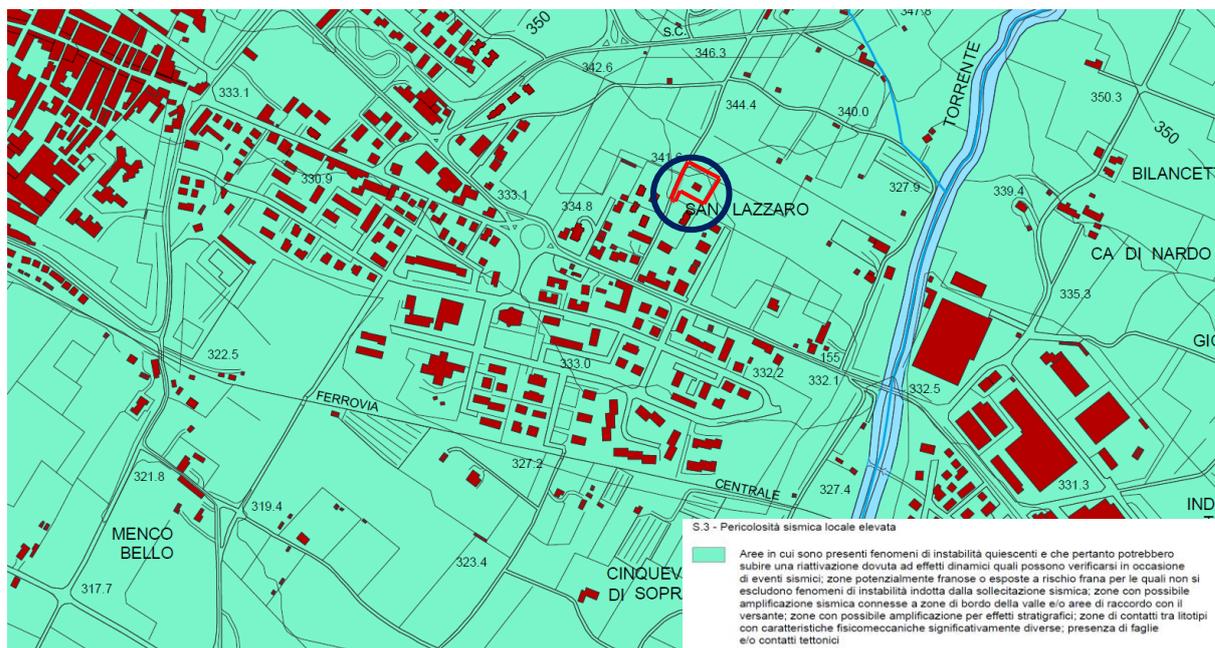


Fig. 3 - Pericolosità sismica - Fonte P.S. Sansepolcro

1.4 Caratteristiche geologico-geotecniche

L'intervento è inserito in un'area con caratteristiche geotecniche buone.

I lotti limitrofi risultano edificati con fabbricati aventi le stesse caratteristiche strutturali di quelli che troveranno collocazione nel sito d'esame. Al di sotto della copertura eluviale, sono presenti terreni appartenenti ai depositi di conoide disposti in strati ad andamento lenticolare con fuso granulometrico compreso dalle argille alle sabbie.



Fig. 4 - Veduta aerea - Fonte Google

1.5 Pericolosità geomorfologiche - PS vigente

Nello strumento urbanistico comunale l'area è inserita in Classe 2: pericolosità media.

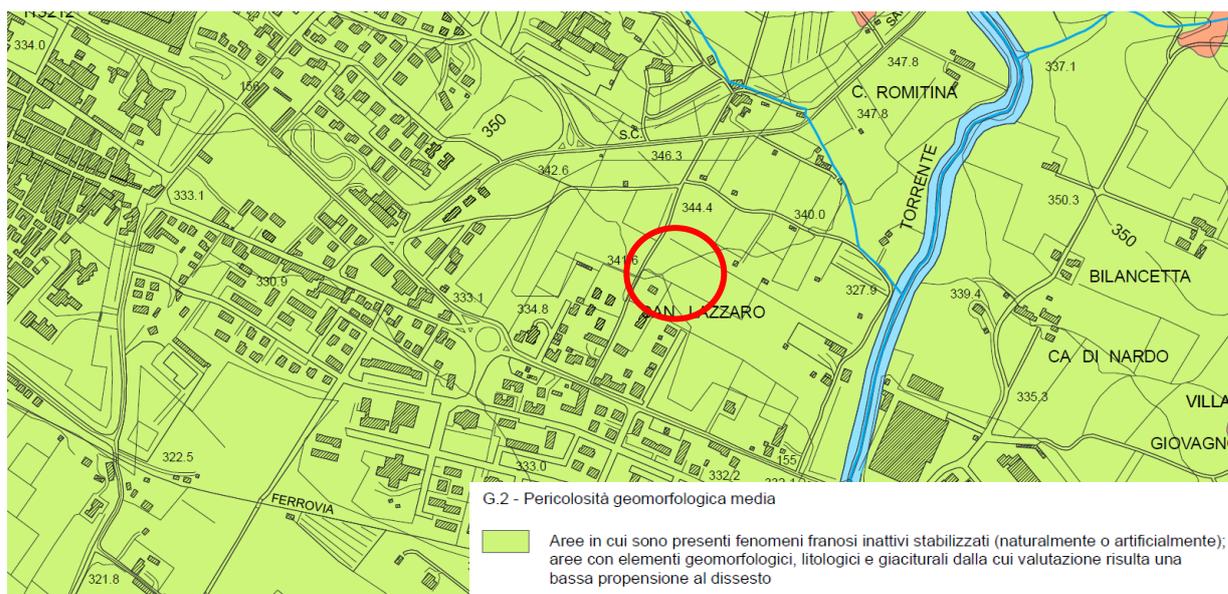


Fig. 5 - Carta delle Pericolosità Geomorfologiche – Fonte PS Sansepolcro

1.6 Pericolosità idrauliche - PS vigente

L'area risulta confinata nella piana alluvionale che si sviluppa in sinistra orografica del Fiume Tevere che scorre ad oltre 4.0Km a Sud Ovest ed in destra del Torrente Afra che scorre a circa 350 mt ad Est. Il torrente Afra è un corso d'acqua che potenzialmente costituisce rischio di inondazione, tuttavia le possibilità di interazione con l'area in esame sono remote e riconducibili ad eventi catastrofici. L'area si trova ad una quota superiore rispetto alla sommità delle arginature del Torrente Afra di oltre 10 mt.

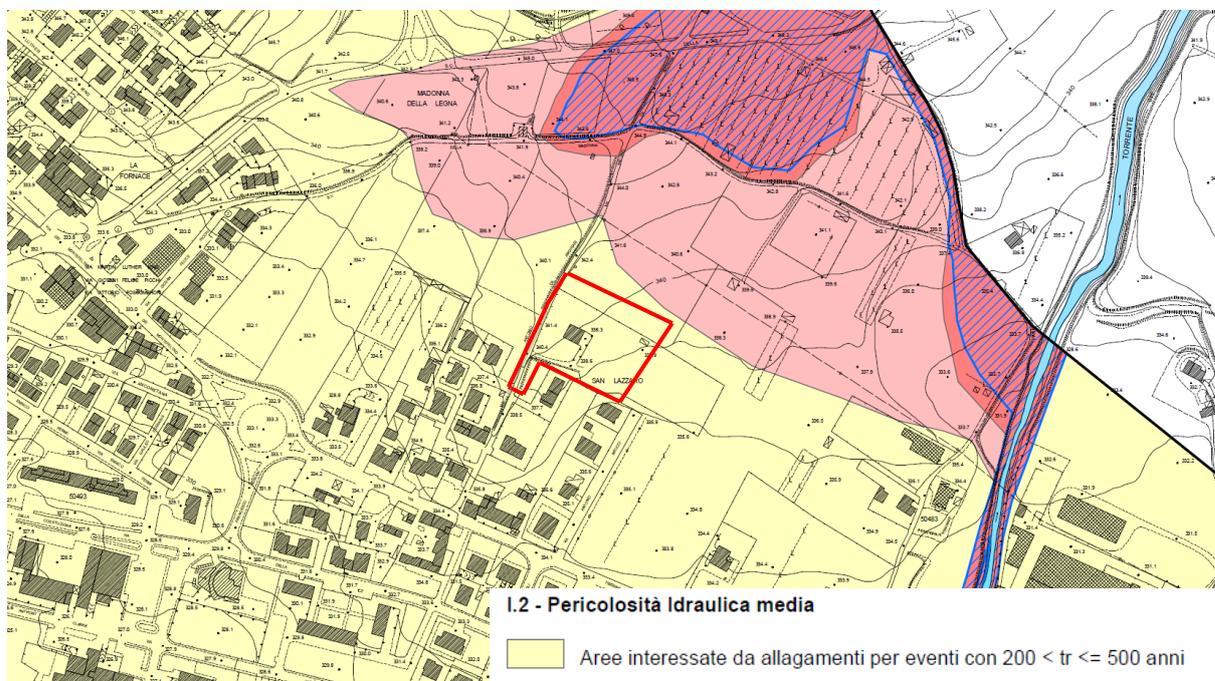


Fig. 6 – Carta della Pericolosità idraulica – Fonte PS Sansepolcro

Il livello di pericolosità idraulica, dalla modellazione idraulica posta a supporto del Piano Strutturale, individua una pericolosità media con possibili allagamenti aventi un tempo di ritorno fra 200 e 500 anni.

1.7 Fattibilità

Classe di Fattibilità 2 - Fattibilità normale.

Gli interventi ricadenti in tale classe saranno preceduti da indagini geognostiche ai sensi del D.M. 14/01/2008.

1.8 Idrogeologia

Nell'area esiste una circolazione idrica sotterranea.

Da notizie raccolte in loco è ipotizzabile la presenza di una prima falda idrica a circa -10÷15m dal p.c.

PRESCRIZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO-GEOTECNICO

- Verificare la presenza della falda superficiale fino alla profondità di eventuali scavi e indicare l'ordine di grandezza dell'oscillazione stagionale.

1.9 Caratteri idrologico-idraulici

Il Torrente Afra è l'unico elemento a costituire potenzialmente ipotesi di rischio, tuttavia le sue possibilità di interazione con l'area sono remote e riconducibili ad eventi catastrofici in quanto sia per la sezione di deflusso e sia le altimetrie del terreno sono tali da non far prevedere l'inondabilità dell'area in esame.

1.10 Fonti di rischio idraulico

- * Fiume Tevere (rischio assente)
- * Torrente Afra (rischio remoto)

2.0 Premessa

A supporto del Piano di lottizzazione “Madonna della Legna” in località San Lazzaro del Comune di Sansepolcro (AR), è stato eseguito uno studio di fattibilità delle nuove previsioni, tenendo conto anche del quadro ambientale di cui si fa riferimento ai supporti geologici dello strumento urbanistico comunale.

L’area, per la cui esatta ubicazione si rimanda alla cartografia allegata, si pone nelle immediate adiacenze di una zona urbanizzata.



Fig. 7 – Veduta sito d’interesse - Fonte Google

La relazione è redatta ai sensi della LR. 27 Aprile 2007, n. 26/R - Regolamento di attuazione della Legge Regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) - in materia di indagini geologiche.

Il progetto, come descritto nella relazione tecnica redatta dai progettisti, ha per obiettivo la riqualificazione urbanistica dell’area mediante la realizzazione di una serie di edifici a destinazione residenziale.

Poiché le previsioni urbanistiche, sotto un profilo formale, costituiscono variante al Piano Strutturale vigente è necessario produrre una cartografia tematica redatta ai sensi della L.R. 26/R del 27 aprile 2007, che consiste nell’adeguamento delle cartografie di piano esistenti mediante l’applicazione dei nuovi criteri di interpretazione dei fenomeni geomorfologici, idraulici e sismici che portano alla definizione di nuove classi di pericolosità.

La presente relazione analizza le condizioni di fattibilità geologica delle previsioni progettuali e individua le principali problematiche geotecniche, geomorfologiche e idrogeologiche interagenti con le stesse.

2.1 Riferimenti geografici

L'area, per la cui esatta ubicazione si rimanda alla cartografia allegata, si trova nella porzione di territorio compresa fra Via Antonio da Anghiari e Via Tiberina Sud nei pressi della frazione San Lazzaro.

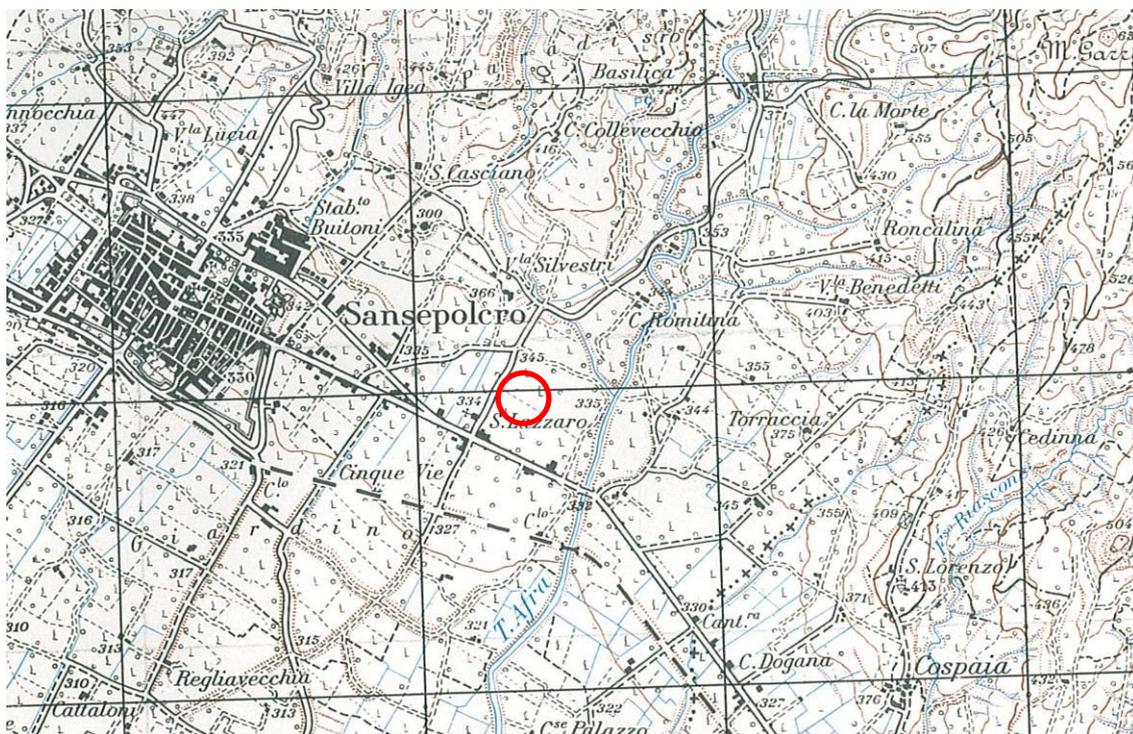


Fig. 8 - Estratto IGM - 1:25.000

Le quote oscillano attorno ai 335.0 ÷ 342.0 m s.l.m.

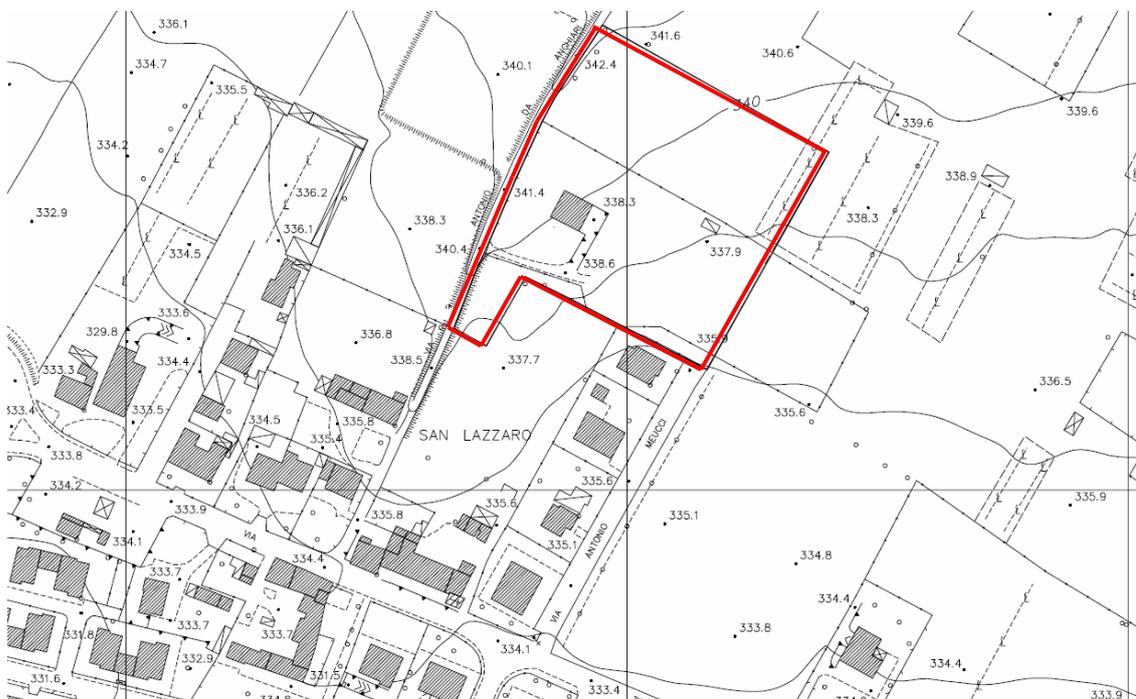


Fig. 9 - Estratto CTR - 1:10.000

L'andamento delle pendenze è contenuto sotto i 5°.

Dal punto di vista catastale, il sito trova riferimento ai mappali n. 189/p, 508/p, 190/p, 1039 e 935 del Foglio n. 71 del N.C.T. del Comune di Sansepolcro (AR).



Fig. 10 – Planimetria catastale scala 1:2.000

2.2 Quadro conoscitivo di riferimento

L'analisi territoriale di riferimento ha preso in esame:

- Studi posti a corredo dello Strumento Urbanistico Comunale
- Esame PTCP – Provincia di Arezzo
- Esame della carta di pericolosità
- Esame della carta del Rischio Idraulico

Sono inoltre stati esaminati i rapporti con le perimetrazioni di pericolosità e conseguenti condizionamenti del P.A.I. dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere.

In un contesto più ampio, il sito si colloca in sinistra orografica del Tevere, al margine esterno della valle tiberina, nella zona di passaggio fra la valle alluvionale ed i primi rilievi che hanno limitato la deposizione spiccatamente alluvionale. Considerazioni geostrutturali rendono plausibile una interdigitazione fra i depositi di conoide ed i sedimenti alluvionali. Le litologie afferenti a tali ambienti sedimentari sono ascrivibili a terreni con fuso granulometrico compreso fra le argille e le ghiaie. Le granulometrie fini, prevalentemente argillose, si alternano a sabbie con ciottoli di ghiaia poco elaborate.

2.4 Caratteristiche stratigrafico – strutturali del sottosuolo

La caratterizzazione stratigrafica e geotecnica preliminare di primo indirizzo alla progettazione è stata ottenuta previa esecuzione di n. 4 sondaggi penetrometrici. Sono inoltre state esaminate le caratterizzazioni sismiche del terreno con metodologia sismica a rifrazione. Relativamente alle penetrometrie è stato utilizzato un penetrometro TG 63-100 prodotto dalla ditta PAGANI GEOTHECNICAL EQUIPMENT semovente, attrezzato per eseguire prove statiche.



Fig. 13 -Sonda Penetrometrica

I risultati di quanto effettuato sono raccolti in apposito report che fa parte integrante della presente relazione.

Prove penetrometriche statiche – CPT

La scelta di tale metodologia di prova per caratterizzare la parte fine o medio-addensata del sottosuolo, è stata effettuata perché questa metodologia di indagine permette di meglio caratterizzare dal punto di vista sia litologico che meccanico, sotto il profilo della resistenza al taglio e della compressibilità, i materiali sedimentari a granulometria fine o sciolti coesivi.

La prova penetrometrica statica C.P.T. è una tecnica d'indagine geognostica che consiste nella misurazione, mediante cella di carico digitale, della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard (punta Begemann), infissa a velocità costante nel sottosuolo con una batteria di aste cave alla cui estremità è collegata la punta stessa.

Le caratteristiche tecniche della punta conica, che dispone di un manicotto per la misurazione della resistenza per attrito laterale, sono le seguenti:

a)	angolo al vertice	60°
b)	diametro	35,7 mm
c)	sezione	10 cm²

Le dimensioni del manicotto sono:

1	diametro	35,7 mm
2	lunghezza	133 mm
3	sezione	150 cm²

Agendo separatamente sulla punta, sulla punta più il manicotto e sull'insieme di aste, è possibile misurare ogni 20 cm di approfondimento i seguenti valori:

1	<i>la resistenza all'avanzamento della sola punta Qc</i>
2	<i>la resistenza all'avanzamento della punta più la resistenza per attrito laterale sul manicotto Qc + Fs.</i>

I risultati delle prove effettuate hanno consentito di elaborare grafici della resistenza statica alla punta (Qc) e laterale (Fs) misurate nel corso delle prospezioni eseguite.

Relativamente alla caratterizzazione geotecnica dei materiali questa ha tenuto conto delle formule di bibliografia (descritte nell'allegato report delle indagini), che consentono la determinazione della coesione non drenata (c_u), angolo di attrito (ϕ), modulo edometrico (Mo), densità relativa (Dr) dei diversi tipi di sedimenti costituenti il sottosuolo. Tali valori sono stati determinati ogni 20 cm di sottosuolo penetrato dalle prospezioni.

2.5 Caratterizzazione stratigrafico - geotecnica

L'elaborazione delle introspezioni effettuate consente di schematizzare la costituzione sedimentologica del sottosuolo secondo una successione di sedimenti di origine alluvionale.

Nel particolare si osserva che gli strati superiori - con granulometrie fini – si caratterizzano per bassi tenori di energia deposizionale e pertanto per processi di tipo eluvio colluviale.

Negli strati più in profondità sono presenti materiali costituiti da limi.

Nel dettaglio l'assetto stratigrafico rilevabile attraverso le terebrazioni effettuate, lungo le verticali di indagine, è così sintetizzabile:

PUNTO DI PROVA n. 1 Modalità Dinamica - Cpt 1

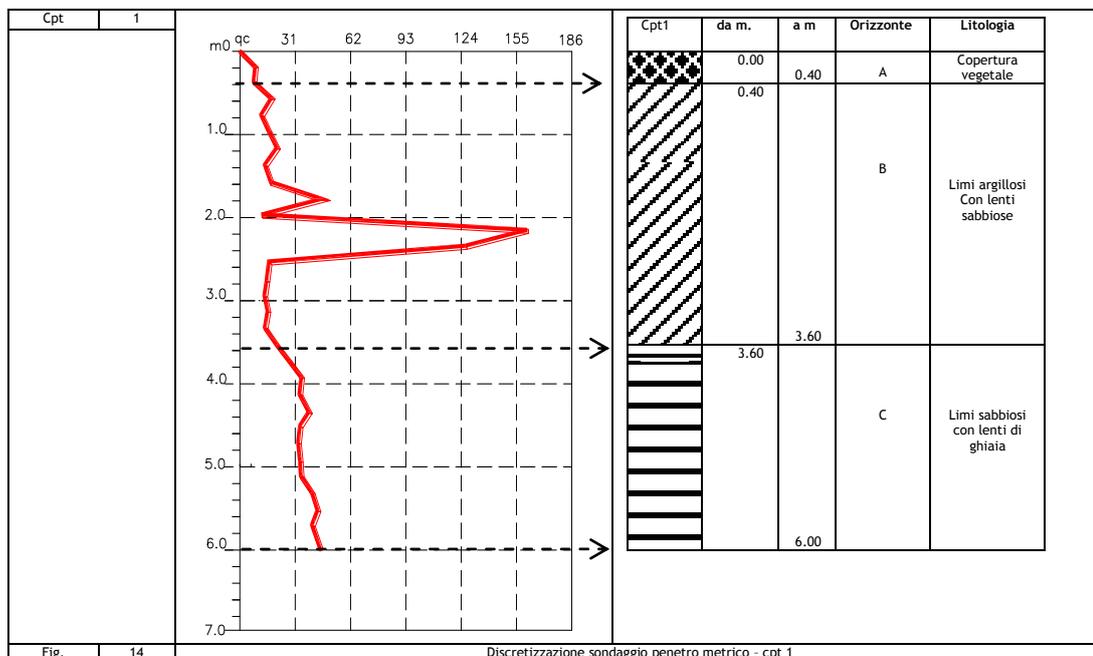
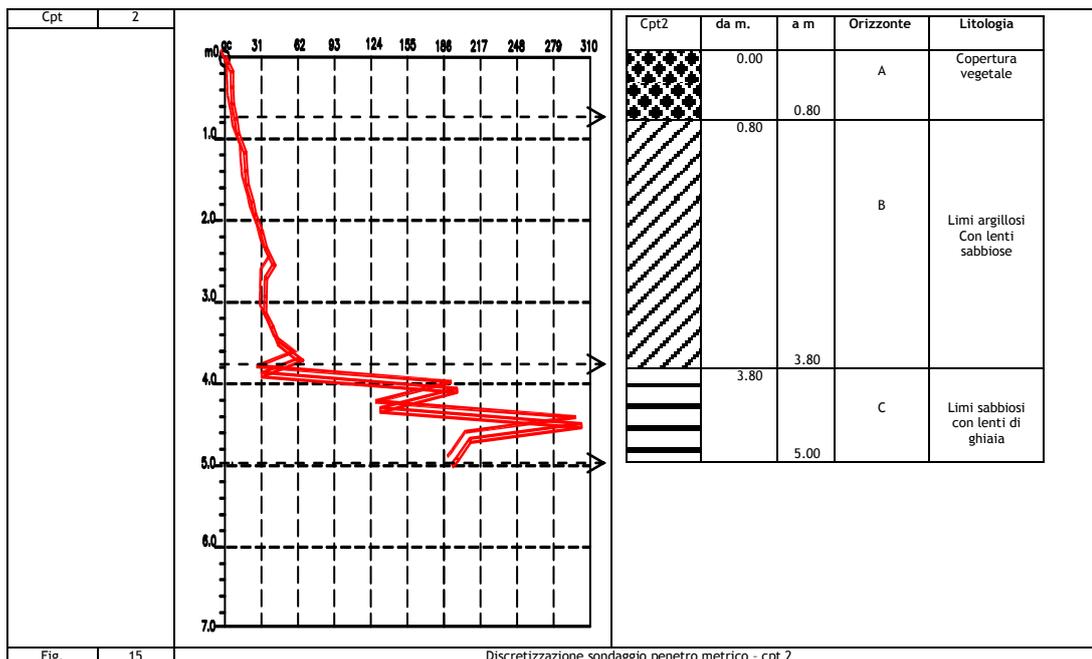


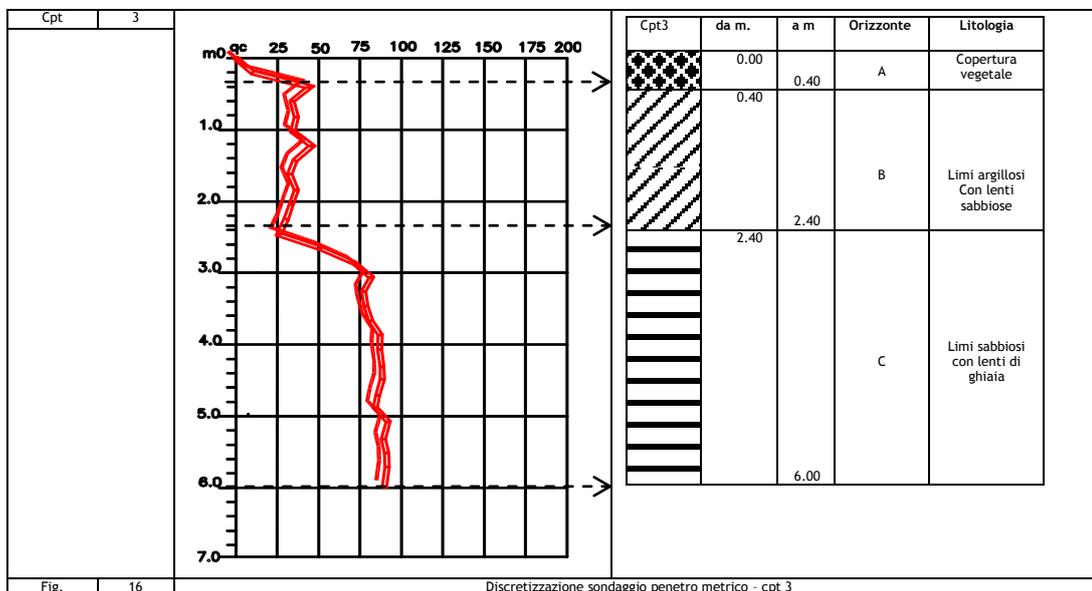
Fig. 14

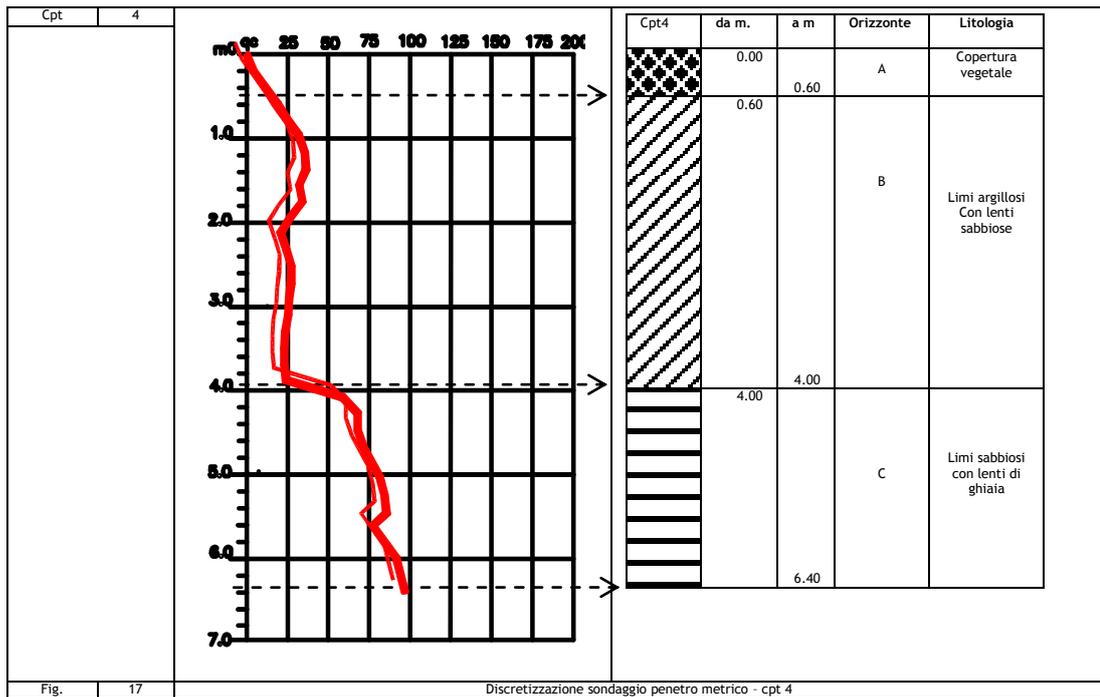
Discretizzazione sondaggio penetrometrico - cpt 1

PUNTO DI PROVA n. 1 Modalità Dinamica - Cpt 2



PUNTO DI PROVA n. 1 Modalità Dinamica - Cpt 3

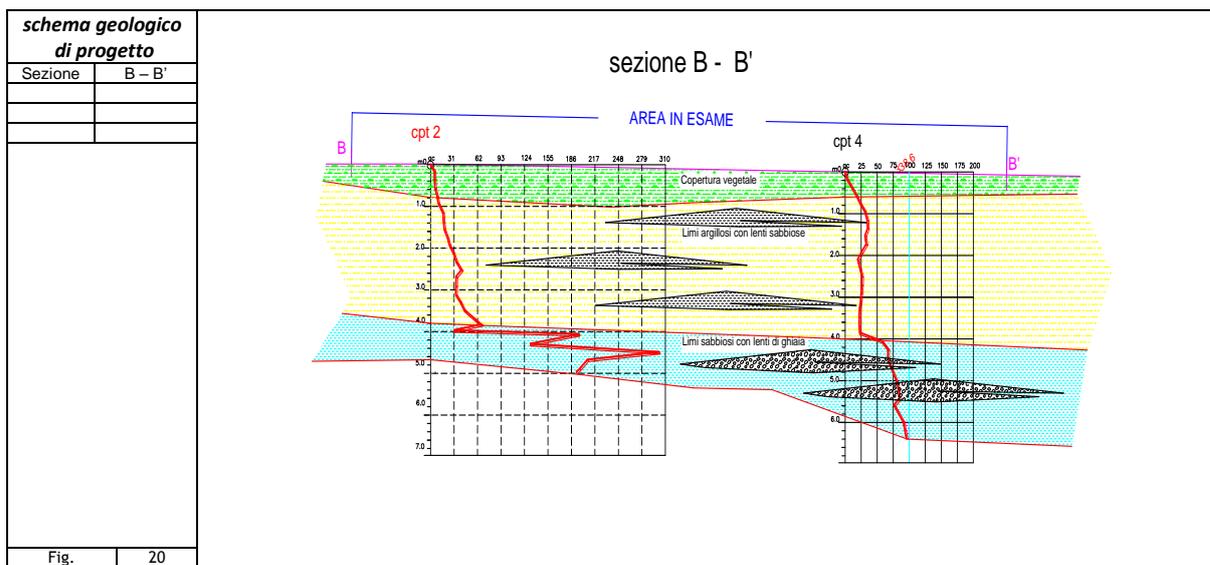
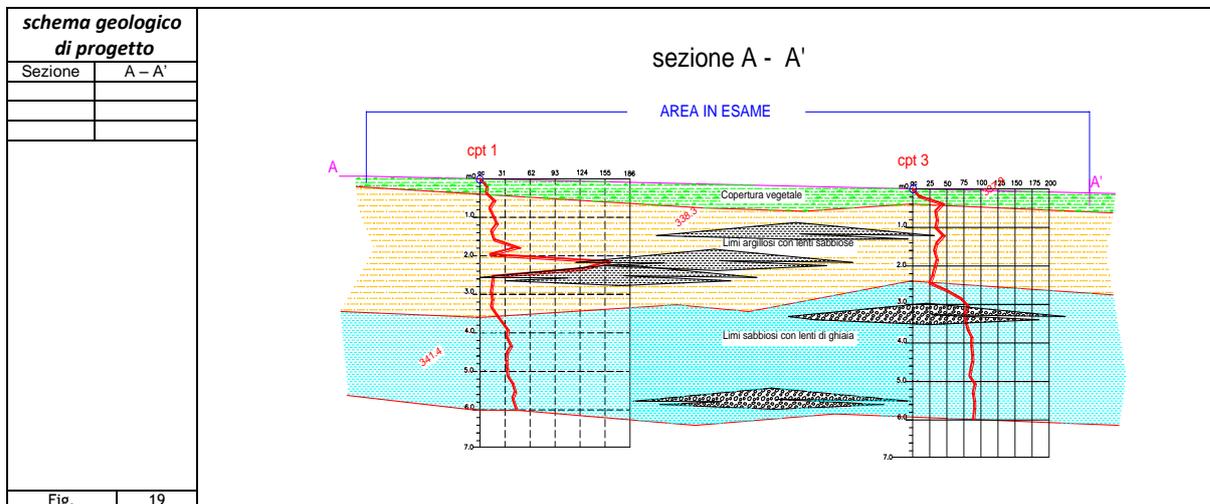




A consuntivo delle introspezioni effettuate si fornisce il seguente modello stratigrafico:

Schema stratigrafico ricostruito in base alle penetrometrie					
Orizzonte	Spessore				Litologia
	Cpt 1	Cpt 2	Cpt 3	Cpt 4	
A	0.00 ÷ 0.40 m	0.00 ÷ 0.80 m	0.00 ÷ 0.40 m	0.00 ÷ 0.60 m	Copertura vegetale
B	0.40 ÷ 3.60 m	0.80 ÷ 3.80 m	0.40 ÷ 2.40 m	0.60 ÷ 4.00 m	Limi argillosi con lenti sabbiose
C	3.60 ÷ 6.00 m	3.80 ÷ 5.00 m	2.40 ÷ 6.00 m	4.00 ÷ 6.40 m	Limi sabbiosi con lenti di ghiaia

Tab.1 - schema stratigrafico di progetto



Gli orizzonti di terreno sopra individuati saranno oggetto di caratterizzazione fisico-meccanica, nei paragrafi successivi.

2.6 Caratterizzazione geomeccanica

Per quanto attiene le caratteristiche geotecniche degli orizzonti di terreno sopra indicati si possono fornire solo parametri di massima, che dovranno essere confermati e/o rivisti tramite specifiche indagini da eseguirsi prima di passare alla fase esecutiva:

Peso dell'Unità di Volume

Il peso dell'unità di volume è determinato partendo dal valore di R_p ed applicando relazioni ottenute sperimentalmente sui litotipi della zona di Sansepolcro.

Peso Unità di Volume	Orizzonte	Litologia	Densità (γ) [g/cm ³]				
			cpt 1	cpt 2	cpt 3	cpt 4	Valori min-max
	A	Copertura	1.85 g/cm ³	1.85 g/cm ³	1.85 g/cm ³	1.85 g/cm ³	1.85 - 1.85 g/cm ³
	B	Limi argillosi	1.85 g/cm ³	1.85 g/cm ³	1.85 g/cm ³	1.85 g/cm ³	1.85 - 1.85 g/cm ³
	C	Limi sabbiosi	1.85 g/cm ³	1.85 g/cm ³	1.85 g/cm ³	1.85 g/cm ³	1.85 - 1.85 g/cm ³
Tab.	2						

Coesione

Per correlare il valore di R_p con quello della c_u , si è utilizzata la relazione di De Beer, che consente di calcolare la coesione non drenata apparente, cioè la resistenza al taglio dei terreni a comportamento coesivo.

Peso Unità di Volume	Orizzonte	Litologia	Coesione (c_u) [kg/cm ²]				
			cpt 1	cpt 2	cpt 3	cpt 4	Valori min-max
	A	Copertura	0.45 Kg/cm ²	0.35 Kg/cm ²	0.95 Kg/cm ²	0.57 Kg/cm ²	0.35 - 0.95 Kg/cm ²
	B	Limi	0.72 Kg/cm ²	1.10 Kg/cm ²	1.14 Kg/cm ²	1.03 Kg/cm ²	0.72 - 1.14 Kg/cm ²
	C	Limi sabbiosi	1.26 Kg/cm ²	4.13 Kg/cm ²	2.79 Kg/cm ²	2.89 Kg/cm ²	1.26 - 4.13 Kg/cm ²
Tab.	3						

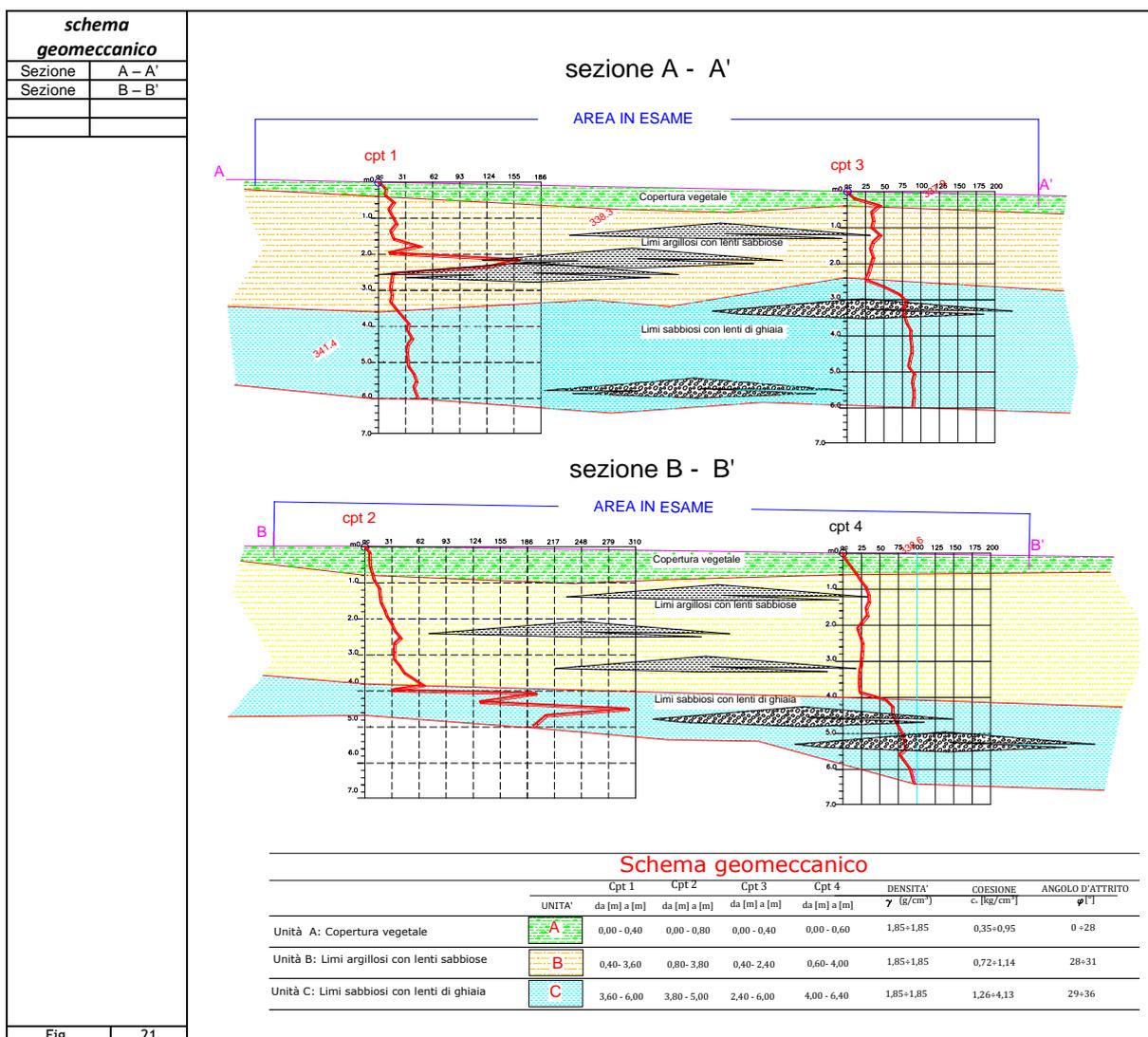
Angolo d'attrito Interno

La determinazione dell'angolo d'attrito avviene seguendo la metodologia proposta da Durgunoglu e Mitchell, applicando un'equazione del tipo: $\varphi^\circ = f(R_p ; s'v)$

Peso Unità di Volume	Orizzonte	Litologia	Angolo D'attrito (ϕ) [°]	Angolo D'attrito (ϕ) [°]	Angolo D'attrito (ϕ) [°]	Angolo D'attrito (ϕ) [°]	Angolo D'attrito (ϕ) [°]
			cpt 1	cpt 2	cpt 3	cpt 4	Valori min-max
	A	Copertura	26°	0°	28°	26°	0-28°
	B	Limi	31°	29°	29°	28°	28-31°
	C	Limi sabbiosi	29°	36°	32°	32°	29-36°
Tab.	4						

In definitiva, per quanto attiene le caratteristiche geotecniche degli orizzonti di terreno individuati si sintetizzano – a consuntivo - i seguenti parametri geomeccanici:

parametri caratteristici	Orizzonte	Litologia	Densità (γ) [g/cm ³]	Coesione (c_u) [kg/cm ²]	Angolo d'attrito (ϕ) [°]
			Valori min-max	Valori min-max	Valori min-max
	A	Copertura vegetale	1.85 - 1.85 g/cm ³	0.35 - 0.95 Kg/cm ²	0-28°
	B	Limi argillosi con lenti sabbiose	1.85 - 1.85 g/cm ³	0.72 - 1.14 Kg/cm ²	28-31°
	C	Limi sabbiosi con lenti di ghiaia	1.85 - 1.85 g/cm ³	1.26 - 4.13 Kg/cm ²	29 -36°
Tab	5				



2.7 Elementi litotecnici

Le litologie affioranti all'interno dell'area in esame ed in un suo congruo intorno, afferiscono a facies di tipo detritico alluvionale nelle quali sono riscontrabili sedimenti di natura argillosa, limosa, sabbiosa e ghiaiosa, disposti in strati lentiformi a marcata variabilità laterale e verticale. Il loro spessore – rilevato da indagini connesse alla perforazione di pozzi idrici – è certamente superiore ai 60÷80 metri lineari. Tale indicazione sottostima lo spessore complessivo in quanto le perforazioni predisposte dalla Regione Toscana (Progetto VEL) hanno accertato spessori alluvionali di oltre 100 metri. Alla luce di tali considerazioni le litologie presenti possono inglobarsi in un'unica unità litotecnica:

UNITA' LITOTECNICHE - Copertura -		
SUCCESSIONI CONGLOMERATICHE A LEGANTE ARGILLOSO	Natura Semicoerente	Depositi semicoerenti costituiti da materiali prevalentemente fini, di facies detritico alluvionale le cui caratteristiche tecniche sono buone

2.8 Aspetti geomorfologici

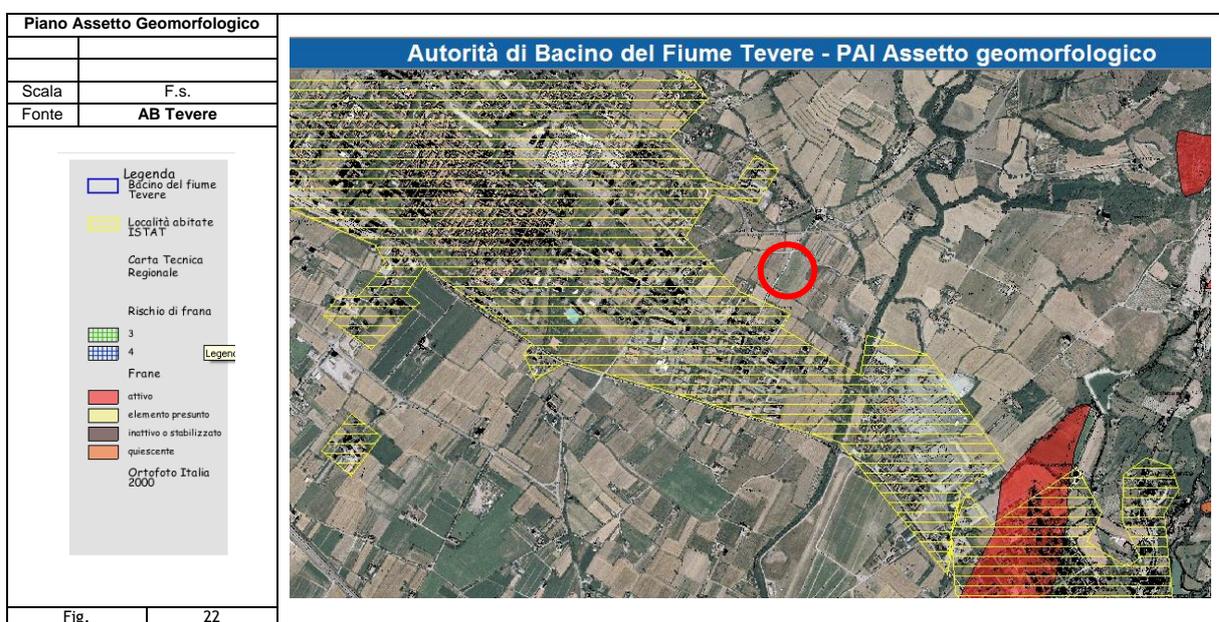
Tenuto conto delle destinazioni d'uso di progetto sono state analizzate le forme e i processi geomorfologici legati alla genesi delle forme attuali, accertando la totale mancanza di interdipendenza con la morfodinamica a cui la morfologia attuale è collegata. Le evidenze morfologiche hanno esaurito la loro evoluzione e non sono in grado di riattivarsi almeno in tempi brevi. L'area non interagisce con forme di erosione e/o di accumulo. La rete di deflusso idrico andrà dimensionata tenendo presente la pioggia critica duecentennale e che il deflusso di liquidi ricchi di terra potrebbero necessitare di sezioni più ampie. Anche per quanto riguarda le problematiche di tipo gravitativo si mette in evidenza che le caratteristiche morfologiche, litologiche e giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa.

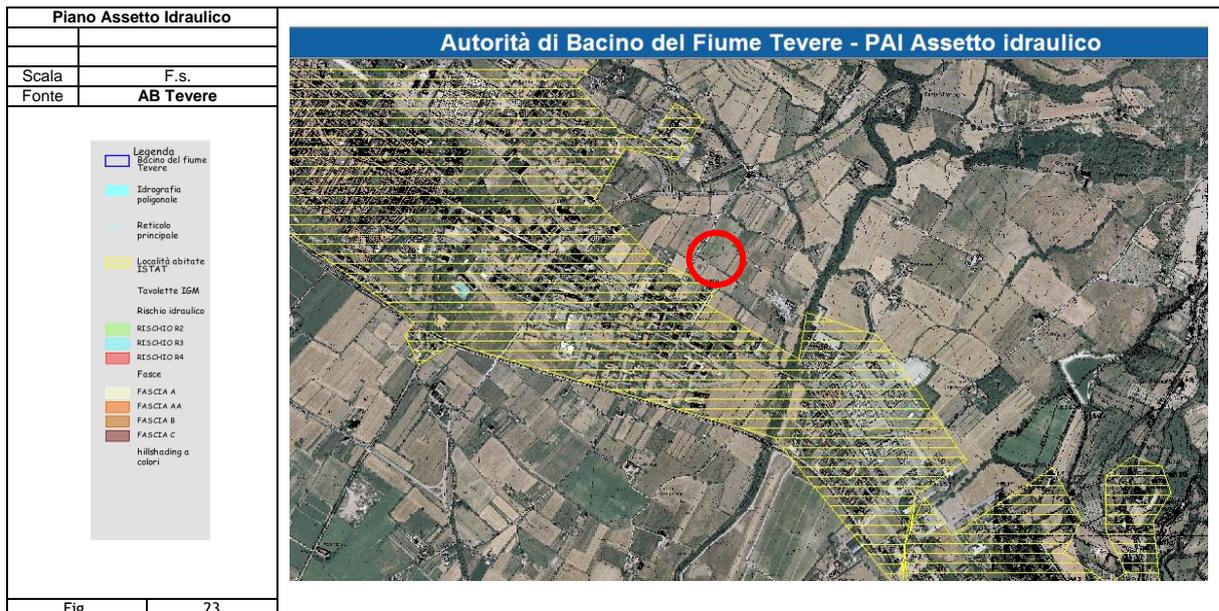
2.9 Aspetti idraulici

In relazione al rischio d'inondabilità dell'area in oggetto si espone quanto segue:

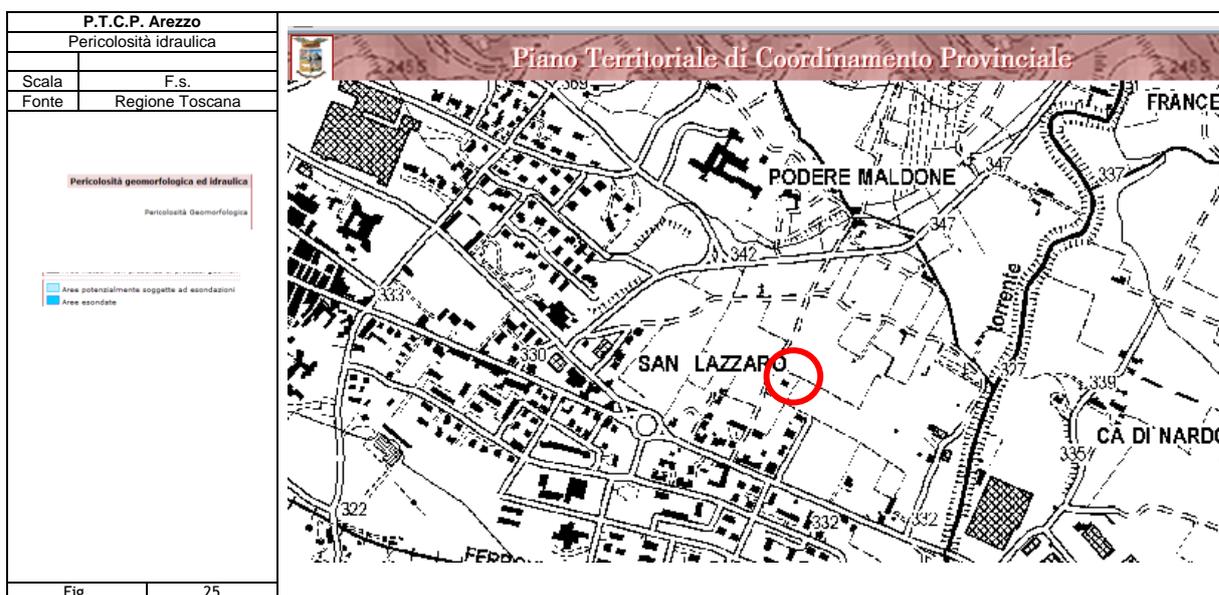
Il sito confina con aree edificate da strutture edilizie di civile abitazione.

- L'area si colloca in destra orografica del T. Afra, in posizione rialzata rispetto alla sommità delle arginature del Torrente di circa 5 m.
- Il T. Afra scorre ad una distanza di oltre 350 m dalla zona presa in considerazione.
- Il Torrente scorre a quote di 327.0 m slm ed il sito oggetto di disamina si colloca a quote di circa 335 m slm e cioè ad una quota relativa di + 8.0m ca.
- L'area in esame – e/o quelle limitrofe a essa - non risulta essere stata recentemente interessata da inondazioni da parte del Torrente Afra.
- L'Autorità di Bacino del Fiume Tevere (Via V. Bachelet, n. 12 – 00185 Roma - www.abtevere.it) ha studiato la zona in esame ed essa non risulta inclusa fra quelle a rischio di frana e/o di inondazione:



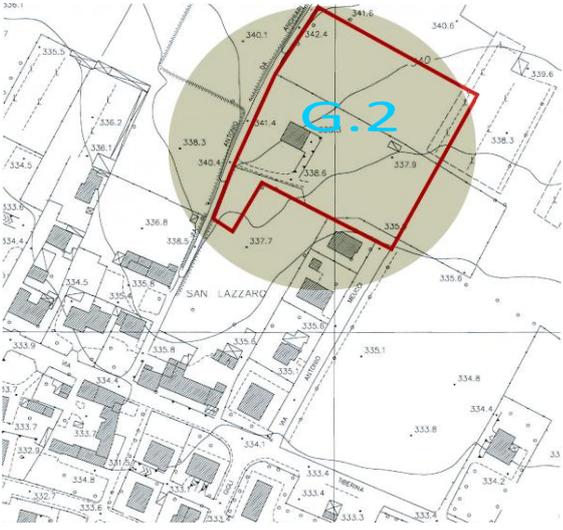


Anche il "PTCP" della Provincia di Arezzo esclude l'inondabilità del sito.



3.1 Pericolosità geomorfologica

La globalità delle informazioni acquisite tramite le indagini geologiche e geomorfologiche consentono di classificare l'area in:

Carta delle pericolosità geomorfologiche Pericolosità geomorfologica media		G:2 Trattasi di aree stabili con elementi geomorfologici, litologici e giaciture da cui risulta una bassa propensione al dissesto;
Fig.	27	

3.2 Pericolosità idraulica

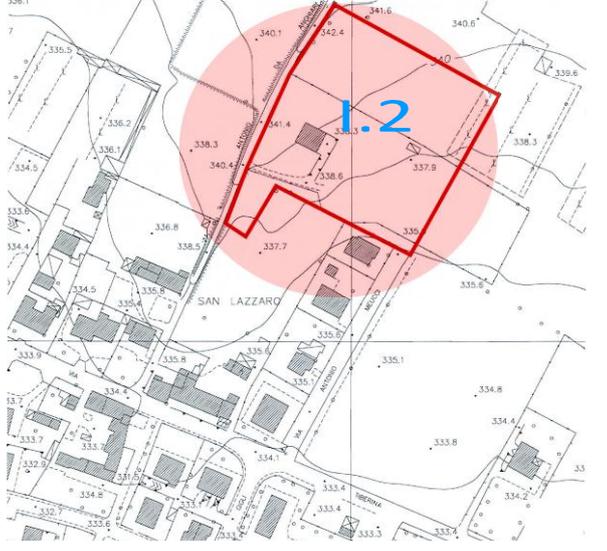
L'area in studio rientra fra quelle di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) si trova a distanze e quote tali da non rendere ipotizzabile una significativa inondazione da parte del T.Afra.

In relazione agli studi:

- Dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere (PAI)
- Della Provincia di Arezzo (PTCP)
- Del Comune di Sansepolcro (PRG e PS)
- Viste le risultanze delle verifiche idrauliche giacenti presso il Comune di Sansepolcro

si ritiene opportuno inserire l'area in:

Carta delle pericolosità idrauliche Pericolosità idraulica media		I2: Aree per le quali sono ipotizzabili allagamenti con $200 < Tr < 500$ anni. Aree di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni: -Non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni; -Sono in una situazione di alto morfologico, rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a +2.00m al piede esterno dell'argine e in mancanza al ciglio di sponda
Fig.	28	

4.0 Azione sismica

La determinazione dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (tab 1-Allegato B del D.M 2008) individuato in sede di classificazione di pericolosità sismica del territorio nazionale.

Il valore dei parametri spettrali propri del sito in esame:

ag	=	accelerazione massima al sito
Fo	=	valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
Tc	=	periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

derivano dalla media pesata dei 4 punti della griglia di riferimento, mediante la seguente formula:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{P_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (1)$$

dove:
p = valore del parametro di interesse nel punto in esame;
p_i = valore del parametro di interesse nell'*i*-simo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
d_i = distanza del punto in esame dall'*i*-esimo punto della maglia suddetta.

L'accelerazione massima *ag* dipende dal coefficiente $S = S_s \times S_t$ che comprende gli effetti delle amplificazioni stratigrafica (*S_s*) e topografica (*S_t*).

Il coefficiente di amplificazione topografica *S_t* è funzione delle categorie topografiche (*T_n*) riportate nella Tabella 3.2.IV del D.M 14/01/2008:

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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 $i > 30^\circ$

– Definizione superficie topografica–

Vista una pendenza di tutta l'area inferiore al 5% ($<3^\circ$), il terreno in oggetto viene classificato come **T1** da cui consegue (Tabella 3.2.VI) il valore di $S_t = 1.0$

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

– Definizione coefficiente topografico–

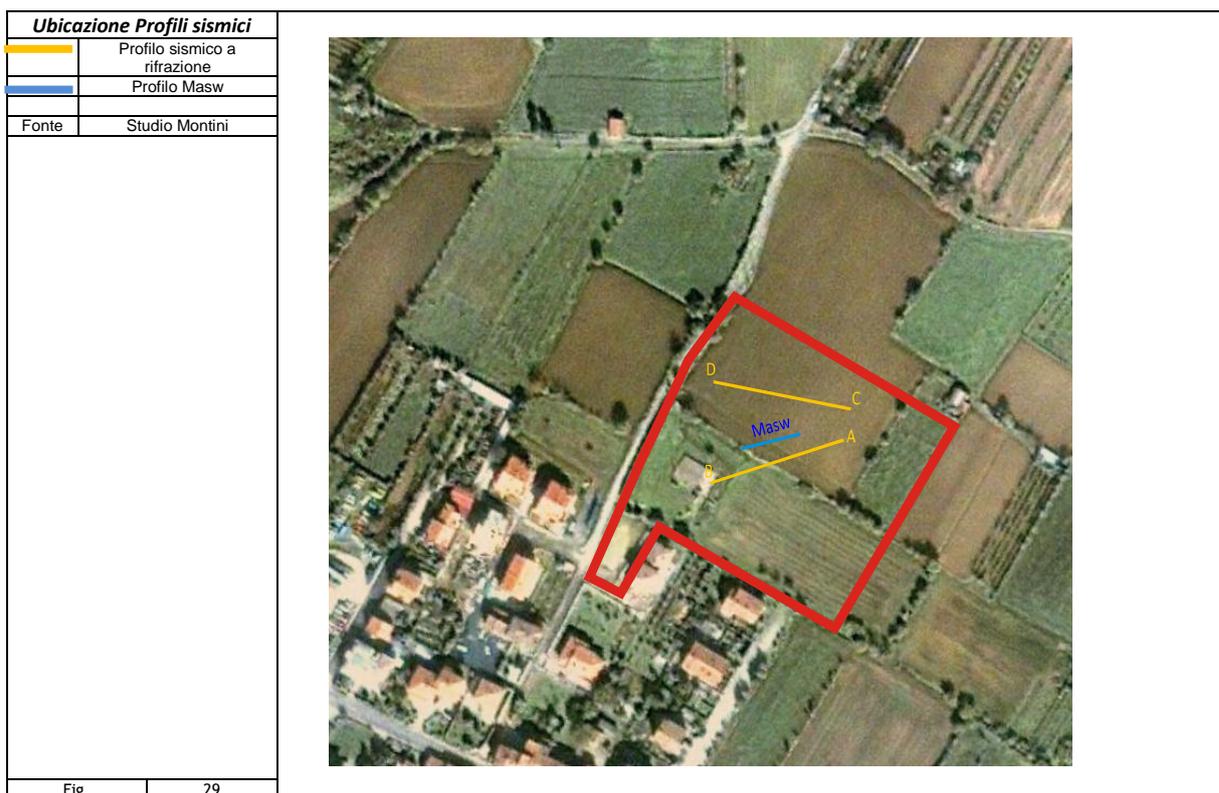
4.1 Indagini geofisiche

In applicazione della normativa nazionale e regionale: D.G.R. 22 dicembre 2005, 11. VIII/1566 "Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T.,

in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 12/2005" aggiornata con DGR 28 maggio 2008 n. VIII/7374).

Sono stati realizzati – tramite la GALILEO GEOFISICA di Arezzo - due stendimenti sismici a rifrazione ed un rilievo masw.

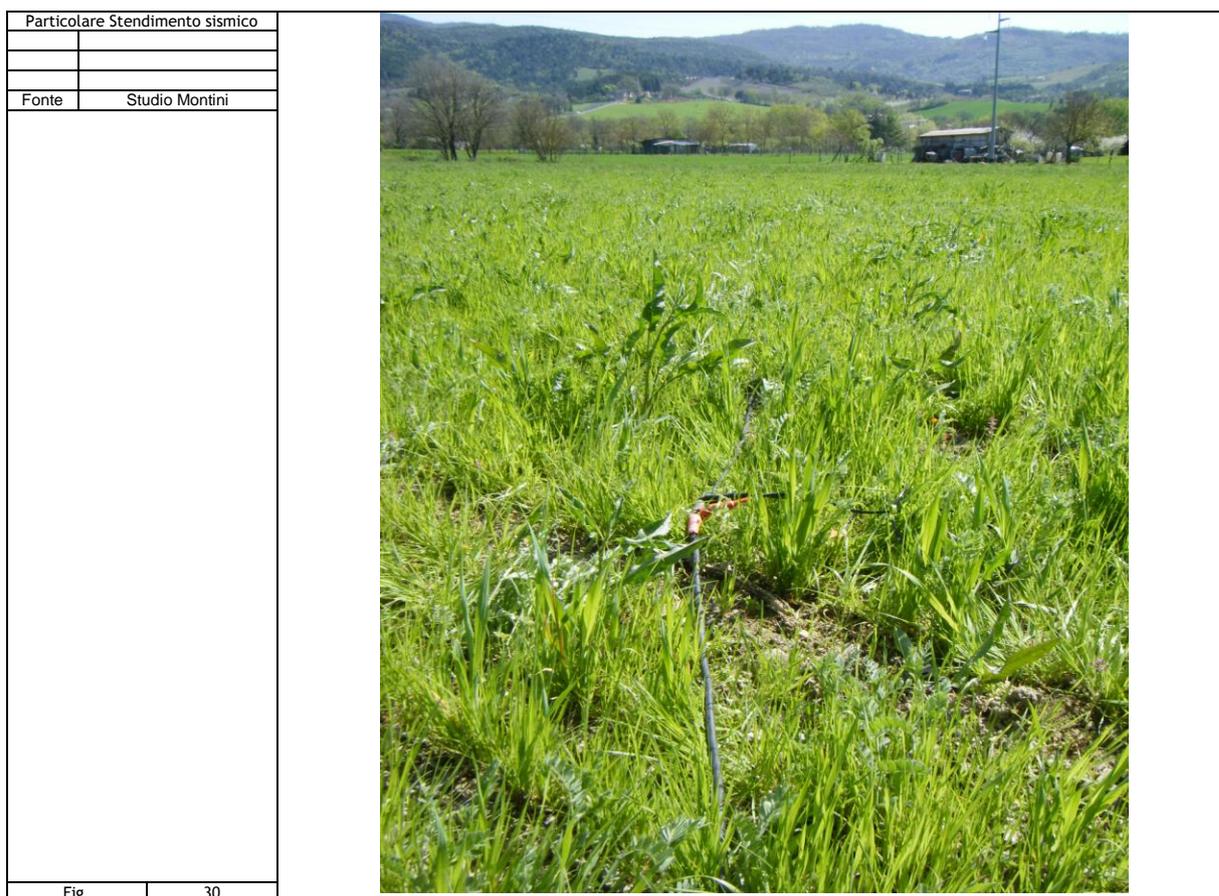
Sulla base dei valori di VS e del modulo di taglio sarà possibile valutare la rigidezza del suolo e fornire prime indicazioni sul comportamento dinamico della parte superficiale del sottosuolo.



4.2 Strumentazione utilizzata

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata è costituita da:

- un sistema di energizzazione per le onde P: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 8 Kg battente verticalmente su piastra circolare in acciaio del diametro di 25 cm posta direttamente sul p.c. per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SV, in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, conforme d'onda ripetibili e direzionali;
- un sistema di energizzazione per le onde SH: la sorgente è costituita da una mazza di 8 Kg battente orizzontalmente su parallelepipedo in legno rivestito di metallo disposto ortogonalmente allo stendimento (e parallelamente alla componente di registrazione dei geofoni orizzontali per massimizzare l'acquisizione) e gravato da un carico statico addizionale, in modo che possa rimanere aderente al terreno sia al momento in cui viene colpito sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa.



Con questi dispositivi é possibile generare essenzialmente onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile;

- un sistema di ricezione: costituito da 12 geofoni verticali ed orizzontali monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa con frequenza propria 10 Hz (rifrazione) e 4.5 Hz (masw), ovvero dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche longitudinali e trasversali prodotte da una specifica sorgente;

- un sistema di acquisizione dati: Sismografo Ambrogeo Echo 2002 Seismic Unit composto da n° 12 canali.

I dati sono poi stati trattati tramite software "Winsism 10.1" della Wgeosoft, Seismic unix, Rayfract della Intelligent Resource inc.. Il sistema è in grado di convertire in digitale e registrare su memoria il segnale proveniente da ciascun canale dal sistema di ricezione; la conversione A/D avviene già dal primo metro di cavo: il sistema permette pertanto di eliminare molte fonti di disturbo dovute al trasferimento del segnale lungo centinaia di metri di cavo sismico

- un sistema di trigger: consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

4.3.2 Principali limiti della tecnica sismica rifrazione

Il limite principale della sismica a rifrazione sta nel fatto che tale tecnica presuppone un incremento costante della velocità andando in profondità. Se, ad esempio, abbiamo un modello in cui sotto uno strato continuo di argilla dura abbiamo della sabbia molle, ed al disotto di questa roccia, il passaggio fra argilla e sabbia non produce rifrazione, ed il modello che ricostruirò sarà un modello di terreno errato. Per questo le indagini sismiche andranno sempre accoppiate, soprattutto in situazioni dove inversioni di velocità sono frequenti (ad esempio i depositi quaternari) ad indagini geotecniche dirette. Tali inconvenienti sono stati parzialmente risolti dalle tecniche tomografiche, dove tramite il "ray tracing" è possibile stabilire il percorso del raggio sismico ed individuare zone (sempre che siano limitate ad una parte interna allo stendimento) dove è avvenuta un'inversione di velocità, caratterizzate da un'assenza di copertura dei medesimi.

4.3.3 geometria dei rilievi

AB = distanza intergeofonica 5 m per un totale di 60 metri, 6 energizzazioni.

CD = distanza intergeofonica 5 m per un totale di 60 metri, 6 energizzazioni

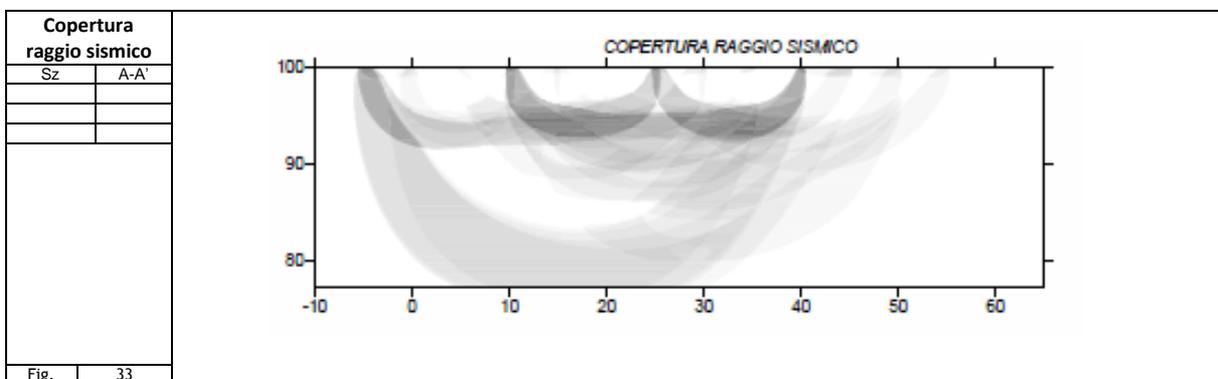
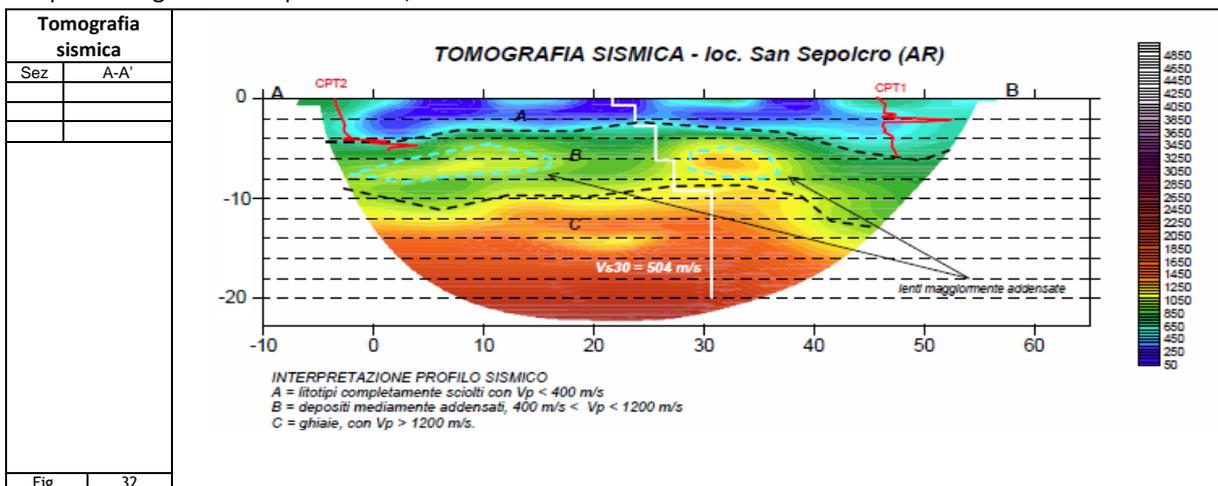
4.3.4 Risultati della sismica a rifrazione

I profili sono stati realizzati nella zona di intervento, si sono evidenziati tre principali sismostrati:

A = litotipi completamente sciolti con $V_p < 400$ m/s

B = livello depositi mediamente addensati.

C = probabili ghiaie con $V_p > 1200$ m/s.

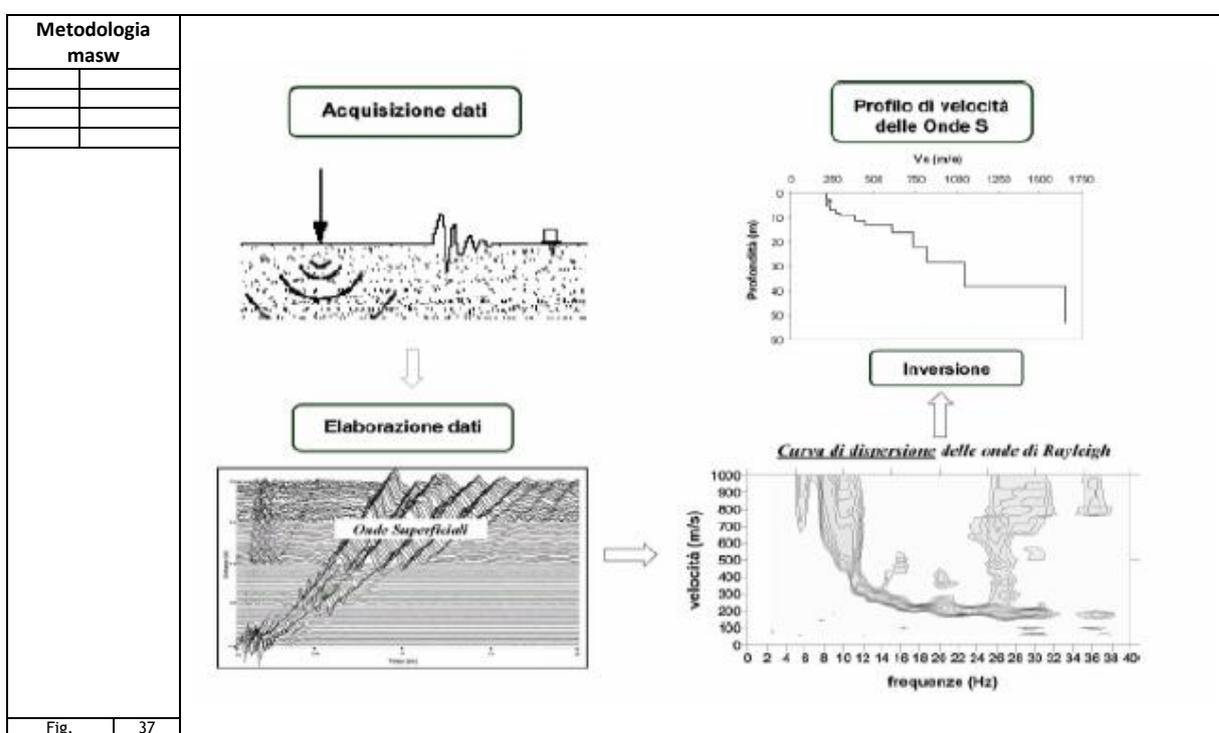


4.4.1 Analisi svolta con le onde superficiali masw - Cenni teorici

La conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica dedicati alla stima di possibili effetti di sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto.

Negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo tecniche geofisiche basate sull'analisi della propagazione delle onde superficiali ed, in particolare, delle onde di Rayleigh. Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S.

Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato su un'artificiale energizzazione sismica del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al.,1999).



La curva di dispersione delle onde di Rayleigh rappresenta la variazione di velocità di fase che tali onde hanno al variare della frequenza.

Tali valori di velocità sono intimamente legati alle proprietà meccaniche del mezzo in cui l'onda si propaga (velocità delle onde S, delle onde P e densità).

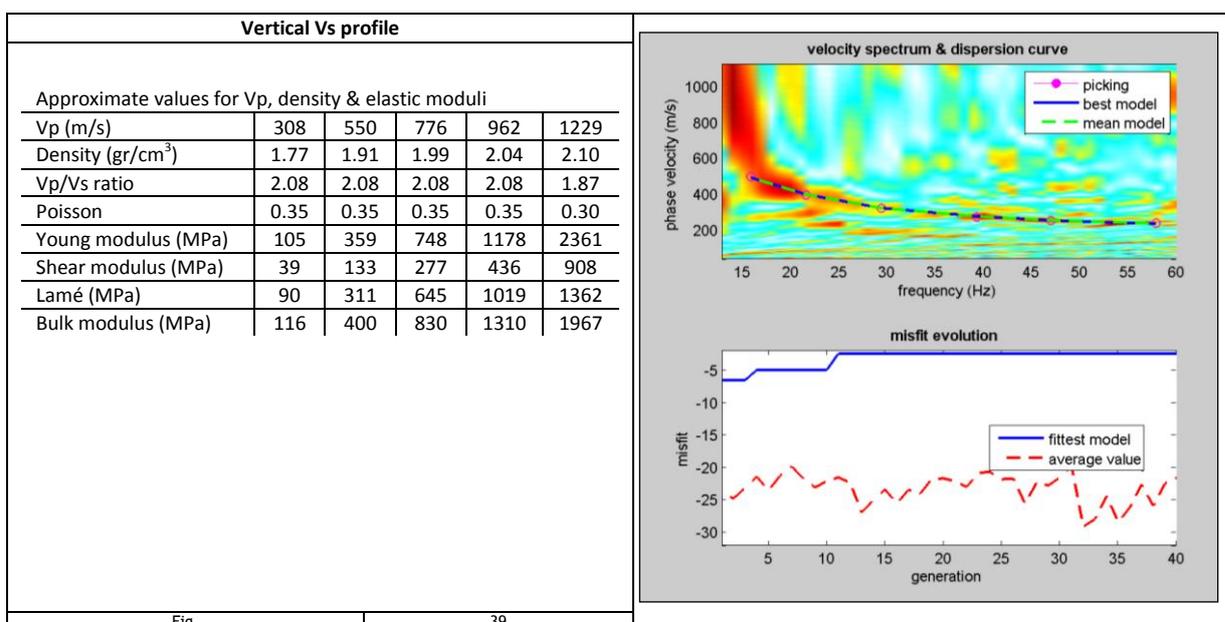
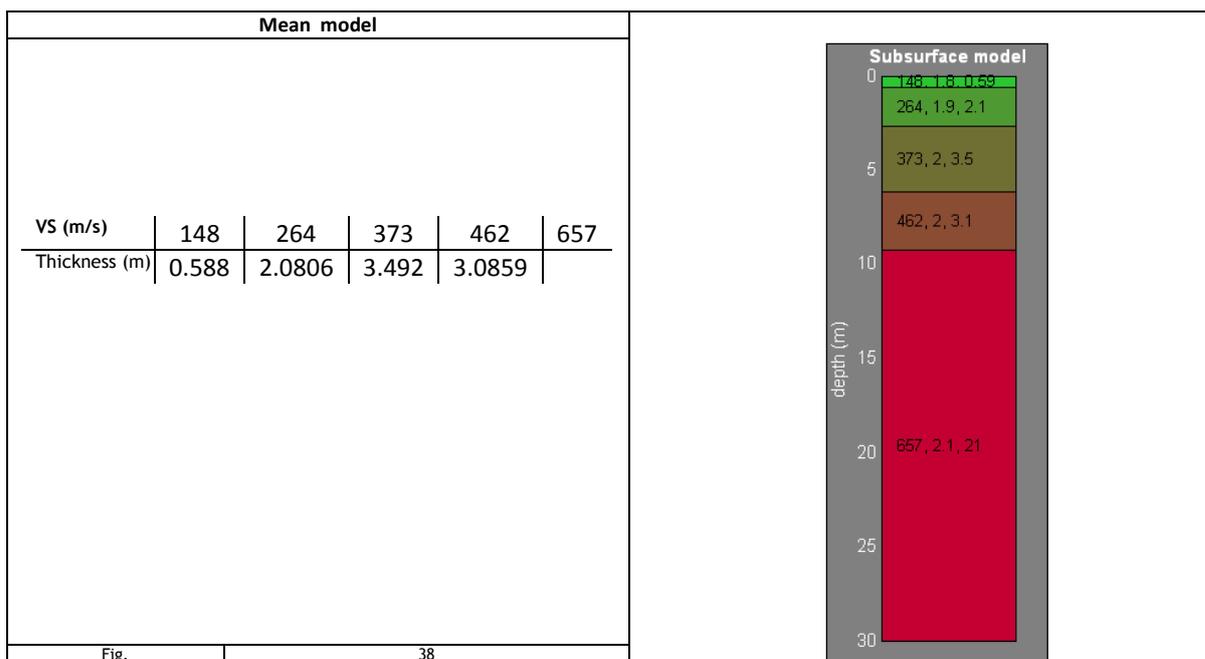
Tuttavia, diversi studi hanno in realtà messo in evidenza che la velocità delle onde P e la densità sono parametri di second'ordine rispetto alle onde S nel determinare la velocità di fase delle onde di Rayleigh.

Quindi, dato che le onde superficiali campionano una porzione di sottosuolo che cresce in funzione del periodo dell'onda e che la loro velocità di fase è fortemente condizionata in massima parte dalle velocità delle onde S dello strato campionato, la forma di questa curva è essenzialmente condizionata dalla struttura del sottosuolo ed in particolare dalle variazioni con la profondità delle velocità delle onde S.

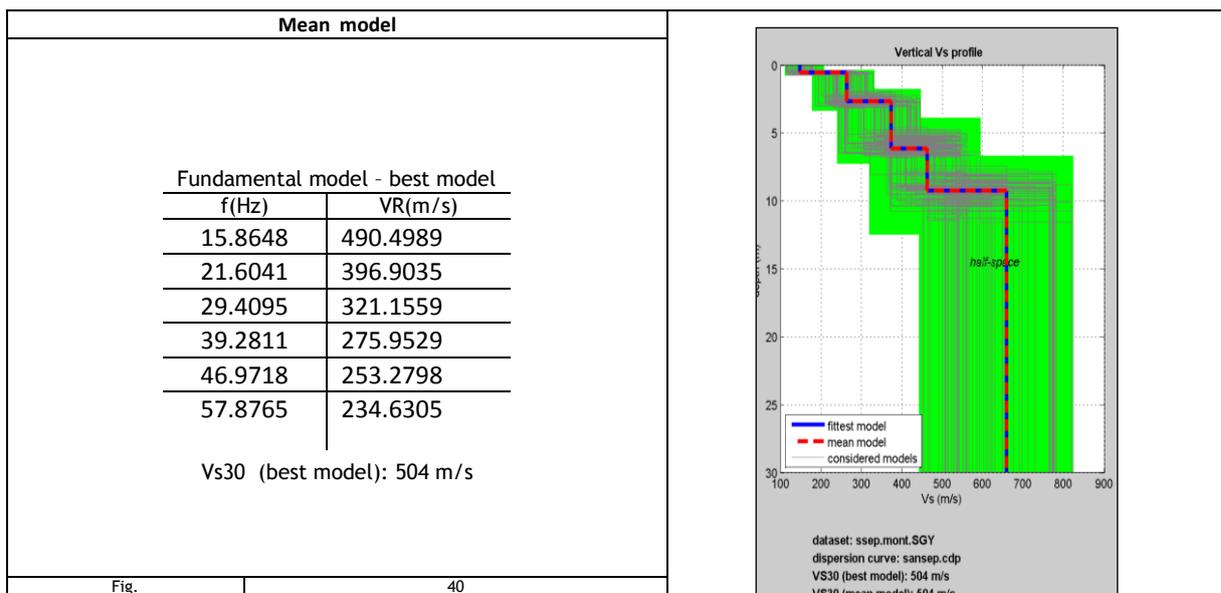
Pertanto, utilizzando appositi formalismi è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo.

Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli. L'operazione d'inversione, quindi, consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali della curve di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S – profondità".

4.4.2 Risultati elaborazione metodo Masw



4.4.3 Caratterizzazione geodinamica del sito indagato



Il valore di Vs30 è pari a 504 m/s. I depositi hanno spessore variabile; il bedrock sismico si trova a profondità superiori a 30 metri dal piano di campagna.

5.0 – Categoria sismica del terreno

Con il valore Cs30 sopra ricavato, vista la tabella 3.2.II allegata al D.M. 2008:

Categoria	Descrizione	Vs30
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo a 3 m.</i>	$V_{s,30} > 800$ m/sec
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30m caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt, 30} > 50$, nei terreni a grana grossa e $c_{u, 30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>	$360 < V_{s,30} < 800$ m/sec
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, e da valori di $V_{s,30}$, compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt, 30} < 50$, nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u, 30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>	$180 < V_{s,30} < 360$ m/sec
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati, o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, e da valori di $V_{s,30}$, inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt, 30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u, 30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>	$V_{s,30} < 180$ m/sec
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s.)</i>	Terreni di tipo C e D aventi spessore non superiore a 20 metri ricoprenti un substrato con rigido con $V_s > 800$ m/sec
S1	<i>Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa che includono uno strato di almeno 8.00m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3.00m di torba o di argille altamente organiche</i>	$V_{s,30} < 100$ m/s
S2	<i>Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o di qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti</i>	Terreni soggetti a liquefazione di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti

Tab. 6 - categorie di sottosuolo

si caratterizza il terreno in esame secondo la categoria B:

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30m caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt, 30} > 50$, nei terreni a grana grossa e $c_{u, 30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

6.0 Aree a pericolosità sismica locale (zmpsl)

Dall'analisi e dalla valutazione di quanto emerso in ordine agli elementi geologici, geomorfologici, geotecnici, si puntualizza:

1. la presenza di coni alluvionali consente di ipotizzare un leggero incremento dell'onda sismica che passando dal substrato alla copertura alluvionale, si rifrange e riflette ripetutamente;
2. l'assenza di faglie e/o strutture tettoniche nonché quella di contatti tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti;
3. terreni suscettibili di addensamento.

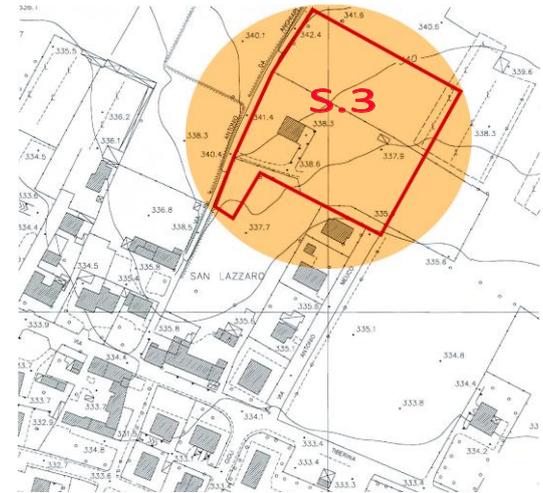
Prendendo in considerazione gli elementi di cui all'allegato 2 della direttiva DGRT 27 Aprile 2007 n. 26/R:

Simbologia	Tipologia delle situazioni	Possibili effetti
1 2A	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti Zone potenzialmente franose	Accentuatione dei fenomeni di instabilità in atto e potenziali dovuti ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici
2B 3	Zona caratterizzata da movimenti franosi inattivi	
4	Zone con terreni particolarmente scadenti (argille e limi molto soffici, riporti_poco_addensati)	
5	Zone con terreni granulari fini poco addensati, saturi d'acqua con falda superficiale indicativamente nei primi 5m dal p.c.	Possibili fenomeni di liquefazione
6	Zona di ciglio H> 10m costituita da scarpate con parete sub-verticale, bordi di cava, nicchie di distacco, orli di terrazzo e/o di scarpata di erosione (buffer di 10m a partire dal ciglio)	Amplificazione sismica dovuta ad effetti topografici
7	Zona di cresta rocciosa sottile (buffer di 20m) e/o cocuzzolo	
8	Zone di bordo della valle e/o aree di raccordo con il versante (buffer di 20m_a partire dal_contatto_verso_la valle)	Amplificazione sismica dovuta a morfologie sepolte
9	Zona con presenza di depositi alluvionali granulari e/o sciolti	Amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica
10	Zona con presenza di coltri detritiche di alterazione del substrato roccioso e/o coperture colluviali	
11	Aree costituite da conoidi alluvionali e/o coni detritici	
12	Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse (buffer di 20m)	Amplificazione differenziata del moto del suolo e dei cedimenti; meccanismi di focalizzazione delle onde
13	Contatti tettonici, faglie, sovrascorrimenti e sistemi di fratturazione (buffer di 20m)	

a cui sono associati diversi gradi di pericolosità sismica, dipendenti dall'interazione tra ciascun elemento di pericolosità sismica locale e la sismicità di base, connessa alla Zona sismica di appartenenza del territorio comunale.

	Zone sismiche di riferimento*		
	Zona 2	Zona 3S	Zona 3
Movimenti franosi attivi (1)	S4	S4	S4
Movimenti franosi quiescenti (2A)	S3	S3	S3
Zone potenzialmente franose (2B)	S3	S3	S3
Movimenti franosi inattivi (3)	S2	S2	S2
Cedimenti diffusi in terreni particolarmente scadenti (4)	S3	S3	S3
Terreni suscettibili a liquefazione (5)	S4	S3	--
Amplificazione per effetti topografici (6, 7)	S2	S2	--
Amplificazione per morfologie sepolte (8)	S3	S3	S3
Amplificazione per effetti stratigrafici (9,10, 11)	S3	S3	S2
Contatti tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse (12)	S3	S3	S3
Faglie e/o strutture tettoniche (13)	S3	S3	S3

In base alle informazioni derivanti dalla geologia, geomorfologia e dalla carta delle Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale (ZMPSL), l'area in esame può ricondursi a:

Carta della pericolosità sismica			<p>S3: zone con possibile amplificazione stratigrafica (11). L'edificazione del sito sarà preceduta da una campagna di indagini geofisiche e geotecniche tale da definire gli spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare - in accordo alla normativa vigente - l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra alluvioni e bedrock sismico;</p>
<p>Pericolosità sismica elevata</p>			
Fig.	41		

7.0 Fattibilità dell'intervento in relazione agli aspetti geomorfologici

Trattandosi di un'area caratterizzata da **pericolosità geomorfologia media (G.2)**, le condizioni di attuazione degli interventi edificatori sono funzione delle indagini geognostiche da predisporre prima del passaggio alla fase esecutiva; ciò al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area. Si prescrivono indagini geognostiche sotto superficie (sondaggi penetrometrici e indagini sismiche).

7.1 Fattibilità dell'intervento in relazione agli aspetti idraulici

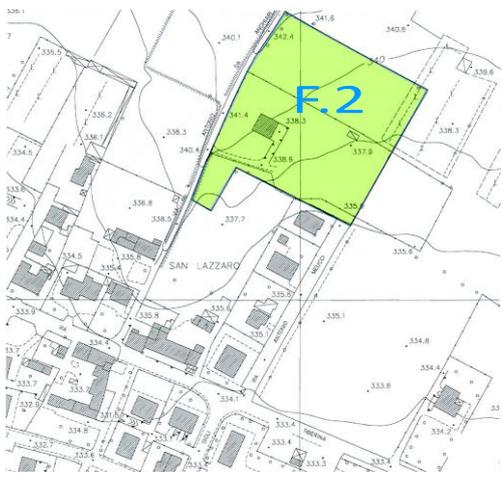
Considerata:

- la situazione di **pericolosità idraulica media**,
- le condizioni idrografiche della zona che vedono il collettore primario (T. Afra) scorrere a quote di circa -8.0 metri rispetto al sito in esame

Le previsioni urbanistiche non appaiono condizionate da limitazioni di carattere idraulico.

7.2 Condizioni di fattibilità

Alla luce delle indagini e delle rilevazioni espletate, le condizioni di attuazione delle previsioni urbanistiche rientrano in:

Carta della fattibilità			<p>F2 le previsioni urbanistiche sono compatibili con l'assetto geomorfologico. Idraulico e sismico locale. Prima di passare alla fase esecutiva è necessario effettuare una campagna geognostica (penetrometrie statiche e/o dinamiche, indagini sismiche) con caratterizzazione geomeccanica del suolo.</p>
<p>Fattibilità con normali vincoli</p>			
Fig.	42		

8.0 Considerazioni conclusive

Da quanto rilevato nella fase di studio a supporto della *nuova area di lottizzazione "Madonna della Legna" in Località San Lazzaro del Comune di Sansepolcro*, è emersa una sostanziale compatibilità tra quanto previsto e le caratteristiche territoriali dell'area interessata.

La zonazione P.A.I. dell'Aut. di Bacino del Fiume Tevere; il PTCP della Provincia di Arezzo ed il PS del Comune di Sansepolcro, non prevedono condizionamenti nei confronti delle previsioni urbanistiche in progetto.

Relativamente alle caratteristiche stratigrafiche – geotecniche del sottosuolo, le indagini geognostiche individuano terreni di origine detritico alluvionale (cono di deiezione) ai quali sono già ancorate le numerose strutture abitative e industriali/artigianali presenti in loco.

Relativamente alla compressibilità dei primi metri di suolo maggiormente coinvolti in processi di assestamento, si prescrive un'adeguata compattazione e/o calcificazione.

Per quanto attiene la predisposizione di strade e parcheggi si fa rilevare che l'elaborazione dei risultati delle analisi effettuate consentono di classificare le terre di sottofondo come appartenenti ai gruppi A4 -A5 - A6 - A7. Tenendo presente che i terreni in parola denotano elevate percentuali di materiali limo-argillosi, si può asserire che i terreni più superficiali (nei primi 70 cm) presentano caratteristiche di non eccellente idoneità; quindi l'esecuzione di eventuali rilevati stradali dovrà tenere conto di questo fatto. La componente argillosa di tali terreni rende gli stessi soggetti a forti cambiamenti di volume, per cui è opportuno procedere alla loro bonifica previa:

- 1- asportazione dei primi 40 cm di suolo e suo accantonamento a discarica
- 2- Calcificazione di ulteriori 40 cm di terreno
- 3- Formazione degli stabilizzati e dei tappeti di usura

Per il dimensionamento dello spessore della pavimentazione base e della fondazione del corpo stradale, si è considerato un traffico di 500 veicoli pesanti per corsia con carichi per asse di ca. 11 t.

Considerando le varie metodologie in uso, si ricava che i manufatti stradali dovranno avere le seguenti caratteristiche:

*	40 cm	di calcificazione con almeno 25 kg/m²
*	20 cm	di misto granulare stabilizzato
*	10 cm	di Binder compresso
*	3 cm	di tappeto di copertura

Se il numero di autoveicoli considerati nel calcolo fosse eccessivo, la struttura generale rimarrebbe sempre la stessa, varierebbe solo lo spessore della calcificazione da 40 a 30 cm. Per quanto attiene la realizzazione delle canalizzazioni fognarie si prescrive un approfondimento minimo di 100÷150 cm ove sono presenti terreni limoso sabbioso ghiaiosi privi di sostanza organica. Non sono stati rilevati materiali torbosi o limosi saturi di consistenza scadente tali da rendere particolarmente problematica la realizzazione delle opere previste.

A supporto del progetto definitivo delle strutture edilizie in elevazione, occorrerà predisporre apposite campagne di indagini geognostiche e sismiche per la caratterizzazione geotecnica dei terreni al fine di consentire un'esaustiva caratterizzazione a supporto delle verifiche geotecniche di dimensionamento delle opere medesime. Sarà opportuno eseguire stime indicative della compressibilità e della stabilità del terreno in corrispondenza delle aree interessate da strade e parcheggi.

Urbino 28 Aprile 2011

