



COMUNE DI FANO

(Provincia di Pesaro e Urbino)

PROPRIETA':

Agricola Talevi s.r.l. - Via Garibaldi 69 Fano

VARIANTE AL PIANO REGOLATORE GENERALE

RELAZIONE GEOLOGICA

E3

Maggio 2011

PROGETTO

PROGETTO URBANISTICO:

STUDIO D'ARCHITETTURA

ARCHH. M. AMADEI - F. CAVERNI - A. GORI

Via Vitruvio n. 3/d - 61032 FANO (PU) - Tel. 0721/804703 - E-mail: amadei_caverni_gori@alice.it

COLLABORATORE:

ING. EDILE ARCH. F. AMADEI

RELAZIONE GEOLOGICA:

STUDIO GEOLOGICO DOTT.SSA MARIA VITTORIA CASTELLANI

Via Il Giugno 16 - 61032 Fano (PU)

STUDIO GEOLOGICO DOTT.SSA LAURA PELONGHINI

Via Alessandrini 3 - 61032 Fano (PU)

INDICE

PREMESSA	pag. 2
INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GEOLOGICO IDROGEOLOGICO	pag. 4
Topografia	pag. 4
Inquadramento geologico geomorfologico	pag. 8
Inquadramento idrogeologico	pag. 14
Inquadramento climatico	pag. 20
CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE	pag. 22
ANALISI DEI VINCOLI E DEI RISCHI PRESENTI	pag. 43
PAI	pag. 43
PPAR	pag. 44
Analisi rischio idraulico	pag. 45
AZIONE SISMICA	pag. 55
CONCLUSIONI	pag. 61
ALLEGATI:	
Tabulati analisi piogge	
Relazione sismica	
Planimetria e sezioni stratigrafiche	
Tavola rilievo idrologico stato attuale - Documentazione fotografica	

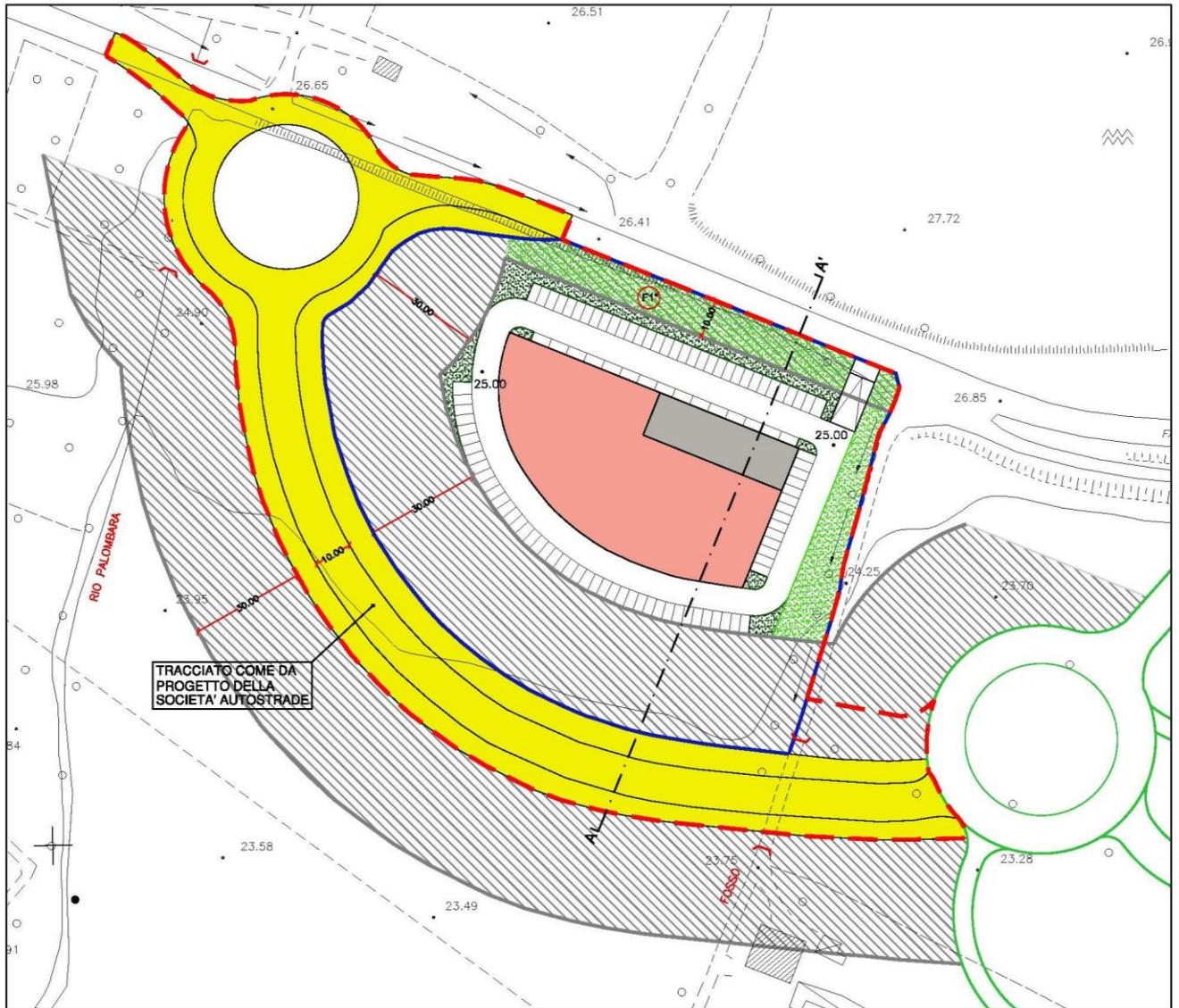
PREMESSA

L'indagine svolta è stata indirizzata all'individuazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e stratigrafiche dell'area oggetto di variante al P.R.G. vigente che prevede la modifica del tracciato di raccordo tra la viabilità complementare al nuovo casello autostradale di Fenile e la strada provinciale per Carignano, viabilità già prevista con previsioni di massima nel vigente P.R.G., e il conseguente adeguamento del perimetro di un'area classificata dal vigente P.R.G. come Zona D4 "Zona a carattere commerciale e/o direzionale di nuova formazione".

La modifica proposta per la zona di espansione "D4", si allinea con l'assetto della Società Autostrade, andando a configurare un ampliamento della superficie di intervento senza però alcuna variazione del carico urbanistico previsto dal piano vigente, classificato nella variante proposta come comparto "ST4_P30", mantenendo quindi la stessa SUL.(vedi planimetria allegata)

L'indagine è stata eseguita avvalendosi delle carte geologiche ufficiali, dell'ortofotocarta regionale, di studi del P.R.G. del Comune di Fano, integrati da una campagna di rilevamento geologico e idrogeologico descritte in seguito e dallo studio geologico geomorfologico e litologico dell'area di ex cava ricadente nel comparto, il tutto in ottemperanza a quanto dettato dalla normativa vigente:

- OPCM n. 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica
- OPCM n. 3519 del 28/04/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"
- D.M. 14/01/2008 – Testo unitario "Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- Circolare n. 617 del 02/02/2009 "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008"
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici-Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione del territorio nazionale;
- Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale

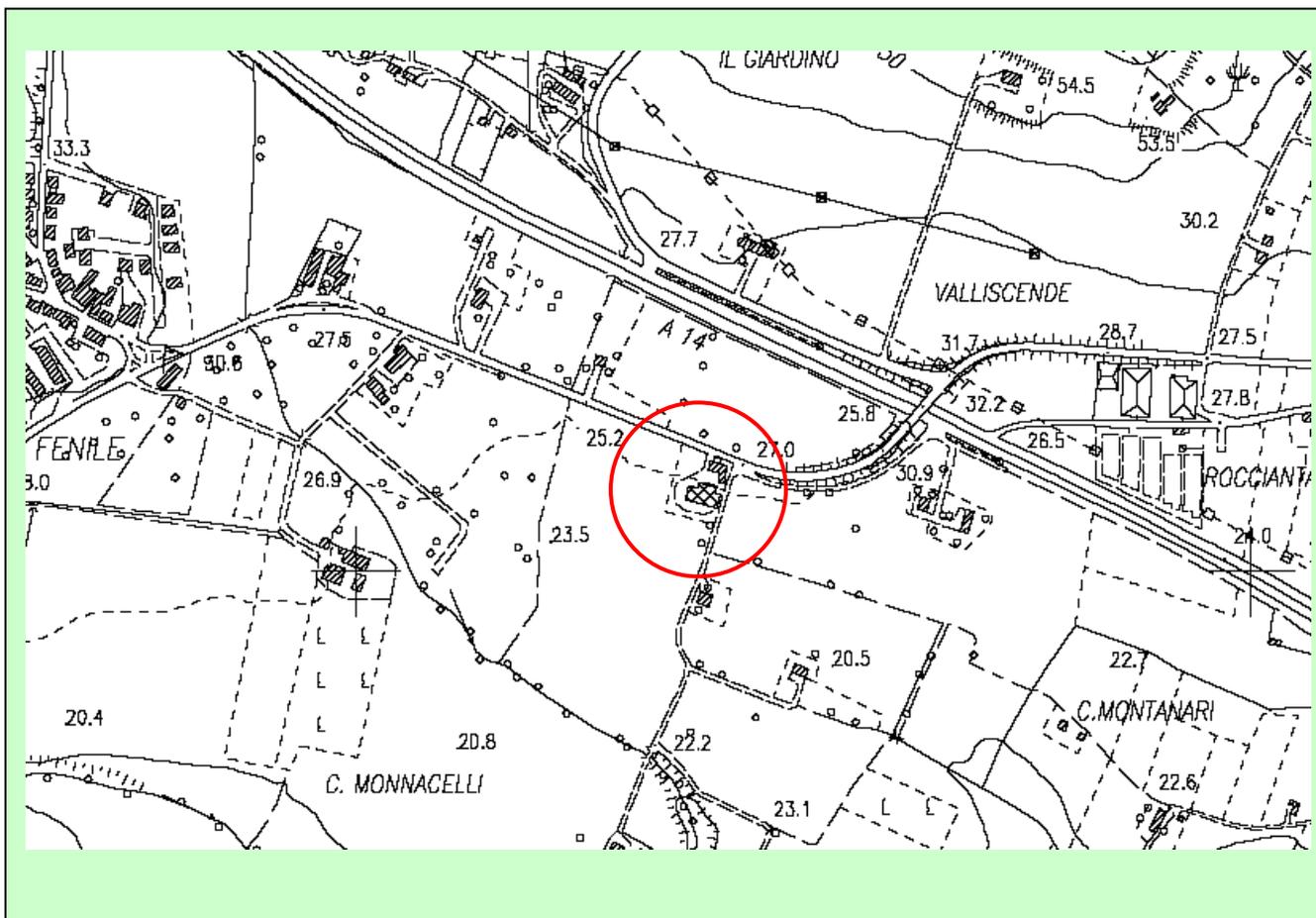


Planimetria fuori scala

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO – GEOLOGICO - IDROGEOLOGICO

TOPOGRAFIA

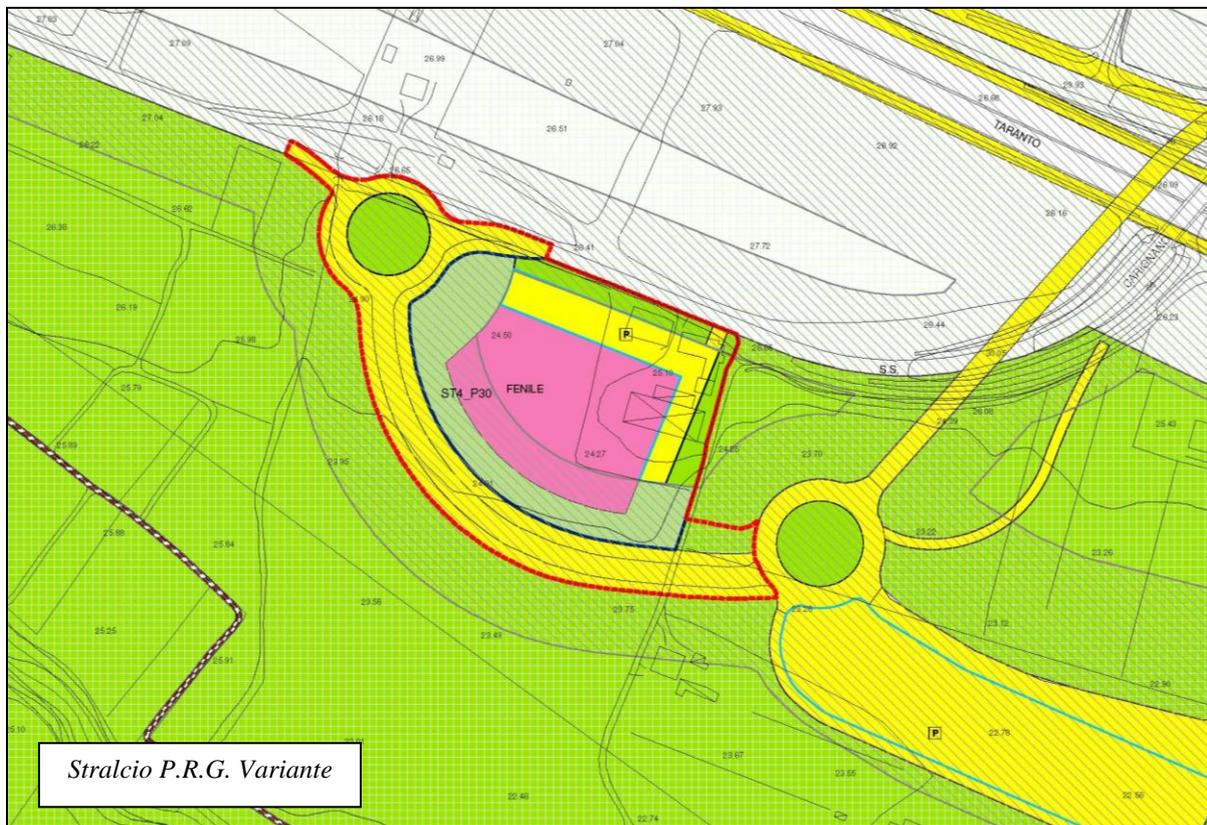
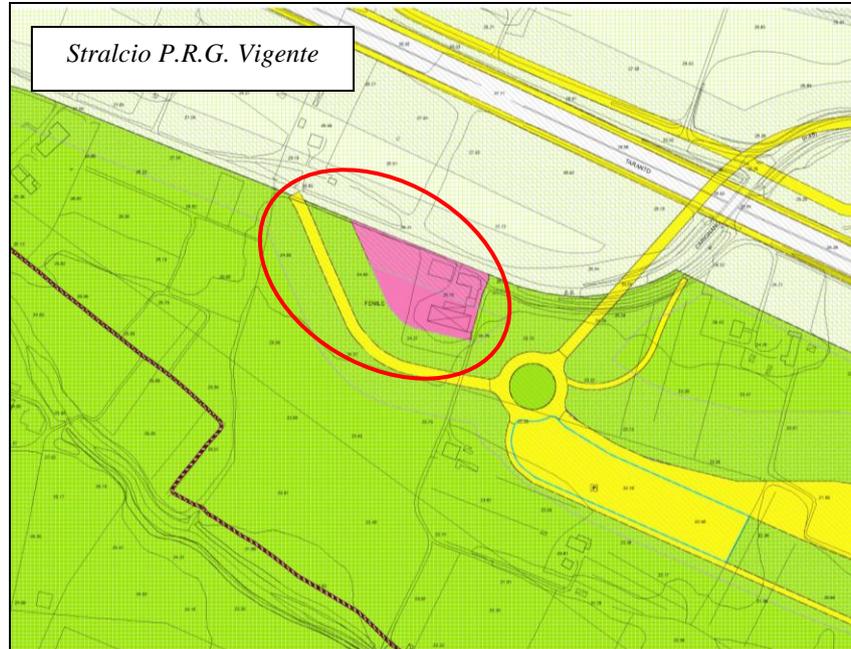
L'area in oggetto risulta ubicata in Località Fenile di Fano ed è posta ad una quota topografica di circa 23- 25 mt. s.l.m.m., come rappresentato nella allegata corografia ortofotogrammetrica, a scala 1:10.000, REGIONE MARCHE, foglio 268 (PESARO) sez. n° 268160 - "CARIGNANO".

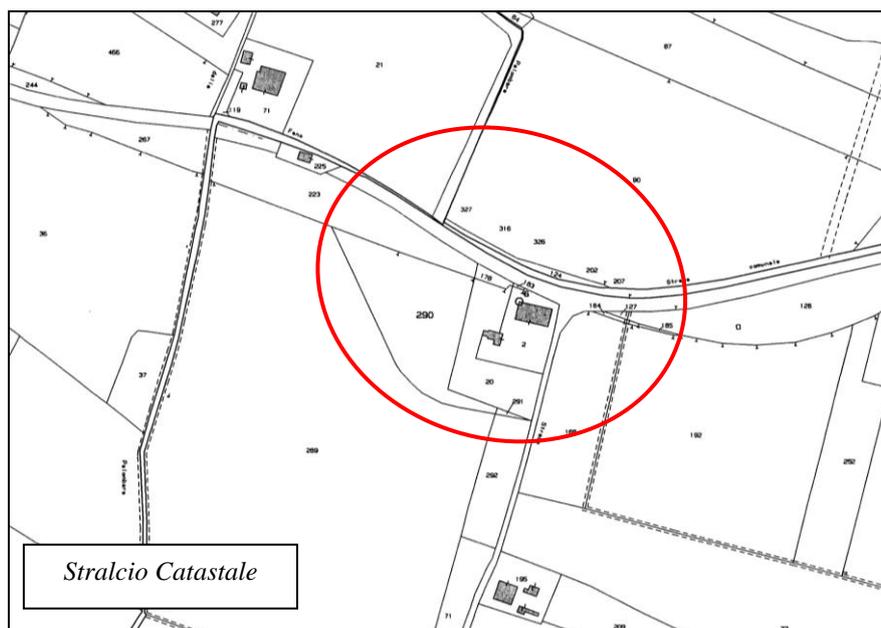


Carta Tecnica Regionale – sezione 268160 "Carignano" stralcio

L'area oggetto di studio è delimitata dalla Strada Provincia di Carignano, Via Belgatto e terreno agricolo come da fotografie allegate e sviluppa una superficie territoriale di mq 24.189,00, è contraddistinto al Catasto Terreni del Comune di Fano al Foglio 34, mappali N. 2 – 20 – 291– 290 – 269. ed è classificata dal vigente P.R.G. come "Zona D4 – Zona a carattere commerciale e/o direzionale di nuova formazione".

Si riportano di seguito lo Stralcio di P.R.G. Vigente, lo Stralcio di Prg Variante e lo Stralcio Catastale.





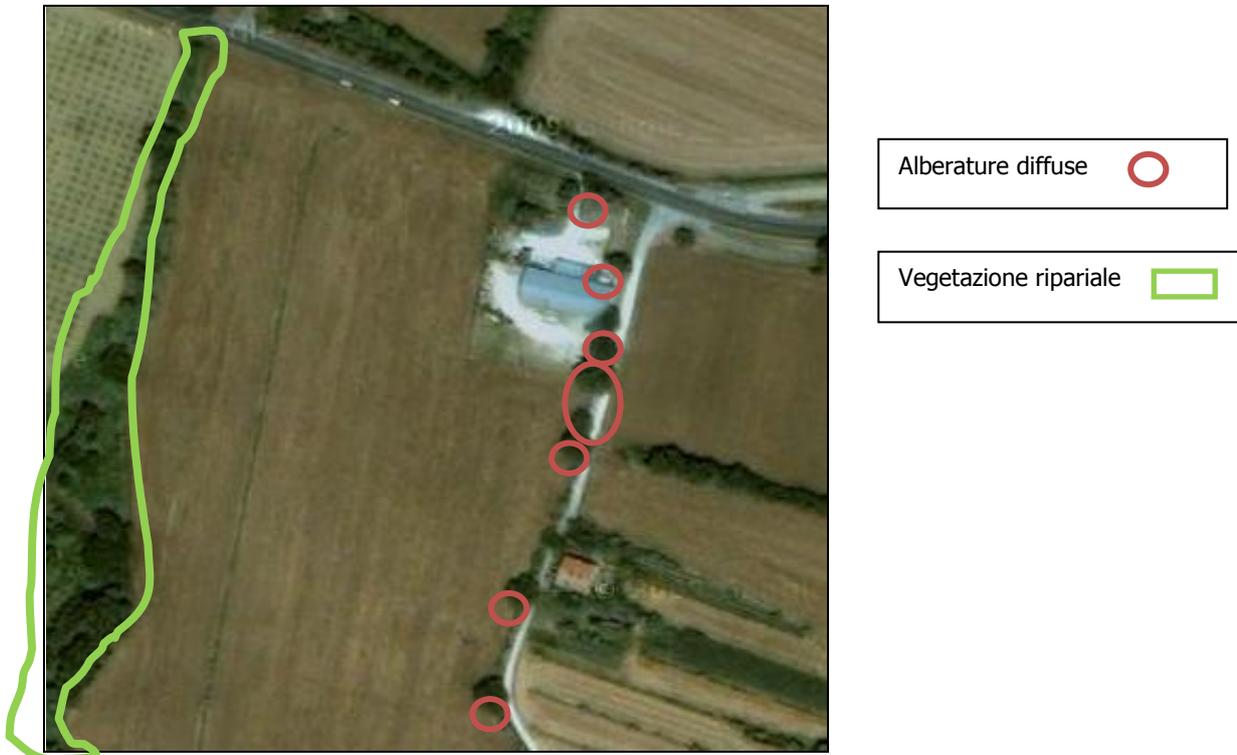
L'area è attualmente occupata da un edificio agricolo come si vede dalle foto allegate.





Ubicazione area oggetto di studio

All'interno dell'area sono presenti essenze arboree in prossimità degli edifici presenti e lungo i fossi che delimitano in parte l'area



INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area risulta ubicata all'interno del bacino idrografico del T. Arzilla in località Fenile nella sua sinistra idrografica.

Geomorfologicamente la Valle del Torrente Arzilla si presenta condizionata dai settori che attraversa, all'inizio del suo corso si presenta piuttosto stretta per poi allargarsi e, in località Fenile diminuisce nuovamente raggiungendo circa i 500 m, la diversa larghezza della valle è determinata dalle formazioni presenti più o meno erodibili e per la presenza di conoidi estese che diminuiscono la pendenza del corso d'acqua. Verso la foce in destra orografica la piana del T. Arzilla forma un'unica superficie estesa coalescente con quella più meridionale del Metauro, le alluvioni sabbioso-argillose dell'Arzilla si uniscono ai depositi prevalentemente ghiaiosi del Fiume Metauro.

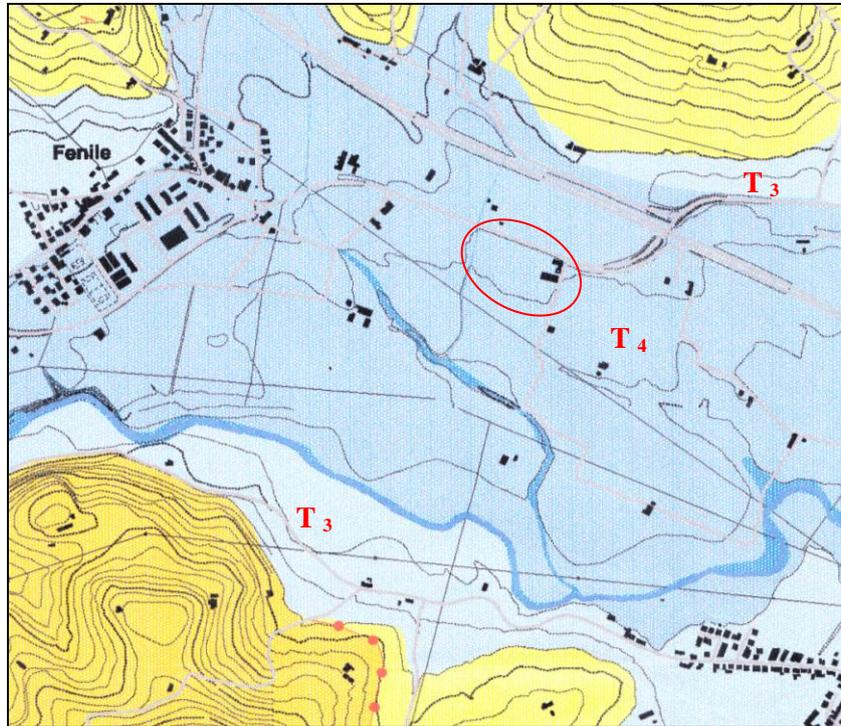
Anche l'andamento e la posizione del T. Arzilla rispetto alla piana alluvionale è legato alle strutture, alle variazioni litologiche e all'alimentazione detritica dei versanti, pertanto subisce nel corso del suo cammino diversi cambiamenti di direzione, e, in località Fenile si inarca verso sud passando a circa 450 m dall'area in variante.

Per quanto riguarda la natura geologica del bacino idrografico, l'età ed i litotipi del substrato lungo la sinistra orografica sono rappresentati da sedimenti pliocenici (Medio-Inferiore) a facies sabbioso arenacea, litologicamente rappresentate da sabbie ed arenarie di colore giallastro od ocreo, in banchi o strati spessi, con sottili intercalazioni argillose; lungo il fianco opposto (destra orografica) sono presenti in prossimità dell'area sedimenti pliocenici più a monte la formazione a colombacci (Messiniano Superiore-Medio) in facies sabbiosa litologicamente rappresentata da alternanze di "molasse" e argille o argille marnose, ben stratificate, con netta prevalenza delle prime.

Dal punto di vista tettonico l'area fa parte del fianco nord est di una sinclinale il cui asse, con orientamento nord ovest - sud est, passa per Rosciano. Dal rilevamento di superficie eseguito in un intorno significativo e dalla cartografia ufficiale è stato possibile ricostruire l'andamento degli strati: la direzione generale è ovest - nord ovest sud - sud est, l'immersione è verso sud - sud ovest e l'inclinazione è di pochi gradi.

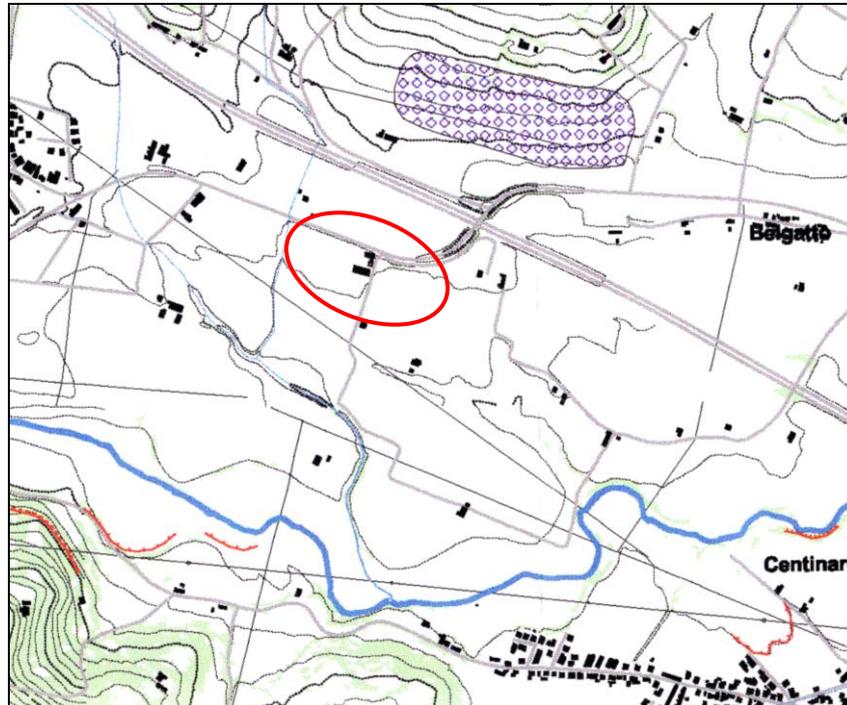
Si allegano di seguito - Stralcio Carta Geologica
- Stralcio Carta Geomorfologia } P.R.G. Comune di Fano

Stralcio carta geologica P.R.G. FANO



	Alluvioni recenti e attuali del torrente Arzillo e suoi affluenti
	Terrazzo alluvionale del IV ordine
	Terrazzo alluvionale del III ordine
	Argille marnose azzurre con intercalazioni di sabbie ed arenarie debolmente cementate
	Arenarie debolmente cementate con intercalazioni argillose (colombacci in facies sabbiosa)
	Faglia

Stralcio carta geomorfologica P.R.G. FANO



Legenda	
	Area instabile
	Area potenzialmente instabile
	Area con pendenza > 30%
	Area di escavazione
	Soliflusso generalizzato
	Scarpata antropica
	Scarpata strutturale
	Scarpata di erosione fluvio-torrentizia attiva
	Scarpata di erosione fluvio-torrentizia quiescente
	Scarpata di erosione fluvio-torrentizia inattiva
	Corona di frana attiva
	Corona di frana quiescente
	Corona di frana inattiva
	Gradino di frana quiescente
	Gradino di frana inattivo
	Contropendenza



AREA IN VARIANTE

L'area oggetto di variante insiste su terreni quaternari di deposito continentale rappresentati da alluvioni terrazzate del IV ordine sedimentati dal Torrente Arzilla lungo la sua sinistra idraulica e situati ad una altezza compresa tra mt. 23 – 25 rispetto al livello medio del mare.

Litologicamente le alluvioni sono formate da argille sabbiose più o meno limose e sciolte.

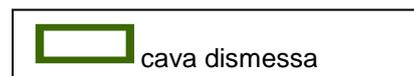
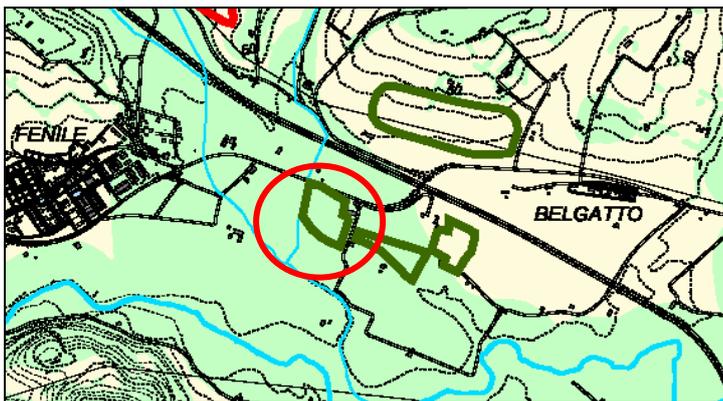
Tali alluvioni poggiano su un substrato roccioso di base costituito da argille marnose azzurre, siltose, talora lievemente sabbiose con sabbie ed arenarie talora lievemente cementate riferibili al Pliocene inferiore

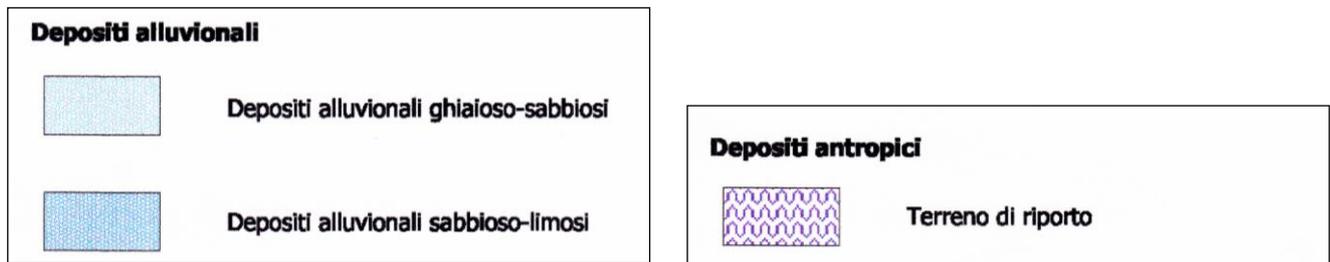
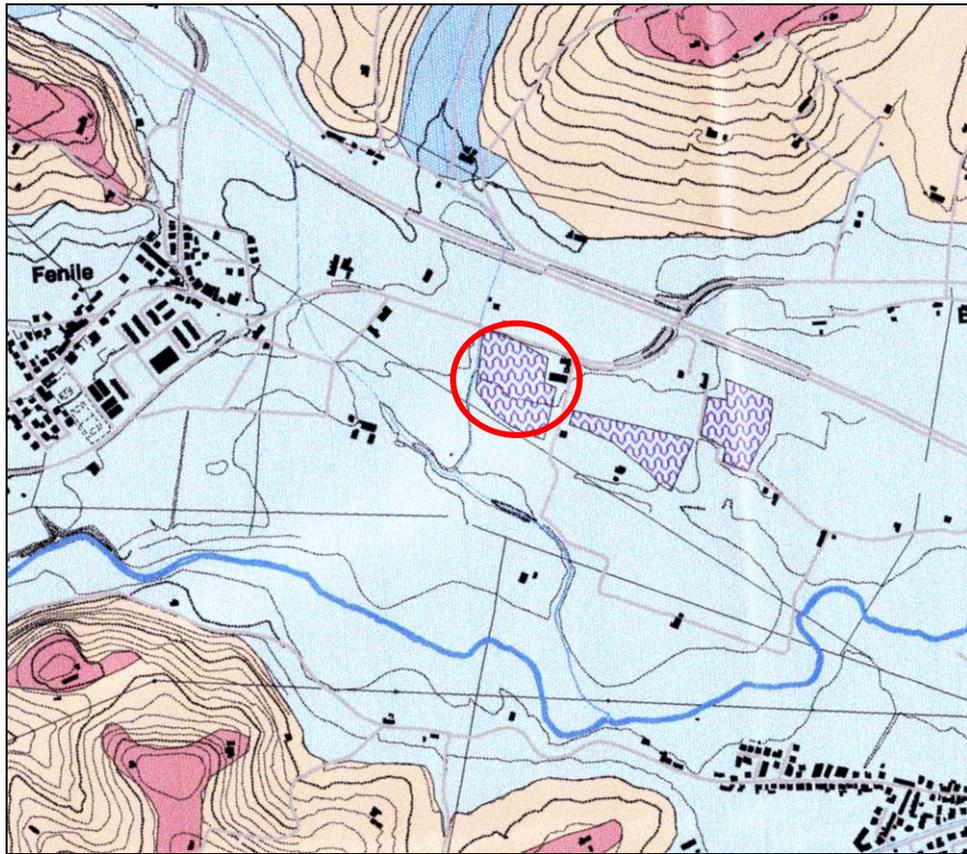
Il corpo alluvionale, in corrispondenza della zona in studio ha uno spessore di circa 8/10 m dal piano campagna.

L'area risulta perfettamente pianeggiante (vedi foto allegate).



Dalle carte litologico tecniche del P.R.G. del comune di Fano si evince che l'area è stata interessata negli anni passati da un'attività estrattiva per la produzione di laterizi pregiati.





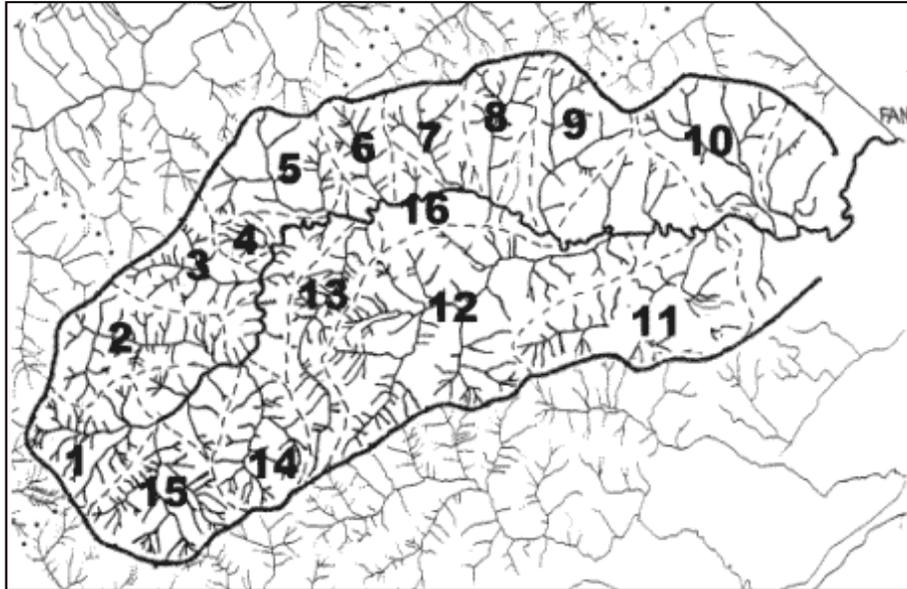
L'area è pertanto caratterizzata dalla presenza di terreni argilloso sabbiosi più o meno limosi di natura alluvionale e nella parte più superficiale da terreni di riporto. Il terreno di riporto* è litologicamente rappresentato dal vecchio suolo in posto accantonato all'inizio della coltivazione e riposizionato a fine coltivazione sull'area escavata. La quota attuale del piano campagna è rispetto alla quota in posto prima dell'intervento antropico a circa - 2.00 metri come si può vedere dalla fotografia seguente.

* Per quanto riguarda la natura del terreno di riporto si allega una autocertificazione della Signora MARIA GRAZIA CORSI, legale rappresentante della Società AGRICOLA TALEVI s.r.l..



Dislivello del recupero area di cava

INQUADRAMENTO IDROLOGICO



Bacino del torrente Arzilla e sua suddivisione in sottobacini

In prossimità dell'area oggetto di variante è presente una rete idrografica superficiale rappresentata dal Torrente Arzilla e dai suoi emissari vedi tavola allegata.

All'interno dell'area in variante non sono presenti fossi o torrenti oggetto di monitoraggio qualitativo da parte degli enti preposti.

Confinante con il comparto, in direzione ovest, scorre il Rio Palombara affluente del Fosso di Villanova che si snoda a sud dell'area in esame, a circa 300 m, prima di gettarsi nel Torrente Arzilla. Il Rio Palombara verrà interessato nella sua fascia di pertinenza dalla variante riguardante la nuova viabilità.



Rio Palombara a ridosso della strada Provinciale

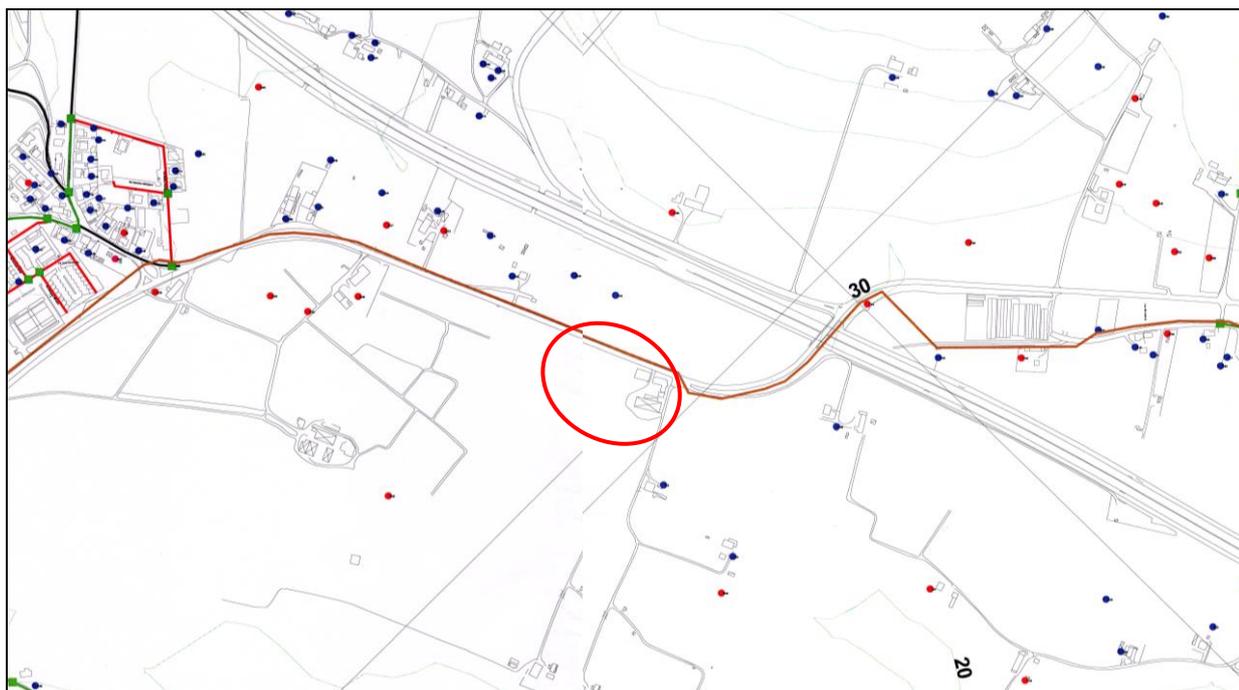
I corsi d'acqua in questione hanno un regime torrentizio ed, i primi due, sono caratterizzati da un bacino idrologico di modeste dimensioni. Diverso il discorso del Torrente Arzilla che ha un bacino di circa 105 Km² ed è stato soggetto nel 1979 ad episodi di esondazione. L'area in variante è posta al di fuori di aree soggette a potenziale rischio esondazione.

In area confinante con il comparto è presente un fosso privato denominato anch'esso Rio Palombaro che verrà interessato dalla variante riguardante la nuova viabilità.

Per quanto riguarda più in dettaglio il Rio Palombara e il Fosso privato confinanti con l'area si rimanda al paragrafo RISCHIO IDRAULICO

La permeabilità dei terreni è generalmente modesta, per cui la falda idrica presente riveste un interesse del tutto locale, essendo inoltre sensibile all'andamento stagionale, la sua alimentazione risente degli afflussi dei fossi principali che determinano in taluni casi un sensibile rialzo della superficie di falda, rispetto alle zone circostanti.

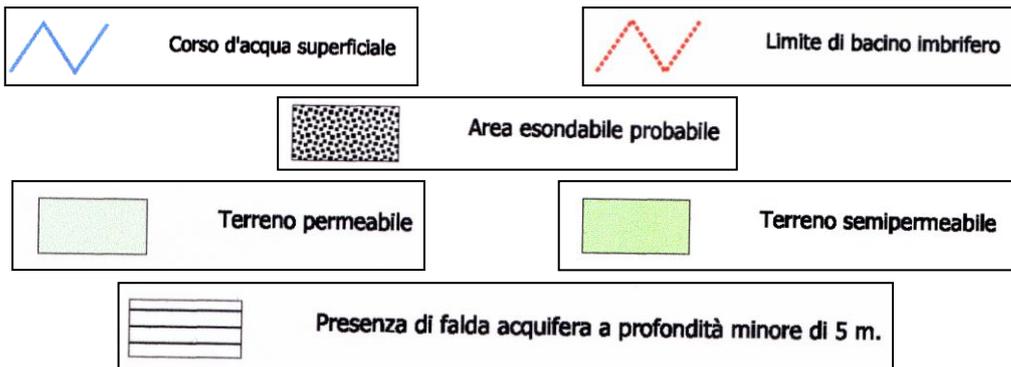
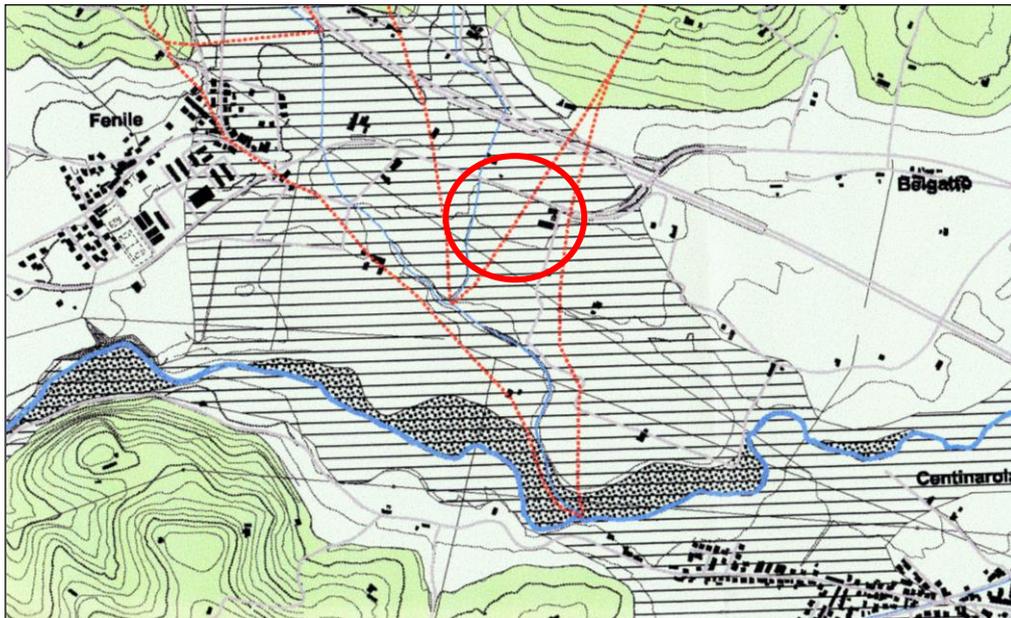
I pozzi presenti sono ad uso privato, la profondità della falda varia da 5 a 8 m dal piano campagna; per l'ubicazione dei pozzi privati si allega la planimetria in cui sono indicati i punti di captazione (fonte ASET S.p.A.).



L'area in studio dalla carta idrogeologica del P.R.G. del Comune di Fano è ubicata su terreni permeabili con falda a profondità minore di 5 m.

Si allega stralcio carta idrogeologica a corredo del P.R.G. del Comune di Fano

Stralcio carta idrogeologica P.R.G.



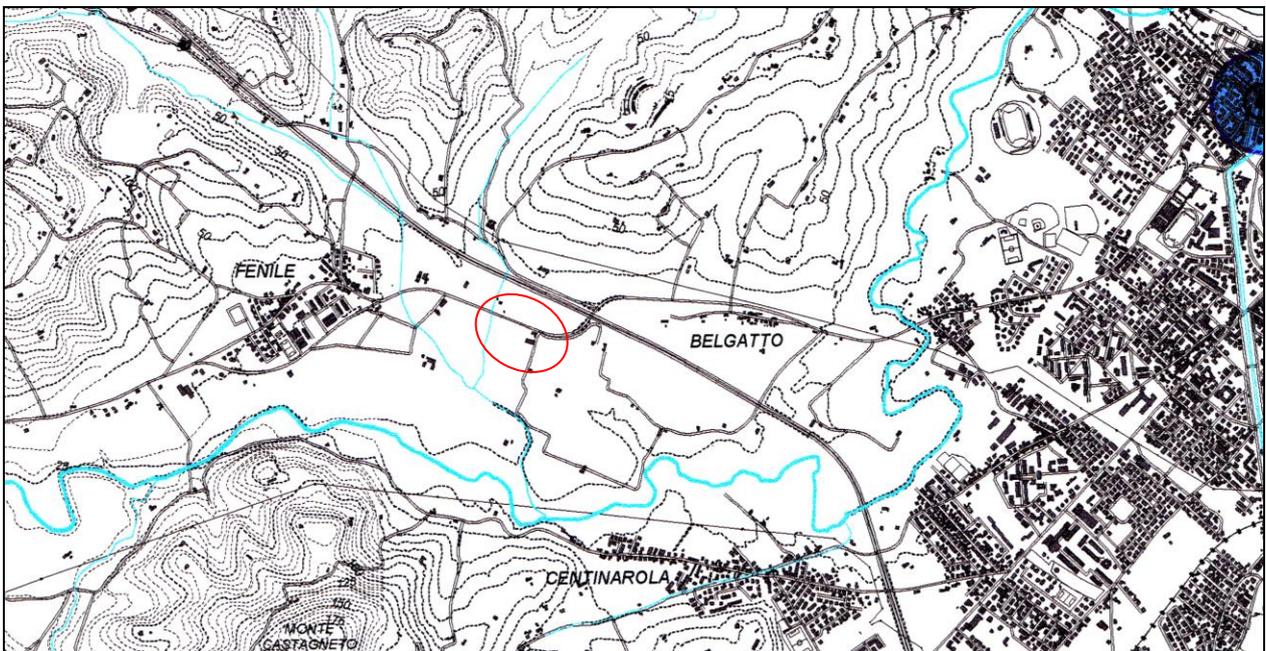
All'interno dell'area è presente un pozzo e la profondità della falda idrica risulta essere a - 1.33 dal p.c. (la misura è stata rilevata il 29/03/2011)

Nelle vicinanze, ovvero al di sotto della fascia di rispetto dei 200 metri prevista dal D .Lgs. 152/2006 non sono presenti pozzi comunali e ad uso potabile..

Si allega stralcio zone di rispetto pozzi comunali.

**INDAGINE IDROGEOLOGICA PER LA DETERMINAZIONE
DELLE ZONE DI RISPETTO E DI PROTEZIONE
DEI POZZI COMUNALI**

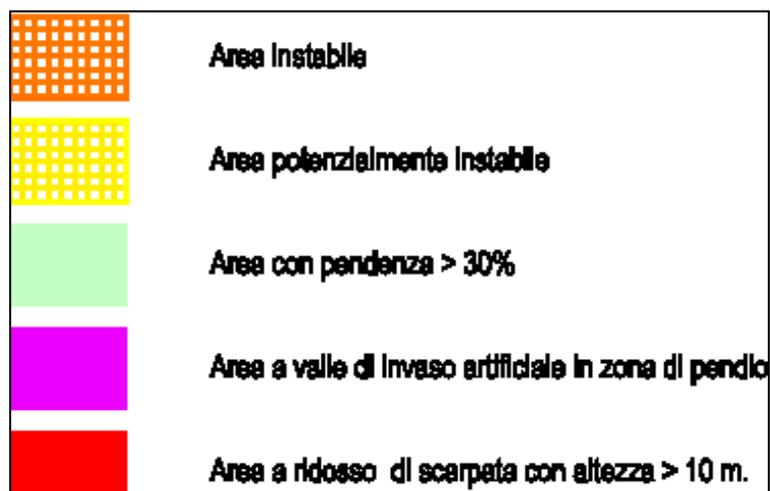
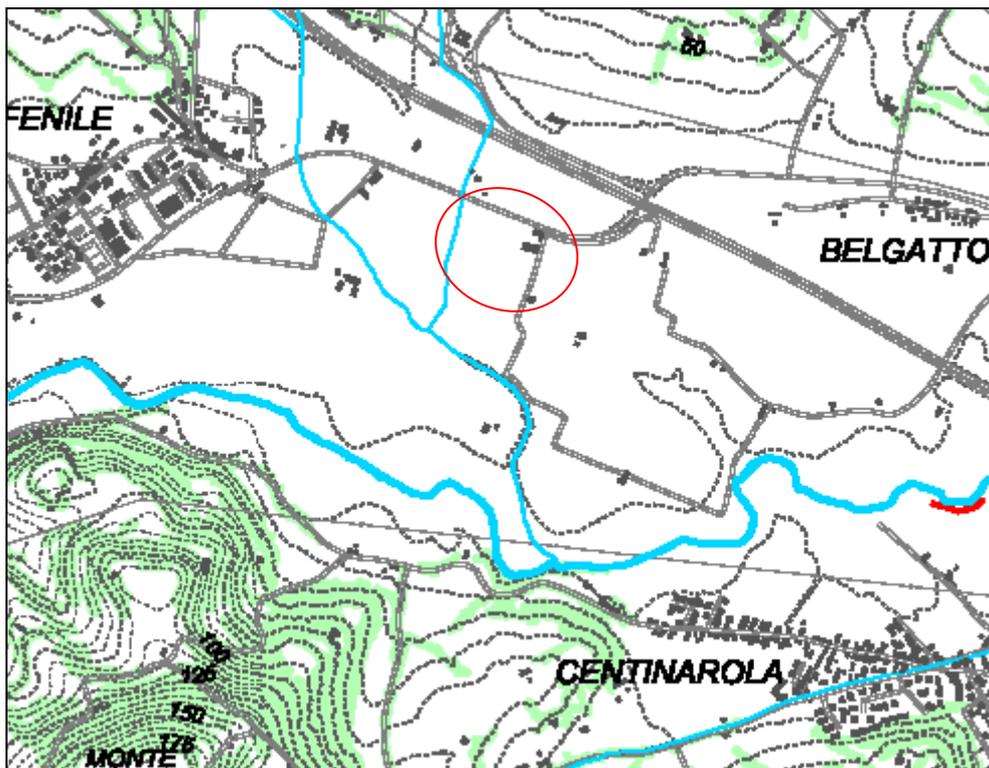
Studio UNIGEO: geol. V. LONGHINI, collab. geol. L. LONGHINI



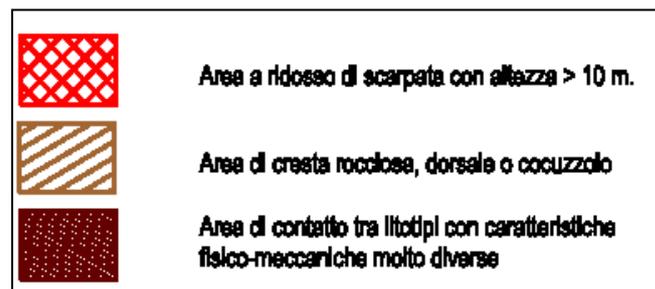
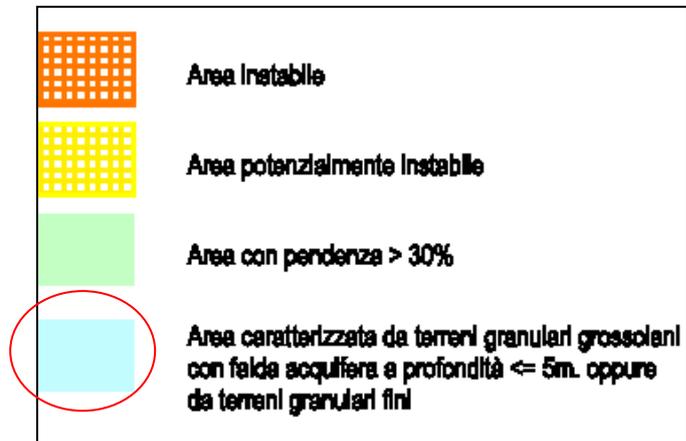
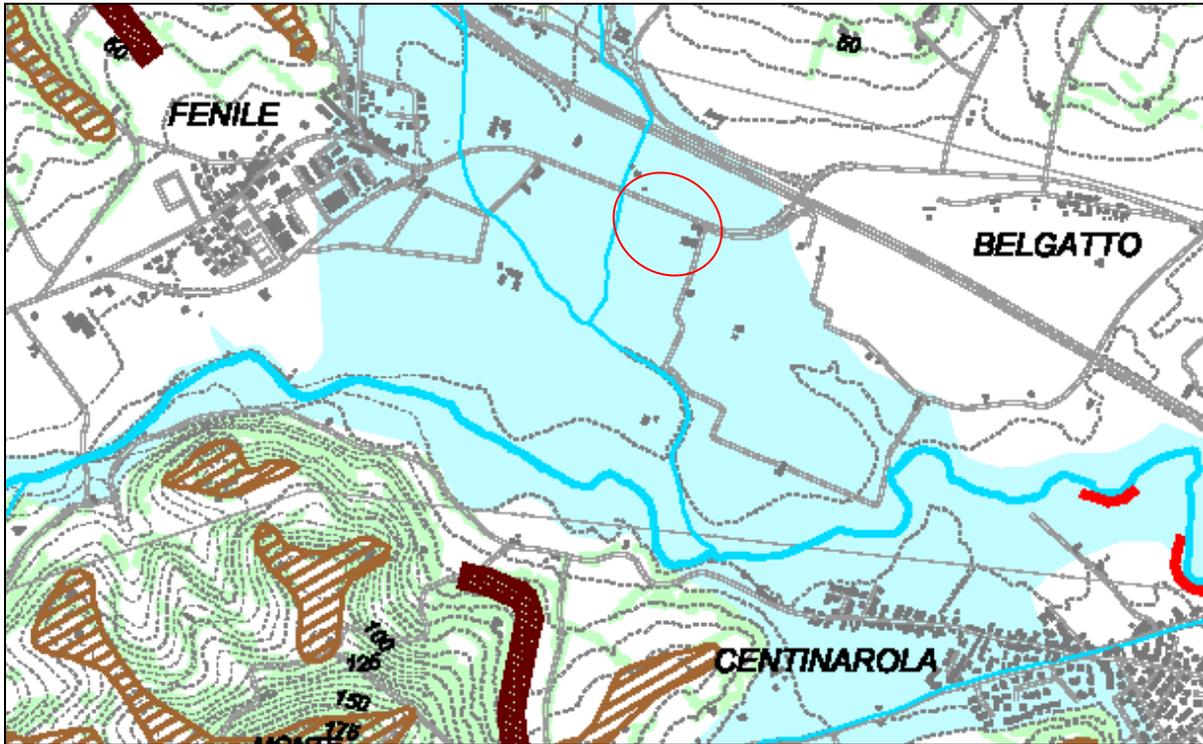
- ⊙ Pozzo comunale
- ⊙ Punto di misurazione della falda s.l.m.
- Zona di rispetto del pozzo comunale
- Zona di protezione del pozzo comunale

Dalle cartografie di sintesi allegate, carta pericolosità geologiche e carta pericolosità sismiche l'area oggetto di variante risulta priva di pericolosità geologiche e con una pericolosità sismica rappresentata dalla falda a profondità minore di 5 m

Stralcio carta pericolosità sismiche P.R.G.



Stralcio carta pericolosità geologiche P.R.G.



INQUADRAMENTO CLIMATICO

I dati raccolti sono stati misurati dalla Rete Agrometeorologica Regionale ed elaborati dal Centro Operativo di Agrometeorologia della Regione Marche. In particolare il centro ha elaborato i dati storici meteo climatici mediandoli sul periodo 1961-2000 al fine di elaborare delle cartografie storiche mensili, stagionali ed annuali da confrontare con i rilevamenti attuali.

Sulla base del sistema di classificazione dei climi proposto da Wladimir Köppen, che è certamente il più condiviso dai climatologi moderni, il clima del bacino del torrente Arzilla rientra nella classe C (clima temperato), che comprende i climi con temperature medie annue inferiori a +20°, nei quali la temperatura del mese più caldo supera i +10° e quella del più freddo è compresa fra +18° e -3°.

In questo gruppo rientra il bacino del torrente Arzilla (Cf), in cui in nessun periodo dell'anno si registra un elevato grado di aridità.

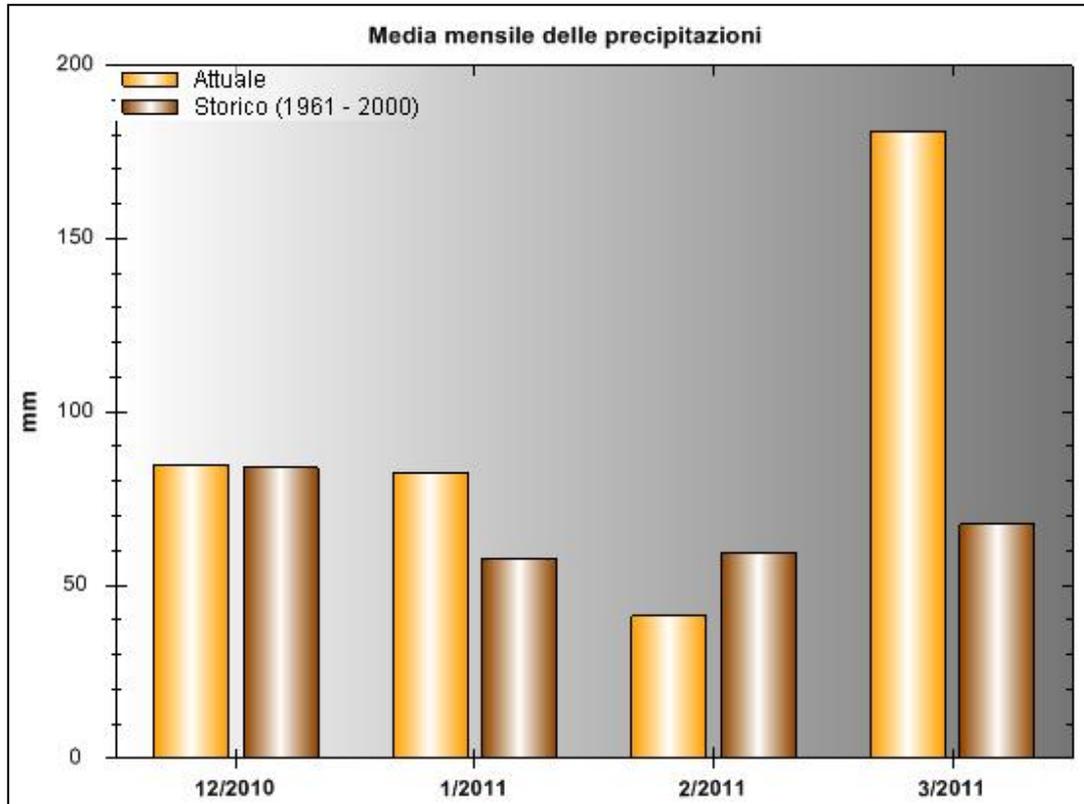
Una ulteriore specificazione del clima sulla base della temperatura del mese più caldo ci porta ad aggiungere alla sigla precedente (Cf) la lettera "a", se questa è superiore a +22° o la lettera "b" se è inferiore a +22°, ma almeno cinque mesi hanno una temperatura media superiore a +10°.

Pertanto il clima dell'area è identificabile con la sigla Cfa; in dettaglio il clima Cfa è caratterizzato da una temperatura media annua intorno ai +14°/+13°, da un'escursione termica moderata (circa 6° - 7°) e da precipitazioni annue comprese fra i 737 mm di Fano ed i 988 di Fossombrone.

Si riporta di seguito l'andamento delle precipitazioni dell'anno 2011

ANDAMENTO CLIMATICO NELL'ANNO ATTUALE DELLA REGIONE MARCHE

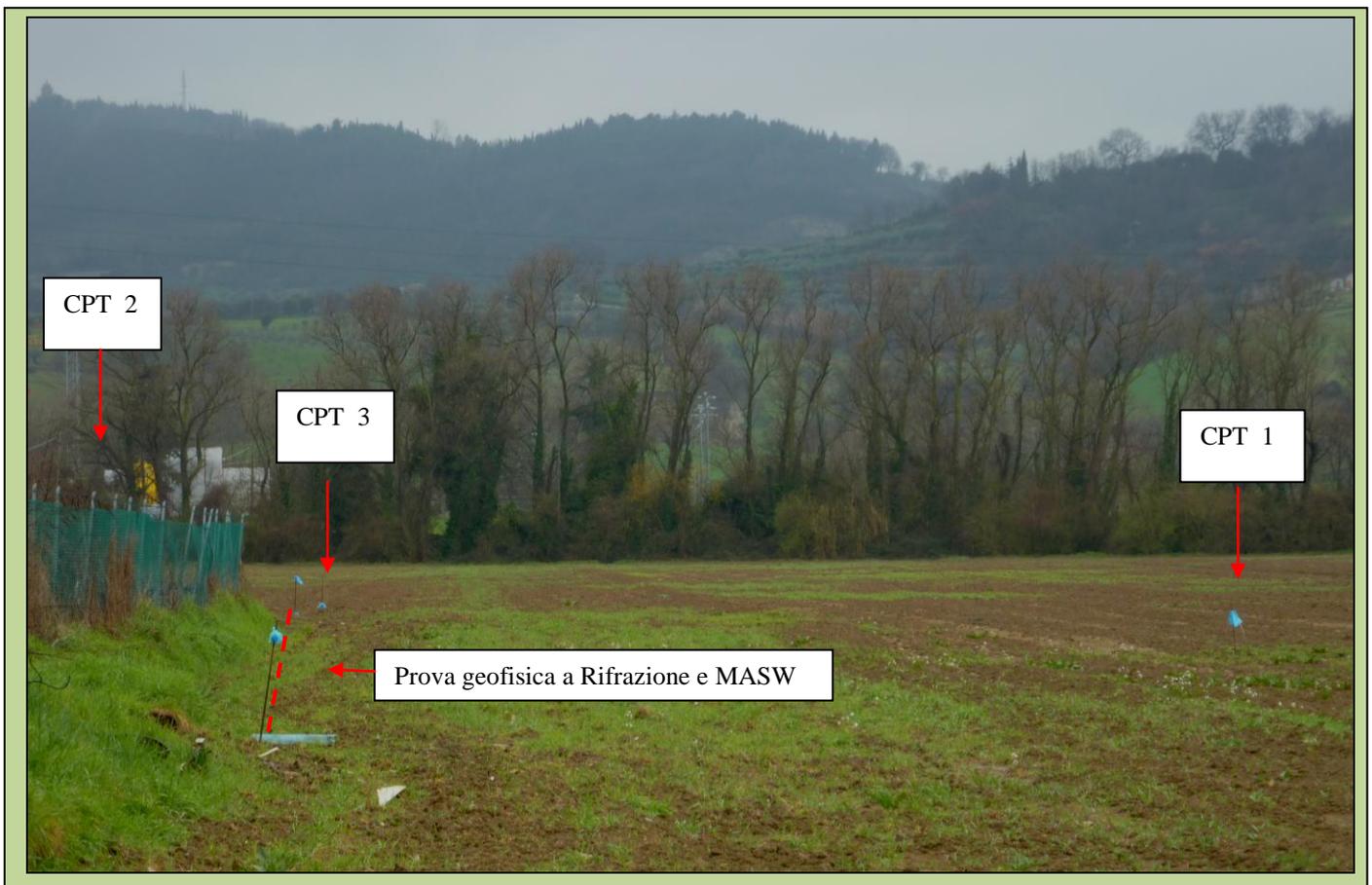
Periodo	Valore Attuale	Storico 1961-2000	Differenza tra Attuale e Storico
12/2010	84,9	84,0	0,9
1/2011	82,5	57,8	24,7
2/2011	41,1	59,4	-18,3
3/2011	180,7	67,5	113,2



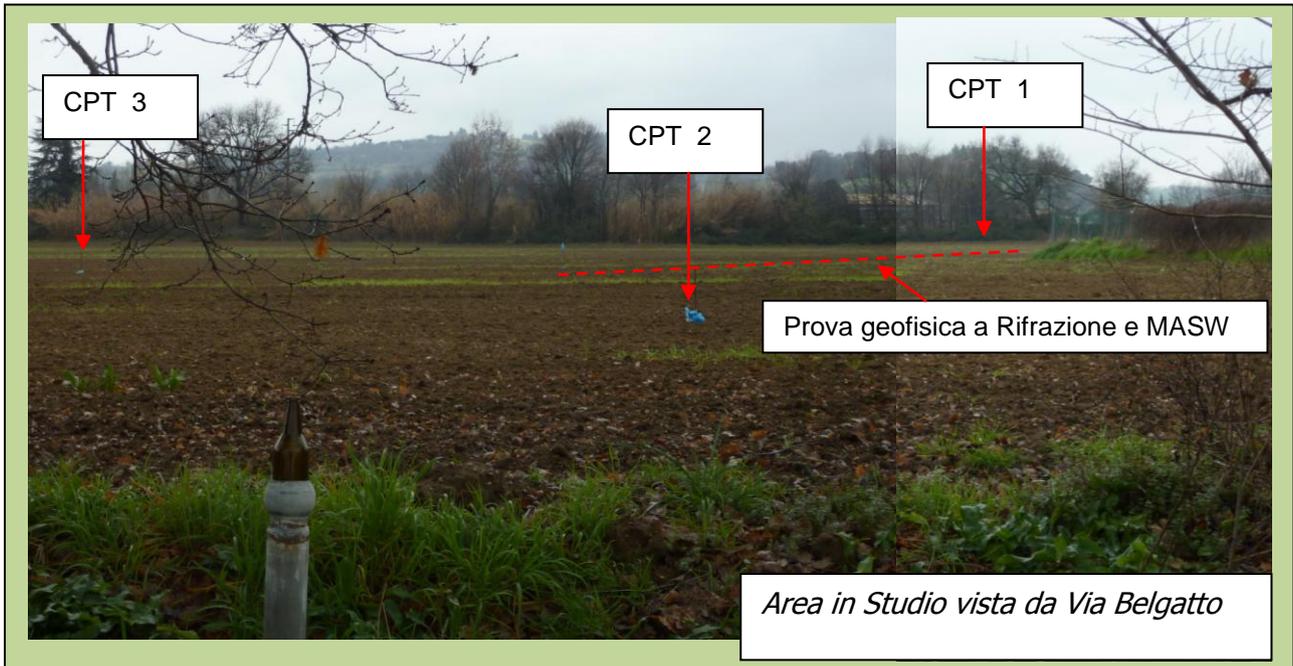
La stagione invernale appena trascorsa ha fatto registrare un totale medio di circa 389,2 mm con un notevole incremento rispetto al periodo di riferimento 1961-2000 (268,7 mm), dovuto alle piogge di gennaio e soprattutto a quelle di marzo.

CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE

Al fine di caratterizzare i terreni in profondità sono state riportate alcune perforazioni meccaniche utilizzate per lo studio della ex cava e sono state fatte eseguire dalla Ditta INTERGEO S.R.L. SERVIZI GEOLOGICI tre prove penetrometriche statiche (CPT) e dalla Ditta SERVIZI SISMICI Dr. Antonello Donnini & Dr. Fabrizio Mantoni una sismica a Rifrazione e MASW i cui rapporti sono di seguito allegati e fanno parte integrante della relazione. Le prove eseguite sono ubicate come da planimetria allegata e fotografie seguenti.



Area in Studio vista dalla Strada Provinciale



Area in Studio vista dal
campo agricolo



Nello specifico sono state eseguite:

3 prove penetrometriche statiche (CPT) con sonda penetrometrica Pagani TG63 200KN con le seguenti caratteristiche:

PENETROMETRO STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico).

Caratteristiche:

- punta conica meccanica $\varnothing 35.7$ mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10$ cm²)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing 35.7$ mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm²)
- velocità di avanzamento costante $V = 2$ cm / sec ($\pm 0,5$ cm / sec)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett. \Rightarrow Spinta) $C_t = SPINTA$ (Kg) / LETTURA DI CAMPAGNA

$$\text{fase 1 - resistenza alla punta} \quad q_c \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = (L. \text{ punta}) C_t / 10$$

$$\text{fase 2 - resistenza laterale locale} \quad f_s \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = [(L. \text{ laterale}) - (L. \text{ punta})] C_t / 150$$

$$\text{fase 3 - resistenza totale} \quad R_t \text{ (Kg)} = (L. \text{ totale}) C_t$$

$$q_c / f_s = \text{'rapporto Begemann'}$$



Si riportano di seguito le fotografie delle prove eseguite, i risultati delle prove penetrometriche e la ricostruzione stratigrafica.





PROVA PENETROMETRICA STATICA

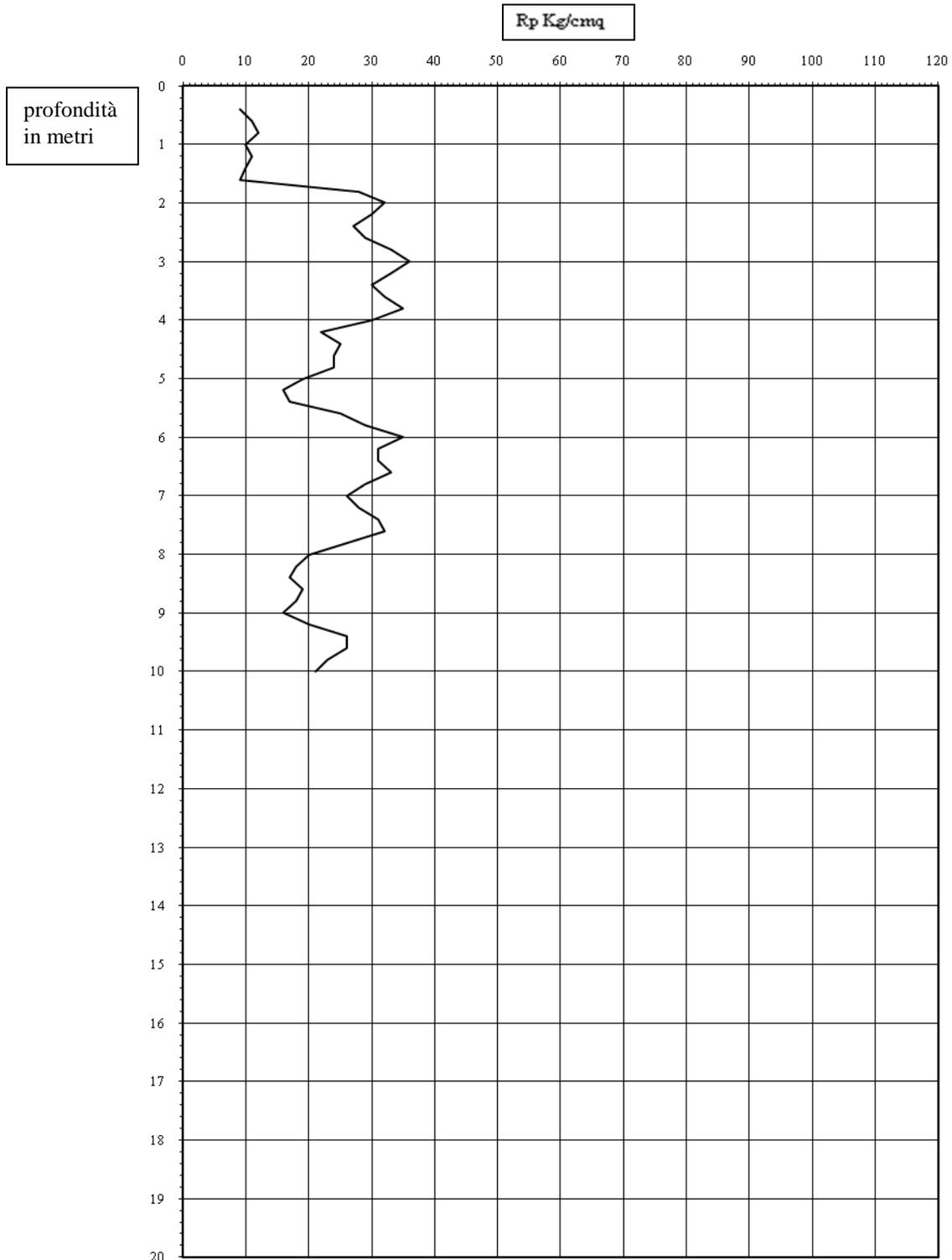
Prova n.: CPT 1

Cantiere: Fano (PU) - Località Belgatto

Data: Marzo 2011

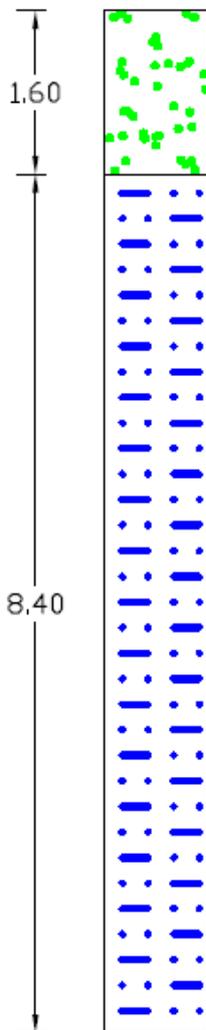
Quota inizio: piano campagna

Liv.falda: - 0,80 mt.



COLONNA STRATIGRAFICA
PROVA PENETROMETRICA STATICA N° 1

CPT1



Terreno superficiale in parte rimaneggiato di natura limoso argilloso.
La falda freatica è posizionata a -1,0 m dal p.c.

Alternanze di limi argillosi ed argille limose sature in acque localmente plastiche con lineazioni sabbiose ben distribuite lungo la verticale d'indagine.

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Prova n.: CPT 2

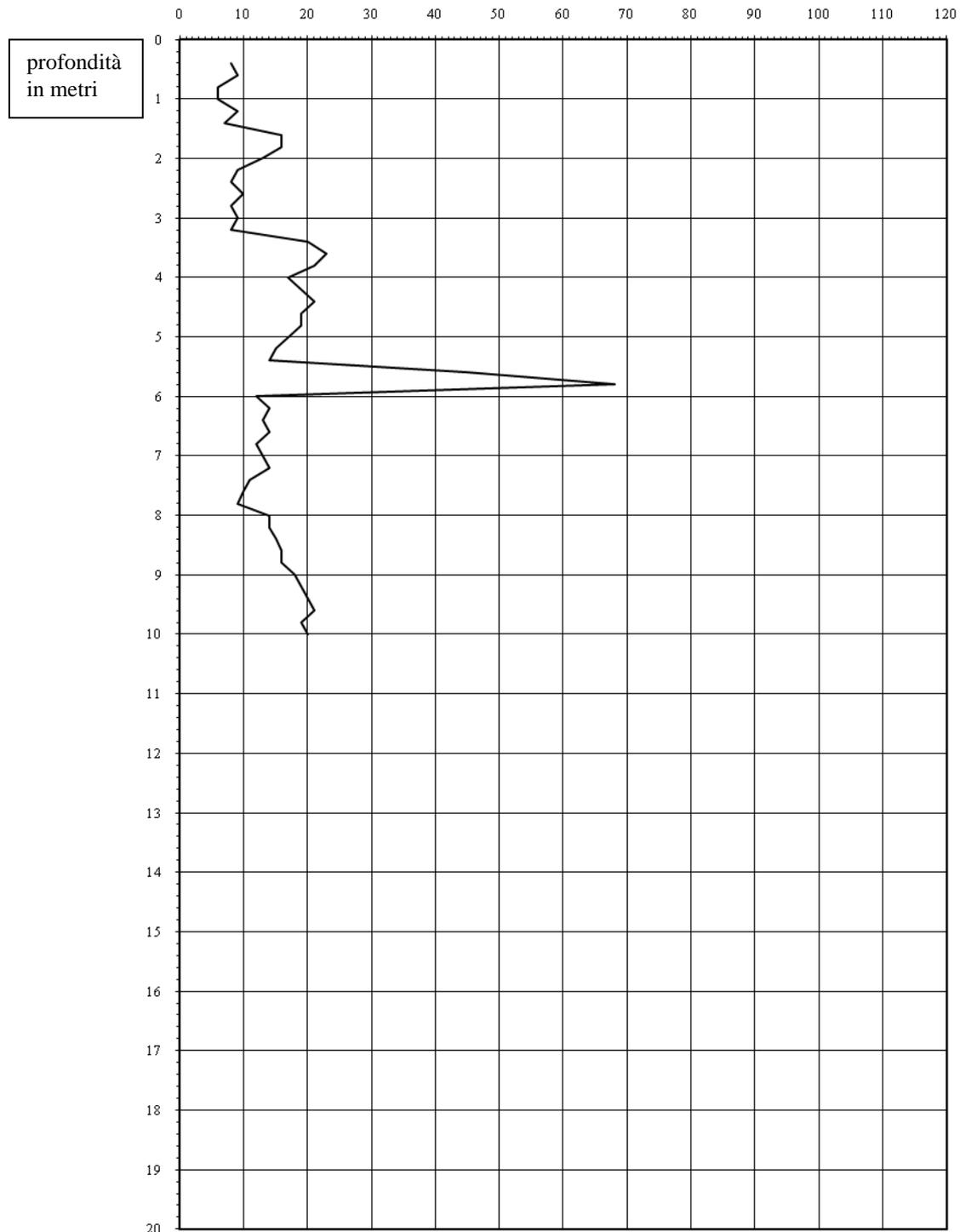
Cantiere: Fano (PU) - Località Belgatto

Data: Marzo 2011

Quota inizio: piano campagna

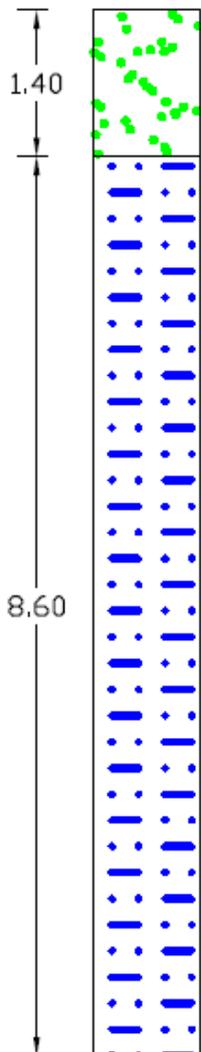
Liv.falda: -1,00 mt.

Rp Kg/cm²



COLONNA STRATIGRAFICA
PROVA PENETROMETRICA STATICA N° 2

CPT2



Terreno superficiale in parte rimaneggiato di natura limoso argillosa.
La falda freatica è posizionata a -1,0 m dal p.c.

Alternanze di limi argillosi ed argille limose saturate in acque localmente plastiche con lineazioni sabbiose.

PROVA PENETROMETRICA STATICA

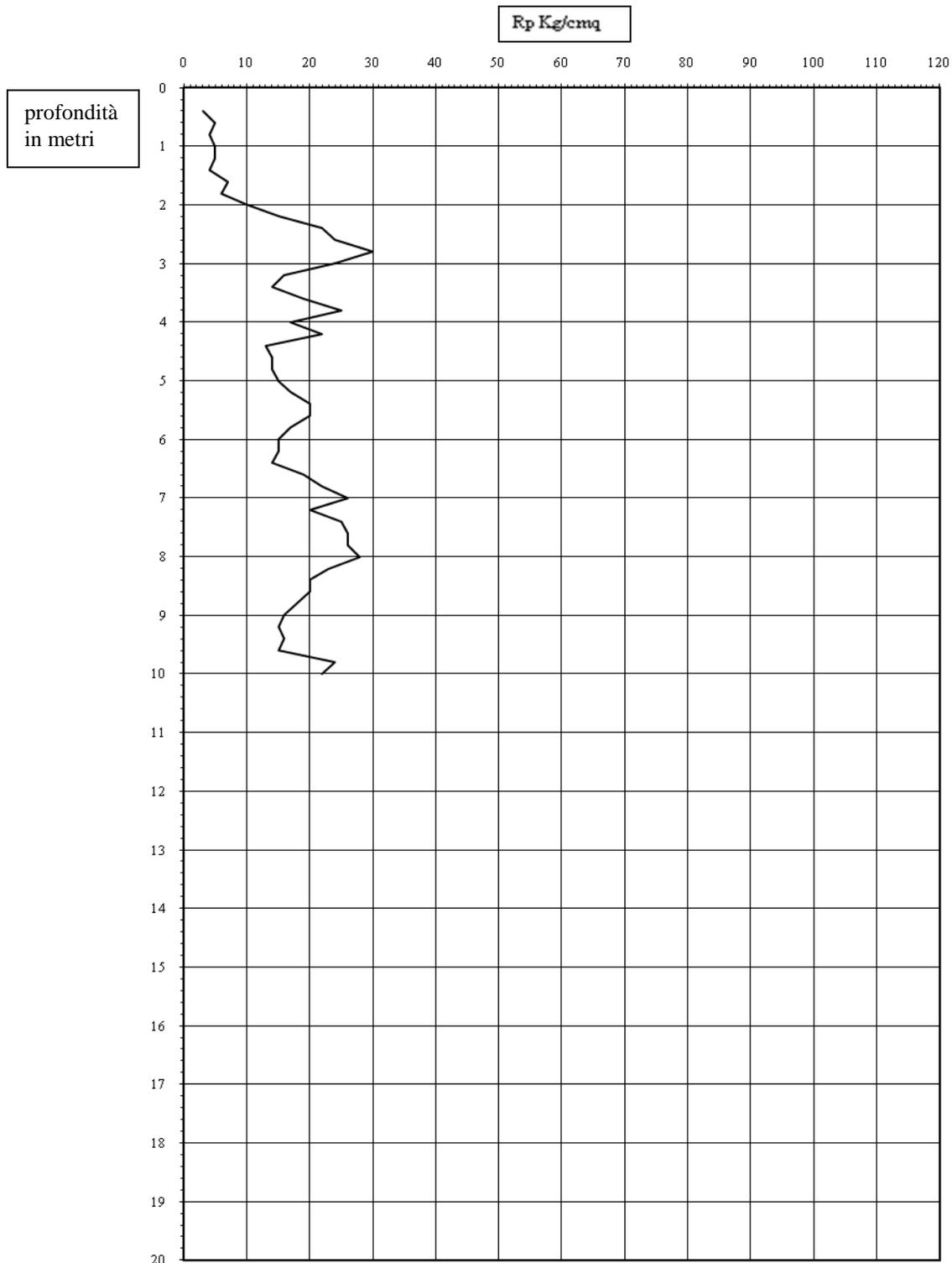
Prova n.: CPT 3

Cantiere: Fano (PU) - Località Belgatto

Data: Marzo 2011

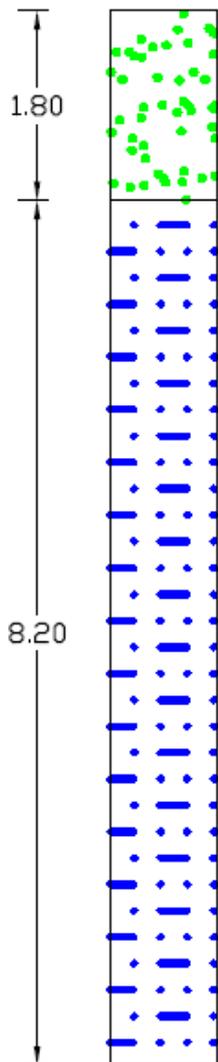
Quota inizio: piano campagna

Liv.falda: -1,00 mt.



COLONNA STRATIGRAFICA
PROVA PENETROMETRICA STATICA N° 3

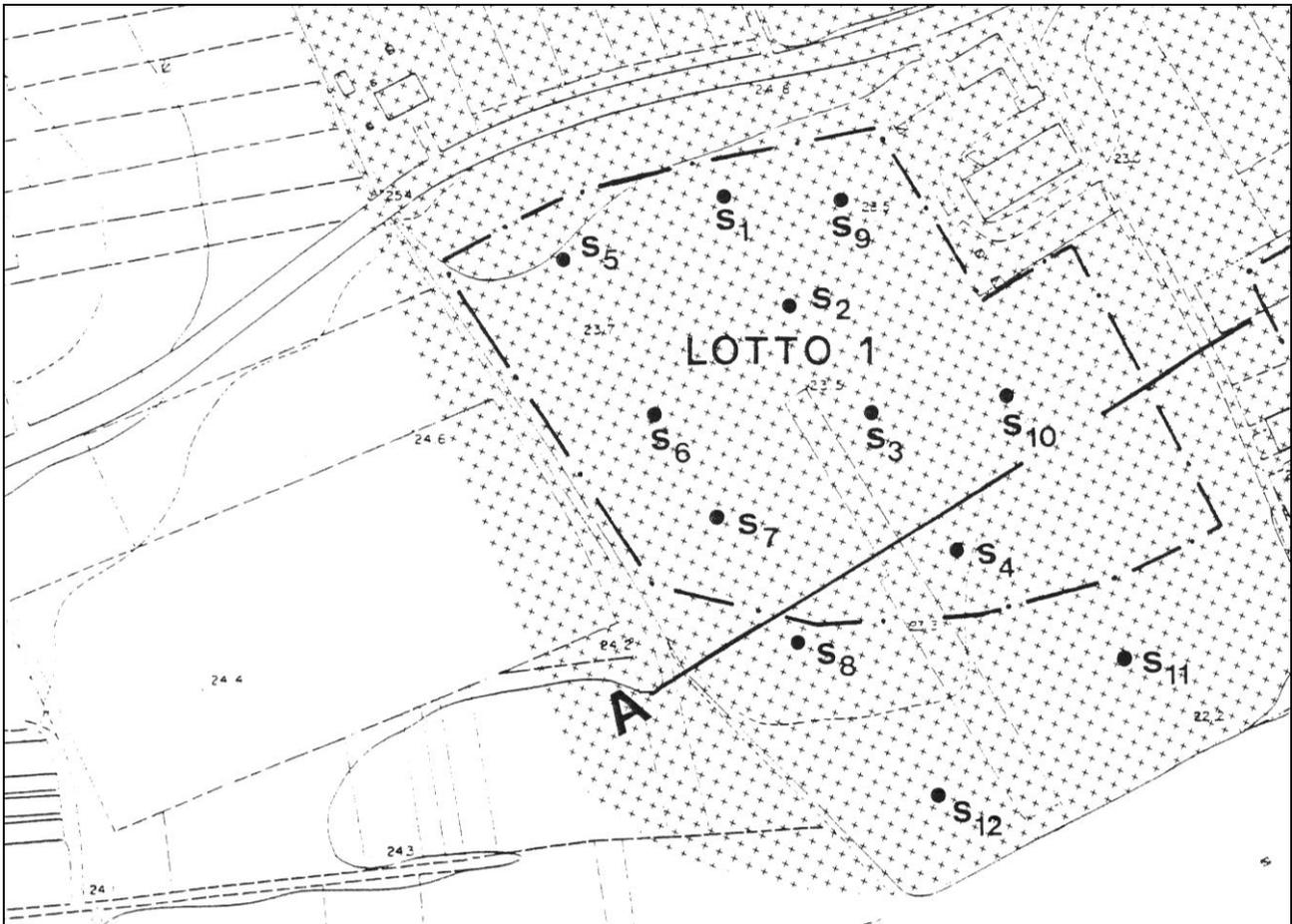
CPT3



Terreno superficiale in parte rimaneggiato di natura limoso argillosa.
La falda freatica è posizionata a -1,0 m dal p.c.

Alternanze di limi argillosi ed argille limose saturate in acque localmente plastiche con lineazioni sabbiose più abbondanti in profondità.

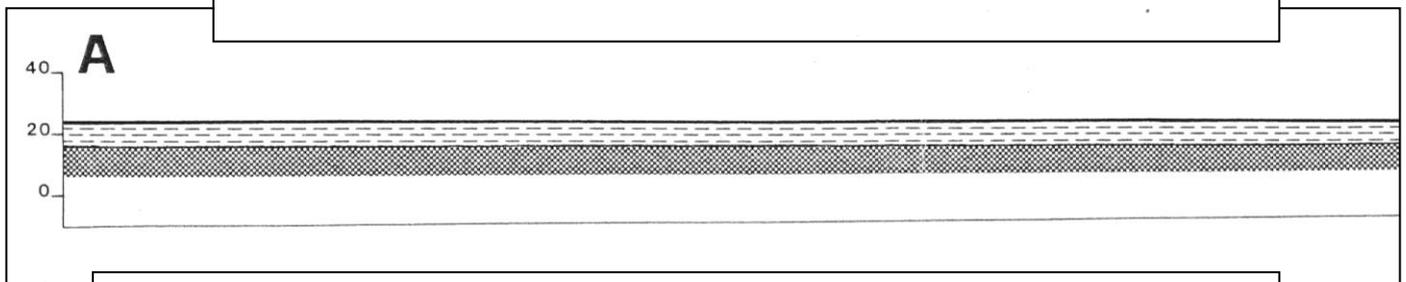
Come già scritto sono state prese in considerazione le perforazioni meccaniche eseguite per lo studio della cava, si riporta di seguito la planimetria con l'ubicazione delle perforazioni, la sezione stratigrafica e una sola colonna stratigrafica in quanto l'area risulta pressoché omogenea.



SEZIONE

GEOLOGICA

SCALA 1:2.000

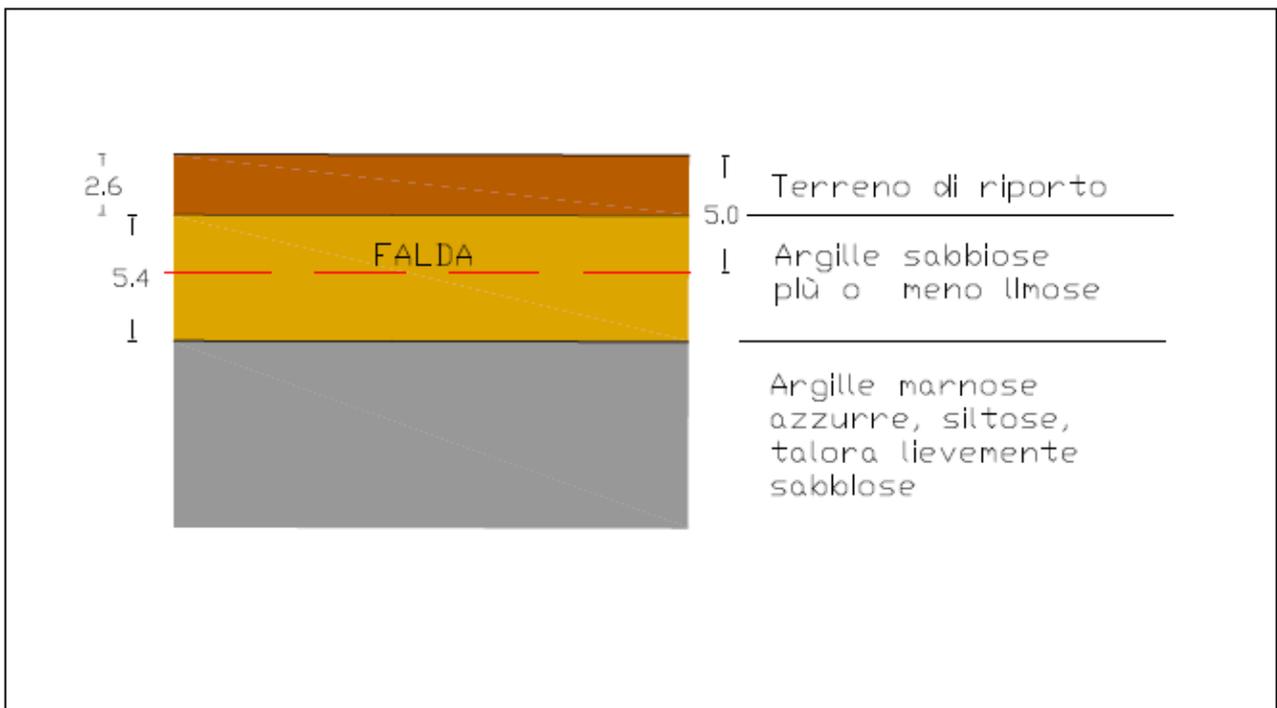


ARGILLE SABBIOSE PIÙ O MENO LIMOSE



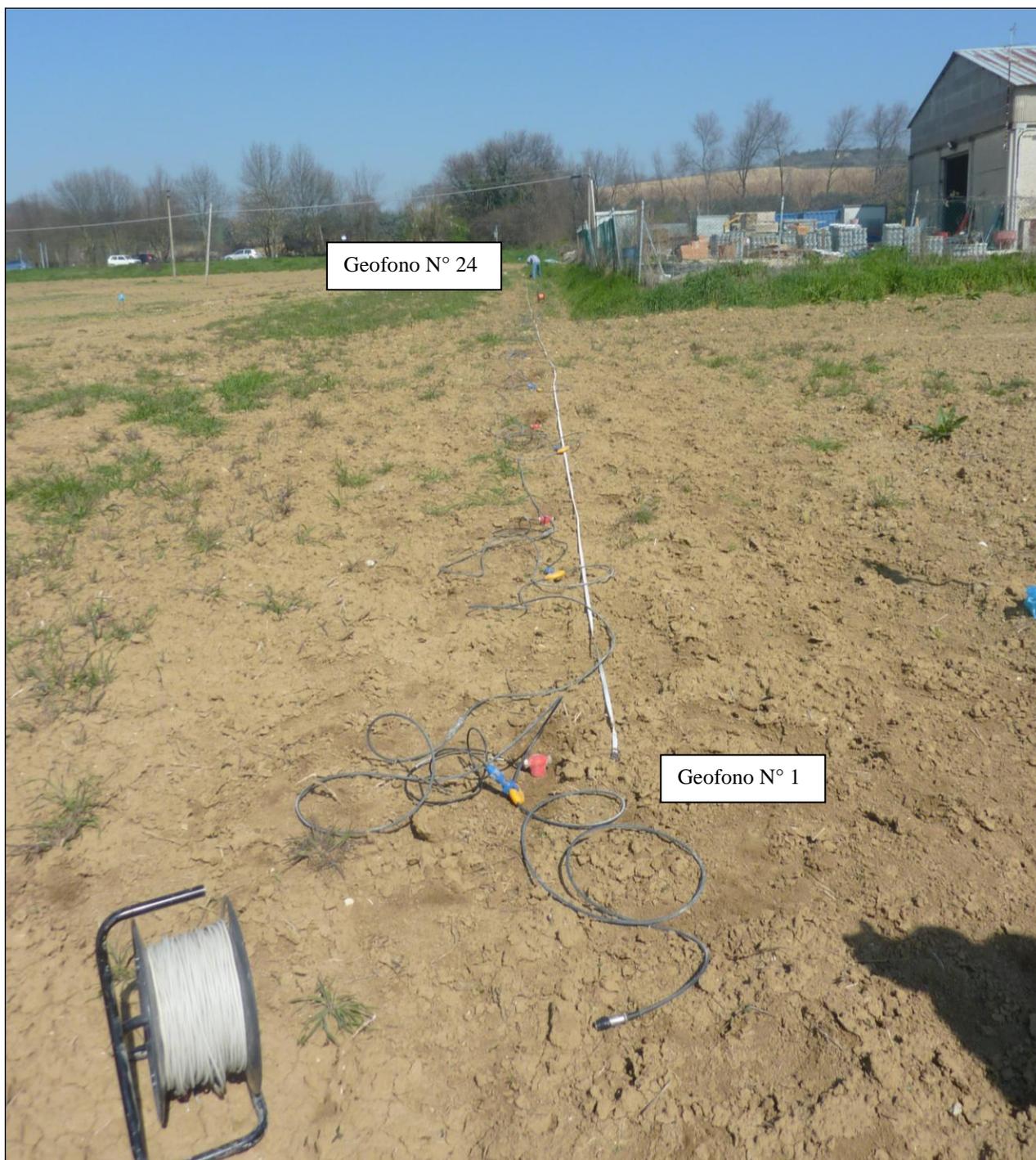
ARGILLE MARNOSE AZZURRE, SILTOSE, TALORA LIEVEMENTE SABBIOSE

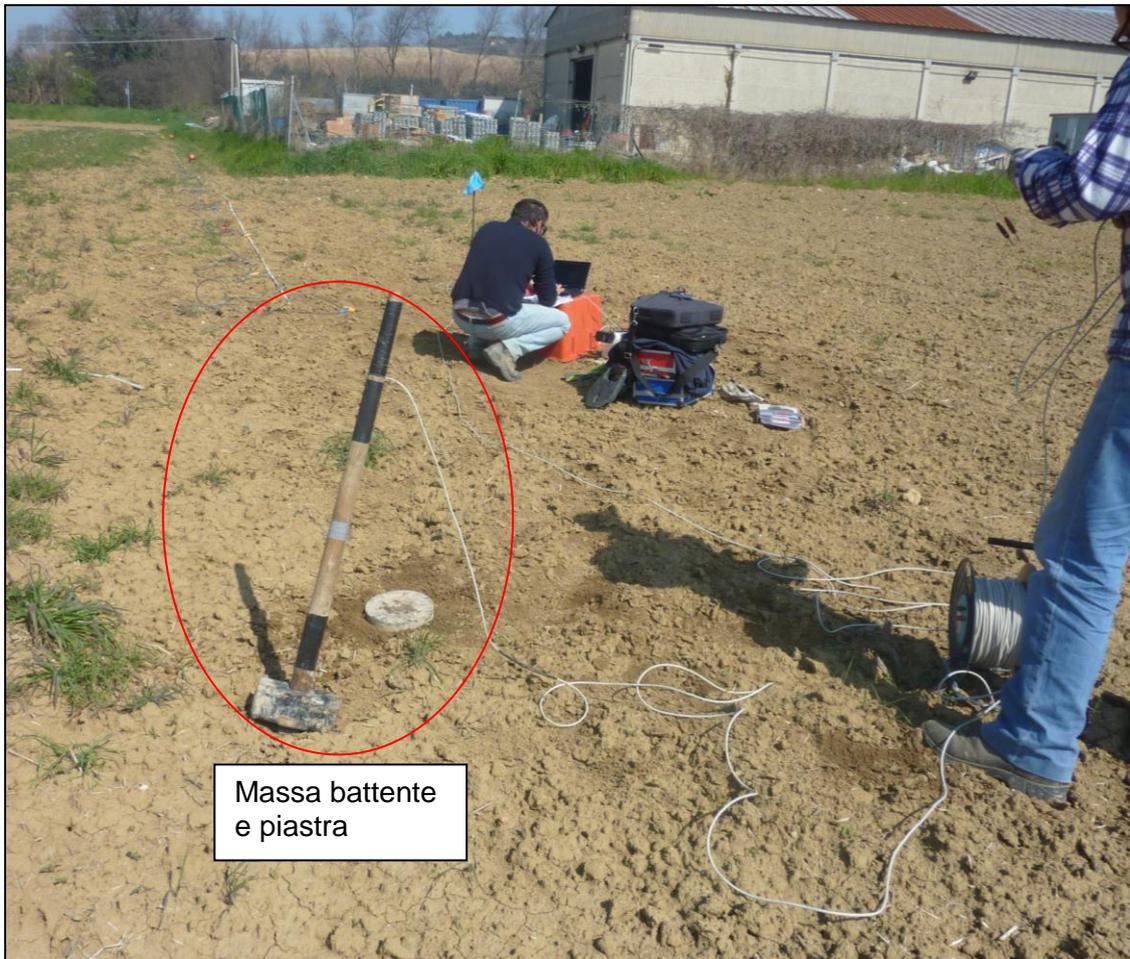
COLONNA STRATIGRAFICA



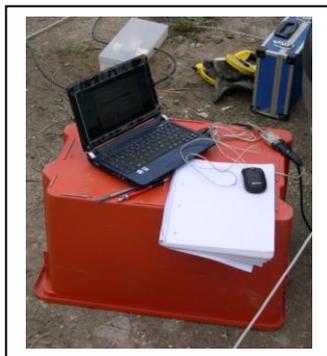
Per la ricostruzione del modello geofisico del sito è stata fatta eseguire un'indagine sismica superficiale caratterizzata dalla combinazione tra la tecnica di sismica a rifrazione con onde di volume (longitudinali e trasversali) e il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica Masw, ubicata come da planimetria sopra riportata e sulle seguenti fotografie.

Stendimento dei 24 geofoni





Massa battente
e piastra



Sismografo digitale

Sinteticamente la tecnica di sismica a rifrazione consiste nell'acquisire il segnale sismico generato da una fonte energizzante artificiale rappresentato da una massa battente (8 Kg) posizionata ai due lati dello stendimento e in posizione intermedia.

La registrazione del segnale sismico avviene lungo uno stendimento lineare, come riportato nelle fotografie precedenti dove sono disposti 24 rilevatori chiamati geofoni costituiti da una massa

magnetica oscillante che trasforma il movimento in un segnale elettrico, che viene acquisito da un sismografo digitale.



Shot 1



Shot intermedio



Shot 2

L'indagine sismica di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) si basa sulla propagazione delle onde di superficie rayleigh. La modalità e la geometria di acquisizione è simile a quella adottata per la sismica a rifrazione. Si utilizza uno stendimento lineare di geofoni ed il terreno viene energizzato attivamente attraverso una massa battente.

Le caratteristiche degli strumenti utilizzati, la metodologia e l'acquisizione dei dati sono riportati in maniera esaustiva nel rapporto di indagine eseguito dalla Ditta "Servizi Sismici" di Sassoferrato (AN) e allegato alla presente relazione di cui fa parte integrante.

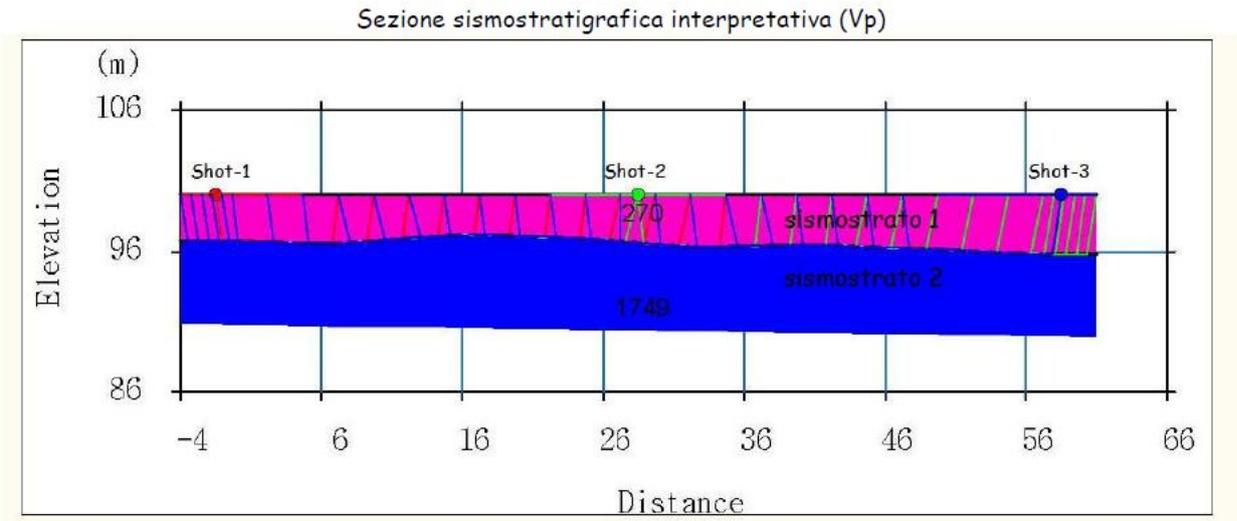
L'interpretazione geofisica individua il modello geofisico dell'area distinguendo le unità Geofisiche, a cui si associano intervalli di valore di V_p e V_s e dei relativi parametri elastici.

La velocità delle onde di massa dipende dai parametri elastici dei mezzi attraversati che sono a loro volta influenzati da numerosi fattori quali la compattezza o il grado di litificazione, la porosità, la tessitura, il grado di alterazione e/o fratturazione, la composizione mineralogica, il contenuto di fluidi, ecc.. Una corretta determinazione della velocità delle onde di massa (V_p e V_s) consente quindi di ricavare i moduli elastici dinamici che caratterizzano il mezzo in cui si propaga la perturbazione ed ottenere informazioni circa la sua natura e il tipo di risposta alle sollecitazioni dinamiche. A partire dalle espressioni della velocità delle onde di compressione (V_p) e di taglio (V_s) si possono quindi determinare i parametri così come descritti nella relazione di indagine geofisica allegata.

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di caratterizzare al meglio l'area d'indagine. Gli stessi definiscono la categoria di suolo del sito, in base ai valori di V_{S30} calcolati a partire dal p.c. fino a 30 m di profondità.

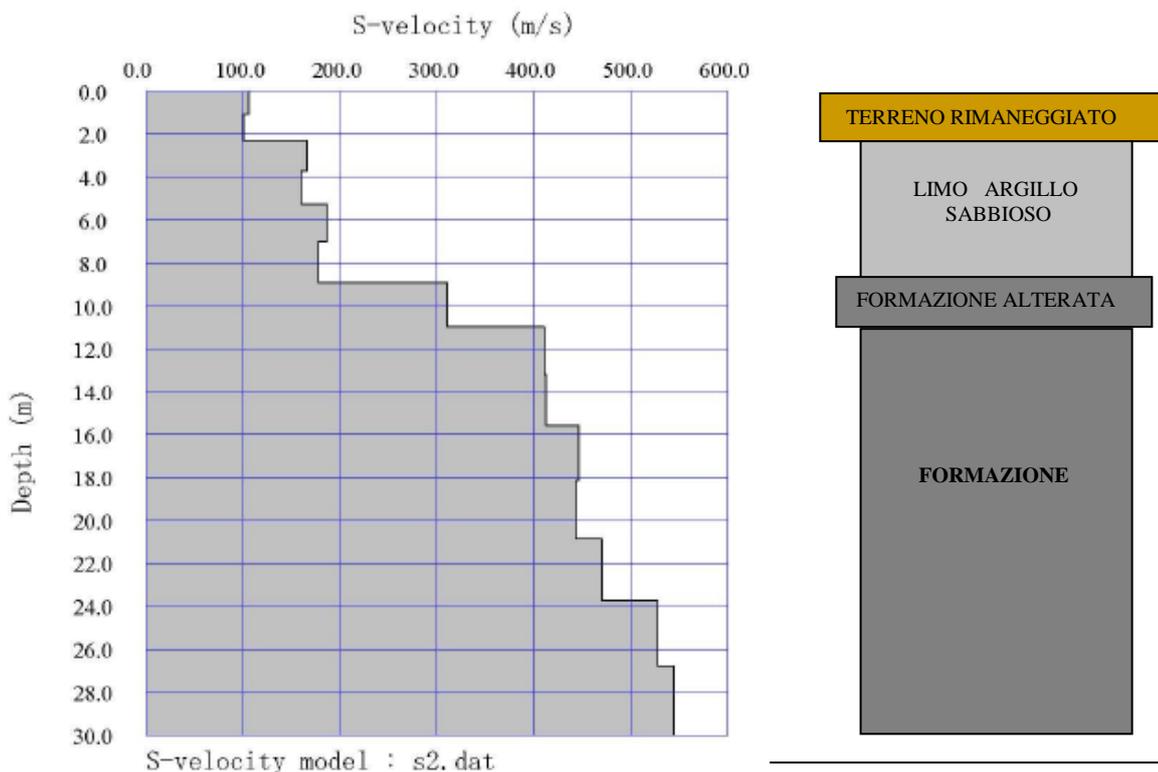
Sezione sismostratigrafica

L'indagine sismica a rifrazione di taratura eseguita nel sito oggetto di indagine ha evidenziato, sino alle profondità indagate connesse alla geometria dello stendimento, la presenza di un'unico rifratore che ha permesso di individuare 2 distinti livelli caratterizzati da un discreto contrasto di rigidità, come di seguito riportato



- 1) il primo sismostrato, riferibile a depositi a basso stato di addensamento/consistenza, presenta spessori compresi tra 3,50 mt e 4,50 mt circa ed è caratterizzato da velocità delle onde di compressione dell'ordine di 270 m/sec circa;
- 2) il secondo sismostrato, riferibile presumibilmente a terreni in uno stato di saturazione idrica, è caratterizzato da velocità delle onde di compressione dell'ordine di 1749 m/sec. Tale livello è stato rilevato a partire da profondità comprese tra 3,50 e 4,50 mt circa dal p.c..

Dal profilo verticale monodimensionale delle Vs si ricostruisce il seguente andamento stratigrafico che riconferma quanto già rilevato nelle altre prove.



In base alle prove eseguite all'interno dell'area il sottosuolo può essere schematizzato quindi nei seguenti strati:

STRATO 1

Terreno alluvionale colluviale, la parte sommitale rappresentata dal suolo di colore marrone scuro, con sparsi elementi organici, proseguendo in profondità fino alla quota di 1.40/2.00 mt terreno di riporto.

STRATO 2

Argille limoso sabbiose talora è rilevabile una percentuale di sabbia maggiore fino a circa 8.50 mt

STRATO 3

Formazione pliocenica argillo marnosa azzurra, siltosa, talora lievemente sabbiosa con sabbie ed arenarie talora lievemente cementate, fino a circa 12.00 metri risulta alterata poi integra.

DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI

Con la normativa del D.M.14/01/2008 l'analisi del sistema terreno struttura viene trattato con metodi semiprobabilistici e compare il concetto di PARAMETRI CARATTERISTICI per i parametri della resistenza al taglio del terreno, coesione e angolo di attrito interno; per valore caratteristico s'intende quel valore al quale è associata una prefissata probabilità di non superamento.

Data la natura dei terreni si è preso in esame il valore della coesione, i parametri nominali sono riportati nei rapporti penetrometrici allegati di seguito.

La stratigrafia risulta essere rappresentata nella parte superficiale da terreno rimaneggiato a cui fa seguito un terreno alluvionale rappresentato da un apporto fine limo argillo sabbioso, il valore della coesione è stato calcolato per entrambe le litologie e per tutte le prove penetrometriche.

Prof (m)	Valore disaggregato	TERRENO SUPERFICIALE (0.00-1.60 m)		PROVA PENETROMETRICA CPT1
0,2	0,45	Cu medio (Kg/cmq)	0,75	
0,4	0,55	Valore caratteristico (Kg/cmq)	0,42	
0,6	0,60			
0,8	0,50			
1,0	0,55			
1,2	0,50			
1,4	0,45			
Prof (m)	Valore disaggregato	LIMO ARGILLOSO SABBIOSO (1.60-10.0 m)		
1,6	1,4	Cu medio (Kg/cmq)	1,40	
1,8	1,6	Valore caratteristico (Kg/cmq)	0,98	
2	1,5			
2,2	1,35			
2,4	1,45			
2,6	1,65			
2,8	1,8			
3	1,65			
3,2	1,5			
3,4	1,6			
3,6	1,75			
3,8	1,5			
4	1,1			
4,2	1,25			
4,4	1,2			
4,6	1,2			
4,8	0,95			
5	0,8			
5,2	0,85			
5,4	1,25			
5,6	1,45			
5,8	1,75			
6	1,55			
6,2	1,55			
6,4	1,65			
6,6	1,45			
6,8	1,3			
7	1,4			
7,2	1,55			
7,4	1,6			
7,6	1,3			
7,8	1			
8,0	1			
8,2	0,9			
8,4	0,85			
8,6	0,95			
8,8	0,9			
9,0	0,8			
9,2	1			
9,4	1,3			
9,6	1,3			
9,8	1,15			

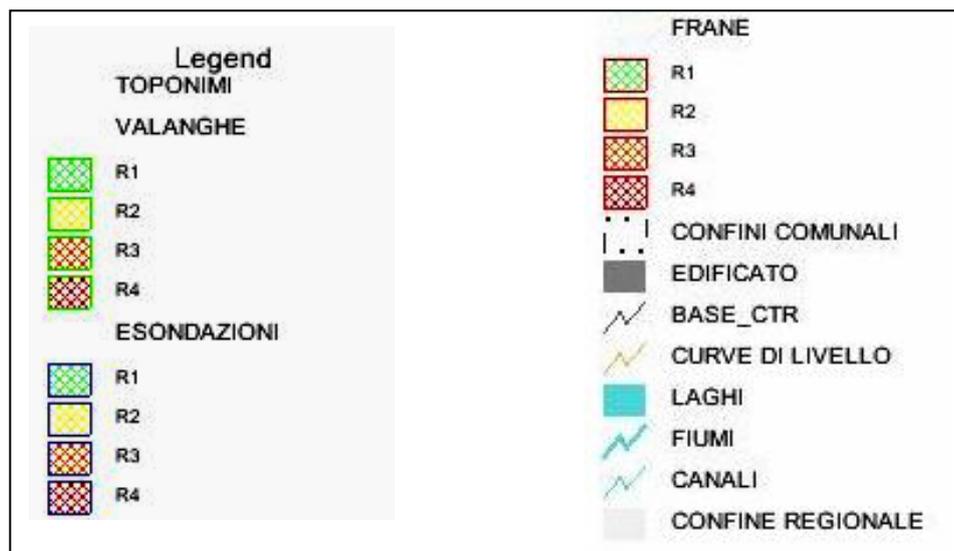
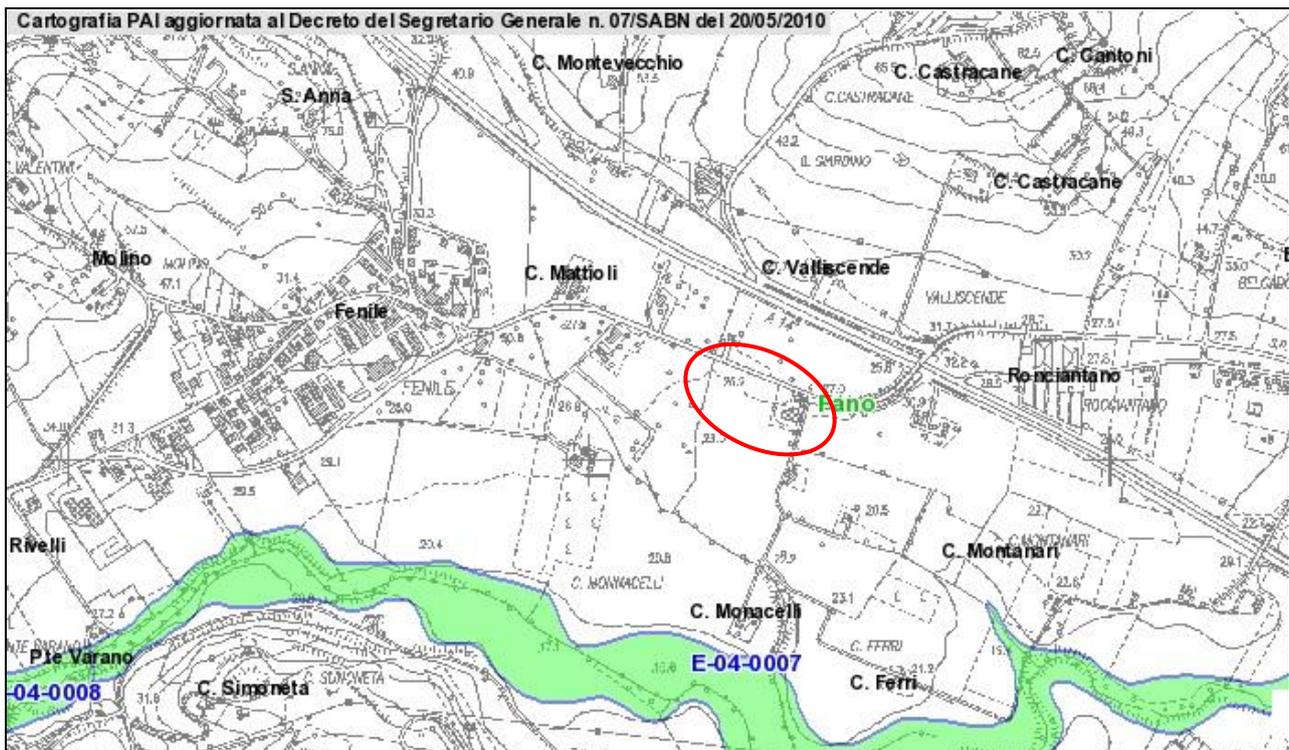
Prof (m)	Valore disaggregato	TERRENO SUPERFICIALE (0.00-1.40 m)		PROVA PENETROMETRICA CPT2
0,4	0,4	Cu medio (Kg/cmq)	0,38	
0,6	0,45	Valore caratteristico (Kg/cmq)	0,26	
0,8	0,3			
1	0,3			
1,2	0,45			
1,4	0,35			
Profondità	Valore disaggregato	LIMO ARGILLOSO SABBIOSO (1.40-10.0 m)		
1,6	0,8	Cu medio (Kg/cmq)	0,75	
1,8	0,8	Valore caratteristico (Kg/cmq)	0,41	
2	0,65			
2,2	0,45			
2,4	0,4			
2,6	0,5			
2,8	0,4			
3	0,45			
3,2	0,4			
3,4	1			
3,6	1,15			
3,8	1,05			
4	0,85			
4,2	0,95			
4,4	1,05			
4,6	0,95			
4,8	0,95			
5	0,85			
5,2	0,75			
5,4	0,7			
5,6	/			
5,8	/			
6	0,6			
6,2	0,7			
6,4	0,65			
6,6	0,7			
6,8	0,6			
7	0,65			
7,2	0,7			
7,4	0,55			
7,6	0,5			
7,8	0,45			
8	0,7			
8,2	0,7			
8,4	0,75			
8,6	0,8			
8,8	0,8			
9	0,9			
9,2	0,95			
9,4	1			
9,6	1,05			
9,8	0,95			

Prof (m)	Valore disaggregato	TERRENO SUPERFICIALE (0.00-2.00 m)		PROVA PENETROMETRICA CPT3
0,4	0,15	Cu medio (Kg/cmq)	0,27	
0,6	0,25	Valore caratteristico (Kg/cmq)	0,10	
0,8	0,20			
1	0,25			
1,2	0,25			
1,4	0,20			
1,6	0,35			
1,8	0,30			
2,0	0,50			
Profondità	Valore disaggregato	LIMO ARGILLOSO SABBIOSO (2.20-10.0 m)		
2,2	0,75	Cu medio (Kg/cmq)	0,97	
2,4	1,00	Valore caratteristico (Kg/cmq)	0,60	
2,6	1,20			
2,8	1,50			
3	1,20			
3,2	0,80			
3,4	0,70			
3,6	0,95			
3,8	1,25			
4	0,85			
4,2	1,10			
4,4	0,65			
4,6	0,70			
4,8	0,70			
5	0,75			
5,2	0,85			
5,4	1,00			
5,6	1,00			
5,8	0,85			
6	0,75			
6,2	0,75			
6,4	0,70			
6,6	0,95			
6,8	1,10			
7	1,30			
7,2	1,00			
7,4	1,25			
7,6	1,30			
7,8	1,30			
8	1,40			
8,2	1,15			
8,4	1,00			
8,6	1,00			
8,8	0,90			
9	0,80			
9,2	0,75			
9,4	0,80			
9,6	0,75			
9,8	1,20			

ANALISI DEI VINCOLI E DEI RISCHI PRESENTI NELL'AREA

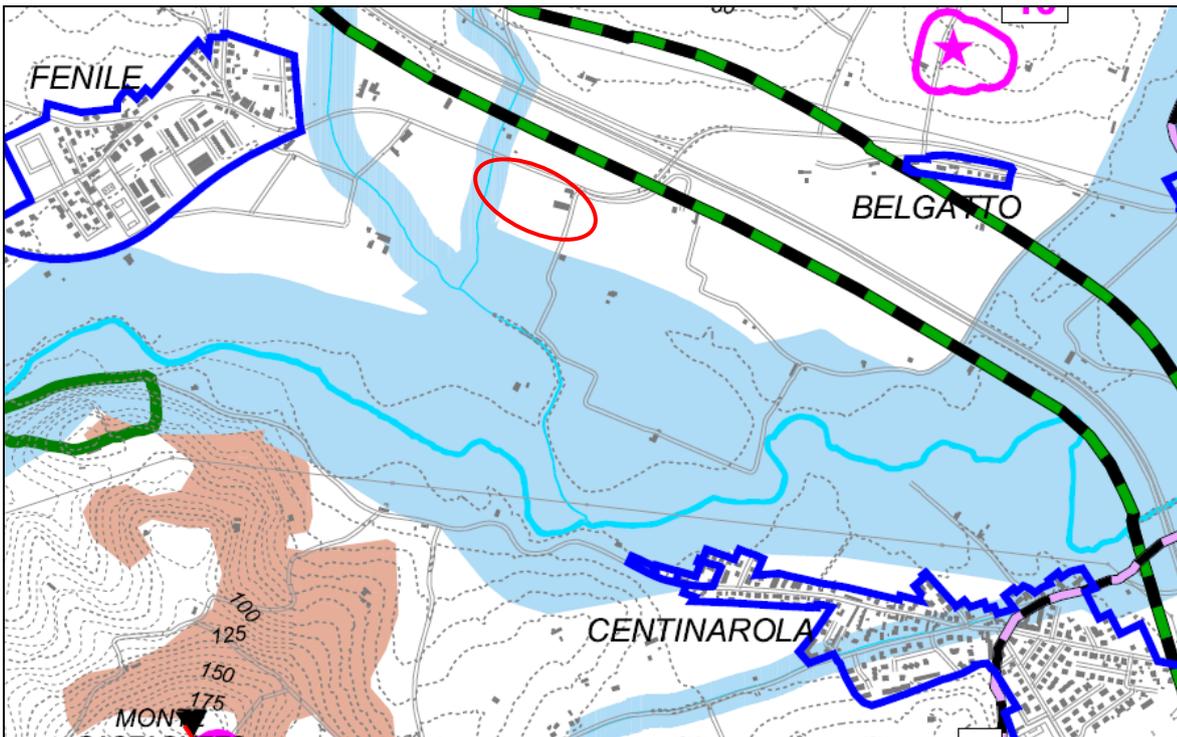
PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Marche non individua nell'area in oggetto dissesti in atto o potenziali come si evince dallo stralcio sotto riportato



PPAR

Ai sensi della normativa prevista dal PPAR l'area in variante, viene ad essere interessata in maniera marginale dalla fascia di protezione del corso d'acqua Fosso della Palombara per quanto riguarda la sola viabilità, il comparto D4 nella nuova perimetrazione ne rimane completamente al di fuori.



All'interno dell'area non sono presenti altri vincoli.

ANALISI RISCHIO IDRAULICO

L'area in studio è posizionata in una zona di piana alluvionale leggermente depressa rispetto all'attuale quota stradale (S.P. 45). Sul lato ovest è presente il Rio Palombara il cui bacino presenta un'ampiezza di circa 1,34 Km² e risulta delimitato come dalla figura seguente.



L'attuazione del piano urbanistico relativamente all'area D4 non comporterà interazione tra l'area ed il corso d'acqua in quanto pendenze e quote relative impediscono già allo stato attuale il deflusso delle acque meteoriche dall'area in studio al Rio Palombara.

La nuova viabilità di progetto (rotatoria tra l'attuale provinciale e la nuova strada di collegamento con il previsto nuovo casello sull'A14) avrà, al contrario, una discreta influenza sul corso del Rio Palombara. Il posizionamento della nuova infrastruttura stradale comporterà un adeguamento dell'attraversamento della provinciale e la tominatura del tratto di corso d'acqua che interferirà con il rilevato ed il tracciato stradale.

Il rio Palombara attualmente scorre al di sotto dell'autostrada con uno scatolare di ragguardevoli dimensioni per arrivare alla provinciale 45 con una sezione in terra piuttosto regolare ad andamento trapezoidale con una sezione di circa 1,87 mq. Il tratto in attraversamento della provinciale avviene con un tubo in cemento. Successivamente il rio prosegue al limite della proprietà con una sezione più ampia e più incisa nelle alluvioni sino alla confluenza con il fosso di Villanova. Una ricognizione dell'area eseguita anche in concomitanza di eventi piovosi significativi ha evidenziato come criticità il punto di attraversamento della strada provinciale.



Lato monte dell'attraversamento



Lato valle dell'attraversamento

Le sezioni presenti sembrano in grado di smaltire le portate attese. Tale conclusione è suffragata da un calcolo delle piene attese ed il confronto con lo smaltimento del corso d'acqua con un'approssimazione effettuata in moto permanente.

Per l'analisi di cui sopra si è proceduto ad un calcolo delle altezze di pioggia attese nell'area con tempo di ritorno pari a 50, 100 e 200 anni su un bacino che racchiude il fosso sin dal rilievo collinare posto a monte del sito.

I dati riguardano le precipitazioni di durata pari a 1h, 3h, 6h, 12h 24h misurate a Fano in un arco temporale che va dal 1970 al 2007, le misurazioni sono quindi state elaborate statisticamente con il metodo di Gumbel. Un'analisi di questo tipo ha restituito altezze di pioggia, per vari tempi di ritorno, pari a:

Tr		t =24 ore
50 anni	H max	57,14 mm
100 anni	H max	62,95 mm
200 anni	H max	68,73 mm

Introducendo i dati morfologici del bacino si è ricavato il tempo di corrivazione pari a 1,44 h (Giandotti) e quindi le massime portate attese esemplificate nella tabella seguente.

Tr		
50 anni	Q max	5,91 mc/s
100 anni	Q max	6,51 mc/s
200 anni	Q max	7,11 mc/s

Raccolti i dati sulla morfologia generale del corso d'acqua si è proceduto ad una ricostruzione analitica per poter analizzare il comportamento del fosso in situazioni di piene del bacino con tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni analizzando il sito con la semplificazione del moto permanente.

Il moto permanente o stazionario nei corsi d'acqua si ha quando in ogni punto della massa fluida in moto le caratteristiche di velocità, densità e pressione non variano nel tempo ma solo da punto a punto, si suppone che la portata sia costante, cioè senza immissioni o perdite significative nel tratto verificato.

Per l'analisi si è fatto ricorso al software "Hec Ras rel. 4.1.0", sviluppato dall'US Army Corps of Engineers; per la determinazione del profilo del pelo libero tra una sezione e la successiva è stata imposta come condizione la risoluzione dell'equazione dell'energia.

$$h_2 + z_2 + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} = h_1 + z_1 + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} + h_e$$

dove:

- h_1 e h_2 sono le altezze d'acqua riferite al fondo dell'alveo;
- Z_1 e Z_2 sono le altezze del fondo rispetto ad una quota di riferimento (livello del mare);
- V_1 e V_2 sono le velocità medie della corrente nelle due sezioni estreme del tronco fluviale considerato;
- α_1 e α_2 sono coefficienti di ragguglio
- h_e è la perdita di carico tra le due sezioni considerate.

Il programma di calcolo richiede l'immissione di dati per permettere una ricostruzione topografica del sito, una definizione delle condizioni al contorno, in questo caso si è scelto la *Normal depth* (pendenza nel tratto considerato) e quindi procedono al calcolo dell'altezza critica del pelo libero, delle velocità e delle perdite di carico per attrito.

Per la descrizione geometrica dell'alveo sono state utilizzate le sezioni trasversali ricavate dal piano quotato e dal rilievo aerofotogrammetrico del Comune di Fano corrette con misurazione sul sito che è stato modificato da un'attività estrattiva.

In totale sono state inserite n. 5 sezioni numerate in senso decrescente da monte verso valle, le sezioni sono state quindi infittite nel numero con una funzione particolare di HecRas che ne permette l'interpolazione.

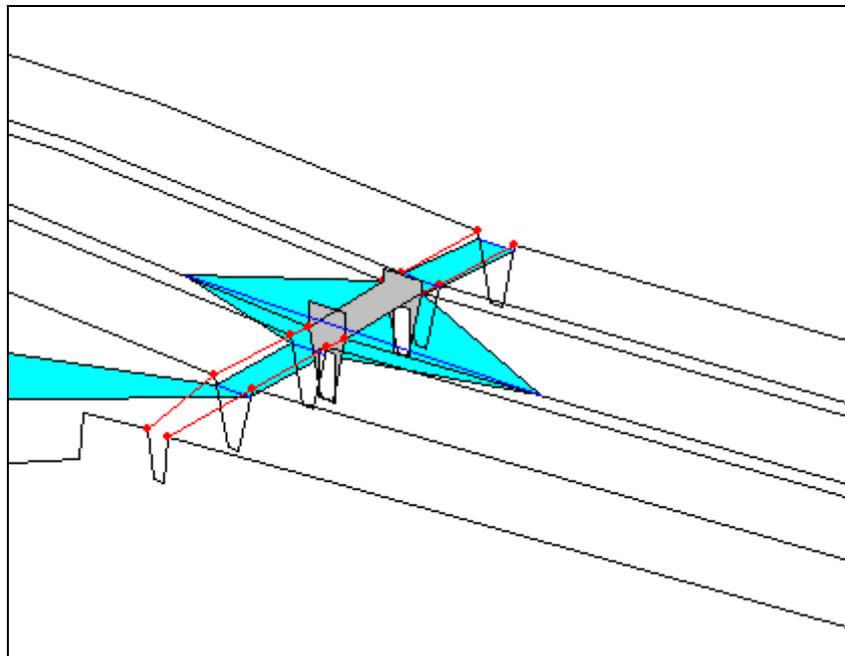
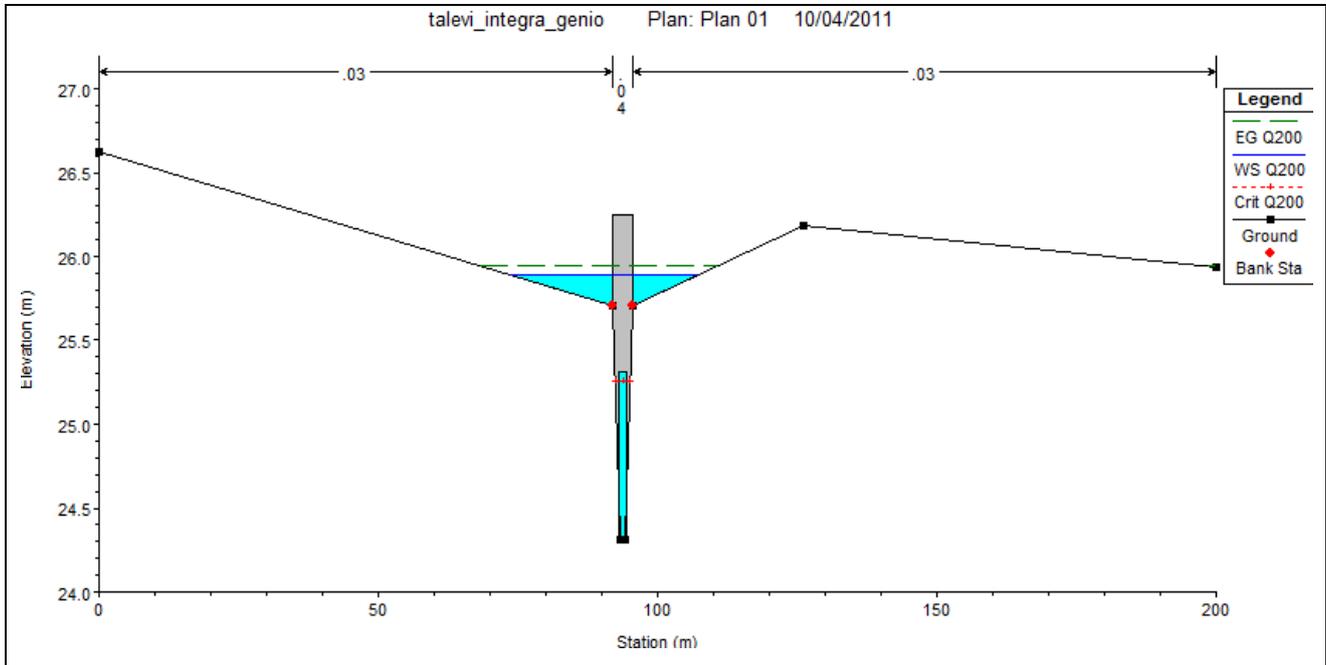


Ubicazione sezioni nell'area in variante

Per la simulazione della portata di piena si è provveduto ad utilizzare la specifica funzione di HEC-RAS, introducendo come dati di portata quelli ricavati per portate di massima piena con tempi di ritorno pari a 50, 100 e 200 anni calcolate con il metodo razionale.

La simulazione dello stato attuale ha evidenziato una criticità ed una probabile esondazione a valle della tombinatura sulla S.P.45 per piogge con tempo di ritorno pari a 200 anni.

Nella figura seguente si riporta la schematizzazione della sezione a valle della tombinatura con il profilo del pelo libero dell'acqua atteso.



Ne consegue che l'attuale scatolare al di sotto della provinciale necessita di un adeguamento. Tale adeguamento potrà essere realizzato al meglio in sede di realizzazione della nuova viabilità in quanto l'attuale tratto tombato dovrà essere leggermente spostato in senso longitudinale.

Allo stato attuale non è possibile valutare quale sarà l'impatto della nuova struttura viaria in quanto mancano progetti esecutivi dell'opera. Esaminando l'area di massimo ingombro su cui sorgerà la nuova strada, si nota come il Rio Palombara dovrà essere interessato da un lungo tratto di intubamento. In questa sede si vuole proporre di evitare il tombinamento ma di spostare l'asse del Rio verso Ovest, costeggiando il nuovo tracciato stradale. In tale maniera si conseguiranno diversi vantaggi:

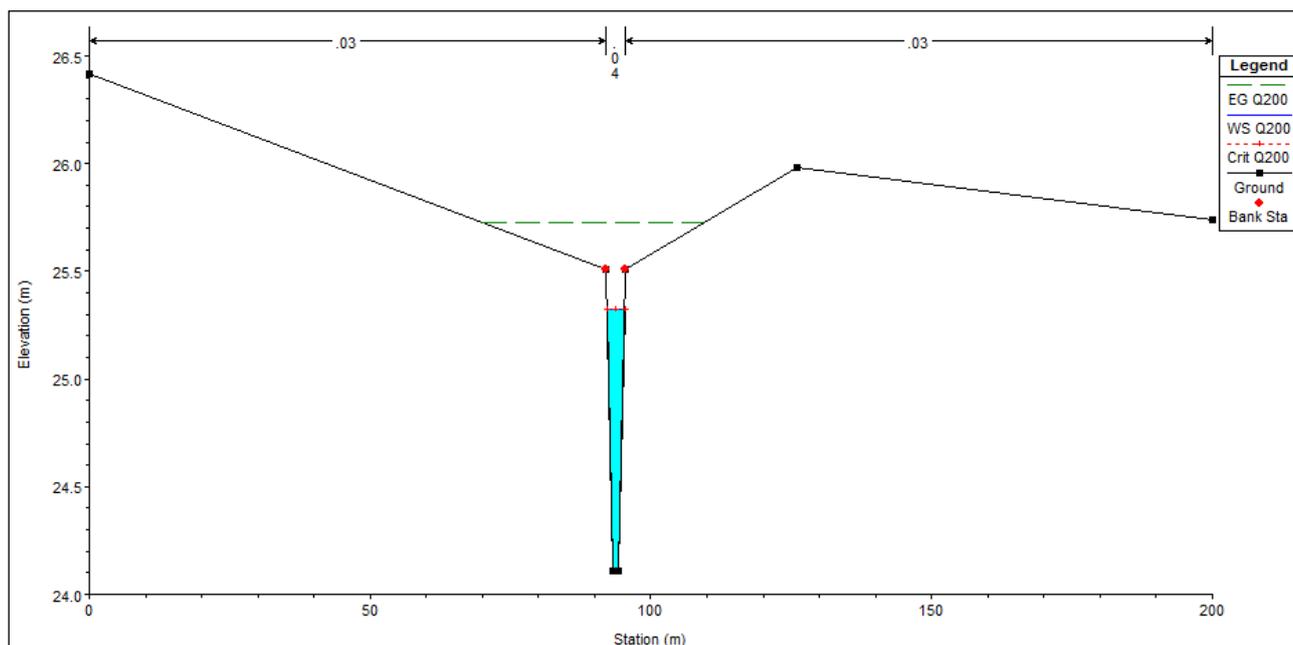
- inferiori costi di adeguamento
- facilità nella pulizia dell'alveo e nella sua corretta manutenzione
- mantenimento di un corridoio ecologico importante vista la relativa vicinanza di un'area SIC.

La realizzazione di un nuovo tratto a cielo aperto ovvierà anche problemi di interrimento di una sezione tombinata, in concomitanza con un aumento del trasporto solido del rio in occasione di eventi di piena, sarà inoltre possibile adeguare facilmente la sezione ai maggiori apporti idrici dovuti alla impermeabilizzazione dell'area.

Si precisa che la scelta finale dovrà comunque essere valutata dall'ente che realizzerà l'opera viaria, in questa sede si vogliono solo proporre alternative progettuali.

L'attuazione della zona D4 vede un rischio idraulico notevolmente ridotto vista la distanza tra il previsto edificio ed il corso attuale del Rio Palombara, inoltre l'esecuzione di una struttura su piloty preserva comunque il nuovo manufatto da pericoli di allagamento.

Nella figura successiva viene schematizzata la sezione n.6 dove risulta evidente, pur nell'esagerazione di scala, come la sezione idraulica del Rio Palombara allo stato attuale sia bene dimensionata, se tenuta ben efficiente.



L'area orientale del comparto presenta problematiche idrauliche diverse. La cartografia catastale non evidenzia la presenza di fossi demaniali, ma le trasposizioni di PRG individuano un ramo secondario denominato Rio Palombara che ad un sopralluogo di campagna è risultato essere inesistente. Si rileva da cartografia, inoltre, la presenza di un fosso non demaniale a monte della provinciale con origine e recapito incerti. Visti tali elementi di partenza si è proceduto ad un attento rilievo di campagna sulle vie d'acqua effettivamente presenti nel sito e nel suo intorno significativo.

Nelle figure successive si evince come il Rio Palombara, evidenziato nelle cartografia messe a disposizione dal comune, sia in realtà inesistente.



Una leggera depressione a lato della strada comunale favorisce un accumulo momentaneo di acque dilavanti ma esse non hanno alcun canale in cui scorrere. La regimazione superficiale è convogliata sul lato O della strada comunale con un fosso che ha origine dal casotto cantoniero sulla strada provinciale, prosegue a lato della provinciale che attraversa intubato con un tubo in cemento con diametro 400 mm, rimane intubato a lato della strada comunale sterrata per un tratto di circa 40 m per poi correre parallelamente alla strada sino all'attraversamento che gli permetterà di confluire nel Fosso di Villanova ben al di fuori dell'area in variante. La ricostruzione della regimazione descritta è rappresentata cartograficamente e con foto nelle tavole allegate. Tra il casotto cantoniero e l'autostrada non sono stati rilevati fossi.

Risulta evidente che a tale fosso, data la difficoltà oggettiva di attribuire un bacino d'alimentazione verosimile, non è stato possibile applicare un'analisi idraulica come in precedenza fatto per il Rio Palombara vero e proprio. Il fosso è stato esaminato in concomitanza di eventi piovosi rilevanti (marzo 2011) e si è notato come esso sia al limite della sua capacità di smaltimento.



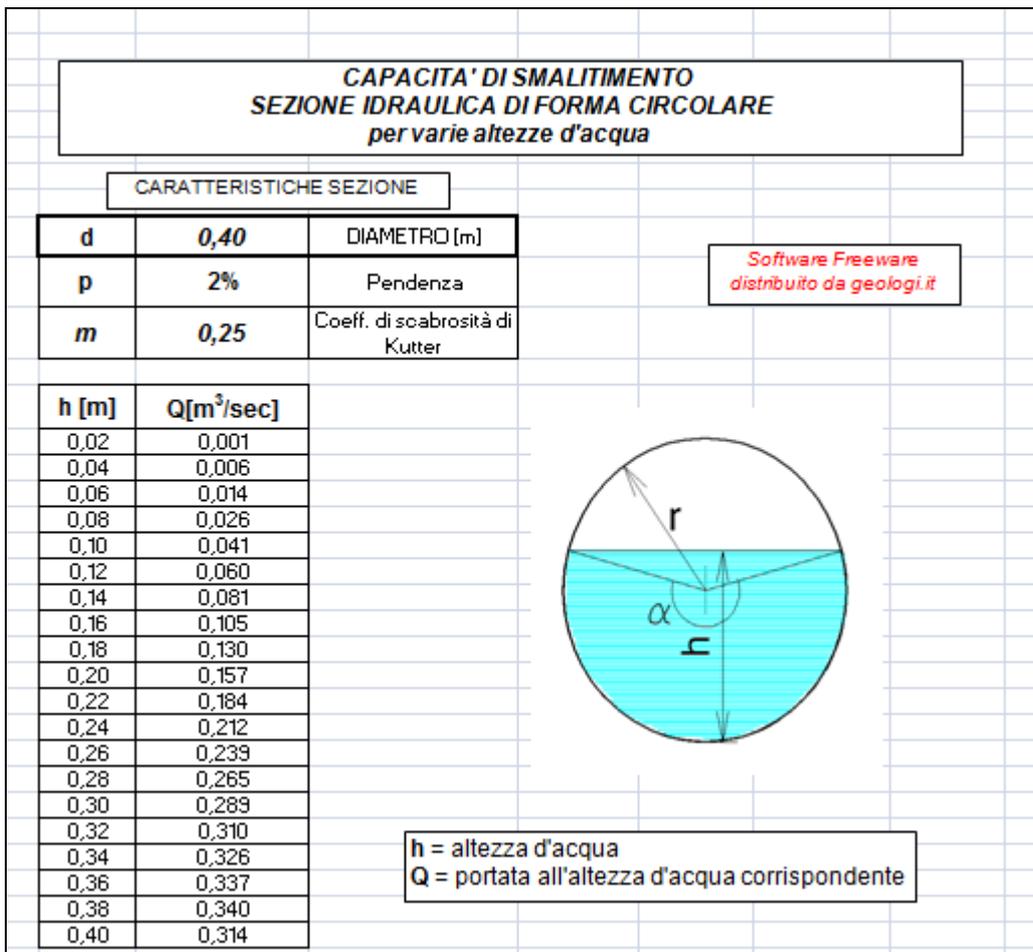
Fosso a lato strada comunale- confine proprietà Agricola Talevi

Considerando che l'attuazione della variante (zona D4 e nuova viabilità) comporterà un aumento delle superfici impermeabili si dovrà valutare di aumentare la sezione del tubo per l'attraversamento e riprofilare, aumentandone la sezione, il fosso a cielo aperto attualmente presente.



Tubo in cemento a monte dell'attraversamento S.P. 45

Allo stato attuale il tubo in cemento che garantisce l'attraversamento della provinciale è in grado di smaltire portate nell'ordine di pari al massimo a 0,130 mc/s.



Si ritiene di individuare in questo attraversamento un rischio potenziale per la nuova area in previsione e si ritiene di consigliare un incremento del diametro delle tubature di attraversamento e del conseguente intubamento sino all'area al di fuori della proprietà e di quella interessata dalla nuova viabilità portandolo almeno ad un diametro di 1000 mm.

In concomitanza con il rifacimento della parte intubata del fosso sarà buona norma garantire una fascia di inedificabilità ai lati del rio intubato per permettere un agevole opera di mantenimento della struttura realizzata.

Visto l'aumento delle aree impermeabilizzate e la realizzazione di rilevati come già accennato nelle righe precedenti il fosso descritto attualmente nelle aree a cielo aperto presenta una sezione minima di circa 0,5 mq. Tale sezione è giudicata totalmente insufficiente a garantire un livello di sicurezza della nuova area. Sarebbe opportuno garantire sezioni almeno doppie, confrontabili con quelle del Rio Palombara propriamente detto, in maniera tale da poter rilasciare in tale fossato anche le acque meteoriche raccolte dalle superfici impermeabilizzate, dilazionate nel tempo grazie ad una vasca di laminazione opportunamente dimensionata.

Azione sismica

Tutta la problematica della pericolosità e della vulnerabilità sismica del territorio italiano è stata di recente al centro dell'attività tecnica di diversi gruppi di ricerca del CNR, dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), delle Università e del Dipartimento di Protezione Civile. Le analisi sono state condotte valutando in maniera interdisciplinare i diversi aspetti che concorrono a determinare la sismicità del territorio e le tecniche di mitigazione/riduzione del rischio sismico.

Il lavoro svolto è stato il riferimento tecnico per le norme contenute nell'Ordinanza del PCM n. 3274 del 20.03.2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

Tale provvedimento ha introdotto una nuova classificazione sismica del territorio nazionale, suddividendo il territorio nazionale in quattro zone sismiche, in sostituzione delle precedenti tre categorie, il Comune di Fano ricade nella zona 2 a cui corrisponde una accelerazione orizzontale pari a 0.25

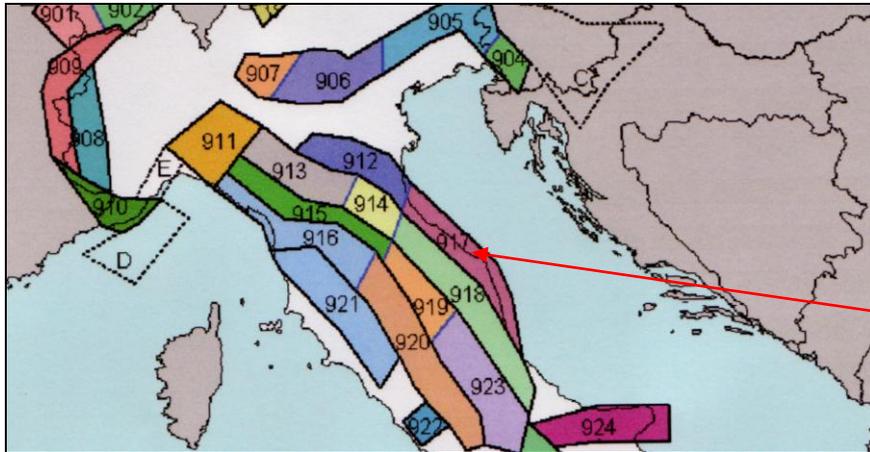
Zona	Accelerazione
1	0.35·g
2	0.25·g
3	0.15·g
4	0.05·g

Il rischio sismico di una determinata zona è in relazione alla sismicità di base dell'area, alla presenza di condizioni geologiche, geomorfologiche e litologiche, che possono indurre fenomeni di amplificazione, e alla vulnerabilità del patrimonio edilizio esistente.

Per quanto riguarda la pericolosità sismica essa viene valutata attraverso la conoscenza delle zone o delle strutture geologiche responsabili della sismicità (zone o sorgenti sismogenetiche), la quantificazione del loro grado di attività e la stima dell'effetto provocato da tali sorgenti con la distanza.

Studi sul rischio sismico sono stati condotti da gruppi di ricerca del CNR, dalle Università, dall'INGV e dal Dipartimento della Protezione Civile analizzando i dati già disponibili relativamente alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, litologiche e sismologiche.

Il Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM n. 3274 del 20.03.2003-INGV) ha proposto una zonazione sismogenetica denominata ZS9. (Vedi figura seguente). (da Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo).



L'area ricade nella **zona 917**, che assieme alla confinante 912 rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale, ottenuta modificando leggermente quanto già espresso in ZS4 e tenendo conto delle nuove informazioni sulla geometria di sorgenti sismogenetiche e sul regime di stress in atto. Nella presente proposta la fascia viene chiusa poco a sud di Porto S.Giorgio, laddove non si hanno più chiare evidenze di cinematica compressiva. La zona 917 include le sorgenti sismogenetiche principali della fascia appenninica esterna, cui è possibile associare la sismicità della costa romagnola e marchigiana. Il numero di terremoti che ricadono nella zona 917 è inferiore a quello degli eventi della confinante 912.

Nelle zone 912-917, come nelle zone 39,48 e 53 di ZS4, si osserva un regime tettonico debolmente compressivo in atto. Strutture compressive (prevalentemente *thrust*) allineate lungo la costa o a breve distanza da essa sono responsabili della sismicità.

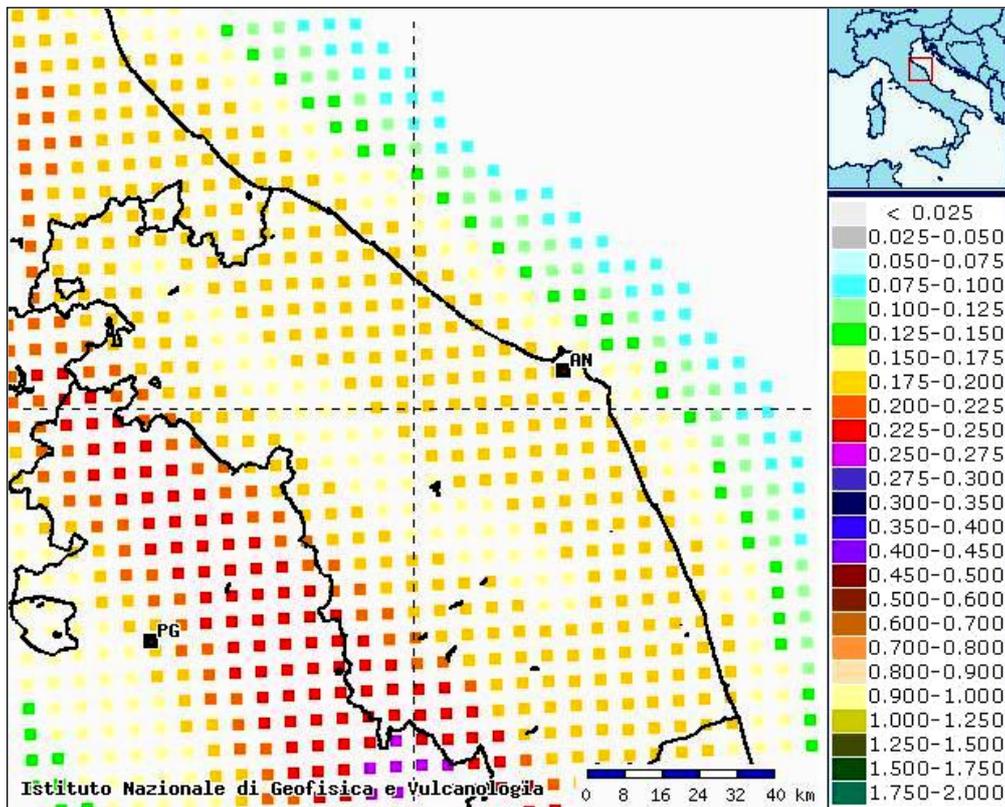
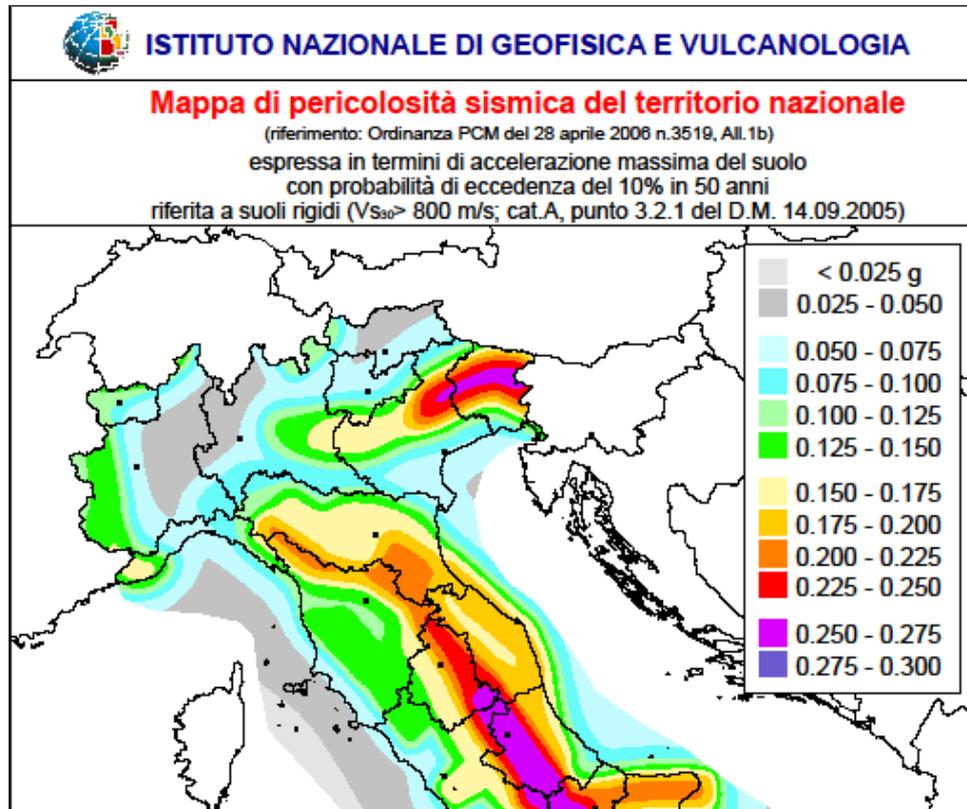
Nella zonazione ZS9, le sorgenti sismogenetiche sono n. 36, le analisi condotte per l'aggiornamento hanno permesso inoltre di stimare, per ogni zona, la profondità efficace, cioè l'intervallo di profondità entro il quale è stato osservato il maggior numero di terremoti.

Dal punto di vista cinematico, per l'area marchigiana orientale (zona 917) in cui ricade il territorio del Comune di Fano, il modello ZS9 conferma la presenza di un regime tettonico debolmente compressivo; le strutture compressive risultano allineate lungo la costa o a mare, non molto lontano dal litorale.

Per quanto riguarda la profondità efficace nella nostra area le analisi individuano tale valore a 7km a cui è associato una classe di profondità compresa tra 5 e 8Km.

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
917	103	71	22	4.9	5-8	7

Si riporta di seguito la mappa della pericolosità sismica del territorio Nazionale e della Regione Marche, e le massime intensità macrosismiche del Comune di Fano.



MASSIME INTENSITA' MACROSISMICHE OSSERVATE NELLA PROVINCIA DI PESARO URBINO

Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	Imax
ACQUALAGNA	11	41	1	43.61944	12.67252	10
APECCHIO	11	41	2	43.55858	12.41973	9
AUDITORE	11	41	3	43.82066	12.57108	7
BARCHI	11	41	4	43.67184	12.92915	7
BELFORTE ALL`ISAURO	11	41	5	43.71615	12.37689	8
BORGO PACE	11	41	6	43.65799	12.29471	8
CAGLI	11	41	7	43.54591	12.65091	10
CANTIANO	11	41	8	43.47303	12.62823	9
CARPEGNA	11	41	9	43.78114	12.33629	8
CARTOCETO	11	41	10	43.76497	12.88335	8
CASTELDELICI	11	41	11	43.79063	12.15523	8
COLBORDOLO	11	41	12	43.82010	12.72259	8
FANO	11	41	13	43.83694	13.01759	8
FERMIGNANO	11	41	14	43.67513	12.64736	10
FOSSOMBRONE	11	41	15	43.68817	12.81003	9
FRATTE ROSA	11	41	16	43.63239	12.90163	9
FRONTINO	11	41	17	43.76374	12.37714	8
FRONTONE	11	41	18	43.51260	12.73416	9
GABICCE MARE	11	41	19	43.96619	12.75678	8
GRADARA	11	41	20	43.94110	12.77343	8
ISOLA DEL PIANO	11	41	21	43.73644	12.78276	8
LUNANO	11	41	22	43.72782	12.44031	8
MACERATA FELTRIA	11	41	23	43.80240	12.44280	7
MAIOLO	11	41	24	43.87381	12.31063	7
MERCATELLO SUL METAURO	11	41	25	43.64697	12.33702	9
MERCATINO CONCA	11	41	26	43.87003	12.49300	8
MOMBAROCCIO	11	41	27	43.79491	12.85521	7
MONDAVIO	11	41	28	43.67387	12.96937	8
MONDOLFO	11	41	29	43.75125	13.09562	8
MONTECALVO IN FOGLIA	11	41	30	43.81064	12.63224	7
MONTE CERIGNONE	11	41	31	43.84022	12.41324	7
MONTECICCARDO	11	41	32	43.81909	12.80914	8
MONTECOPIOLO	11	41	33	43.84064	12.36041	7
MONTEFELCINO	11	41	34	43.73440	12.83422	8
MONTEGRIMANO	11	41	35	43.86575	12.47311	7
MONTELABBATE	11	41	36	43.84854	12.78949	7
MONTEMAGGIORE AL METAURO	11	41	37	43.73733	12.94640	8
MONTE PORZIO	11	41	38	43.69008	13.04580	8
NOVAFELTRIA	11	41	39	43.89396	12.29014	7
ORCIANO DI PESARO	11	41	40	43.68781	12.96564	7
PEGLIO	11	41	41	43.69546	12.49567	>=10
PENNABILLI	11	41	42	43.81648	12.26470	8
PERGOLA	11	41	43	43.56278	12.83716	9
PESARO	11	41	44	43.90455	12.90505	8
PETRIANO	11	41	45	43.77984	12.73395	7
PIAGGE	11	41	46	43.73248	12.96871	8
PIANDIMELETO	11	41	47	43.72426	12.41412	8
PIETRARUBBIA	11	41	48	43.80420	12.37773	7
PIOBBICO	11	41	49	43.58873	12.51159	>=10
SALTARA	11	41	50	43.75341	12.89730	8
SAN COSTANZO	11	41	51	43.76250	13.06966	8
SAN GIORGIO DI PESARO	11	41	52	43.71786	12.98112	8
SAN LEO	11	41	53	43.89630	12.34483	7
SAN LORENZO IN CAMPO	11	41	54	43.60368	12.94652	9
SANT`AGATA FELTRIA	11	41	55	43.86405	12.20899	8
SANT`ANGELO IN LIZZOLA	11	41	56	43.82663	12.80262	7
SANT`ANGELO IN VADO	11	41	57	43.66429	12.41135	10
SANT`IPPOLITO	11	41	58	43.68424	12.87162	9
SASSOCORVARO	11	41	59	43.77994	12.49559	8
SASSOFELTRIO	11	41	60	43.89039	12.51166	7
SERRA SANT`ABBONDIO	11	41	61	43.49083	12.77223	9
SERRUNGARINA	11	41	62	43.74635	12.87533	8
TALAMELLO	11	41	63	43.90420	12.28610	7
TAVOLETO	11	41	64	43.84325	12.59377	7
TAVULLIA	11	41	65	43.89782	12.75421	8
URBANIA	11	41	66	43.66757	12.52296	10
URBINO	11	41	67	43.72587	12.63619	8

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, ai sensi del TU sulle Costruzioni D.M. 14/01/2008 (paragrafo 3.2.2 Categorie di sottosuolo), deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie. Tale classificazione è basata sui risultati della prova MASW descritta nei paragrafi precedenti.

Profondità (mt)	hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	Vs30 (m/s)
0,00 ÷ 1,07	1,07	107	0,0101	Vs ₃₀ = 278 m/s Categoria di sottosuolo "C"
1,07 ÷ 2,31	1,24	101	0,0123	
2,31 ÷ 3,71	1,40	166	0,0084	
3,71 ÷ 5,27	1,57	161	0,0097	
5,27 ÷ 7,01	1,73	186	0,0093	
7,01 ÷ 8,90	1,90	178	0,0106	
8,90 ÷ 10,96	2,06	311	0,0066	
10,96 ÷ 13,19	2,23	411	0,0054	
13,19 ÷ 15,58	2,39	413	0,0058	
15,58 ÷ 18,13	2,55	447	0,0057	
18,13 ÷ 20,85	2,72	443	0,0061	
20,85 ÷ 23,74	2,88	470	0,0061	
23,74 ÷ 26,79	3,05	528	0,0058	
26,79 ÷ 30,00	3,21	545	0,0059	

$\Sigma hi/Vi = 0,1079$

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, 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 $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, 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).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, 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).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

L'area analizzata può essere inclusa nella CATEGORIA C.

Per quanto concerne eventuali influenze dell'assetto topografico sull'azione sismica le NTC distinguono le categorie sotto riportate.

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 $i > 30^\circ$

La zona esaminata appartiene ad una CATEGORIA TOPOGRAFICA T1.

CONCLUSIONI

Nell'esame dello stato attuale del sito sono emerse alcune peculiarità che dovranno essere attentamente valutate in sede di progettazione esecutiva:

- La ricostruzione storica, confermata dalle indagini dirette sul terreno, ha permesso di individuare uno spessore di almeno 2,0-2,5 m di terreno di riempimento e di riportare la cui presenza è da imputare ad una vecchia estrazione di materiale inerte.
- Il rilievo condotto ha permesso di posizionare la falda freatica ad una quota di circa 1,0-1,3 m dal piano campagna.
- La realizzazione di nuove superfici impermeabili e di una nuova viabilità di collegamento tra il futuro casello dell'A14 e la rete stradale locale renderanno inadeguata l'attuale regimazione superficiale delle acque.

Saranno pertanto tali problematiche da dover essere affrontate nel corso della progettazione, di seguito si propongono alcune soluzioni mitigatorie.

- I terreni superficiali, di riporto e variamente rimaneggiati, non offrono buone caratteristiche geotecniche pertanto sarà opportuno orientarsi verso fondazioni profonde.
- La presenza di una falda superficiale sconsiglia la realizzazione di piani interrati e, nel contempo, visto l'aumento di impermeabilizzazione, per garantire un'adeguata ricarica della falda, si consiglia la messa in opera di una vasca di laminazione che possa garantire un minimo rilascio di acque nel sottosuolo, vista la quota della falda e contemporaneamente sia in grado di mitigare l'impatto dell'arrivo delle acque meteoriche sulla rete superficiale di regimazione dei fossi.
- Il rischio idraulico dell'area, valutato nel paragrafo precedente, sarà rilevante una volta realizzata la rete viaria, sarà pertanto quel progetto esecutivo che dovrà provvedere ad un sostanziale adeguamento della rete idrica superficiale. L'attuazione della zona commerciale con le misure precedentemente consigliate (assenza di interrato, struttura su piloti) vedrà limitato al massimo tale rischio previo l'adeguamento del fosso privato sul lato orientale.

Si consiglia inoltre, in fase di progetto, di prevedere un'adeguata fascia di rispetto di almeno 5 m tra il costruito ed il fosso attuale lato E, in gran parte tombato, che dovrà comunque essere adeguato nella sua sezione idraulica; la fascia suddetta permetterà un facile accesso per interventi di ripristino e manutenzione.

Il Comune di Fano è stato inserito, ai sensi dell' Ordinanza n° 3274 tra le località sismiche appartenenti alla Zona 2.

Lo studio eseguito ai sensi delle nuove "Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni" ha permesso di classificare il sito come appartenente alla Categoria C.

Per le caratteristiche litologiche rilevate durante le prove eseguite si esclude l' insorgere del pericolo di liquefazione del suolo in condizioni sismiche.

La zona commerciale e la rete viaria in fase esecutiva dovranno essere corredate da indagini geologiche che andranno ad approfondire quanto già evidenziato; dovrà essere eseguita una caratterizzazione dei suoli per valutare le caratteristiche chimiche dei terreni utilizzati come riempimento della vecchia area di cava.

Si resta a disposizione per qualsiasi chiarimento voglia essere richiesto in merito a quanto esposto.

Fano, 30/05/2011

Geol. Maria Vittoria Castellani

Geol. Laura Pelonghini

Allegati:

Tabulati analisi piogge

Relazione sismica

Planimetria e sezioni stratigrafiche

Tavola rilievo idrologico stato attuale - Documentazione fotografica

<p>STUDIO GEOLOGICO DOTT.SSA MARIA VITTORIA CASTELLANI Via II Giugno n. 16 - 61032 FANO (PU) Tel 0721/804818 - cell. 335/5414295 e mail: castellani.mv@libero.it</p>	<p>STUDIO GEOLOGICO DOTT.SSA LAURA PELONGHINI Via Alessandrini n. 3 - 61032 FANO (PU) Tel. 0721/1797121 - cell. 347/3212936 e mail: laura.pelonghini@libero.it</p>
--	--

**ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOGRAFICI
(Metodo di Gumbel)**

Tabella 1 - Valori per ciascuna durata t , della media $\mu(h_t)$, dello scarto quadratico medio $\sigma(h_t)$ e dei due parametri α_t e u_t della legge di Gumbel (prima legge del valore estremo "EV1")

N =	38	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
$\mu(h_t)$		26.24	36.69	43.82	55.02	62.86
$\sigma(h_t)$		9.20	13.46	18.08	22.51	25.45
$\alpha_t = 1,283/\sigma(h_t)$		0.14	0.10	0.07	0.06	0.05
$u_t = \mu(h_t) - 0,45\sigma(h_t)$		22.10	30.63	35.68	44.89	51.41

Tabella 2 - Altezze massime di pioggia regolarizzate (mm)

Tr		t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
10 anni	$h_{max} =$	38.23	54.24	67.40	84.38	96.04
30 anni	$h_{max} =$	46.36	66.14	83.38	104.28	118.54
50 anni	$h_{max} =$	50.07	71.57	90.68	113.36	128.81
100 anni	$h_{max} =$	55.08	78.90	100.52	125.61	142.66
200 anni	$h_{max} =$	60.07	86.20	110.32	137.82	156.46

Tabella 3 -

Tr	LEGGE DI PIOGGIA $h = a \times t^n$	
10 anni	→	$h=38,959xt^{0,2964}$
30 anni	→	$h=47,312xt^{0,3028}$
50 anni	→	$h=51,126xt^{0,305}$
100 anni	→	$h=56,269xt^{0,3075}$
200 anni	→	$h=61,394xt^{0,3096}$

DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA			TEMPO DI CORRIVAZIONE t_c (ore)
Superficie del Bacino	S =	1.34 Km ²	Giandotti $\Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}} = 1.44$ { Kirpich, Watt- $\Rightarrow t_c = 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.8}$ Chow, Pezzoli
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	1.67 Km	
Altitudine max percorso idraulico	H_{max} =	65.20 m (s.l.m.)	
Altitudine min percorso idraulico	H₀ =	25.00 m (s.l.m.)	
Pendenza media percorso idraulico	P =	0.02 (m/m)	
Altitudine max bacino	H_{max} =	101.70 m (s.l.m.)	
Altitudine sezione considerata	H₀ =	25.00 m (s.l.m.)	
Altitudine media bacino	H_m =	63.35 m (s.l.m.)	
Dislivello medio bacino	H_m - H₀ =	38.35 m	

CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA PER ASSEGNATI TEMPI DI RITORNO
(FORMULA del METODO RAZIONALE)

$$Q_{\max} = \frac{ch_{(t,T)}S}{3.6t_c}$$

con :

- c** = coefficiente di deflusso
- h_(t,T)** = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm)
- S** = superficie del bacino (km²)
- t_c** = tempo di corrivazione (ore)
- 3,6** = fattore di conversione che permette di ottenere la Q_{max} in m³/sec

RISULTATI

Deflusso c =	0.40	S (km ²) =	1.34	t_c (ore) =	1.44
---------------------	-------------	-------------------------------	-------------	------------------------------	-------------

Tr (anni)	a	n	t _c (ore)	h _(t,T) (mm)	Q _{max} (m ³ /sec)
10	38.9590	0.2964	1.44	43.41	4.49
30	47.3124	0.3028	1.44	52.84	5.46
50	51.1257	0.3050	1.44	57.14	5.91
100	56.2691	0.3075	1.44	62.95	6.51
200	61.3936	0.3096	1.44	68.73	7.11

REGIONE MARCHE
PROVINCIA DI PESARO-URBINO
COMUNE DI FANO

COMMITTENTI: DR. GEOL. MARIA VITTORIA CASTELLANI
DR. GEOL. LAURA PELONGHINI

INDAGINE SISMICA ESEGUITA IN UN AREA SITA IN
LOCALITA' FIENILE NEL COMUNE DI FANO (PU)



Sassoferrato, 29 marzo 2011

INDAGINE SISMICA ESEGUITA IN UN AREA SITA IN LOCALITA' FIENILE NEL COMUNE DI FANO (PU)

INDICE

1	PREMESSA	pag. 1
2	INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE	
	2.1 Generalità della metodologia	pag. 1
	2.2 Strumentazione e metodologia di indagine	pag. 2
	2.3 Acquisizione e elaborazione dei dati	pag. 3
3	INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW	
	3.1 Analisi multicanale delle onde superficiali	pag. 6
	3.2 Descrizione generale della procedura MASW	pag. 7
	3.3 Strumentazione e metodologia di indagine	pag. 8
4	RISULTATI E CONCLUSIONI	
	4.1 Indagine sismica a rifrazione	pag. 10
	4.2 Classificazione dei terreni di fondazione (Vs30)	pag. 10

1 PREMESSA

Su incarico ricevuto dai Geol. Maria Vittoria Castellani e Geol. Laura Pelonghini è stata eseguita un'indagine geofisica in un'area sita in località Fienile nel Comune di Fano (PU), come si evince dalla planimetria di seguito riportata. L'indagine è consistita nell'esecuzione di n°1 stendimento sismico con metodologia MASW per la determinazione del profilo verticale delle onde di taglio e del valore V_{s30} necessario per la classificazione dei terreni di fondazione degli interventi in progetto nelle categorie di suolo descritte al paragrafo 3.2.2 delle N.T.C. 2008 "D.M. 14/01/2008"; sulla stessa stesa geofonica è stata inoltre eseguita un'indagine sismica a rifrazione per la taratura dell'indagine MASW, per l'individuazione delle principali unità sismostratigrafiche e per l'ottenimento di informazioni sulla natura e sulla geometria del sottosuolo.

Ubicazione stendimento sismico



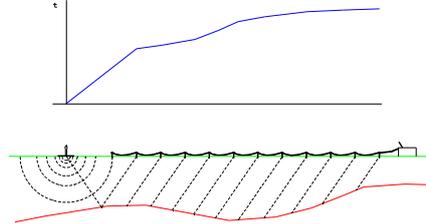
2 INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

2.1 Generalità della metodologia

Il metodo sismico a rifrazione è un metodo non invasivo che si basa sulla misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche (P o SH) generate in superficie da una sorgente sismica e captate da ricevitori, anch'essi in superficie, disposti su un allineamento a diverse distanze dalla sorgente. I tempi di primo arrivo, correlati alle diverse distanze sorgente-ricevitore, permettono la stima delle geometrie del sottosuolo e delle velocità di propagazione delle onde sismiche. Tali onde vengono generate e si propagano nel terreno ogni qualvolta quest'ultimo viene sottoposto a sollecitazioni sia di tipo naturale che artificiale (esplosioni, mazze battenti, ecc.). La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto di energizzazione) in corrispondenza di una molteplicità di punti disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni). Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le



proprietà meccaniche e fisiche dei terreni attraversati, di stimare il loro grado di consistenza e di ottenere informazioni sulla natura e sulla geometria del sottosuolo.



I principali limiti della sismica a rifrazione risiedono nell'impossibilità teorica di rilevare strati a velocità inferiore rispetto a quelli sovrastanti (inversioni di velocità), in quanto il raggio incidente la superficie di separazione tra i due mezzi si approfondirebbe sempre di più non creando l'onda birifratta. Un'altra limitazione di tale metodologia si può verificare in presenza di strati di ridotto spessore, per i quali è possibile che la relativa birifratta non arrivi in alcun geofono per prima, per il fatto che il tratto di superficie dove arriva per prima è molto breve e può non contenere alcun geofono o al più uno solo. Infatti uno strato per essere visto deve essere campionato da almeno due geofoni e se questo non avviene è come se non esistesse (stato nascosto). Entrambe le situazioni appena descritte possono portare a sottostimare o sovrastimare le velocità delle onde sismiche e degli spessori delle coperture. Si ritiene inoltre opportuno ricordare che la velocità delle onde di compressione in terreni saturi dipende talora in maniera determinante dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido e perciò tale valore può non essere rappresentativo delle proprietà meccaniche del mezzo attraversato.

Utilizzando quindi le distanze tra il punto di energizzazione e quelli di ricezione e i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, sono state ricavate le dromocrone (curve tempi-distanze), dalle quali si è risaliti, tramite opportuno programma di calcolo utilizzando il metodo del Delay - time, alle velocità reali nei singoli sismostrati, al loro spessore, profondità, forma ed inclinazione. La validità del modello bidimensionale così determinato è stata successivamente verificata attraverso una procedura iterativa basata sulla determinazione dell'errore minimo quadrato tra le dromocrone osservate e quelle teoriche (Ray-tracing).

2.2 Strumentazione e metodologia di indagine

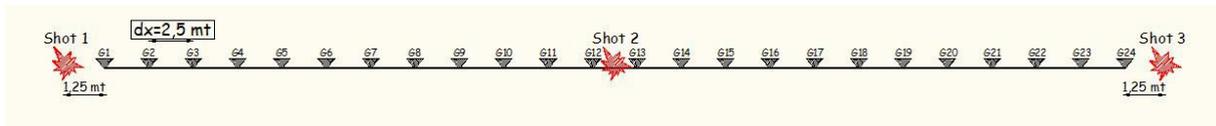
La prospezione sismica oggetto del presente lavoro è stata eseguita utilizzando un Sismografo multicanale a trasmissione digitale della Sara Electronic Instruments dotato di memoria indipendente per ogni canale in grado di memorizzazione oltre 30.000 campioni. Gli intervalli di campionamento sono programmabili da 5 a 0.05 millisecondi, corrispondenti a frequenze di campionamento da 200 a 20000 Hz. La durata del campionamento è selezionabile fra 0.1 e 60 secondi. Elevata dinamica (96dB al convertitore, 155dB totale). Impedenza d'ingresso: >100k Ω .. La trasmissione digitale



dei dati consente un'elevata silenziosità e immunità ai rumori.

Per la presente indagine si è adottato un intervallo di campionamento pari a 0,2 ms, una corrispondente frequenza di campionamento di 5000 Hz e una durata del campionamento pari a 0,25 secondi. Per l'acquisizione delle onde di superficie i sensori sono costituiti da una catena di 24 geofoni verticali Geo-space GS-11D da 10Hz 380 ohms del tipo elettromagnetico a bobina mobile equispaziati con interdistanza geofonica di 2,50 mt. Questi sono dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche prodotte da una specifica sorgente.

Le base sismica a rifrazione è stata eseguita con 3 punti di scoppio in linea secondo il seguente schema:



Nel dettaglio sono stati eseguiti n°2 end-shot posti ad una distanza di 1,25 mt dai geofoni esterni e n°1 shot al centro dello stendimento geofonico.

La generazione della perturbazione sismica è avvenuta mediante mazza battente del peso di 8 Kg su piastra metallica. L'istante di tempo zero (segnale di inizio registrazione) viene inviato allo strumento da un sensore di contatto posto all'estremità della stessa mazza di energizzazione. La morfologia del sito interessato dallo stendimento sismico risulta completamente pianeggiante.

2.3 Acquisizione e elaborazione dei dati

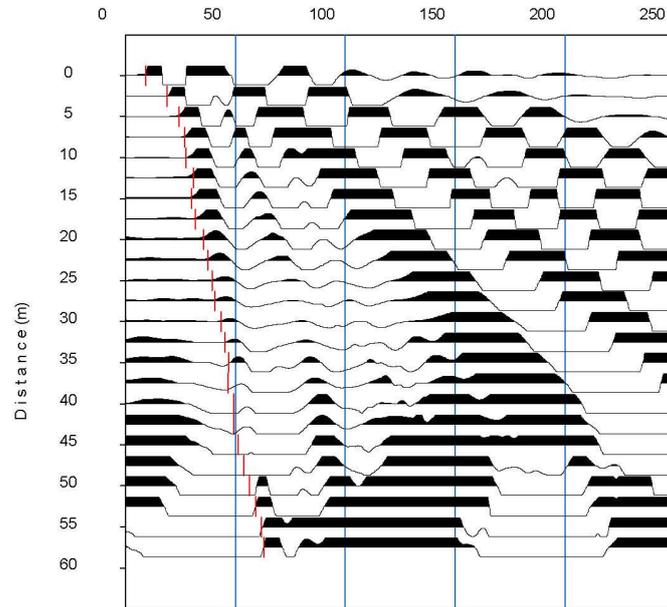
L'acquisizione di dati è avvenuta dopo le opportune verifiche di corretto funzionamento della strumentazione e del circuito di time-break. Il controllo della qualità dei dati acquisiti è stata verificata immediatamente dopo ogni energizzazione. Le fasi di acquisizione ed elaborazione dei dati sismici hanno permesso di ottenere i seguenti elaborati:



Sismogramma Shot 1

Source= -1.2m

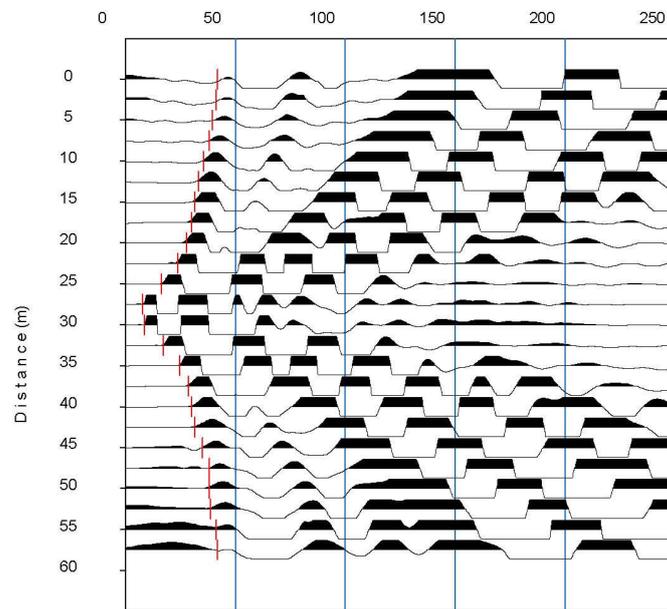
Time (msec)

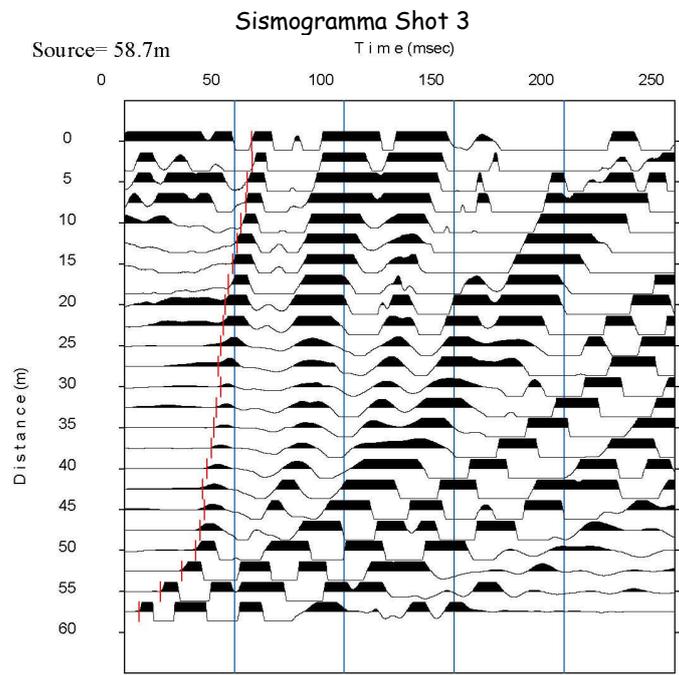


Sismogramma Shot 2

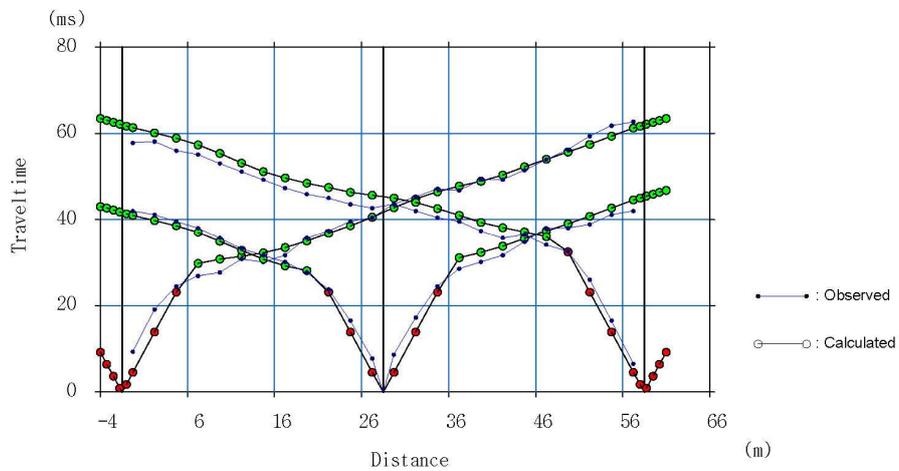
Source= 28.7m

Time (msec)

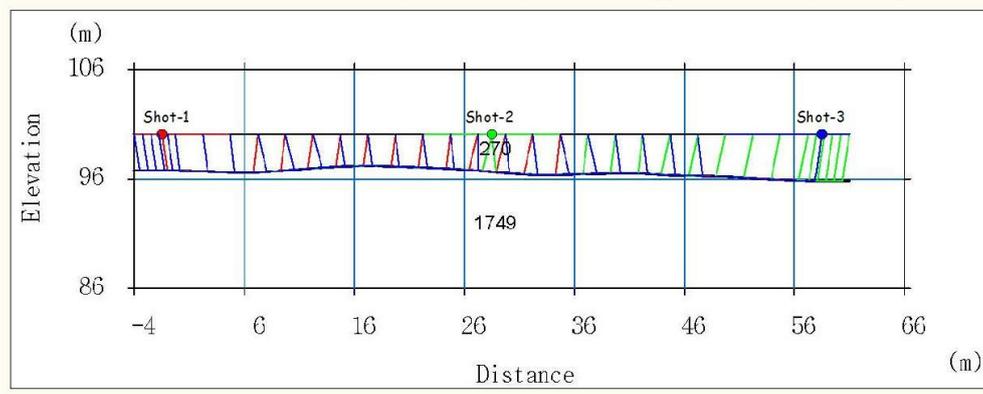




Dromocrone osservate e calcolate (modello delay-time)



Sezione bidimensionale delay-time con percorso raggi teorici (ray-tracing)





3 INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW

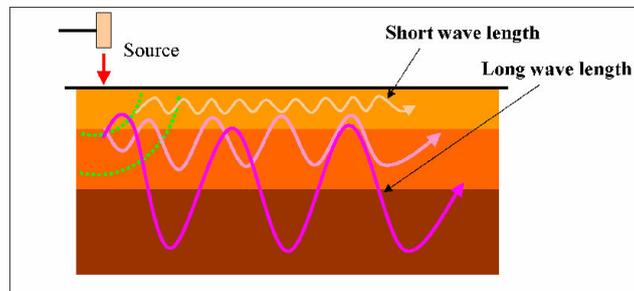
3.1 Analisi multicanale delle onde superficiali

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Le onde di Rayleigh sono generate dall'iterazione tra le onde di pressione e le onde di taglio verticali ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo. Alla superficie libera hanno un moto ellittico retrogrado (antiorario) che si inverte ad una profondità di $\lambda/2\pi$. In un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh è indipendente dalla frequenza e il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente sino ad estinguersi ad una profondità pari circa ad una lunghezza d'onda. Ciò vuol dire che la profondità raggiunta dipende dalla lunghezza d'onda, e che, a diverse lunghezze d'onda corrispondende la stessa velocità di fase. In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche differenti, le onde superficiali presentano un comportamento dispersivo, ossia a frequenza diverse corrispondono diverse velocità di fase. Ciò vuol dire che lunghezze d'onda diverse interessano strati differenti ai quali sono associate proprietà meccaniche diverse: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione.

Per ottenere un profilo V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di *processing* che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto, ovvero la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza. Esistono diverse tecniche per estrarre dai sismogrammi acquisiti le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale nel dominio f-k (frequenza-numero d'onda). I dati sismici registrati vengono sottoposti ad una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio-tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggior contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh e che le caratteristiche del sito siano tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. La velocità delle onde di Rayleigh è infatti associata ai massimi dello spettro f-k; si può così ottenere una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza un picco spettrale al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh V_r determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_r(f) = 2\pi f/k$$

Riportando le coppie di valori V_r - f in un grafico si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione. La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco - elastico a strati piano paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati. Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza tra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Il processo di inversione si basa su algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati che consentono di automatizzare la procedura.

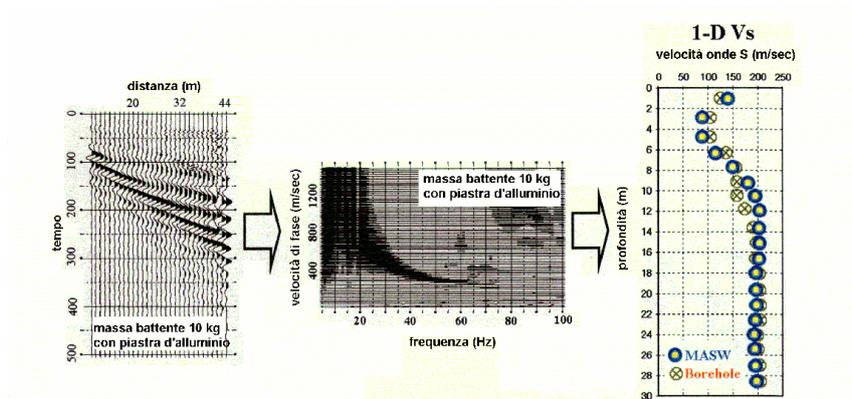


L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte) hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

3.2 Descrizione generale della procedura MASW

La procedura MASW comprende tre passi successivi:

- 1 acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- 2 estrazione della curva di dispersione caratteristica del sito (grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- 3 inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s (profilo 1-D) che descrive la variazione di V_s con la profondità.

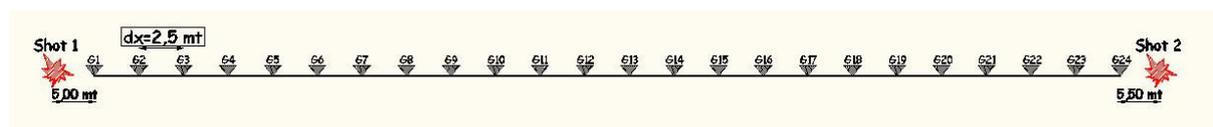


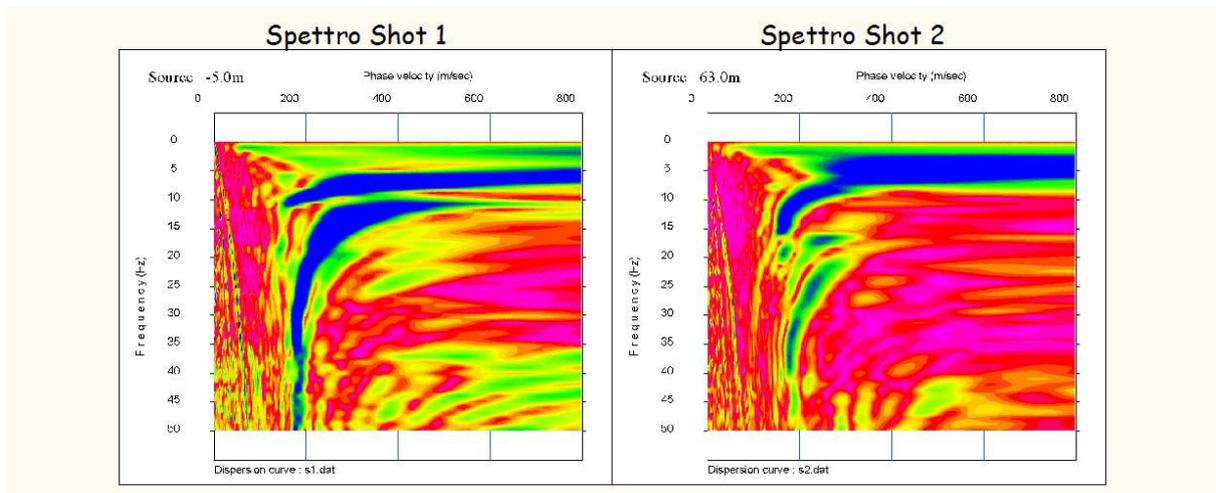
3.3 Strumentazione e metodologia di indagine

Le prospezioni sismiche con metodologia MASW sono state eseguite con la strumentazione descritta al precedente § 2.2. Per la presente indagine si è adottata una frequenza di campionamento pari a 2000 Hz e una durata del campionamento di 1 secondo. Per l'acquisizione delle onde di superficie i sensori sono costituiti da una catena di 24 geofoni verticali Geo-space GS-11D da 4.5Hz 4000 ohms equispaziati con interdistanza geofonica di 2,50 mt.

I fondamenti teorici della metodologia MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali; pertanto una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 15°-20° sia della topografia che delle diverse discontinuità elastiche. Per valutare la validità di monodimensionalità (strati piano paralleli) e la stabilità della curva di dispersione caratteristica del sito, durante la fase di acquisizione si sono eseguiti due shots coniugati posti alle estremità opposte dello stendimento.

Per ciascun punto di scoppio si sono eseguite più energizzazioni con le tracce che sono state poi sommate al fine di evidenziare il segnale sismico (stack) rispetto ai rumori ambientali presenti. La base sismica con metodologia MASW è stata eseguita con 2 punti di scoppio coniugati secondo lo schema di seguito riportato.

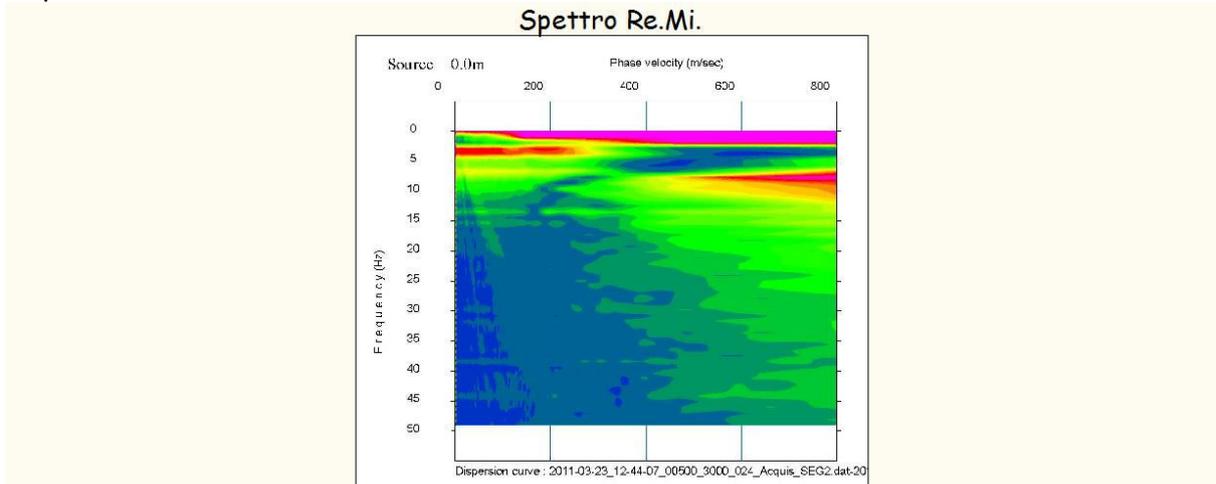




Le curve di dispersione così ottenute, riportate nella precedente figura, risultano fra loro simili confermando quindi l'applicabilità della metodologia MASW; il processo di inversione è stato eseguito sulla curva di dispersione ottenuta dallo Shot 2, posto ad una distanza di 5,5 mt dal geofono G24, meglio definita nell'intervallo di frequenze utilizzato e caratterizzata dal miglior rapporto segnale/rumore e dal minore errore sul fitting con la curva di dispersione sperimentale apparente.

La generazione della perturbazione sismica è avvenuta mediante mazza battente del peso di 8 Kg su piastra metallica. L'istante di tempo zero (segnale di inizio registrazione) viene inviato allo strumento da un sensore di contatto posto all'estremità della stessa mazza di energizzazione.

Sulla stessa stesa geofonica sono state inoltre eseguite registrazioni con metodologia ReMi, basata sull'analisi dei microtremori, che hanno di fatto confermato i risultati dell'indagine MASW, come si vede dal confronto dei relativi spettri ottenuti. I dati sono stati registrati con la strumentazione precedentemente descritta effettuando n°10 registrazioni ad intervalli irregolari nell'arco di $\frac{1}{2}$ ora con un lunghezza di ciascuna acquisizione di 30 sec.





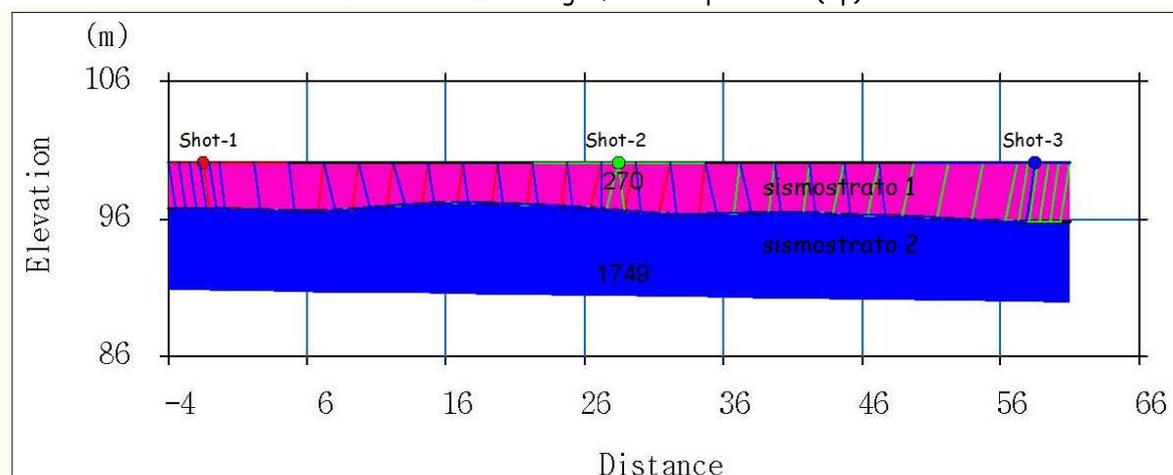
4 RISULTATI E CONCLUSIONI

4.1 Indagine sismica a rifrazione

L'indagine sismica a rifrazione di taratura eseguita nel sito oggetto di indagine ha evidenziato, sino alle profondità indagate connesse alla geometria dello stendimento, la presenza di un'unico rifrattore che ha permesso di individuare 2 distinti livelli caratterizzati da un discreto contrasto di rigidità, come di seguito descritto:

- 1) il primo sismostrato, riferibile a depositi a basso stato di addensamento/consistenza, presenta spessori compresi tra 3,50 mt e 4,50 mt circa ed è caratterizzato da velocità delle onde di compressione dell'ordine di 270 m/sec circa;
- 2) il secondo sismostrato, riferibile presumibilmente a terreni in uno stato di saturazione idrica, è caratterizzato da velocità delle onde di compressione dell'ordine di 1749 m/sec. Tale livello è stato rilevato a partire da profondità comprese tra 3,50 e 4,50 mt circa dal p.c..

Sezione sismostratigrafica interpretativa (Vp)



4.2 Classificazione dei terreni di fondazione (Vs30)

L'esecuzione dell'indagine sismica con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) consente di classificare i terreni di fondazione degli interventi in progetto nelle categorie di suolo descritte al paragrafo 3.2.2 delle N.T.C. 2008 "D.D.L. 14/01/2008".

La metodologia MASW presenta rispetto ad altre tecniche sismiche il vantaggio di non essere limitata dalla presenza di inversioni di velocità, consentendo pertanto



l'individuazione di strati soffici compresi tra strati più rigidi o di strati più rigidi compresi tra strati più soffici. Il metodo MASW consente quindi di individuare il profilo di velocità V_s anche in presenza di contrasti di rigidità tra gli strati del suolo. Tale prova fornisce un profilo di velocità V_s monodimensionale. La velocità di propagazione delle onde di taglio dipende dalle proprietà elastiche dei mezzi attraversati e il parametro geofisico V_{s30} è quello che meglio rappresenta la condizione geotecnica media dei materiali geologici del sottosuolo dei primi 30 metri. Infatti la velocità di propagazione delle onde trasversali dipende dalle proprietà elastiche del mezzo attraversato, come si evince dalla seguente relazione:

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\gamma}}$$

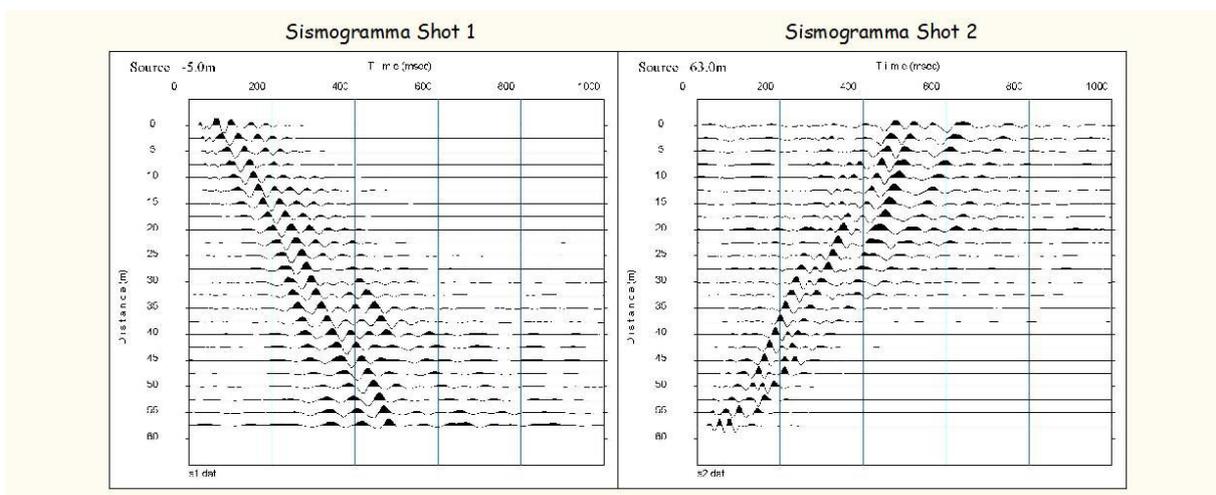
dove γ rappresenta la densità del corpo e μ il modulo di rigidità o modulo di taglio che indica la resistenza di un corpo alle variazioni di forma. Le proprietà elastiche del mezzo sono a loro volta influenzate da numerosi fattori quali la compattezza o il grado di litificazione, la porosità, la tessitura, il grado alterazione e/o fratturazione, la composizione mineralogica, il contenuto di fluidi, la profondità, ecc.

Con V_{s30} si definisce la velocità media di propagazione nei primi 30 metri di profondità delle onde di taglio, il cui calcolo viene effettuato utilizzando la seguente espressione:

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

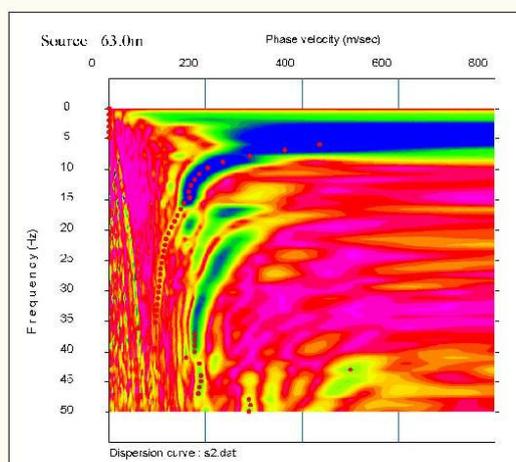
Dove h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Le diverse fasi di acquisizione ed elaborazione dei dati sismici hanno portato alla creazione dei seguenti elaborati:

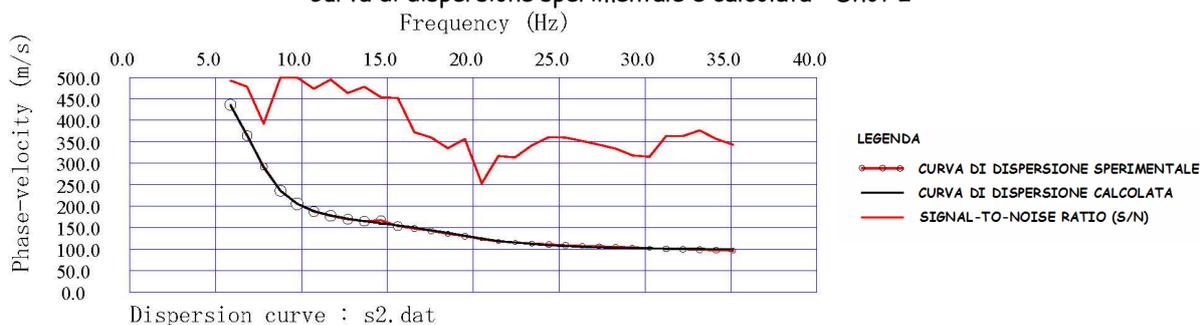




Spettro di velocità e curva di dispersione misurata - Shot 2



Curva di dispersione sperimentale e calcolata - Shot 2



Il profilo verticale delle onde di taglio e il valore V_{s30} necessario per la classificazione dei terreni di fondazione dell'area di interesse nelle categorie di suolo descritte al paragrafo 3.2.2 delle N.T.C. 2008 sono riassunti nella tabella di seguito riportata.

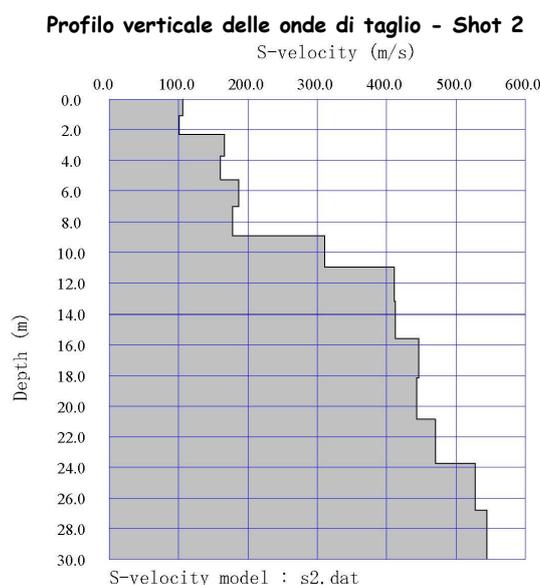
Profondità (mt)	h_i (mt)	V_i (m/s)	h_i/V_i	V_{s30} (m/s)
0,00 ÷ 1,07	1,07	107	0,0101	$V_{s30} = 278$ m/s Categoria di sottosuolo "C"
1,07 ÷ 2,31	1,24	101	0,0123	
2,31 ÷ 3,71	1,40	166	0,0084	
3,71 ÷ 5,27	1,57	161	0,0097	
5,27 ÷ 7,01	1,73	186	0,0093	
7,01 ÷ 8,90	1,90	178	0,0106	
8,90 ÷ 10,96	2,06	311	0,0066	
10,96 ÷ 13,19	2,23	411	0,0054	
13,19 ÷ 15,58	2,39	413	0,0058	
15,58 ÷ 18,13	2,55	447	0,0057	
18,13 ÷ 20,85	2,72	443	0,0061	
20,85 ÷ 23,74	2,88	470	0,0061	
23,74 ÷ 26,79	3,05	528	0,0058	
26,79 ÷ 30,00	3,21	545	0,0059	

$$\Sigma h_i/V_i = 0,1079$$



Alla luce di quanto precedentemente esposto, i terreni di fondazione del sito oggetto di indagine risultano attribuibili alla categoria di sottosuolo C, come si evince dalla tabella 3.2.II delle N.T.C. 2008.

C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, 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).
---	---



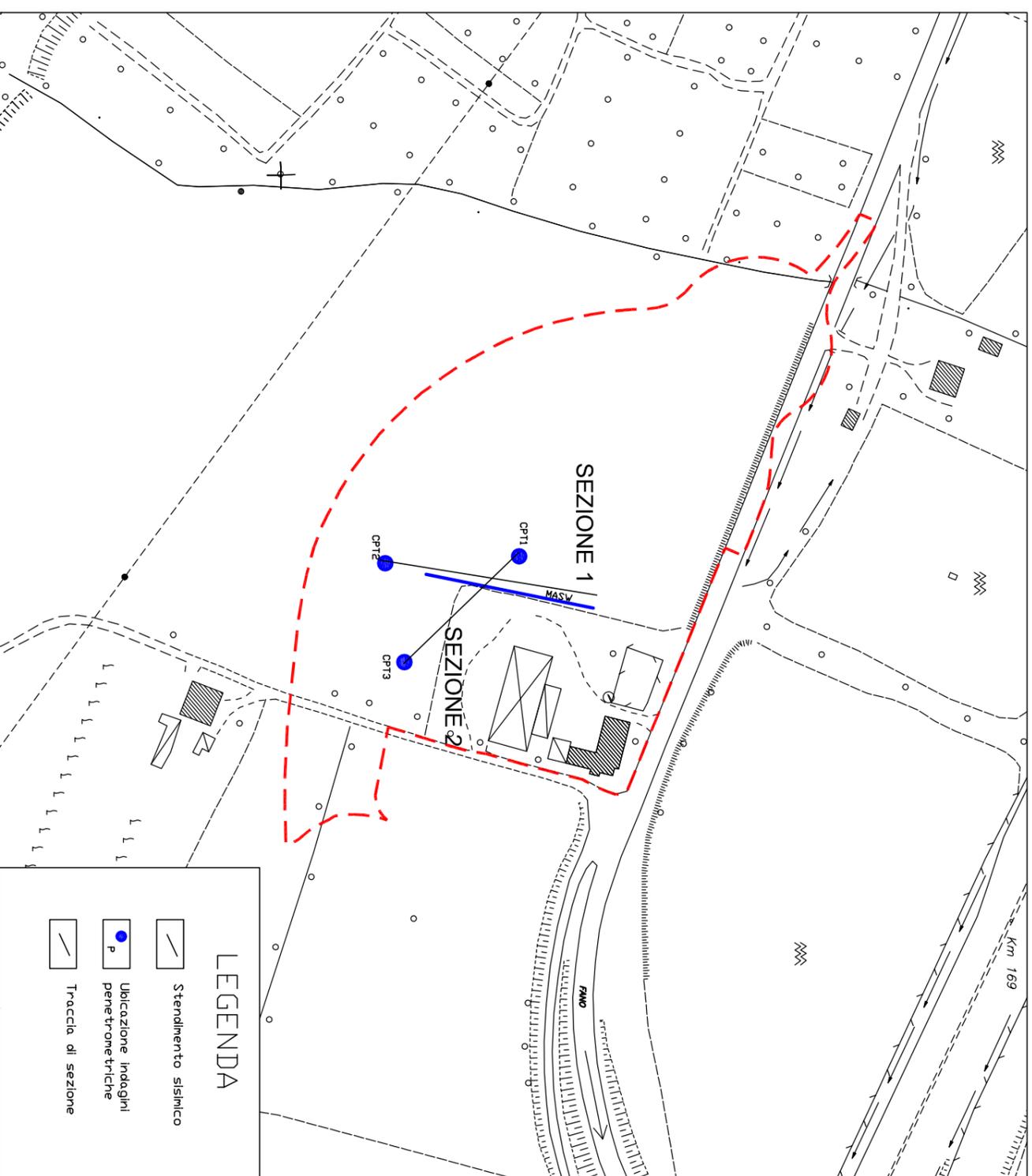
Dal profilo verticale monodimensionale delle Vs sopra riportato si evince la presenza di un'evidente incremento della velocità di propagazione delle onde di taglio rilevabile nell'intervallo compreso tra 9,00 e 11,00 mt circa dal p.c., oltre il quale si assiste ad un graduale incremento del valore di Vs con la profondità.

Sassoferrato, 29 marzo 2011

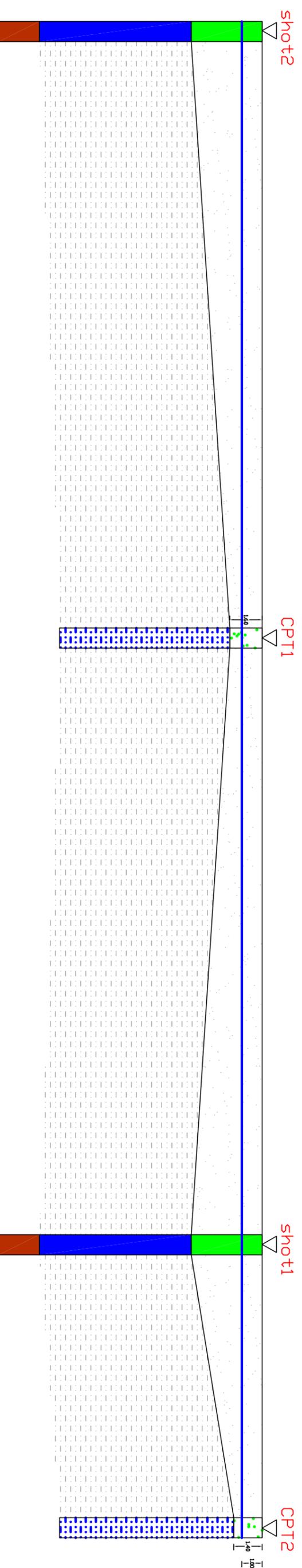
Servizi Sismci s.n.c.
I Responsabili della prova



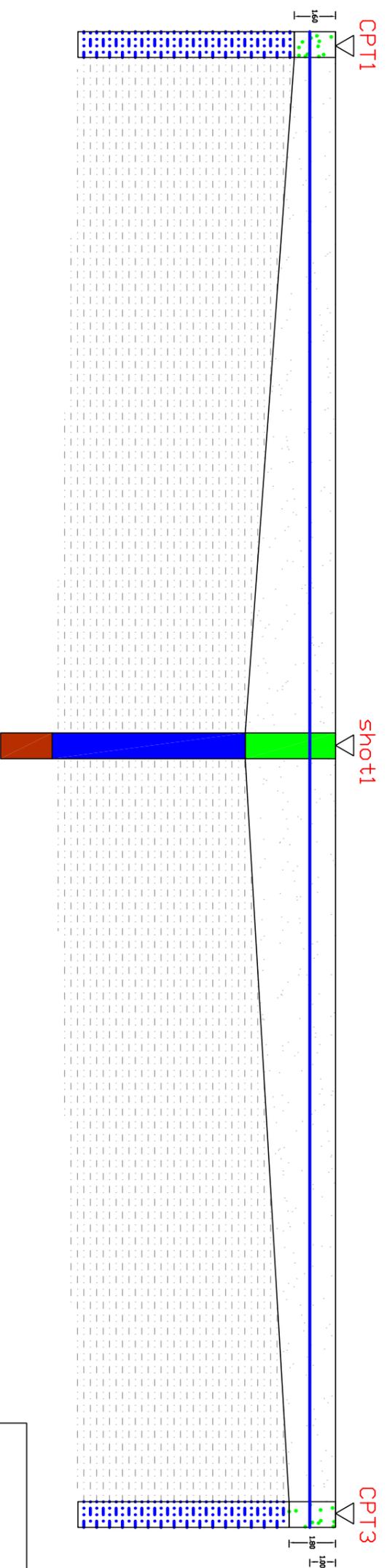
PLANIMETRIA GENERALE UBICAZIONE INDAGINI



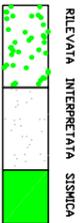
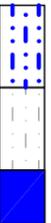
SEZIONE STRATIGRAFICA INTERPRETATIVA 1



SEZIONE STRATIGRAFICA INTERPRETATIVA 2



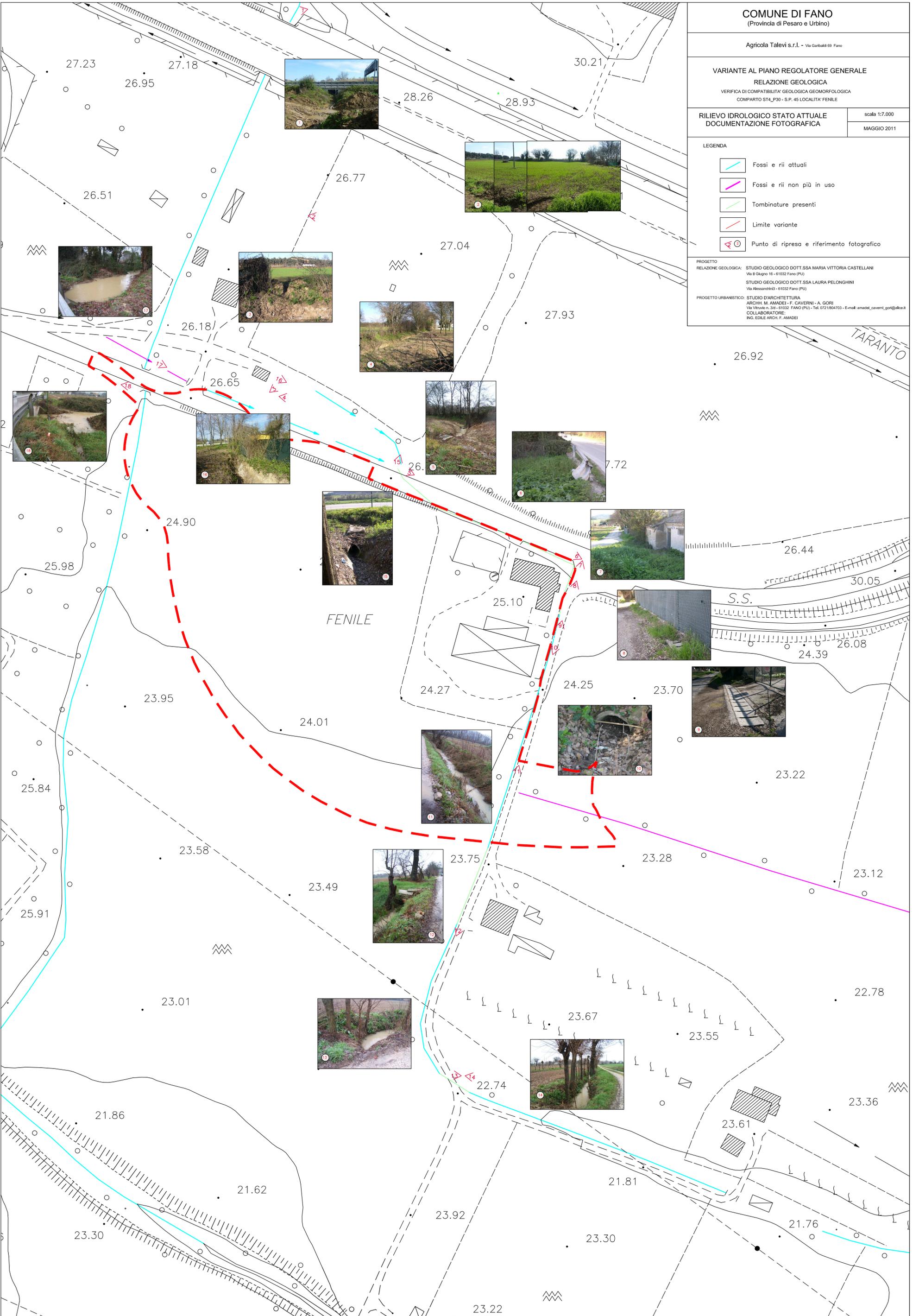
LEGENDA

-  RILEVATA INTERPRETATA SISMICA
Terreno superficiale
-  Lino argilloso sabbioso
-  Argilla stratificata
-  Superficie di falda

LEGENDA

-  Fossi e rii attuali
-  Fossi e rii non più in uso
-  Tombinature presenti
-  Limite variante
-  Punto di ripresa e riferimento fotografico

PROGETTO
RELAZIONE GEOLOGICA: STUDIO GEOLOGICO DOTT.SSA MARIA VITTORIA CASTELLANI
Via Il Glugno 16 - 61032 Fano (PU)
STUDIO GEOLOGICO DOTT.SSA LAURA PELONGHINI
Via Alessandri 3 - 61032 Fano (PU)
PROGETTO URBANISTICO: STUDIO D'ARCHITETTURA
ARCH. M. AMADEI - F. CAVERNI - A. GORI
Via Virvato n. 36 - 61032 FANO (PU) - Tel. 0721/804703 - E-mail: amadei_caverni_gori@alice.it
COLLABORATORE:
ING. EDILE ARCH. F. AMADEI



DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DI CERTIFICAZIONE
Art. 46 - D.P.R. 28/12/2000 N° 445

La sottoscritta Maria Grazia Corsi nata a Fano (PU) il 19/05/1933 in qualità di Amministratore Unico della Società Agricola Talevi s.r.l. con sede in Fano Via Garibaldi n° 69, a conoscenza di quanto prescritto dall'art.76 del D.P.R. 28/12/2000 n° 445 sulla responsabilità di dichiarazioni mendaci e sotto la propria personale responsabilità

DICHIARA

che i terreni utilizzati per il ripristino dell'area di cava sita in Fano, località Fenile distinta al Catasto terreni al Foglio 34 mappale 2, 20, 289p, 290p, 291, 292p, sono derivati dai suoli agricoli del medesimo sito, opportunamente accantonati e poi riutilizzati per il suddetto ripristino.

Fano, maggio 2011

IL DICHIARANTE

Maria Grazia Corsi