

COMUNE DI FANO

(Provincia di Pesaro e Urbino)



PROPRIETA':

Dellasanta Mario e altri

**PIANO DI LOTTIZZAZIONE
ZONA C1 RESIDENZIALE DI ESPANSIONE
"COMPARTO ST2_P14"**

PROGETTO URBANISTICO

RELAZIONE GEOLOGICA

TAV. N°



Maggio 2014

**PROGETTO URBANISTICO
E OPERE DI URBANIZZAZIONE**

**STUDIO DI ARCHITETTURA - ARCHH - M. AMADEI - F. CAVERNI - A. GORI
ING. EDILE ARCH. F. AMADEI
Via Vitruvio, 3/d - 61032 Fano (PU)**

INDAGINE 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)**



COMUNE DI FANO

COMMITTENTE: DELLASANTA MARIO E ALTRI



**PIANO DI LOTTIZZAZIONE ZONA C1 RESIDENZIALE DI ESPANSIONE
COMPARTO ST2_P14**

RELAZIONE GEOLOGICA

TIMBRO e FIRMA

OTTOBRE 2013

INDICE

1. P R E M E S S A	3
2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO – GEOLOGICO - IDROGEOLOGICO	4
Topografia	4
Inquadramento geologico e geomorfologico	11
Inquadramento idrologico.....	18
3. ANALISI DEI VINCOLI PRESENTI NELL’ AREA	21
4. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE.....	23
Prove penetrometriche	27
Sondaggi	29
Indagine geofisica.....	35
Indagine sismica a Rifrazione.....	35
Indagine sismica MASW	38
Descrizione della sezione stratigrafica interpretativa (Tav. 4).....	41
5. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA	42
6. CONSIDERAZIONI SULLA FATTIBILITA’ DEL PROGETTO.....	43
Azione sismica.....	43
Compatibilità idrogeologica	50
Considerazioni sulla componente geologica del progetto.....	50
7. INVARIANZA IDRAULICA	53
Cenni sul dimensionamento della vasca di laminazione.....	55
8. CONCLUSIONI.....	62
ALLEGATI:	63
• - Planimetria progetto con ubicazione prove eseguite e sezioni stratigrafiche	
• - Prove penetrometriche	
• - Prova geofisica	
• - Sezioni stratigrafiche	
• - Tabulati di pioggia	

1. P R E M E S S A

L'indagine svolta è stata indirizzata all'individuazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e stratigrafiche dell'area in oggetto, al fine di accertare l'idoneità dell'area al Piano di Lottizzazione come da progetto.

Il presente studio riguarda l'urbanizzazione di un'area ubicata nel Comune di Fano, e compresa tra Via IV Novembre e il tracciato della ex Ferrovia Metaurense.

L'indagine è stata eseguita avvalendosi delle carte geologiche ufficiali, dell'ortofotocarta regionale, di studi per l'adeguamento al P.P.A.R. del P.R.G., di studi geologici eseguiti in aree limitrofe, integrati da un rilevamento di superficie e da indagini puntiformi distribuite sull'intera area.

La relazione geologica che verrà di seguito prodotta a supporto del progetto di lottizzazione verrà redatta in ottemperanza a quanto dettato dalla normativa vigente:

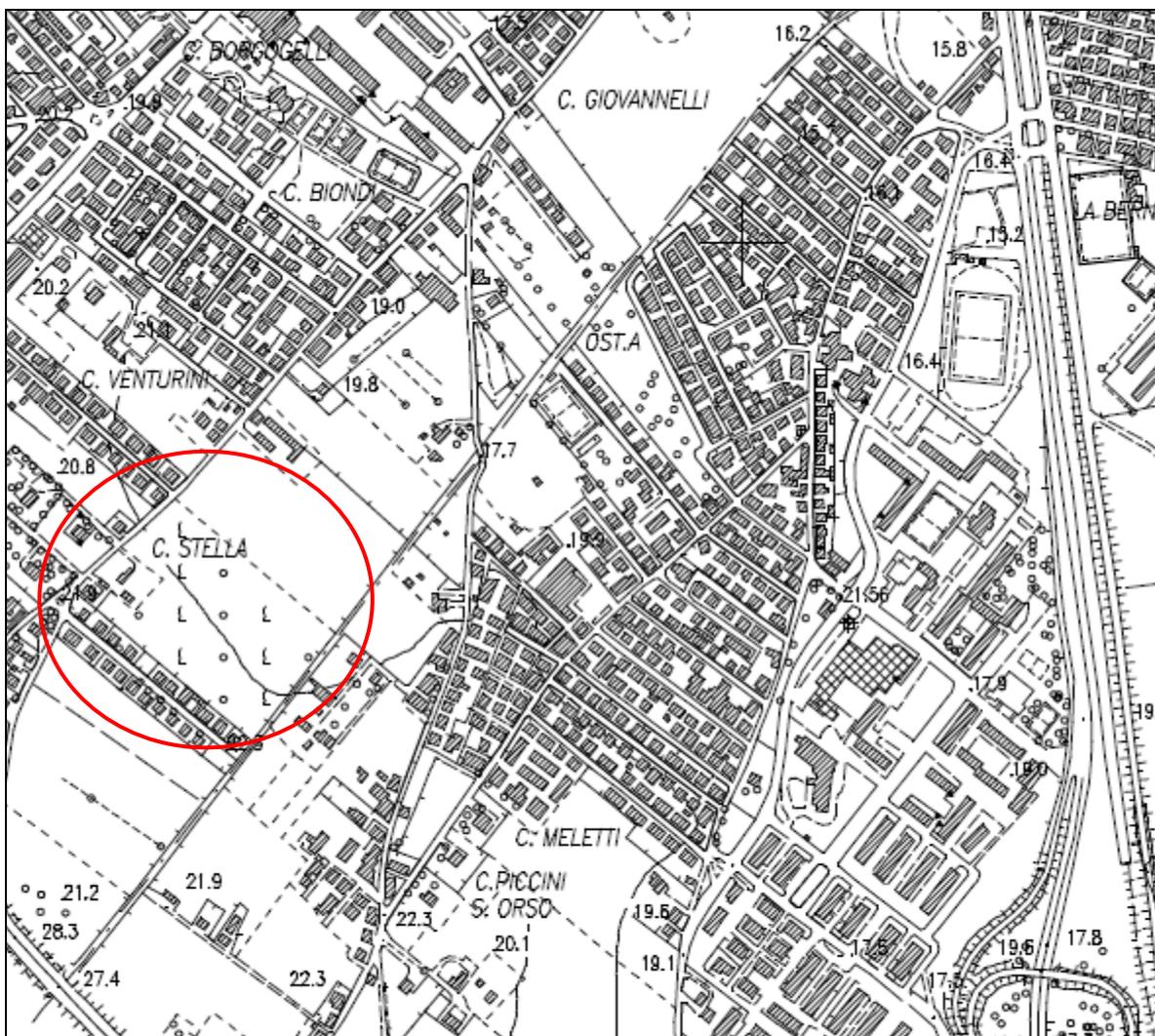
- OPCM n. 3274 del 20/03/2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica
- OPCM n. 3519 del 28/04/2006 “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento 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
- Legge Regionale 23 novembre 2011, n. 22 - Art. 10 comma 3 (Compatibilità idraulica delle trasformazioni territoriali)

L'area risulta classificata dal vigente P.R.G. del Comune di Fano come “Zona C1 – Residenziale di espansione” ed è individuata come “Comparto Strada S. Orso – Via Roma 3” con riferimento alla Scheda Tecnica ST2_P14 .

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO – GEOLOGICO - IDROGEOLOGICO

Topografia

L'area in oggetto risulta ubicata ad ovest del centro abitato di Fano ed è posta ad una quota topografica di 19-20 m circa s.l.m.m., come rappresentato nella Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000, REGIONE MARCHE, foglio 269 (FANO) sez. n° 269130 - "FANO",

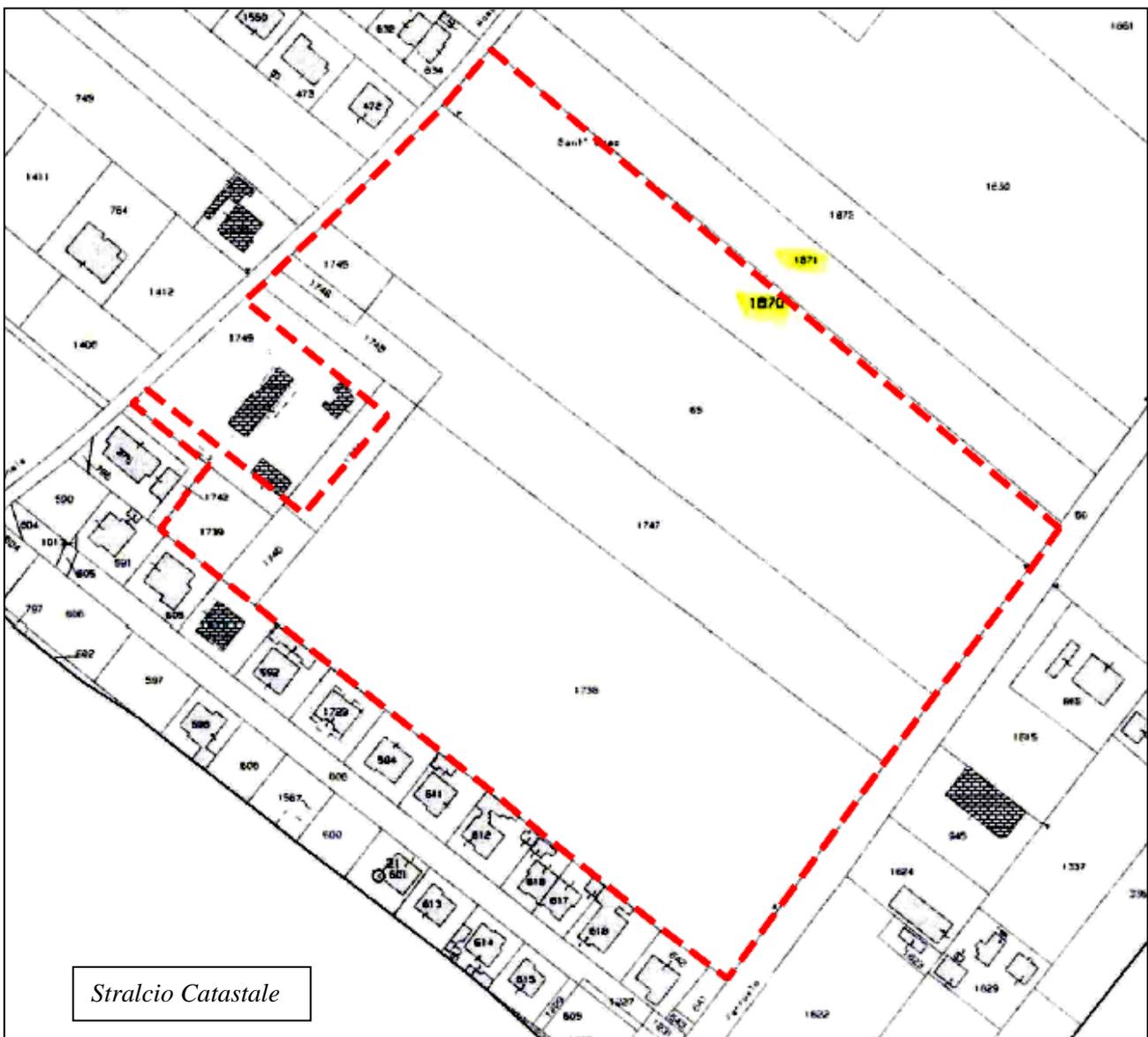


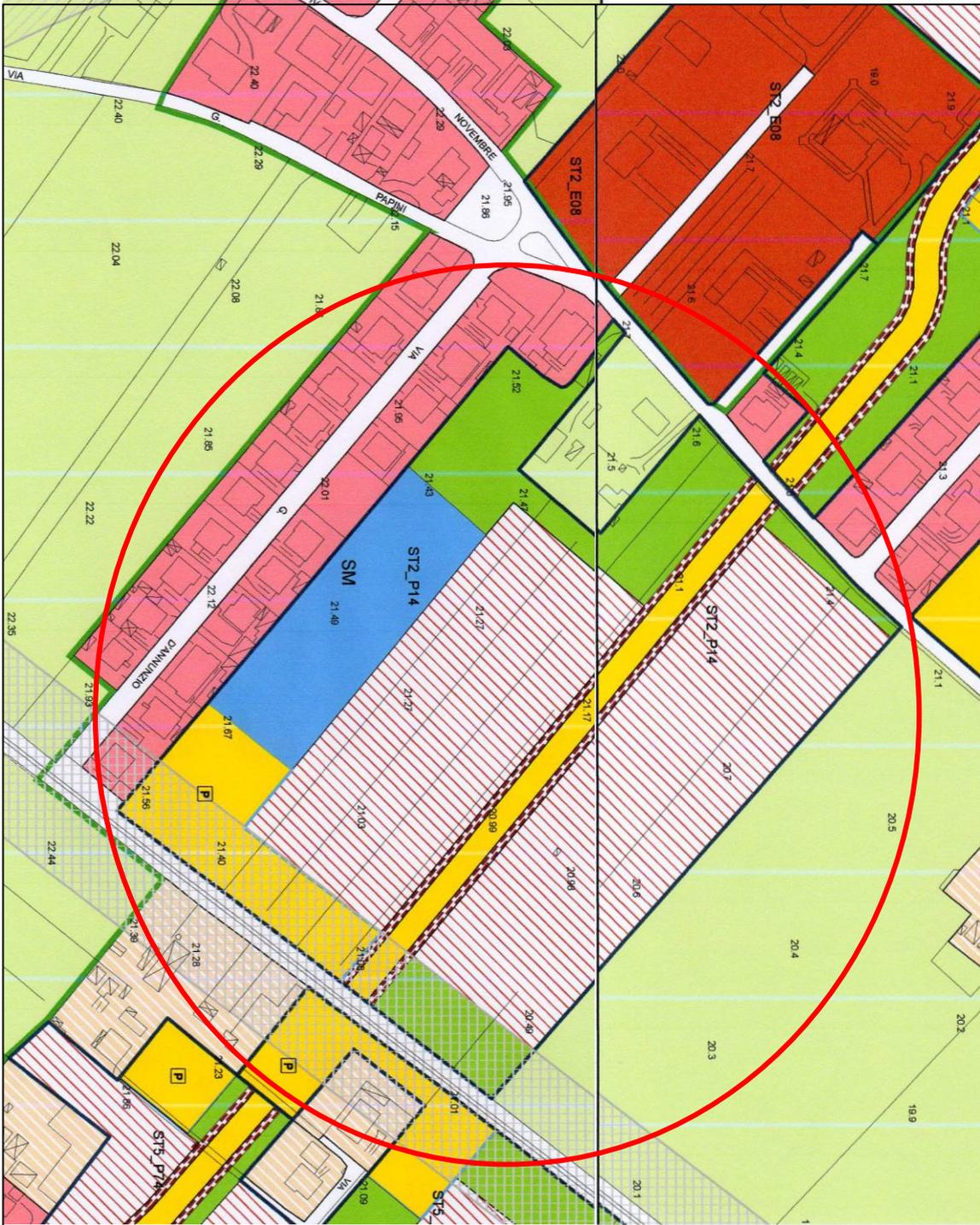
Carta Tecnica Regionale – sezione 269130 "Fano" stralcio

L'area è ubicata nel Comune di Fano, confina con Via IV Novembre, con la ferrovia Fano - Urbino, con alcune civili abitazioni e per un lato con un'area agricola. Sviluppa una superficie territoriale di mq 45.000, è contraddistinto al Catasto del Comune di Fano al foglio n° 47, mappali 1739 - 1740 - 1744p - 1748 - 1746 - 1749p - 1738 - 1747 - 1745 - 65 - 1870p e misura una superficie complessiva di mq 45.306.

Per l' area in questione il PRG individua un asse stradale di distribuzione con relativa pista ciclabile oltre a prevedere una serie di aree per standard aggiuntivi da destinare a verde, parcheggi e attrezzature scolastiche (scuola dell'infanzia). (Allegato 1)

Si riporta a seguire lo stralcio Catastale e lo stralcio di P.R.G.

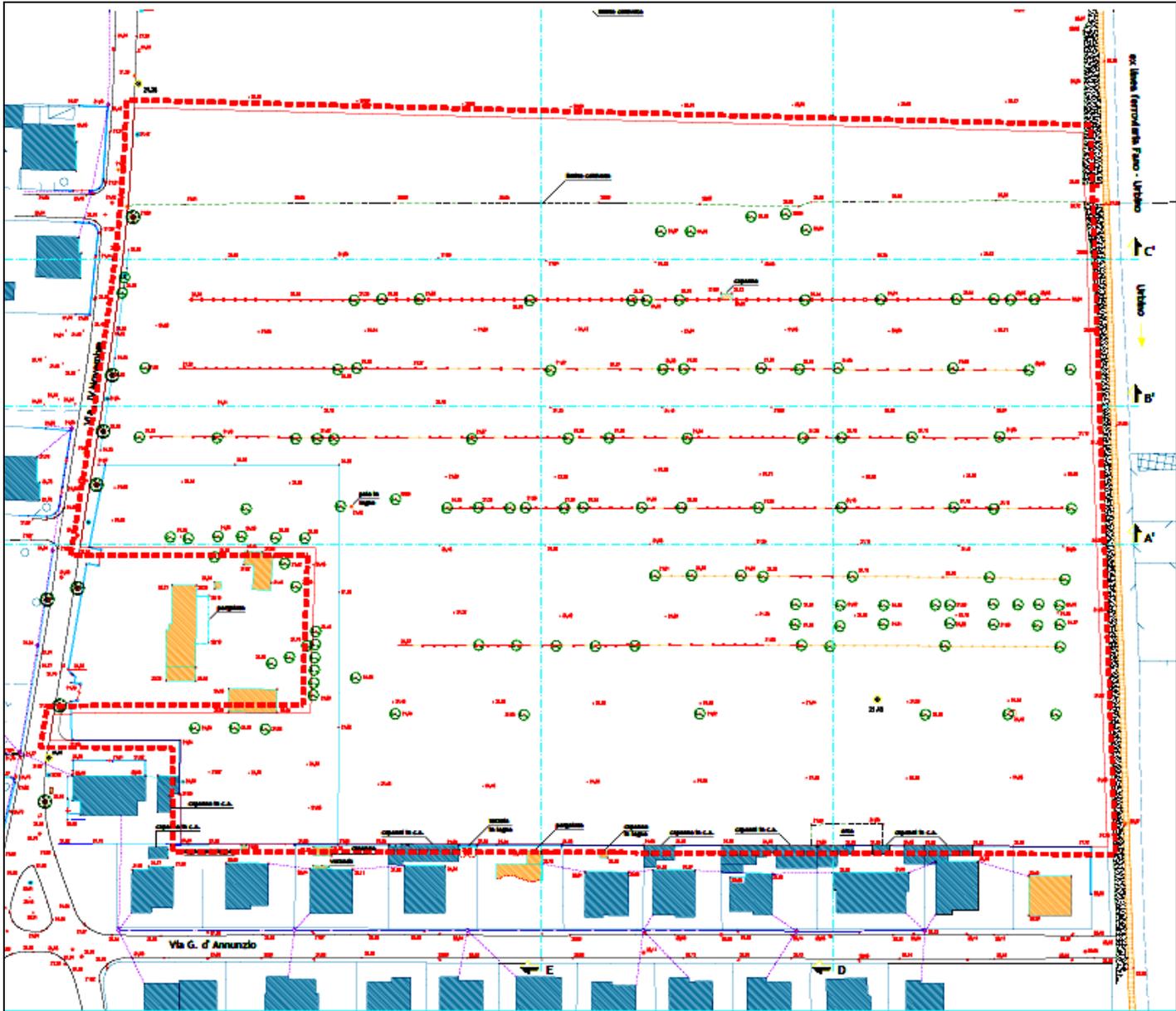




Stralcio P.R.G.

All'interno dell'area non sono presenti edifici.

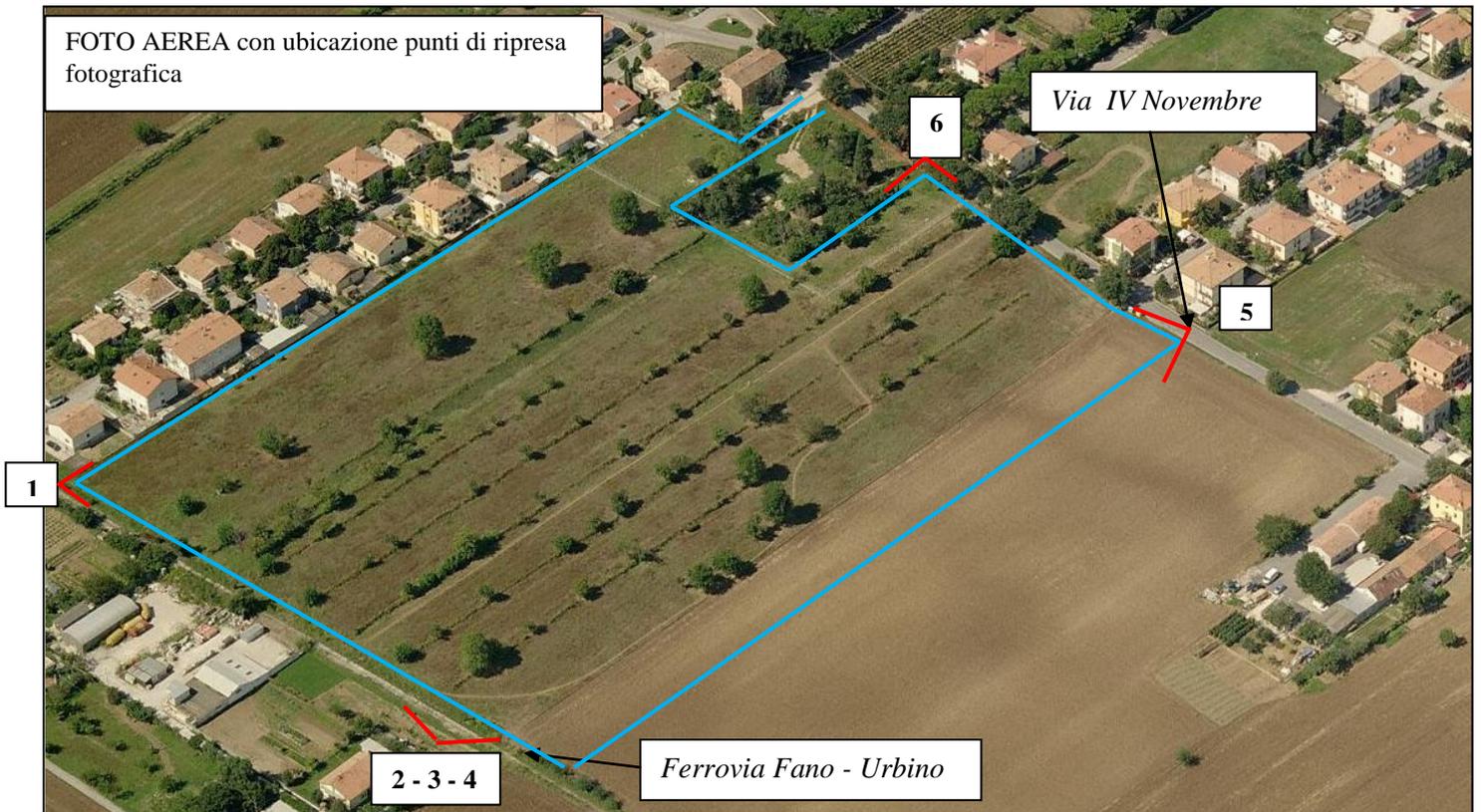
Nell'area sono presenti alcune alberature di alto fusto come evidenziate nel rilievo piano altimetrico riportato di seguito. (fuori scala)



In particolare si tratta di alcune querce ubicate su via IV Novembre e di una serie di piante di vario genere, per lo più gelsi e aceri campestri disposte a filare. Sono inoltre presenti altre essenze di minor pregio quali alberi da frutta, pioppi, mandorli, ailanti, ecc.

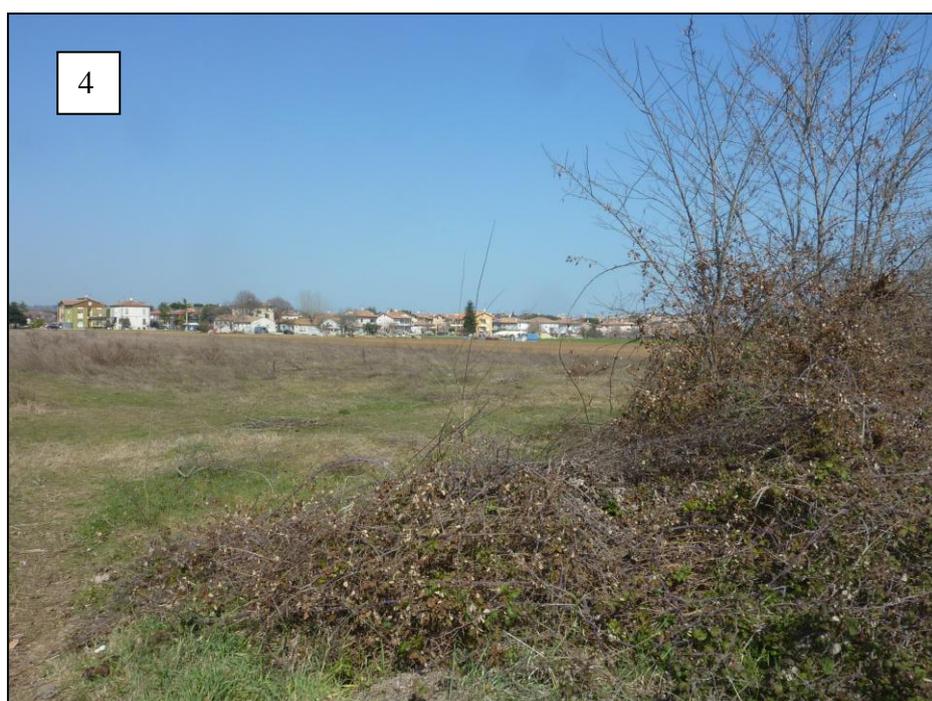
Il Piano di assetto urbanistico prevede, nell'ambito di un progetto più ampio che interesserà l'intero assetto del verde pubblico e del verde di arredo, la piantumazione di nuove alberature, il mantenimento delle querce su Via IV Novembre e di gran parte delle essenze protette esistenti all'interno del comparto.

Per le alberature non compatibili con l'intervento si valuterà l'eventuale ricollocazione nell'ambito delle aree verdi della lottizzazione, previa autorizzazione degli organi competenti.





fotografie 2 - 3 - 4





fotografia 5



fotografia 6

Inquadramento geologico e geomorfologico

A seguito di una prima fase conoscitiva tramite rilievi di superficie l'area insiste su terreni quaternari di deposito continentale rappresentati da alluvioni terrazzate del III ordine sedimentati dal Fiume Metauro lungo la sua sinistra idraulica e situati ad una altezza compresa tra m 19 – 20 rispetto al livello medio del mare.

I terrazzi alluvionali la cui origine è legata alle oscillazioni climatiche verificatesi durante l'Era Quaternaria ed al sollevamento regionale, rappresentano ripiani morfologici modellati dalla corrente fluviale in seguito ad una successione di episodi di alterna erosione e sedimentazione.

Il terrazzo in oggetto è caratterizzato in questo tratto del bacino fluviale, da una notevole estensione, ed uniformità morfologica che si interrompe in prossimità dell'alveo per la presenza di alcuni gradoni che lo raccordano dapprima con le alluvioni del IV Ordine e successivamente con quelle attuali del letto fluviale.



Il corso d'acqua, orientato in direzione SW-NE, scorre al margine Sud – Orientale della pianura alluvionale quasi ai piedi di una serie di rilievi e dorsali collinari che formano la destra orografica del bacino; l'alveo ampio e ricco di materiali detritici che vi sono accumulati, è caratterizzato dalla presenza di frequenti isole fluviali formatesi in seguito alle divagazioni e diramazioni del corso d'acqua.

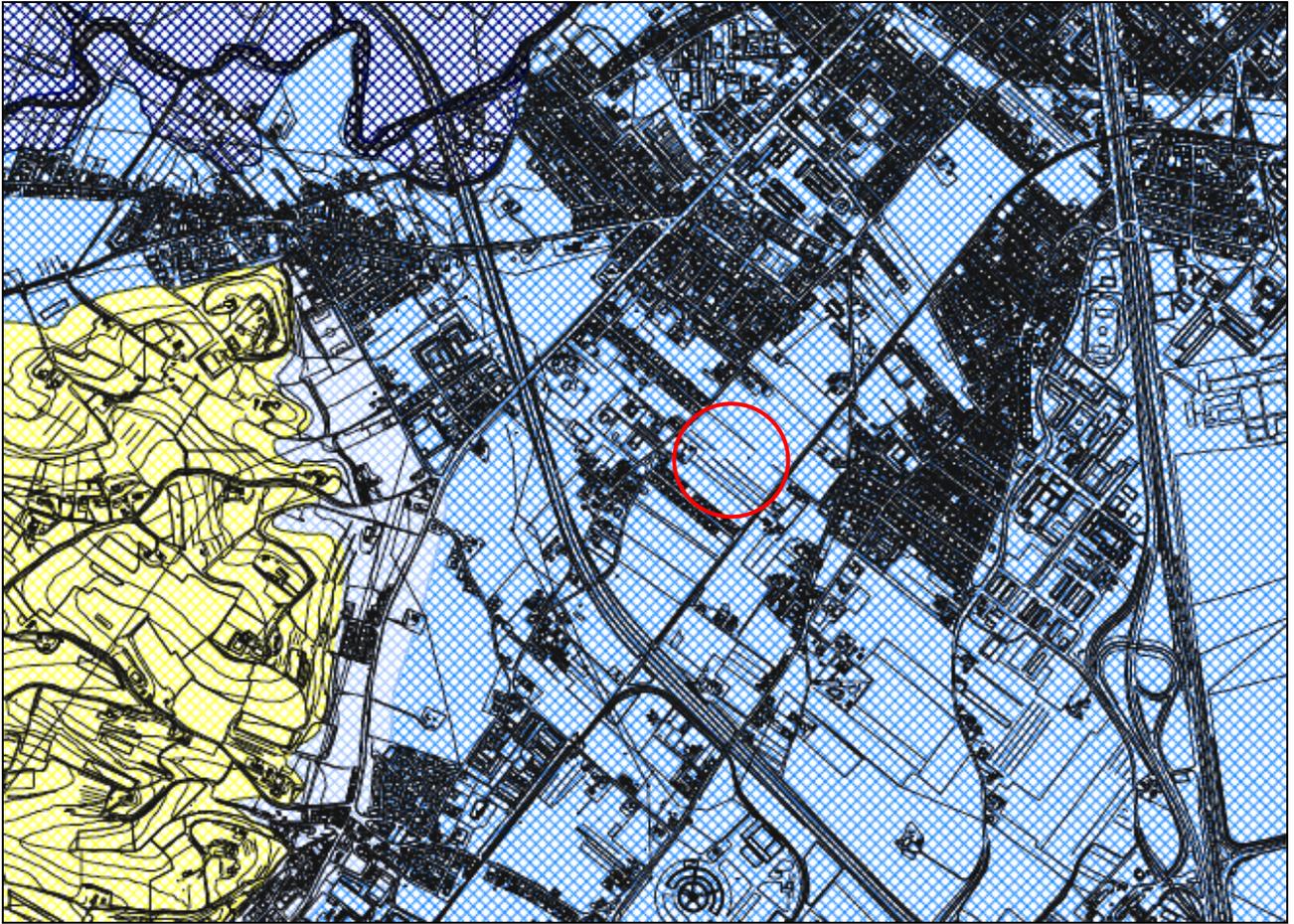
Per quanto riguarda la natura geologica del bacino idrografico, l'età ed i litotipi del substrato presentano caratteristiche differenti ai due lati delle depressioni; più precisamente lungo la destra orografica affiorano sedimenti pliocenici a facies argilloso-marnoso-sabbiosa, mentre lungo il fianco opposto (sinistra orografica) prevalgono terreni di età mio-pliocenica costituiti da marne, arenarie e talora calcari della formazione dello schlier (Miocene Medio).

L'attività tettonica, molto ridotta nei terreni Pliocenici, è stata particolarmente intensa nelle formazioni Mioceniche come testimoniato dalla presenza di frequenti dislocazioni che pongono a contatto anomalo le unità mio-plioceniche affioranti.

Litologicamente le alluvioni sono formate da ciottoli prevalentemente calcarei ed arenacei provenienti dallo smantellamento delle formazioni Giurassico - Mioceniche della dorsale Appenninica affioranti più a monte del bacino del Metauro.

Tali alluvioni risultano più ghiaiose alla base e presentano verso l'alto frequenti livelli sabbiosi e argillo limosi.

Si riportano di seguito la Carta Geologica e la Carta Geomorfologica con evidenziata l'area oggetto di studio.



 Area oggetto di studio

-  Depositi alluvionali attuali
-  Depositi alluvionali del terrazzo di IV ordine
-  Depositi alluvionali del terrazzo di III ordine
-  Depositi alluvionali del terrazzo di II ordine
-  Argille marnose azzurre, siltose, talora lievemente sabbiose
-  Argille marnose azzurre con intercanalazioni di sabbie ed arenarie debolmente cementate

Arch. Adriano Giangolini
Dott. Gabriele Fossi
Geom. Daniele Santini

con la collaborazione di:

Letizi Liliana
Marco Gasparini
Luca Battistoni
Enrico Luè Verri



Gabriele Fossi - Geologo

CARTA GEOLOGICA

TAV 01

scala 1:20.000

novembre 2010



LEGENDA



Area instabile



Area potenzialmente instabile



versanti



Area oggetto di studio

Arch. Adriano Giangolini
Dott. Gabriele Fossi
Geom. Daniele Santini

con la collaborazione di:

Letizi Liliana
Marco Gasparini
Luca Battistoni
Enrico Luè Verrì



Gabriele Fossi - Geologo

CARTA GEOMORFOLOGICA

TAV 02

scala 1:20.000

novembre 2010

Inquadramento climatico

L'area è collocata nel bacino idrografico del Fiume Metauro. Sulla base del sistema di classificazione dei climi proposto da Wladimir Köppen, che è certamente il più condiviso dai climatologi moderni, il clima della zona 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°.

La classe C, individuata dal Köppen sulla base di criteri termici, si suddivide in tre gruppi, indicati dalle lettere s, w e f, in base a precise caratteristiche pluviometriche, il gruppo d'interesse è:

- "f" (iniziale della parola tedesca fehlt = manca) indica la mancanza di un mese arido.

In questo terzo gruppo il nostro sito (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 della zona 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.

I dati relativi ai caratteri climatici ed idrologici dell'area oggetto di studio sono stati ripresi da "Ambiente Fisico Delle Marche".

“Il regime pluviometrico è di tipo sublitoraneo appenninico con influenza marittima, è caratterizzato da due massimi e due minimi.

Il massimo assoluto si registra nei mesi di Settembre Ottobre e Novembre; quello relativo nel mese di Maggio.

Il minimo assoluto di precipitazioni viene registrato ad Agosto/Luglio quello relativo ad Aprile.

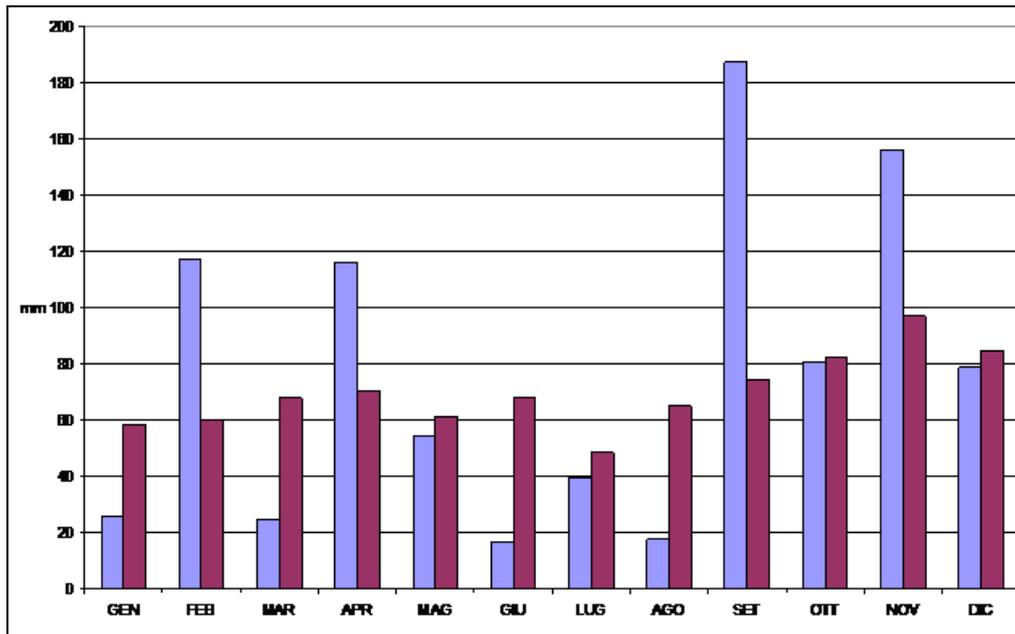
L'andamento termometrico risulta caratterizzato da massimi di temperatura estiva nel mese di Luglio e minimi in Gennaio; l'escursione annuale media è di circa 19°C.

Dall'elaborazione del bilancio idrologico risulta che il periodo “secco” in cui l'evapotraspirazione è superiore alle precipitazioni ed il suolo tende a perdere il suo contenuto di acqua si verifica nei mesi di Luglio ed Agosto.

Il regime idrologico dominante nella zona è pertanto caratterizzato da precipitazioni intense nel periodo tardo-estivo ed autunnale che fanno seguito al periodo secco estivo.”

Si riporta di seguito l'andamento climatico dell'anno 2012 e 2013 da Servizio Agrometeo Regionale "Assam".

Precipitazioni 2012



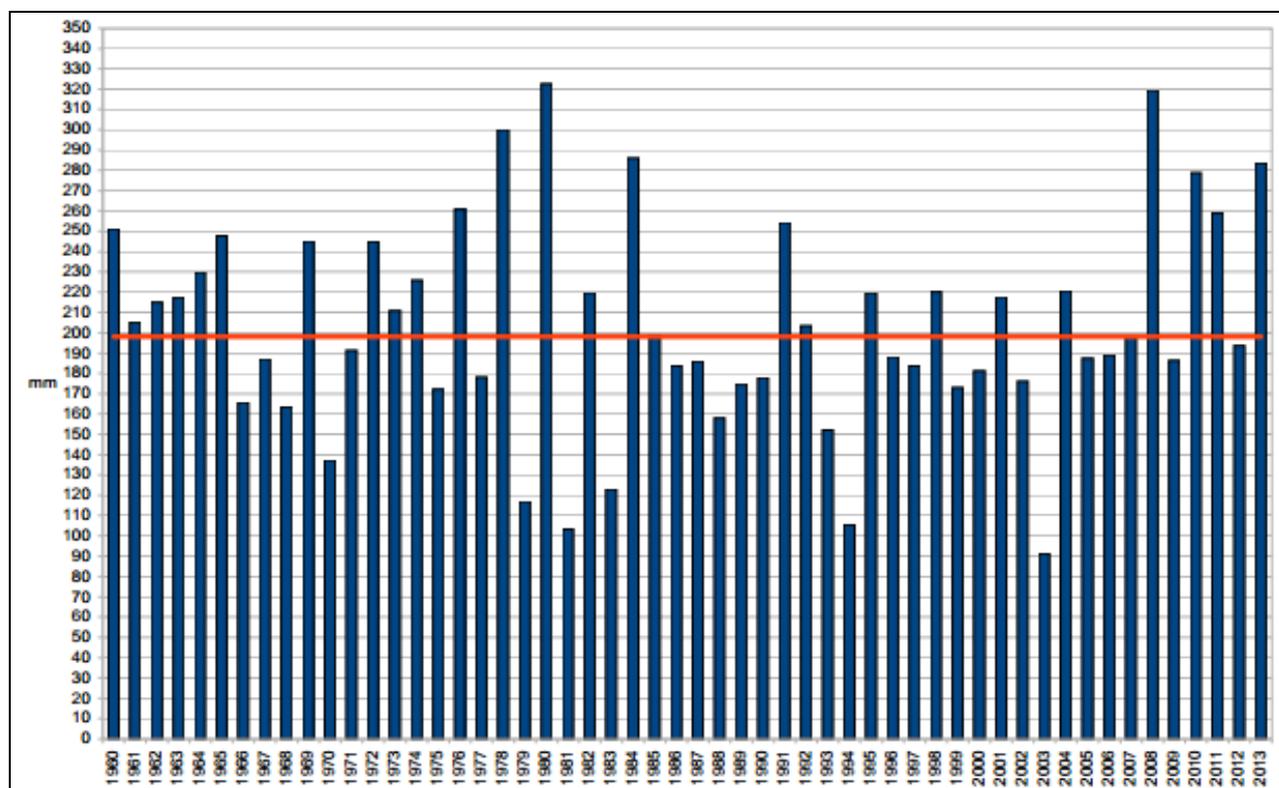
Il 2012 è stato caratterizzato da una precipitazione al di sopra della norma, la pioggia media caduta è stata di 915 mm con un incremento del 9% rispetto ai 837 mm che rappresentano la norma del periodo di riferimento 1961-2000. I mesi che hanno visto il maggiore incremento risultano essere settembre (+152%), febbraio (+96%), mese in cui si sono verificati fenomeni nevosi davvero importanti, aprile, +65%, e novembre, +61%. Giugno e agosto sono stati invece i mesi più aridi, rispettivamente -76% (record per il mese di giugno) e -73%, poi marzo con -64% (il quinto valore più basso per il mese di marzo, sempre dal 1961).

L'inverno 2013 ha fatto registrare un andamento più piovoso rispetto la media con una precipitazione media regionale di 260 mm, ed un incremento del 30% rispetto al periodo 1961-2000. Gennaio e febbraio hanno fatto registrare sensibili incrementi, rispettivamente del 48% e del 61%, frutto dei totali medi di 85 mm e 96 mm;

Quella del 2013 è stata la quinta primavera con maggiore precipitazione dal 1961, con un totale medio regionale di 284 mm ed un incremento del 43% rispetto al 1961-2000. Record invece per il numero di giorni piovosi (insieme al 1978), pari a 38, +59% rispetto alla norma. Incrementi sostanziosi dovuti ai mesi di marzo e maggio, attutiti da quelli di aprile. Nel primo mese primaverile, sono caduti in media 104 mm di pioggia distribuiti in 15 giorni (record per marzo dal 1961, +88% rispetto al 1961-2000). A maggio invece, la precipitazione media è stata di 130 mm (terzo valore più alto per il mese, dopo il 1991 e il 1980) mentre il numero di giorni piovosi è stato di 16, il secondo record dal 1961 (preceduto dai 17 giorni di maggio 1980). D'altro canto la riduzione delle piogge di aprile è stata pari al -29%.

Il mese di giugno sul fronte delle precipitazioni ha registrato un totale medio regionale di 87 mm, superiore di 19 mm alla media 1961-2000. Dal 2000, in giugno, solo in 3 anni la precipitazione si è mantenuta al di sopra della media: 2009, 2010 e nel 2013.

E' continuato quindi a piovere, più della norma, come testimoniano i 551 mm caduti da inizio anno (primo semestre 2013), con un surplus di +165 mm rispetto al 1961-2000, terzo valore più alto per il periodo gennaio-giugno dal 1961. Ad oggi abbiamo raggiunto il 66% del totale di pioggia annua che di norma cade sulla nostra regione. Ancora più sensazionale è il totale degli ultimi dodici mesi, da luglio 2012 a giugno 2013, pari a ben 1111 mm, con un incremento di +274 mm, record per lo stesso periodo dal 1961; tra l'altro la quantità si è distribuita lungo 107 giorni di pioggia, fatto molto rilevante considerato che di mezzo c'è stata l'estate più arida dell'ultimo cinquantennio.



Andamento precipitazione totale stagionale (in blu), confrontata con la media di riferimento 1961-2000 (in rosso) (Fonte: ASSAM Regione Marche – Servizio Agrometeo Regionale)

Inquadramento idrologico

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

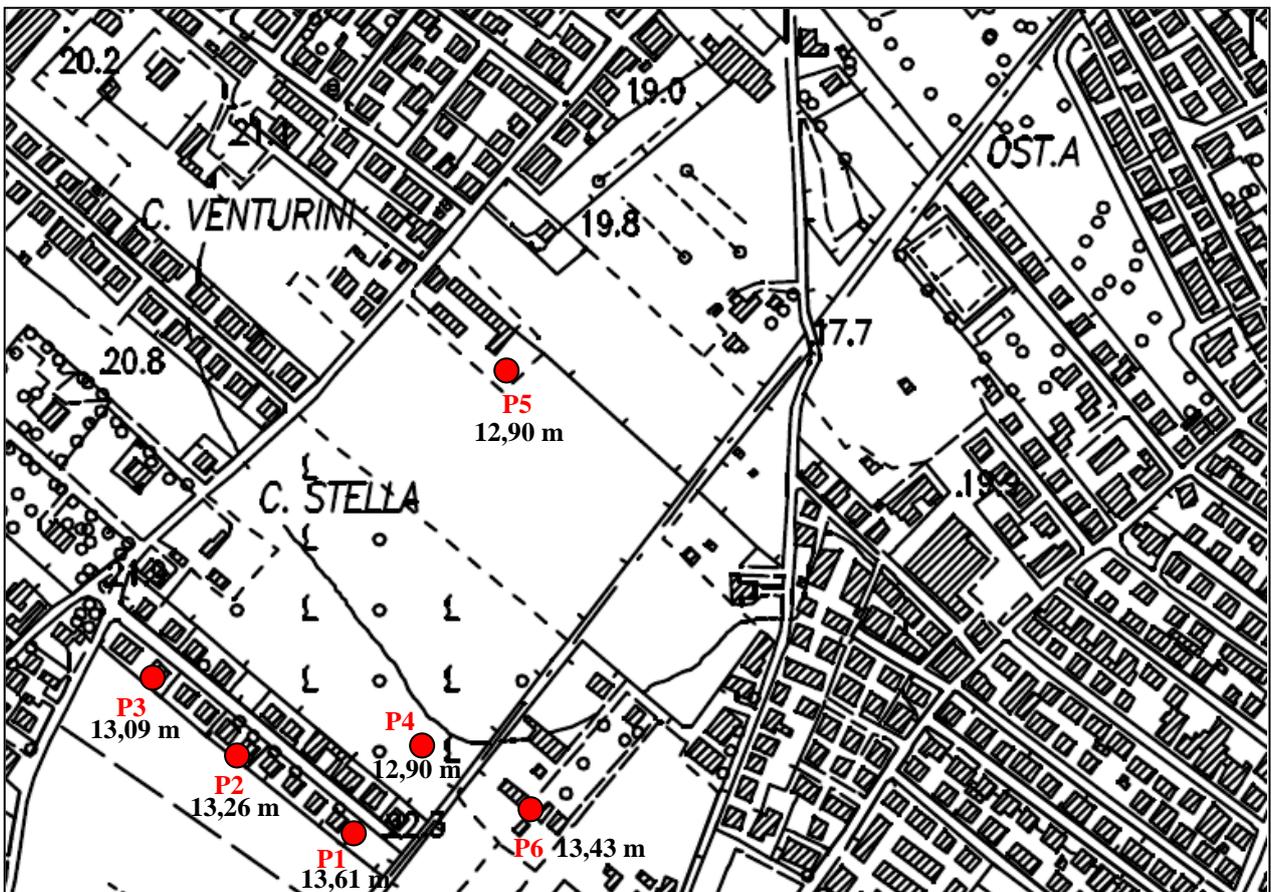
Dallo stralcio della Carta Zone di Rispetto e Protezione Pozzi Comunali l'area non risulta interessata dalle fasce di rispetto e di protezione dei pozzi comunali.



Per quanto riguarda l'idrografia profonda, dall'indagine di campagna eseguita mediante la misurazione di alcuni pozzi ubicati in un intorno significativo dell'area come da planimetria riportata di seguito (pag. 19), la falda idrica risulta ubicata all'interno del deposito alluvionale e il suo livello statico risulta essere alla profondità variabile tra 12.90 e 13.61 m. dal p.c.

All'interno dell'area è presente un pozzo ad uso irriguo (P4) come da fotografia seguente.

Si allega a pag. 20 uno stralcio della Carta Idrogeologica del Comune di Fano



Arch. Adriano Giangolini
Dott. Gabriele Fossi
Geom. Daniele Santini



con la collaborazione di:

Letizi Liliana
Marco Gasparini
Luca Battistoni
Enrico Luè Verri

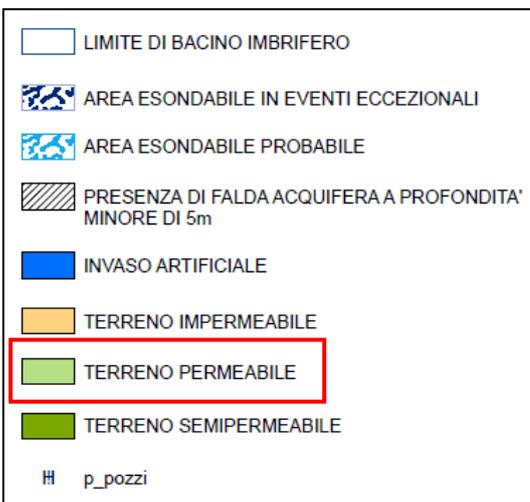
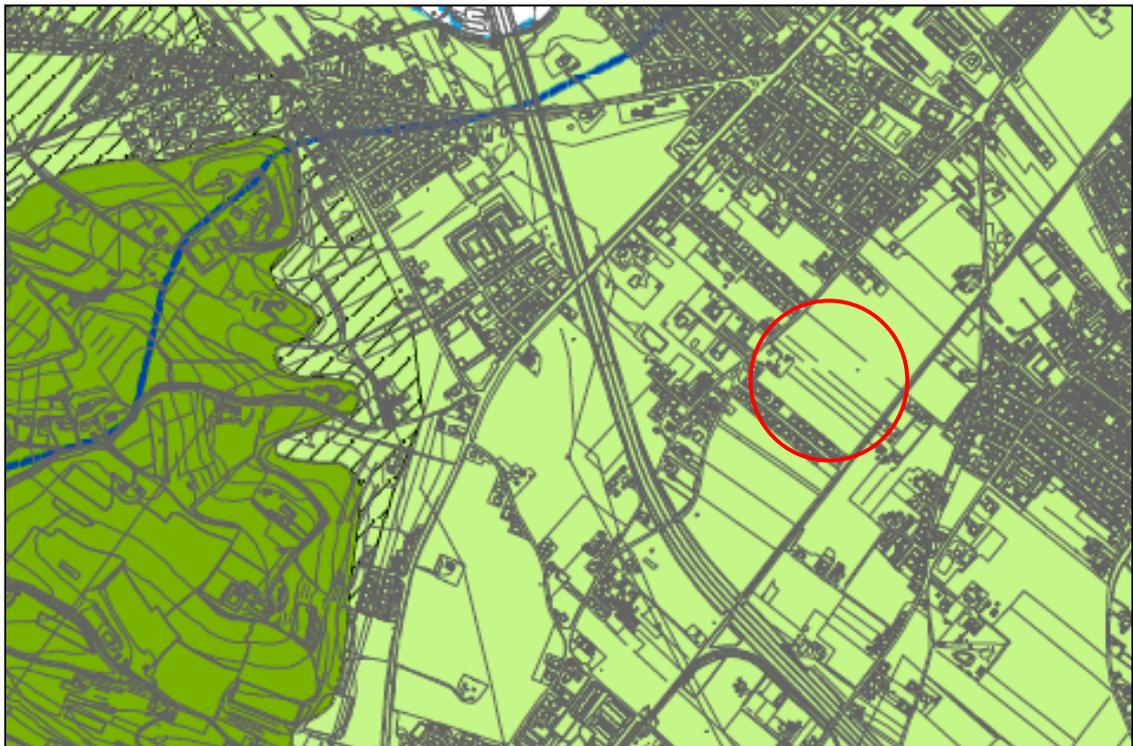
Gabriele Fossi - Geologo

CARTA IDROGEOLOGICA

TAV 03

scala 1:20.000

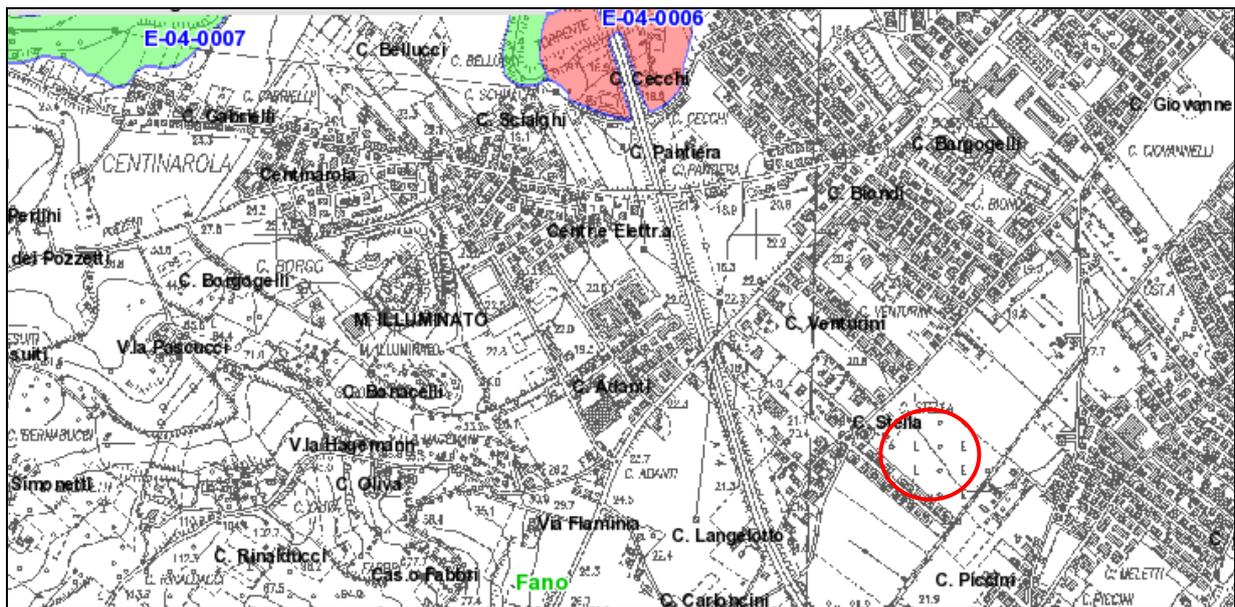
novembre 2010



3. ANALISI DEI VINCOLI PRESENTI NELL'AREA

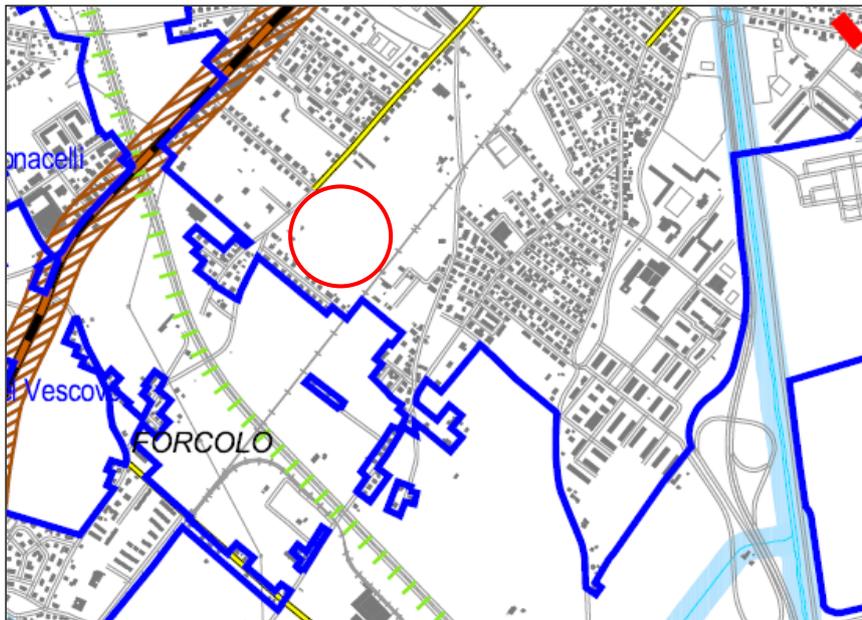
PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

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



PPAR

Ai sensi della normativa prevista dal PPAR l'area in variante, non viene ad essere interessata da alcun vincolo.



Art. 6  Aree esenti

SOTTOSISTEMI TERRITORIALI

Art. 23  Area B

Art. 23  Area C

Art. 23  Area V

SISTEMA GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO

Art. 6  Emergenze geomorfologiche e idrologiche

Art. 8  Ambito di tutela corsi d'acqua

Art. 9  Ambito di tutela dei crinali

Art. 9  Ambito di tutela versanti (area con pendenza > 30%)

Art. 11  Litorali marini (fascia)

Art. 11  Litorali marini (bassa compromissione)

SOTTOSISTEMA BOTANICO-VEGETAZIONALE

Art. 33  Aree floristiche

 Boschi

 Aree Bio-Italy

 Oasi fanunistiche

SOTTOSISTEMA STORICO-CULTURALE

Art. 17  Paesaggio agrario storico

Art. 18  2.12 Prelato
 Art. 19 Manufatti storici ed ambito di tutela di manufatti e nuclei storici

Art. 20  Ambiti di tutela delle zone archeologiche e delle strade consolari

 Acquedotto romano

Art. 20  Centuriazioni

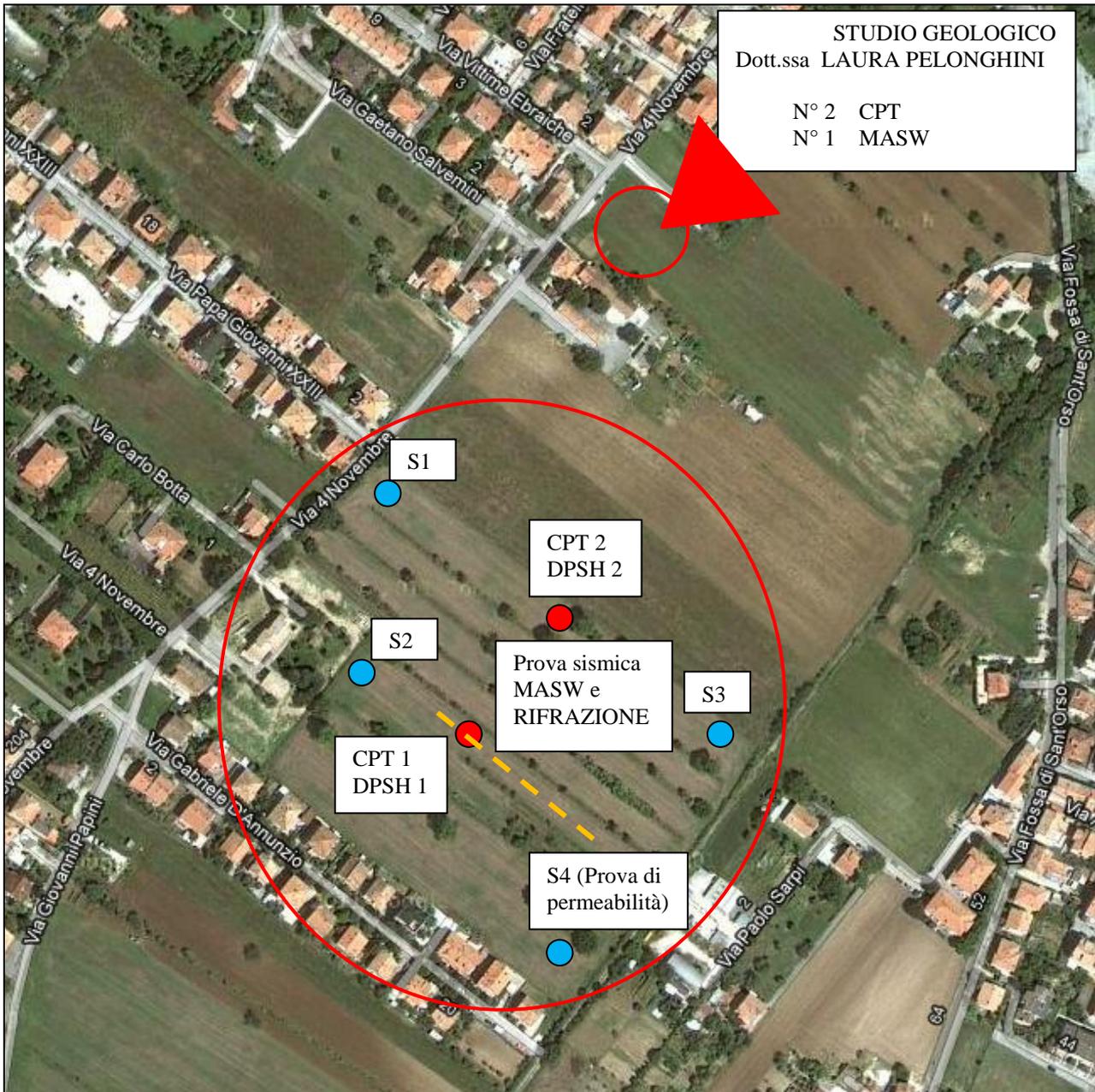
Art. 20  Strade consolari

Art. 21  Luoghi di memoria storica

Art. 22  Strada panoramica

4. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE

La stratigrafia dell'area è stata ricostruita considerando 2 prove penetrometriche CPT, e una prova masw eseguite in un'area limitrofa all'area in studio al fine di verificare l'omogeneità dell'area in un suo intorno significativo, da 4 Sondaggi a rotazione continua, due CPT e una Prova sismica masw e a rifrazione ubicate all'interno dell'area come da foto aerea seguente e da Allegato 1.



Si riportano di seguito i risultati delle prove e le stratigrafie delle indagini eseguite nell' area limitrofa.

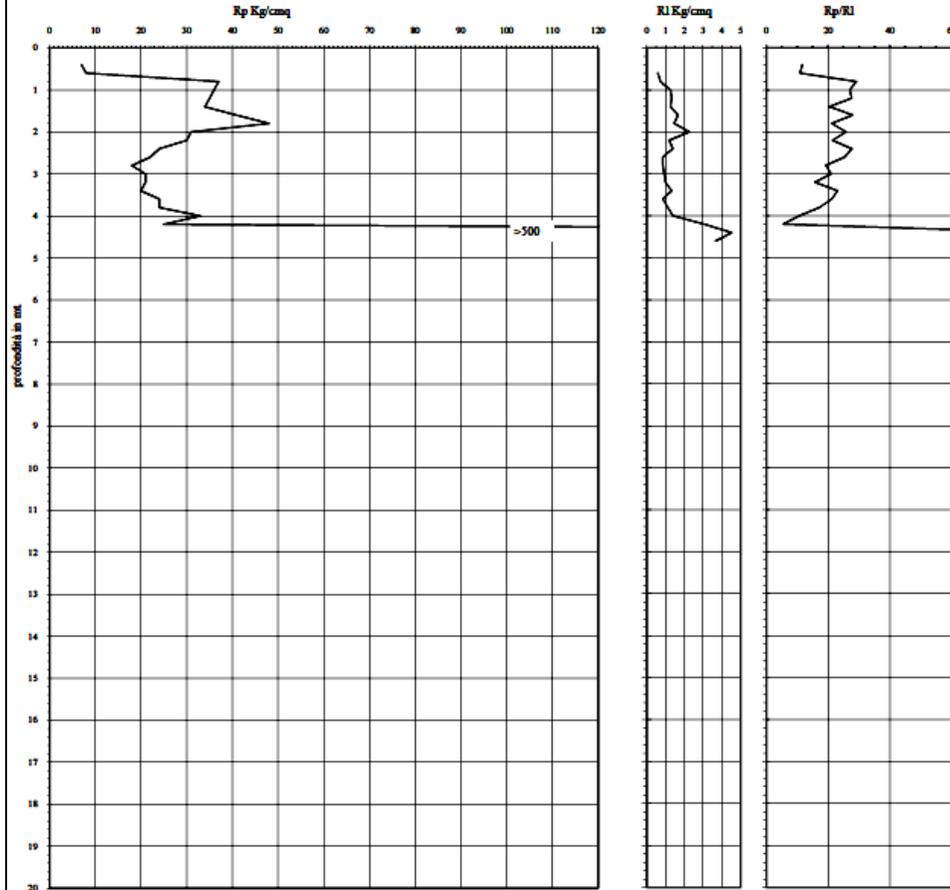
Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT2
 Cantiere: Fano (PU), via IV Novembre
 Data: Giugno 2011

Intergo s.r.l. - Servizi Geologici - info@intergoem.com

Quota inizio: piano campagna
 Liv. falda: assente
 Note:

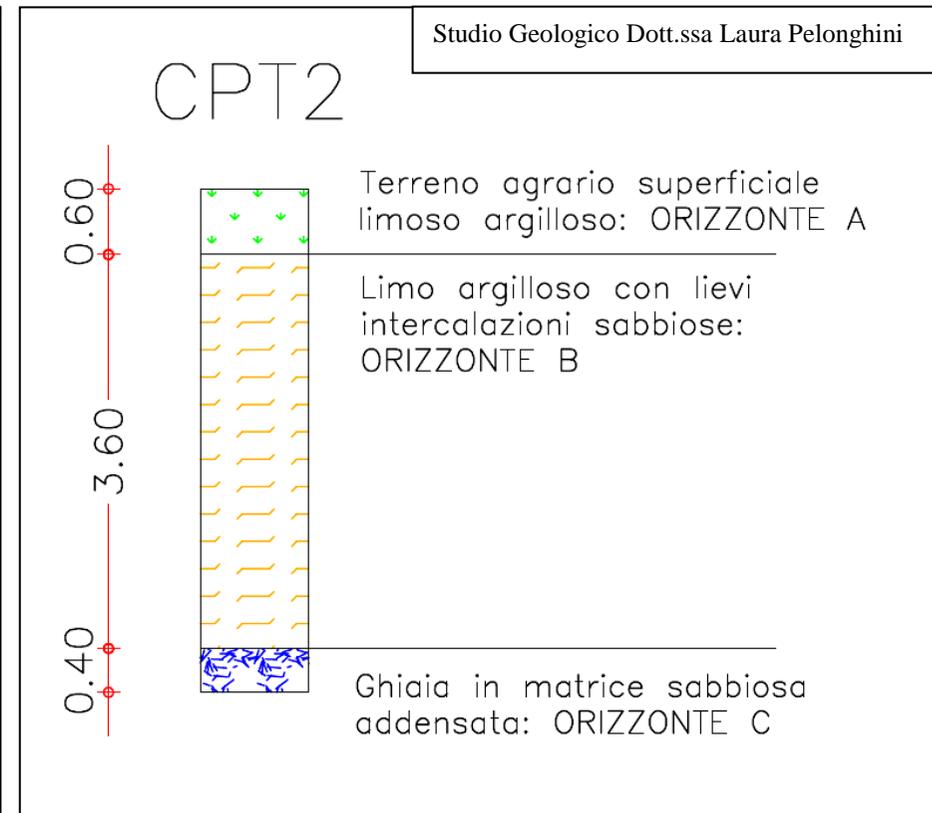
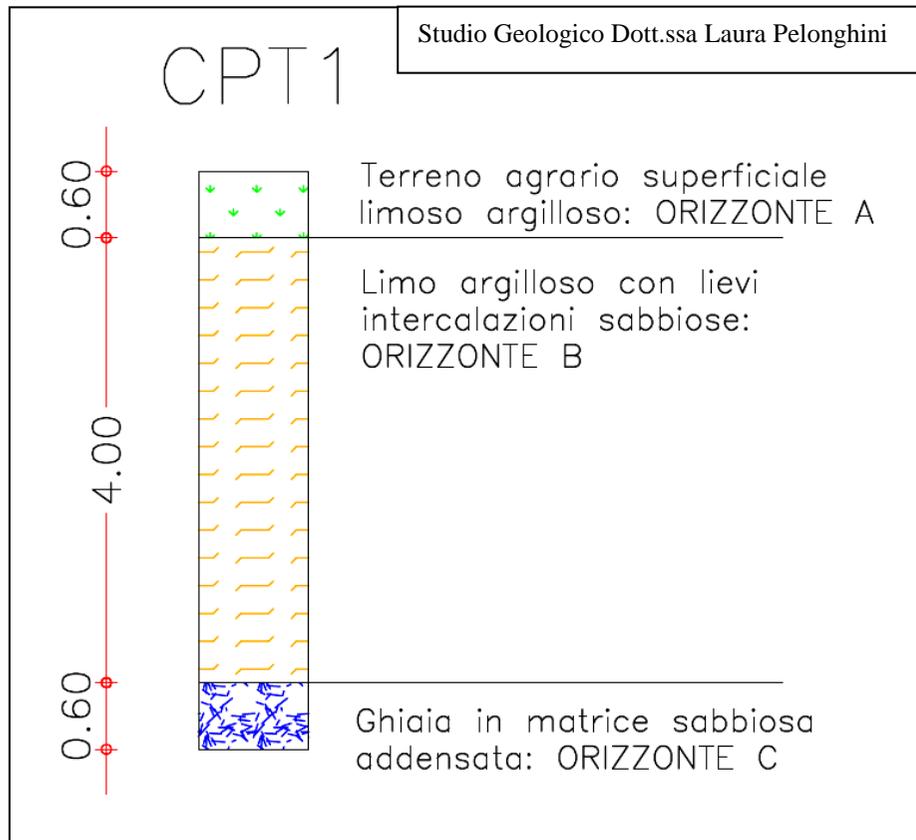
Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



Caratteristiche strumento: penetrometro statico semovente, 200kN spina
 Punta meccanica tipo Begemann - manico laterale superficie 150 cm²

A A A A A A A S S S S S		D M T M C M S L L S D		T C L A						Angolo d'attrito interno, densità relativa e coesione		Verifica alla liquefazione magistrale di 0 g accelerazione massima al sismo 0,25 g (Cesari et al. 1982)	
mt.	Rp	RI	Rp/RI	ϕ°	Dr	Cu Kg/cm²	Napt	coefficiente di sicurezza					
0,2													
0,4													
0,6													
0,8	0,60	11,67				0,35							n.l.
1,0	0,72	10,57				0,4							n.l.
1,2	0,79	20,21				1,80							n.l.
1,4	1,29	27,00				1,7							n.l.
1,6	1,39	27,63				1,75							n.l.
1,8	1,47	30,40				2,05							n.l.
2,0	1,57	27,95				2,4							n.l.
2,2	1,59	21,43				1,1							n.l.
2,4	1,60	27,69				1,2							n.l.
2,6	1,67	25,38				1,1							n.l.
2,8	1,87	19,29				0,9							n.l.
3,0	0,95	21,60				1,05							n.l.
3,2	1,00	15,75				1							n.l.
3,4	1,15	23,86				1,2							n.l.
3,6	0,87	21,18				1,2							n.l.
3,8	1,11	17,14				1,45							n.l.
4,0	1,09	10,76				1,25							n.l.
4,2	4,53	91,36		53	1,54		83,75						n.l.
4,4													2,77
4,6													
4,8													
5,0													
5,2													
5,4													
5,6													
5,8													
6,0													
6,2													
6,4													
6,6													
6,8													
7,0													
7,2													
7,4													
7,6													
7,8													
8,0													
8,2													
8,4													
8,6													
8,8													
9,0													
9,2													
9,4													
9,6													
9,8													
10,0													
10,2													
10,4													
10,6													
10,8													
11,0													
11,2													
11,4													
11,6													
11,8													
12,0													
12,2													
12,4													
12,6													
12,8													
13,0													
13,2													
13,4													
13,6													
13,8													
14,0													
14,2													
14,4													
14,6													
14,8													
15,0													
15,2													
15,4													
15,6													
15,8													
16,0													
16,2													
16,4													
16,6													
16,8													
17,0													
17,2													
17,4													
17,6													
17,8													
18,0													
18,2													
18,4													
18,6													
18,8													
19,0													
19,2													
19,4													
19,6													
19,8													
20,0													

Legenda:
 AO argilla organica e terreni misti, AMT argilla molto tenera,
 AT argilla tenera, AM argilla media, AC argilla compatta, n.l. non liquefificabile
 sabbia limosa argillosa AMC argilla molto compatta, ASL argilla sabbiosa limosa,
 sabbia SL sabbia e limo, SLA sabbia limosa argillosa
 SS sabbia sciola, S sabbia, SD sabbia densa



Per verificare l'uniformità litologica dell' area oggetto di studio sono state eseguite, all'interno della stessa, due prove penetrometriche CPT/DPSH e quattro Sondaggi a rotazione continua. Per la ricostruzione del modello geofisico del sito, è stata eseguita una Prova sismica Masw e a Rifrazione il tutto ubicato come da planimetria di pag 23 e Allegato 1.

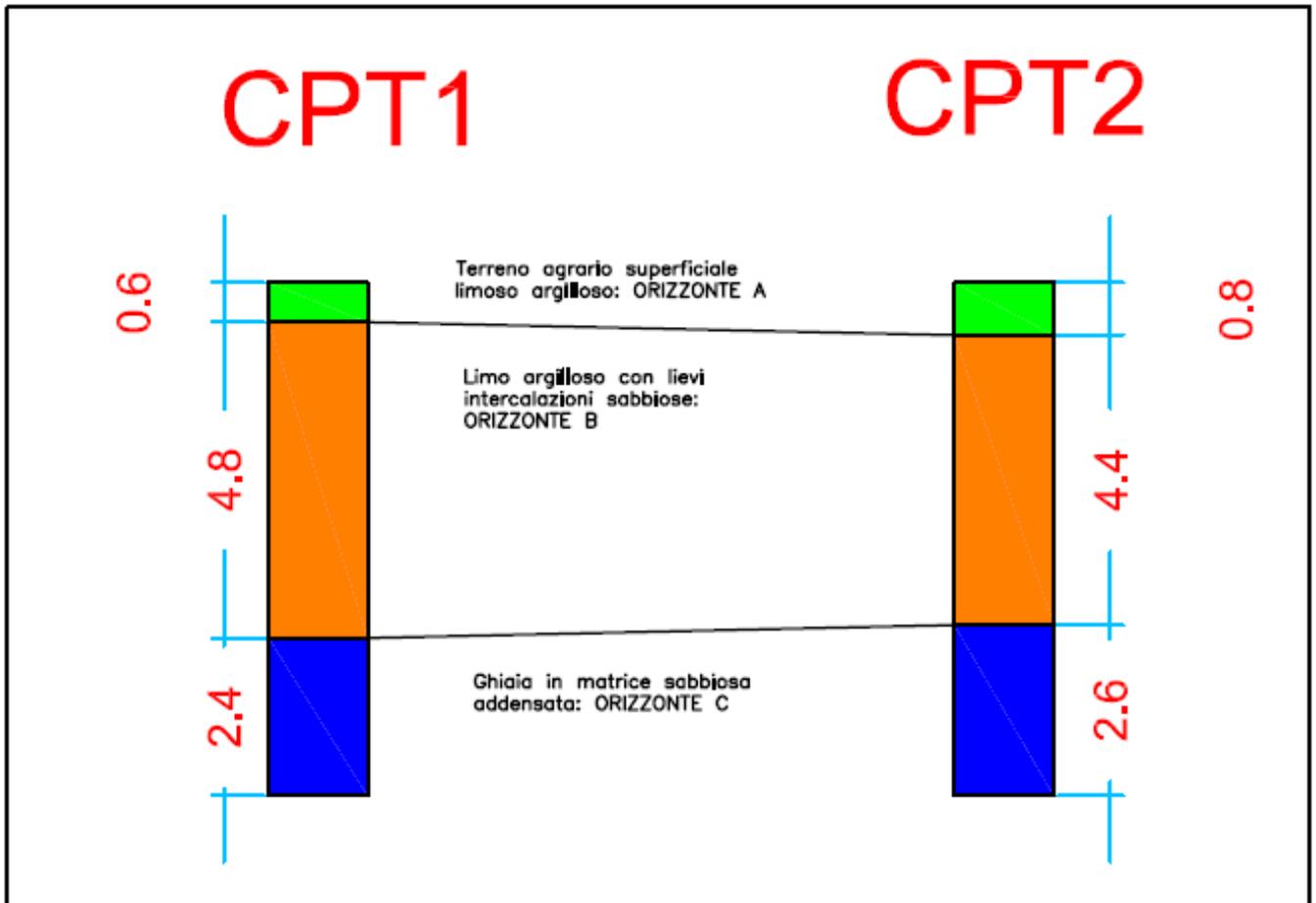
Prove penetrometriche

Le prove sono state eseguite come statiche (CPT) per la parte più superficiale, in quanto litologicamente rappresentata da un materiale fine (sabbie più o meno limose e limi argillo sabbiosi) e come dinamica (DPSH) per la parte più profonda rappresentata da ghiaie.

Le prove sono state eseguite con sonda penetrometrica Pagani TG63 200KN le cui caratteristiche sono riportate nel rapporto allegato.



Si riportano di seguito le colonne stratigrafiche delle prove penetrometriche, il rapporto delle prove è riportato in allegato (Allegato 2).



Sondaggi

I sondaggi sono stati eseguiti mediante trivella a rotazione continua ed avanzamento di un carotiere semplice di diametro 30 cm.



Si riportano di seguito le stratigrafie rilevate.

Dott.ssa Geol. Maria Vittoria Castellani
 Dott.ssa Geol. Laura Pelonghini

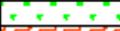
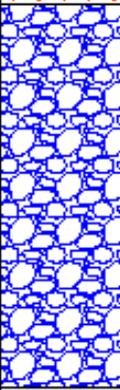
Committente: CINQUEESSE COSTRUZIONI srl	
Data: 05/03/2013	
Località: Fano - Via IV novembre	Scala: 1:100
Sondaggio: S1	Macchina perforatrice: Trivelsonda
Quota: -- m s.l.m.	Diametro: 300 mm

Spessore	Litologia	Descrizione	PP Kg/cmq	TV Kg/cmq	H2O	Compone	SPT	Note
0.3		Terrano superficiale vegetale.	23					
0.9		Lina sabbiosa di colore giallo ocra.						
1.4		Sabbia sciolta di colore giallastro.	16					
2								
3.0		Lina sabbiosa con venature di calcificazione e strutture grigie.						
4								
6		Ghiaia in matrice limosa sabbiosa più tenue in profondità.						
9								
9.6								
10								
12								
14								
16								
18								
20								

Assistenza tecnica: Dott.ssa Geol. Maria Vittoria Castellani - Dott.ssa Geol. Laura Pelonghini

Dott.ssa Geol. Maria Vittoria Castellani
 Dott.ssa Geol. Laura Pelonghini

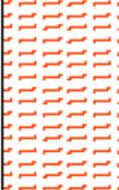
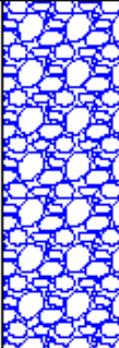
Committente: CINQUEESSE COSTRUZIONI srl
 Data: 05/03/2013
 Località: Fano - Via IV novembre
 Scala: 1:100
 Sondaggio: S2
 Macchina perforatrice: Trivisonda
 Quota: -- m s.l.m.
 Diametro: 300 mm

Spessore	Litologia	Descrizione	PP Kg/cmq	TV Kg/cmq	H2O	Compione	SPT	Note
0.4		Terrano superficiale vegetale.						
2.8		Limo sabbioso di colore giallo ocra, alla quota di -1.4 m piccolo intervallo sabbioso.	1.8-2.2					
3.2			1.1-1.4					
6.4		Gravie in matrice limosa sabbiosa più unita in profondità, alla quota di -4.8 m piccolo livello sabbioso di spessore variabile in circa 30 cm.						
10								
12								
14								
16								
18								
20								

Assistenza tecnica: Dott.ssa Geol. Maria Vittoria Castellani - Dott.ssa Geol. Laura Pelonghini

Dott.ssa Geol. Maria Vittoria
 Castellani
 Dott.ssa Geol. Laura Pelonghini

Committente: CINQUEESSE COSTRUZIONI s.r.l.
 Data: 05/03/2013
 Località: Fano - Via IV novembre Scala: 1:100
 Sondaggio: S3
 Quota: -- m s.l.m. Macchina perforatrice: Trivisonda
 Diametro: 300 mm

Spessore	Litologia	Descrizione	FP Kg/cmq	TV Kg/cmq	H2O	Campione	SPT	Note
0.4		Terrano superficiale vegetale.						
2 3.4		Limo sabbioso di colore giallo ocra, alla quota di -1.4 m piccolo intervallo sabbioso, in profondità compaiono venature grigie.	18-22					
3.8 6 9		Gravie in matrice limosa sabbiosa più unite in profondità.	16-17					
9.6 12 14 16 18 20								

Assistenza tecnica: Dott.ssa Geol. Maria Vittoria Castellani - Dott.ssa Geol. Laura Pelonghini

Dott.ssa Geol. Maria Vittoria Castellani
 Dott.ssa Geol. Laura Pelonghini

Committente: CINQUEESSE COSTRUZIONI s.r.l.
 Data: 05/03/2013
 Località: Fano - Via IV novembre Scala: 1:100
 Sondaggio: S4
 Quota: -- m s.l.m. Macchina perforatrice: Trivisonda
 Diametro: 300 mm

Spessore	Litologia	Descrizione	PP Kg/cm ³	TV Kg/cm ³	H ₂ O	Campione	SPT	Note
0.3		Terrano superficiale vegetale.						
2		Line sabbiosa di colore giallo ocra.						
4.4		Ghiaia in matrice limosa sabbiosa.						
9.6								
6								
9								
10								
12								
14								
16								
20								

Assistenza tecnica: Dott.ssa Geol. Maria Vittoria Castellani - Dott.ssa Geol. Laura Pelonghini

Prova di permeabilità

Il sondaggio n° 4 è stato interrotto all'inizio dello strato ghiaioso al fine di determinare la permeabilità delle ghiaie ed è stato opportunamente attrezzato a tale scopo come da immagini seguenti.



In data 03/04/2013 è stata valutata tramite l'esecuzione di una prova di permeabilità la capacità di assorbimento delle ghiaie all'interno del foro del sondaggio 4

Tramite una autocisterna si è proceduto immettendo 5 mc di acqua nel foro di sondaggio e si è misurato il tempo necessario all'assorbimento da parte del terreno.

L'assorbimento completo è avvenuto in 62 s.

Quindi il coefficiente di permeabilità che se ne può ricavare è $K = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$



Indagine geofisica

Per la ricostruzione del modello geofisico del sito è stata eseguita una 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, ubicate come da planimetria pag. 23 ed Allegato 1 inoltre è stata presa in considerazione la prova sismica eseguita nell' area limitrofa (Dott.ssa Laura Pelonghini).

Indagine sismica a Rifrazione

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, 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.



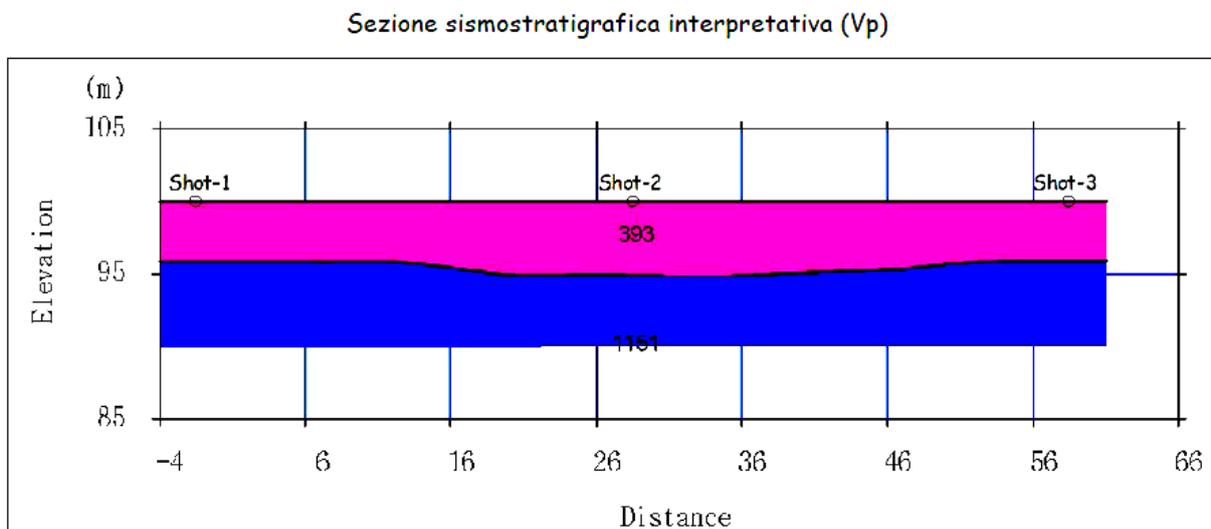


Il metodo sismico a rifrazione è un metodo non invasivo che si basa sulla misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche (P o SH) generate in superficie da una sorgente sismica e captate da ricevitori, anch'essi in superficie, disposti su un allineamento a diverse distanze dalla sorgente. I tempi 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 quindi 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.

Per una completa disamina teorica ed una descrizione della metodologia usata si rimanda all'allegata relazione sismica. (Allegato 3)

L'indagine sismica a rifrazione 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 descritto:

- 1) il primo sismostrato presenta spessori compresi tra 0 e 4,20 - 5,20 m circa ed è caratterizzato da una velocità delle onde di compressione di 393 m/sec circa; tale livello a bassa velocità di propagazione delle onde di compressione è riferibile a depositi alluvionali fini a basso stato di addensamento/consistenza;
- 2) il secondo sismostrato, riferibile a depositi alluvionali prevalentemente ghiaiosi mediamente addensati, è caratterizzato da velocità delle onde di compressione dell'ordine di 1151 m/sec. Tale livello è stato rilevato a partire da una profondità di 4,20 - 5,20 m circa;



Indagine sismica MASW

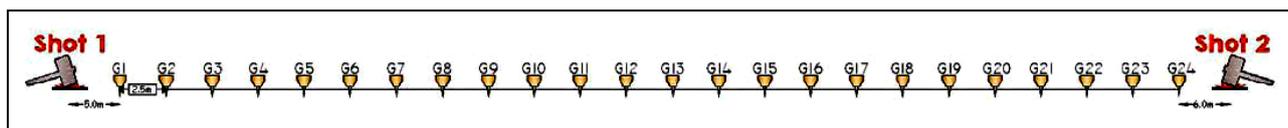
L'indagine sismica di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) si basa sulla propagazione delle onde di superficie rayleigh. La modalità e la geometria di acquisizione è simile a quella adottata per la sismica a rifrazione. Si utilizza uno stendimento lineare di geofoni ed il terreno viene 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 e allegato alla presente relazione di cui fa parte integrante (Allegato 3).

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.

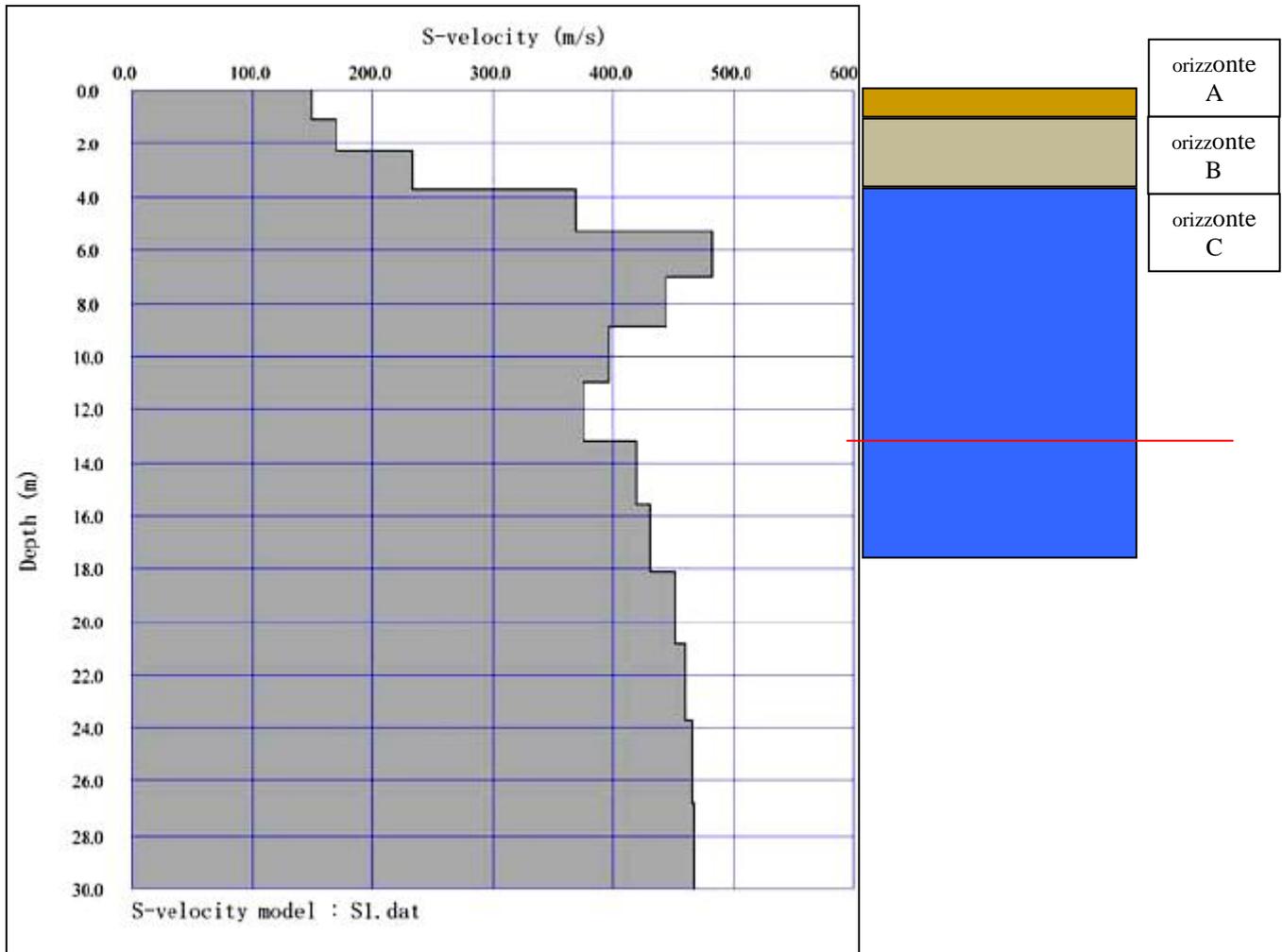
La velocità delle onde di massa dipende dai parametri elastici dei mezzi attraversati che sono a loro volta influenzati da numerosi fattori quali la compattezza o il grado di litificazione, la porosità, la tessitura, il grado di alterazione e/o fratturazione, la composizione mineralogica, il contenuto di fluidi, ecc..

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW 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.



La base sismica con metodologia MASW è stata eseguita con due punti di scoppio coniugati secondo lo schema sopra riportato.

La metodologia MASW consente pertanto l'individuazione di strati soffici compresi tra strati più rigidi o di strati più rigidi compresi tra strati più soffici, consente quindi di individuare il profilo di velocità V_s anche in presenza di contrasti di rigidezza 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.



Dal profilo verticale monodimensionale delle Vs sopra riportato si evince la presenza di un evidente incremento della velocità di propagazione delle onde di taglio nell'intervallo di profondità compreso tra 4÷5 metri dal p.c.. Proseguendo verso il basso si nota un intervallo di profondità (7-13 mt) in cui si ha una leggera inversione di velocità nel profilo delle Vs. Oltre tale intervallo la velocità di propagazione delle onde di taglio tende a crescere gradualmente con la profondità.

In base quindi all'indagine eseguita il sottosuolo sull'intera area in studio può essere schematizzato nei seguenti STRATI:

STRATO 1 (da 0 fino a 0,40 - 0,80 m dal p.c.)

Terreno superficiale vegetale



STRATO 2 (da 0,40 - 0,80 m fino a 3,20 - 5,40 m dal p.c.)

Orizzonte B

Terreno alluvionale, prevalentemente incoerente costituito da sabbie e sabbie limose debolmente coesivi a bassa plasticità - discreto/buono terreno ai fini dell'edificazione.



STRATO 3 (da 3,20 - 5,40 m fino a 18,00 m dal p.c.)

Orizzonte C

Ghiaia caratterizzata da una buona omogeneità: sono immerse in matrice sabbiosa, talora sabbioso argillosa, gli elementi ghiaiosi eterometrici sono costituiti da litotipi calcarei o calcareo marnosi della successione mesozoica e a luoghi da frammenti sub-angolari di selce nera e rossa.

L'indice di arrotondamento dei clasti calcarei è elevato e talora è riconoscibile un certo grado di appiattimento.



STRATO 5 (da 18,00 m dal p.c.)

Formazione di base delle Argille Plioceniche litologicamente rappresentate da argille marnose azzurre, siltose, talora lievemente sabbiose, del Pliocene inferiore e medio.

Descrizione della sezione stratigrafica interpretativa (Allegato 4)

I terreni presenti nella parte più superficiale sono frutto di una deposizione alluvionale di materiali fini, ricca di interdigitazioni ed alternanze tra sedimenti limo sabbiosi e sabbie, essa non presenta soluzioni di continuità ma una progressiva e costante variazione della loro composizione granulometrica. La ricostruzione stratigrafica mediante le indagini eseguite evidenzia un primo strato di copertura con una litologia fine sabbioso limosa sabbiosa. Lo spessore di questo apporto di materiale fine all'interno dell'area risulta pressoché omogeneo compatibilmente con i leggeri dislivelli delle quote. Al disotto di questi sedimenti fini si rilevano le ghiaie in matrice sabbiosa, che raggiungono la profondità di 18 m dal piano campagna. Il substrato è rappresentato dalla formazione delle Argille Plioceniche litologicamente argille marnose azzurre, siltose, talora lievemente sabbiose.

La falda idrica è ubicata all'interno del corpo ghiaioso ad una profondità superiore i 12.00 metri dal piano di campagna.

Lo studio della stratigrafia dell'area nel complesso conferma l'analisi geologica geomorfologica che identifica nell'area una deposizione fluviale con apporti sedimentari di materiale a granulometria più fine in superficie e ghiaiosa in profondità.

5. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

Le informazioni contenute nel seguente paragrafo costituiscono una guida per la stesura della relazione geotecnica che dovrà essere redatta a corredo del progetto strutturale di ogni singolo Lotto.

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 coefficienti di sicurezza parziali, la procedura da adottare per calcolare la capacità portante del terreno dovrà essere la seguente:

1. ipotizzando che sollecitazioni applicate e portanza siano fra loro indipendenti, si determinano i valori caratteristici dei 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;
2. per tenere conto di eventuali altre cause d'indeterminazione, si applicano ai valori caratteristici dei coefficienti di sicurezza parziali in funzione dello stato limite considerato;
3. s'introducono i valori così ridotti nella formula di calcolo della portanza ricavando la portanza della fondazione;
4. il valore di portanza ottenuto dovrà essere confrontato con il valore del carico di progetto.

La parametrizzazione geomeccanica, dei litotipi rilevati è stata elaborata sulla base dei dati ottenuti dalle indagini introspettive considerate per il sito (CPT 1/DPSH 1 - CPT 2/DPSH2).

La definizione del quadro geologico stratigrafico permette una ricostruzione del modello geotecnico.

Si è ritenuto di adottare il seguente modello geotecnico del sito:

ORIZZONTE B: limi argilloso sabbiosi – DEPOSITI ALLUVIONALI

$$\gamma_{\text{nominale}} = 2,0 \text{ Kg/cmq}$$

$$C_{u_{\text{medio}}} = 0,99 \text{ Kg/cmq} \quad C_{u_k} = 0,44 \text{ Kg/cmq}$$

ORIZZONTE C : ghiaia e sabbia ghiaiosa – DEPOSITI ALLUVIONALI

$$\gamma_{\text{nominale}} = 2,0 \text{ Kg/cmq}$$

$$\varphi_{\text{nominale}} = 32^\circ - 35^\circ$$

6. CONSIDERAZIONI SULLA FATTIBILITA' DEL PROGETTO

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

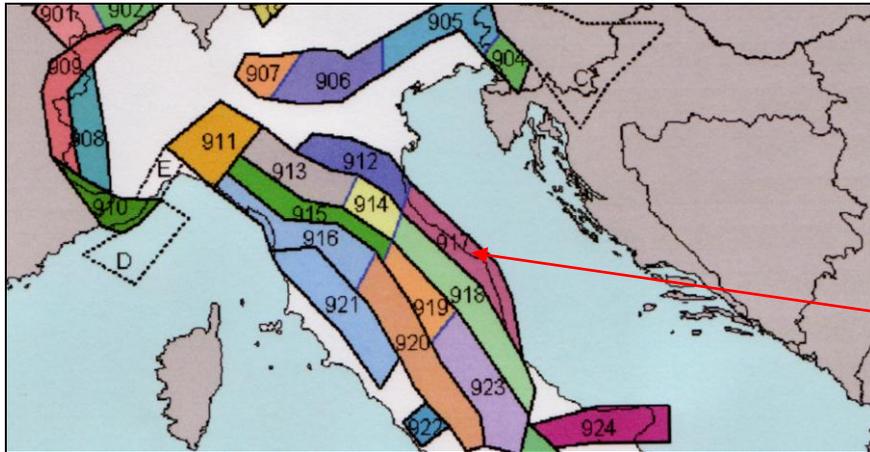
Zona	Accelerazione
1	0.35-g
2	0.25-g
3	0.15-g
4	0.05-g

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."

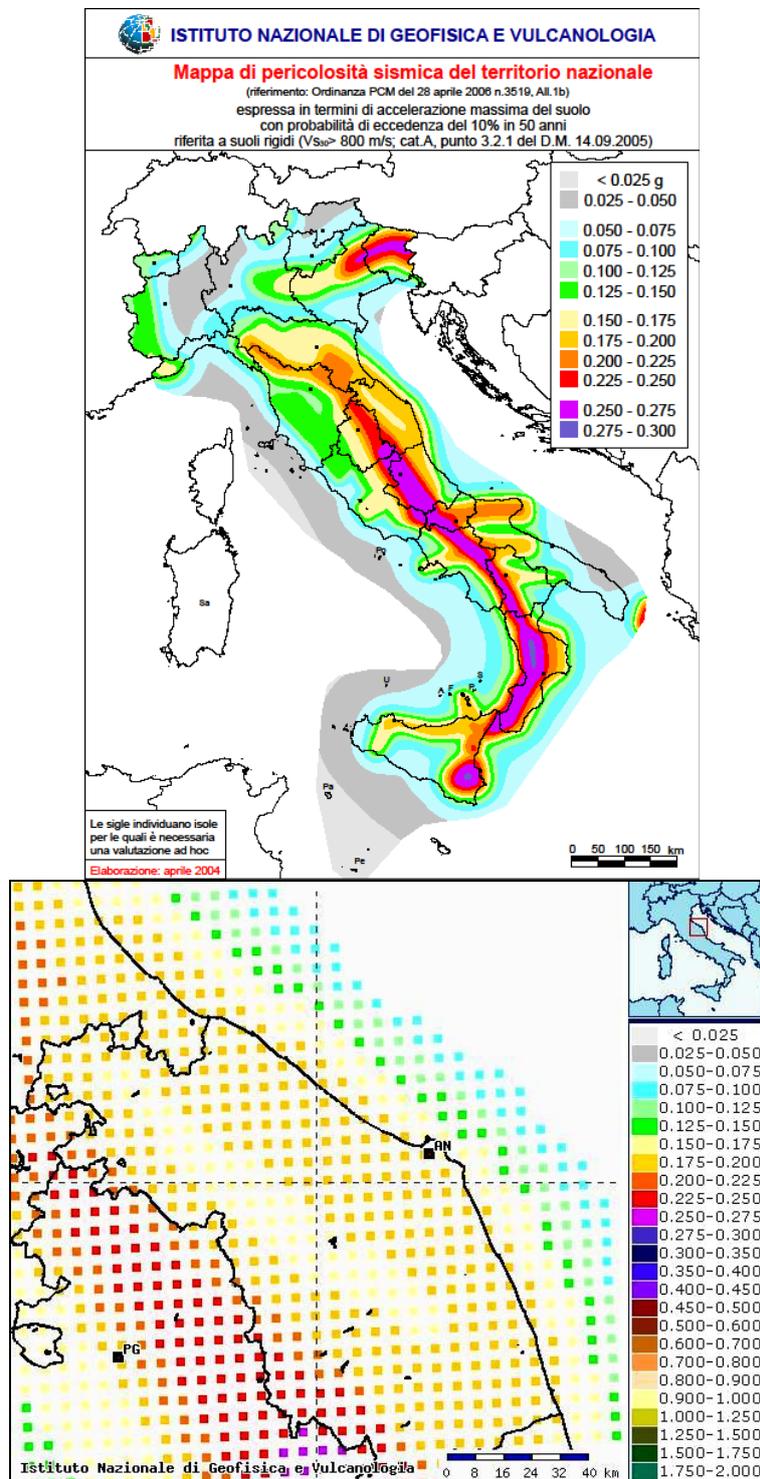
Nella zonazione ZS9, le sorgenti sismogenetiche sono n. 36, le analisi condotte per l'aggiornamento hanno permesso inoltre di stimare, per ogni zona, la profondità efficace, cioè l'intervallo di profondità entro il quale è stato osservato il maggior numero di terremoti.

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.



Si vede come il comune di Fano abbia avvertito sismi con una intensità pari ai VIII gradi della scala MCS23.

Massime intensità macrosismiche osservate nella provincia di Pesaro

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.

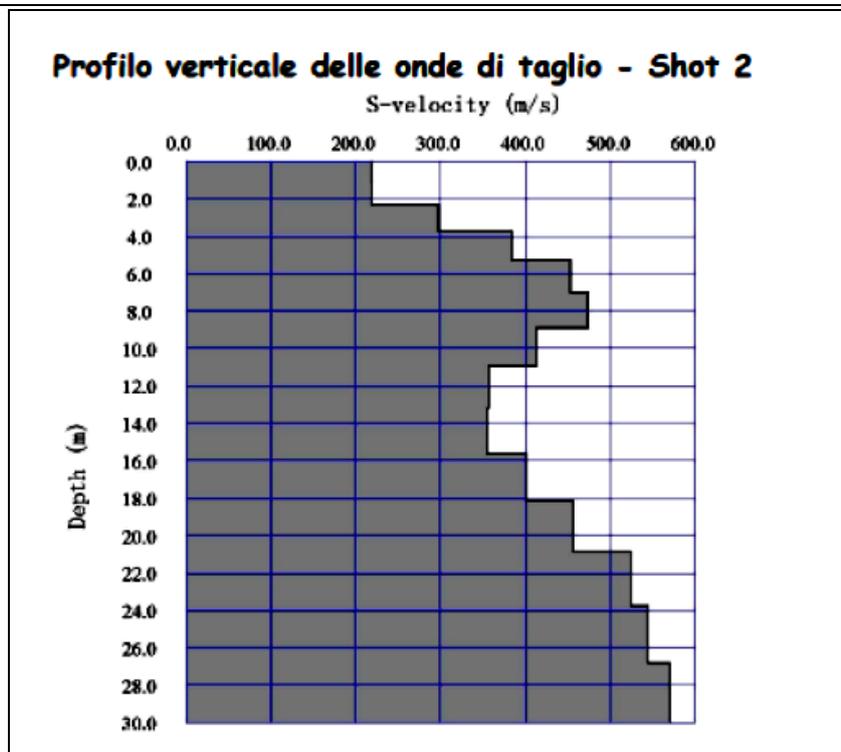
Tale classificazione è basata sui risultati della prova MASW eseguita all'interno dell'area in studio e descritta nei paragrafi precedenti il cui rapporto è allegato alla relazione di cui fa parte integrante, (Allegato 3) la stessa è stata confrontata con l'indagine eseguita in un'area limitrofa (Dott.ssa Laura Pelonghini) che conferma l'omogeneità dell' area in studio per un contorno significativo.

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 riassunte nelle tabelle di seguito riportate.

Indagine geofisica eseguita all'interno dell'area in studio

Profondità (mt)	hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	Vs30 (m/s)
0,00 ÷ 1,07	1,07	149	0,0072	$V_{s30} = 370 \text{ m/s}$ Categoria di sottosuolo "B"
1,07 ÷ 2,31	1,24	170	0,0073	
2,31 ÷ 3,71	1,40	233	0,0060	
3,71 ÷ 5,27	1,57	368	0,0042	
5,27 ÷ 7,01	1,73	482	0,0036	
7,01 ÷ 8,90	1,90	445	0,0043	
8,90 ÷ 10,96	2,06	397	0,0052	
10,96 ÷ 13,19	2,23	375	0,0059	
13,19 ÷ 15,58	2,39	420	0,0057	
15,58 ÷ 18,13	2,55	431	0,0059	
18,13 ÷ 20,85	2,72	453	0,0060	
20,85 ÷ 23,74	2,88	461	0,0063	
23,74 ÷ 26,79	3,05	466	0,0065	
26,79 ÷ 30,00	3,21	468	0,0069	
$\Sigma Hi/Vi = 0,0810$				

Indagine geofisica Dott.ssa Laura Pelonghini eseguita in area limitrofa



Profondità (mt)	hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	Vs30 (m/s)
0,00 ÷ 1,07	1,07	220	0,0049	Vs₃₀ = 404 m/s Categoria di sottosuolo "B"
1,07 ÷ 2,31	1,24	218	0,0057	
2,31 ÷ 3,71	1,40	298	0,0047	
3,71 ÷ 5,27	1,57	385	0,0041	
5,27 ÷ 7,01	1,73	453	0,0038	
7,01 ÷ 8,90	1,90	474	0,0040	
8,90 ÷ 10,96	2,06	413	0,0050	
10,96 ÷ 13,19	2,23	356	0,0062	
13,19 ÷ 15,58	2,39	355	0,0067	
15,58 ÷ 18,13	2,56	401	0,0064	
18,13 ÷ 20,85	2,72	456	0,0060	
20,85 ÷ 23,74	2,89	524	0,0055	
23,74 ÷ 26,79	3,05	544	0,0056	
26,79 ÷ 30,00	3,21	570	0,0056	
$\Sigma hi/Vi = 0,0742$				

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>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 $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

L'area può essere inclusa nella CATEGORIA B.

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.

Compatibilità idrogeologica

Considerato il contesto geomorfologico dell'area i fattori della pericolosità idrogeologica sono sostanzialmente assenti.

L'ubicazione della superficie freatica a quote superiori ai 12,00 m dal p.c. la preserva da possibili contaminazioni.

Pertanto il progetto è compatibile idrogeologicamente con il sito in esame.

Considerazioni sulla componente geologica del progetto

Le condizioni geologiche e geotecniche sono buone per la realizzazione delle opere in progetto: nell'area affiorano terreni a grana fine con medie caratteristiche geotecniche, per la parte più superficiale, seguiti da litologie ghiaiose in matrice limoso sabbiosa.

La superficie freatica è posta ad una profondità che oscilla all'interno dell'area tra 12,90 e 13.60 m dal piano campagna.

Per garantire un'adeguata ricarica della falda, vista la realizzazione di superfici impermeabili su un terreno attualmente adibito ad uso agricolo, si proporrà (Vedi Invarianza Idraulica pag 53) l'utilizzo di vasche di laminazione che raccolgano le acque dalle superfici impermeabilizzate e le rilascino gradualmente nel sottosuolo

Non sono state riscontrate situazioni di pericolosità geologica e/o geomorfologia o sismiche.

Si allegano Carta Pericolosità Geologiche e Sismiche del Comune di Fano.

Arch. Adriano Giagnolini
Dott. Gabriele Fossi
Geom. Daniele Santini



con la collaborazione di:

Letizi Lillana
Marco Gasparini
Luca Battistoni
Enrico Luè Verrì

Gabriele Fossi - Geologo

**CARTA DELLE
PERICOLOSITA' GEOLOGICHE
TAV 05**

scala 1:20.000

novembre 2010



LEGENDA

-  Area instabile
-  Area potenzialmente instabile
-  Area esondabile probabile
-  Area esondabile in eventi eccezionali
-  Area a valle di invaso artificiale
-  Area a ridosso di scarpata con altezza >10 m.
-  Area di rispetto dell'acquifero (200 m)
-  Area di protezione dell'acquifero
-  Pozzo o sorgente comunale

L'area non è interessata da alcuna pericolosità geologica.

Arch. Adriano Giangolini
Dott. Gabriele Fossi
Geom. Daniele Santini



con la collaborazione di:

Letizi Lilliana
Marco Gasparini
Luca Battistoni
Enrico Luè Verrì

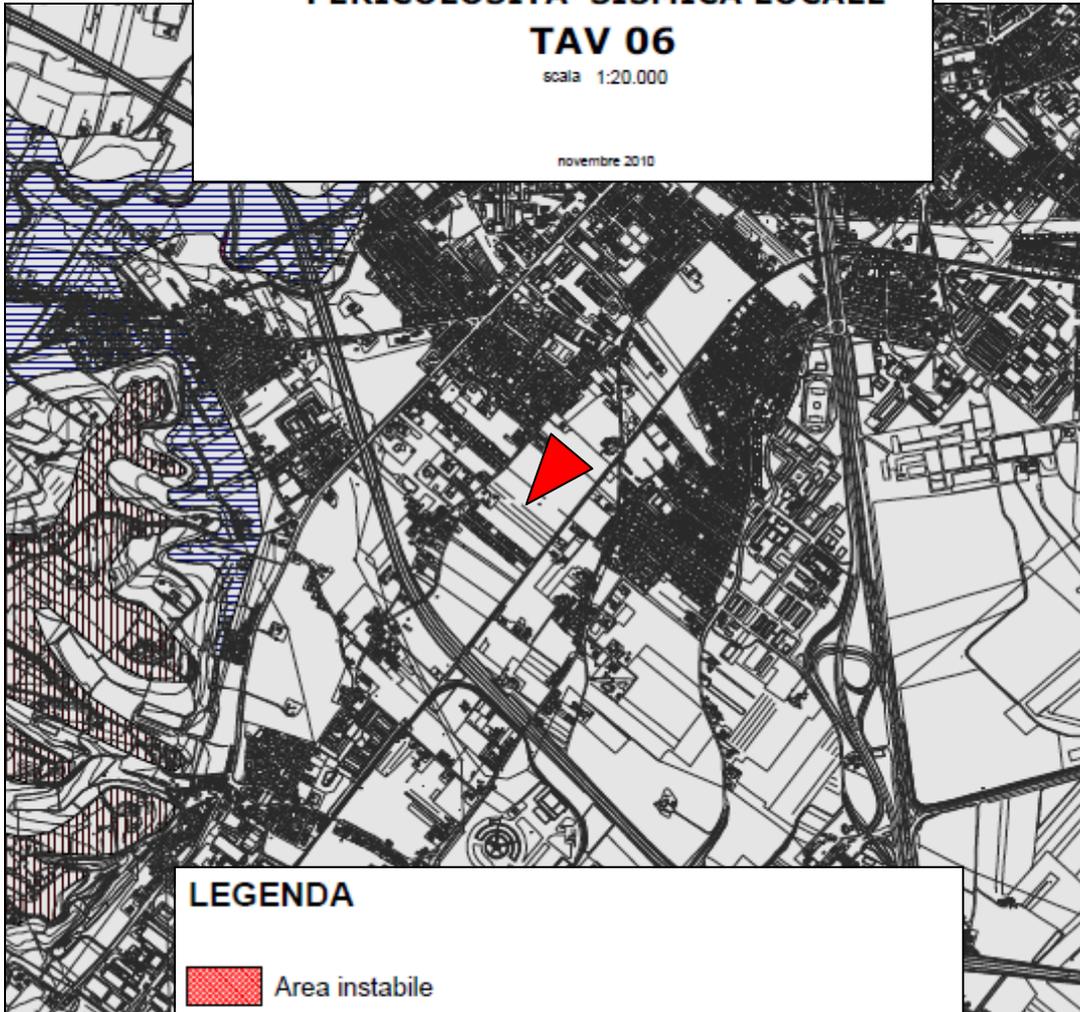
Gabriele Fossi - Geologo

CARTA DEGLI SCENARI A MAGGIORE PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

TAV 06

scala 1:20.000

novembre 2010



LEGENDA

-  Area instabile
-  Area potenzialmente instabile
-  Area caratterizzata da terreni granulari grossolani con falda acquifera ≤ 5 m. oppure da terreni granulari fini
-  Area di cresta rocciosa, dorsale o cucuzzolo
-  Area di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse
-  Area a ridosso di scarpata con altezza > 10 m.

L'area non è interessata da alcuna pericolosità sismica.

7. INVARIANZA IDRAULICA

In virtù della futura trasformazione edilizia, in questo paragrafo si analizzano le condizioni di sicurezza idraulica, infatti uno dei maggiori effetti dell'urbanizzazione è il consumo di territorio, tale consumo si concretizza, dal punto di vista idrologico, nell'aumento dell'impermeabilizzazione dei suoli; una delle prime conseguenze è la diminuzione complessiva dei piccoli invasi, ovvero di tutti i volumi che le precipitazioni devono riempire prima della formazione dei deflussi. I piccoli invasi nei terreni naturali, sono costituiti dalle irregolarità della superficie e da tutti gli spazi delimitati da ostacoli casuali che consentono l'accumulo dell'acqua. Sotto determinate condizioni la presenza stessa di un battente d'acqua sulla superficie (dell'ordine di pochi millimetri) costituisce un vaso che può avere effetti non trascurabili dal punto di vista idrologico. In senso del tutto generale, si può dire che i volumi di vaso sono la principale causa del fenomeno della laminazione del deflusso.

L'impermeabilizzazione delle superfici e la loro regolarizzazione, che sono le due manifestazioni più evidenti delle urbanizzazioni, contribuiscono in modo determinante all'incremento del coefficiente di afflusso (la percentuale di pioggia netta che giunge in deflusso superficiale) e all'aumento conseguente del coefficiente udometrico (la portata per unità di superficie drenata) delle aree trasformate.

L'entrata in vigore della L.R. 22/11 viene a ribadire quanto già affermato dal PTA (Piano di Tutela delle Acque) della Regione Marche, pertanto ogni progetto di trasformazione dell'uso del suolo che provochi una variazione di permeabilità superficiale deve prevedere misure compensative volte e mantenere costante il coefficiente udometrico secondo il principio dell'invarianza idraulica.

Il principio dell'invarianza idraulica sancisce che la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area deve essere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo in quell'area. Di fatto l'unico modo per garantire l'invarianza idraulica delle trasformazioni è quello di prevedere volumi di stoccaggio temporaneo dei deflussi che compensino, mediante un'azione laminante, l'accelerazione dei deflussi e la riduzione dell'infiltrazione al suolo.

La portata in eccesso, derivata dall'impermeabilizzazione dell'area, o la quota parte che non può essere recepita dal collettore, deve essere trattenuta momentaneamente all'interno dell'area oppure va allontanata in altra maniera, tipo dispersione nel sottosuolo. Tra le soluzioni possibili, quindi nel nostro caso quella ritenuta più affidabile è la dispersione nel sottosuolo mediante pozzi drenanti.

Poiché l'attuazione del piano particolareggiato avverrà per stralci funzionali, ogni stralcio attuativo dovrà prevedere misure compensative volte a mantenere costante il coefficiente udometrico secondo il principio dell'invarianza idraulica mediante la creazione di vasche di laminazione interrata posizionate nelle aree a verde.

Tali vasche di laminazione dovranno poi essere collegate a pozzi drenanti che permettano così la ricarica della falda.

La stratigrafia rilevata all'interno dell'area permette lo scarico delle portate in eccesso nei pozzi drenanti e risulta essere un sistema molto efficace in quanto può contare in un discreto materasso alluvionale di materiale grossolano alla profondità di 5/6 metri dal p.c. Inoltre lo spazio richiesto per un pozzo drenante è molto ridotto e di facile reperibilità: anche l'esecuzione risulta semplice. Questo sistema richiede però un saltuario monitoraggio, per verificare che il deposito di materiale fine sul fondo del pozzo drenante non ne diminuisca la capacità drenante, per questo è auspicabile inserire un dissabbiatore a monte del pozzo drenante.

I metodi sopra esposti potranno essere utilizzati anche in serie o in parallelo.

Ai fini della mitigazione idraulica si precisa quanto segue:

- in sede di progettazione dei corpi di fabbrica ridurre, per quanto possibile, le aree impermeabili (concentrando le nuove volumetrie, contenendo la larghezza dei passaggi pedonali contermini, adottando sistemi localizzati di infiltrazione per lo smaltimento delle acque dei pluviali, ecc.);
- salvaguardare la parte ineditata lasciando a verde (superficie drenante naturale) quanto più area possibile ai fini della conservazione o integrazione delle capacità di invaso idrico superficiale e profondo;
- per la costruzione dei parcheggi è opportuno che le pavimentazioni destinate allo stallo veicolare siano di tipo drenante ovvero permeabili da realizzare su opportuno sottofondo che garantisca l'efficienza del drenaggio ed una capacità di invaso (porosità efficace) non inferiore ad una lama d'acqua di 10 cm; la pendenza delle pavimentazioni destinate alla sosta veicolare deve essere sempre inferiore a 1 cm/m; sono da preferire le pavimentazioni inerbite rispetto a quelle non inerbite poiché consentono una migliore depurazione delle acque meteoriche.



Cenni sul dimensionamento della vasca di laminazione

Il sistema di smaltimento delle acque meteoriche proposto, vista la mancanza di corpi recettori e la profondità della falda dal piano campagna, prevede la realizzazione di vasche di raccolta delle acque bianche, dimensionate secondo un calcolo proposto dalle disposizioni legislative vigenti.

Il principio dell'invarianza idraulica sancisce che la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area debba essere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo in quell'area; nel caso in esame il metodo individuato per garantire l'invarianza idraulica è quello di prevedere volumi di stoccaggio che permettano, in parte, l'infiltrazione nel sottosuolo e la sua laminazione successiva nel corpo recettore finale.

Nella Regione Marche è attualmente in vigore la legge n. 22/2011 che sancisce quanto segue:

Art. 10

(Compatibilità idraulica delle trasformazioni territoriali)

1. Gli strumenti di pianificazione del territorio e le loro varianti, da cui derivi una trasformazione territoriale in grado di modificare il regime idraulico, contengono una verifica di compatibilità idraulica, volta a riscontrare che non sia aggravato il livello di rischio idraulico esistente, né pregiudicata la riduzione, anche futura, di tale livello.

2. Ai fini di cui al comma 1, la verifica di compatibilità valuta l'ammissibilità degli interventi di trasformazione considerando le interferenze con le pericolosità idrauliche presenti e la necessità di prevedere interventi per la mitigazione del rischio, indicandone l'efficacia in termini di riduzione della specifica pericolosità.

3. Al fine altresì di evitare gli effetti negativi sul coefficiente di deflusso delle superfici impermeabilizzate, ogni trasformazione del suolo che provochi una variazione di permeabilità superficiale deve prevedere misure compensative rivolte al perseguimento del principio dell'invarianza idraulica della medesima trasformazione.

.....

Art. 13 comma 3

..

b) per le finalità di cui all'articolo 10, comma 3, dispongono la realizzazione di invasi di laminazione-raccolta delle acque meteoriche dalle superfici impermeabilizzate per una capacità pari ad almeno 350 metri cubi per ogni ettaro di superficie impermeabilizzata.

	SUP. PERMEABILE	SUP. SEMIPERMEABILE	SUP. IMPERMEABILE	SUPERFICIE
1° STRALCIO ESECUTIVO				
URBANIZZAZIONE:	11095	1268	5967	18330
SCUOLA:	2651	568	1812	5031
LOTTO 12:	198		791,5	989,5
LOTTO 14PEEP:	289		1155,5	1444,5
LOTTO 15PEEP:	289		1155,5	1444,5
LOTTO 13PEEP:	198,5		794	992,5
TOTALE 1° STRALCIO=	14720,5	1836	11675,5	28232
2° STRALCIO ESECUTIVO				
URBANIZZAZIONE:	5741	1131	2742	9614
LOTTO 1:	97		386	483
LOTTO 2:	94		377	471
LOTTO 3:	92		367	459
LOTTO 4:	89		358	447
LOTTO 5:	94		377	471
LOTTO 6:	92		367	459
LOTTO 7:	89		358	447
LOTTO 8:	196,5		786	982,5
LOTTO 9:	196,5		786	982,5
LOTTO 10:	196,5		786	982,5
LOTTO 11:	196,5		786	982,5
TOTALE 2° STRALCIO=	7174	1131	8476	16781
TOTALE LOTTIZZAZIONE	21894,5	2967	20151,5	45013

Poiché l'attuazione del piano particolareggiato avverrà per stralci funzionali come sopra riportato, per ogni stralcio si è calcolato il dimensionamento per le vasche di laminazione in base all'estensione dei tipi di superficie presente (verde, impermeabile, parzialmente permeabile) suddividendo la laminazione necessaria per le opere di urbanizzazione e quella afferente ai singoli lotti.

Secondo la legge in vigore attualmente nella Regione Marche il volume delle vasche di laminazione dovrà rispettare il valore di 350 mc/ha impermeabilizzato.

Le superfici sopra indicate sono state moltiplicate per dei coefficiente per valutare la percentuale di impermeabilizzazione di ciascuna trasformazione subita dal territorio. I coefficienti usati sono:

1. 0.9 per superfici impermeabili (strade, marciapiedi e pista ciclabile)
2. 0.5 per superfici semipermeabili (parcheggi)
3. 0.3 per superfici permeabili (verde)

PRIMO STRALCIO (viene esclusa la parte di competenza area scolastica che verrà ceduta all'amministrazione comunale)

Tipo di Superficie	Estensione	Coefficiente di deflusso	Superficie equivalente
Verde	12.069,5 mq	0.3	3.620,85 mq
Impermeabile	9.863,5 mq	0.9	8.877,15 mq
Parzialmente permeabile	1.268 mq	0.5	634 mq
TOTALE			13.132 mq

SECONDO STRALCIO

Tipo di Superficie	Estensione	Coefficiente di deflusso	Superficie equivalente
Verde	7.174 mq	0.3	2.152,2 mq
Impermeabile	8.476 mq	0.9	7.628,4 mq
Parzialmente permeabile	1.131 mq	0.5	565,5 mq
TOTALE			10.346,1 mq

Applicando l'art.3 della legge regionale suddetta i volumi da laminare di ciascuno stralcio saranno:

	VOLUME mc
STRALCIO 1	460
STRALCIO 2	362

La suddivisione dei volumi è stata progettata, come precedentemente accennato, dividendo i volumi stoccati all'interno dei singoli lotti dai volumi previsti progettualmente per le opere di urbanizzazione.

Nel conteggio dei vari lotti sono state considerate solo superfici impermeabili e superfici permeabili utilizzando per le prime il coefficiente 0,9 per le seconde 0,5 a vantaggio della sicurezza. Pertanto il volume richiesto dal primo stralcio (lotti da 12 a 13) è pari a 140,1 mc mentre il secondo stralcio (lotti da 1 a 11) richiede 205,7 mc come meglio esplicitato dalla seguente tabella:

lotti	Sup. permeabile mq	Sup.imp mq	Sup. perm. eq	Sup.imp. Equival.	Sup. equivalente lotto	Invaso mc
1	97	386	48,5	347,4	395,9	13,9
2	94	377	47	339,3	386,3	13,5
3	92	367	46	330,3	376,3	13,2
4	89	358	44,5	322,2	366,7	12,8
5	94	377	47	339,3	386,3	13,5
6	92	367	46	330,3	376,3	13,2
7	89	358	44,5	322,2	366,7	12,8
8	196,5	786	98,25	707,4	805,65	28,2
9	196,5	786	98,25	707,4	805,65	28,2
10	196,5	786	98,25	707,4	805,65	28,2
11	196,5	786	98,25	707,4	805,65	28,2
12	198	791,5	99	712,35	811,35	28,4
13	198,5	794	99,25	714,6	813,85	28,5
14	298	1155,5	149	1039,95	1188,95	41,6
15	298	1155,5	149	1039,95	1188,95	41,6
TOTALE						345,8

I volumi saranno contenuti in vasche presenti in ciascun lotto collegate a pozzi drenanti.

Le opere di urbanizzazione prevedono le seguenti quantità:

1° stralcio

Tipo di Superficie	Estensione	Coefficiente di deflusso	Superficie equivalente
Permeabile (verde)	11.095 mq	0.3	3.328,5 mq
Impermeabile	5.967 mq	0.9	5.370,3 mq
Parzialmente permeabile	1.268 mq	0.5	634 mq
TOTALE			9.332,8 mq

2° stralcio

Tipo di Superficie	Estensione	Coefficiente di deflusso	Superficie equivalente
Permeabile (verde)	5.741 mq	0.3	1.722,3 mq
Impermeabile	2.742 mq	0.9	2.467,8 mq
Parzialmente permeabile	1.131 mq	0.5	565,5 mq
TOTALE			4.755,6 mq

Totale 1°stralcio 9.332,8 mq rapporto a 350 mc /ha = 327 mc

Totale 2°stralcio 4755,6 mq rapporto a 350 mc /ha = 166 mc

Il volume calcolato viene suddiviso in n. 6 vasche di laminazione del volume di 70 mc ciascuna la cui ubicazione è riportata nella tavola progettuale n. 16.

A questi volumi vanno sommate le quantità di acqua contenute nei pozzi drenanti e nelle tubazioni considerate all'80% del volume netto come specificato nella tabella seguente:

volume tubazioni				
m tubazioni	diametro	volume	volume eq	
250,5	250	12,3	9,8	
251	315	19,6	15,6	
192,4	400	24,2	19,3	
48,7	500	9,6	7,6	
32	500	6,3	5,0	
		tot	57,5	
Volume tubazioni 1 stralcio			37,3 mc	
Volume tubazioni 2 stralcio			20,2 mc	
volume pozzi drenanti				
		diametro	prof.	volume
opere urb 1 stralcio	4	800	6	12
opere urb 2 stralcio	2	800	6	6

Il conteggio totale prevede:

Opere di urbanizzazione 1° stralcio:

N° vasche	Volume totale vasche mc	Volume tubazioni mc	Volume pozzi	Volume totale
4	280	37,3	12	329,3

(la quantità richiesta dei volumi da laminare da conteggio sopra indicato era pari a 327 mc)

Opere di urbanizzazione 2° stralcio:

N° vasche	Volume totale vasche mc	Volume tubazioni mc	Volume pozzi	Volume totale
2	140	20,2	6	166,2

(la quantità richiesta dei volumi da laminare da conteggio sopra indicato era pari a 166 mc)

Pertanto, viste le quantità previste dal progetto ed i volumi di stoccaggio calcolati, si ritiene rispettato quanto stabilito dall'art. 13 comma 3 lett.b) della L.R. 22/2011.

La dispersione nel terreno sarà effettuata tramite i dreni verticali ipotizzati aventi diametro esterno di 1,0 m (0,8 diametro interno) e sezione filtrante di 2,0 m all'interno del materasso ghiaioso.

La capacità di rilascio del sistema sinteticamente descritto è stata valutata tramite l'esecuzione di una prova di permeabilità (vedi pagina 34).

Considerando una sezione filtrante di 2 m si ottiene una capacità di smaltimento di 21 l/s per ciascun pozzo pari ad un volume totale dell'intera lottizzazione di 420 l/s.

Si è quindi proceduto ad una valutazione di massima sui tempi in cui le vasche potranno essere riempite in concomitanza di un evento piovoso. Per tale analisi si è fatto riferimento agli Annali Idrologici relativi alla Stazione di Fano, di seguito allegati (Allegato 5), che forniscono, in forma tabellare, le massime precipitazioni orarie registrate anno per anno, per le durate di riferimento t di 1, 3, 6, 12 e 24 ore; le precipitazioni h di massima intensità compaiono in altezze pluviometriche espresse in mm.

La stima della curva segnalatrice di possibilità climatica è sufficientemente attendibile poiché le registrazioni utilizzate coprono un intervallo di circa 40 anni, minore è l'intervallo di registrazione, minore è l'attendibilità dei risultati.

Per la determinazione di h (altezza massima di pioggia attesa) si è fatto ricorso alla distribuzione di Gumbel in cui l'altezza h delle precipitazioni, per un assegnato tempo di ritorno, è data dall'analisi statistica delle precipitazioni registrate.

Fissato il tempo di ritorno dell'evento meteorico e la sua durata, l'altezza di precipitazione meteorica può essere stimata attraverso la curva di possibilità climatica della stazione pluviometrica di riferimento:

$$h = at^n$$

Il ragguaglio della pioggia consiste nel calcolo di un fattore moltiplicativo, variabile da 0 a 1, che serve a tener conto del fatto che l'altezza di precipitazione tende a diminuire all'aumentare dell'area interessata dall'evento meteorico. L'altezza di precipitazione misurata dalla stazione pluviometrica è infatti un dato puntuale e va quindi corretto in funzione dell'area sulla quale si considera distribuito l'evento piovoso.

Come coefficiente di assorbimento (ψ) per ciascuna situazione urbanistico - ambientale si ritiene di utilizzare per tutte le superfici impermeabilizzate il valore di 0.95.

Il coefficiente di ragguaglio legato alla dimensione dell'area (φ) è calcolato con opportune formule:

$$\varphi = A^{-1/2}$$

con A espresso in ha.

L'altezza critica delle acque meteoriche, desunta dall'analisi statistica delle piogge, con tempo di ritorno pari a 200 anni è pari a 63,74 mm/h.

Pertanto la portata massima per la superficie impermeabilizzata considerata è data dalla seguente

$$Q_b = \frac{A * i * \varphi * \psi}{3600} * 10 (mc / s)$$

formula:

dove:

A superficie in ha (4,50 ha)

I intensità di pioggia in mm (63,74 mm)

Pertanto la portata di pioggia dell'intero comparto può essere valutata in 0,36 mc/s pari a 360 l/s che può essere confrontata con la capacità complessiva di smaltimento dei 21 pozzi drenanti previsti.

8. CONCLUSIONI

Il sito in esame è oggetto di piano di lottizzazione diviso in due stralci successivi, l'intervento urbanistico in progetto sarà di tipo residenziale.

L'area è stata indagata con diverse tipologie d'indagine geognostiche per valutare sia la successione stratigrafica presente che eventuali pericolosità geologiche e/o sismiche. Le indagini eseguite sono state:

- n. 4 sondaggi a rotazione con distruzione di nucleo
- n. 2 prove penetrometriche CPT/DPSH
- n. 1 prova sismica di tipo MASW con rifrazione
- n. 1 prova d'infiltrazione

Le previsioni edilizie in progetto sono state valutate e risultano eseguibili senza limitazioni di fattibilità geologica in quanto non sono emerse pericolosità geologiche e la stratigrafia riscontrata è uniforme sull'intera area. L'indagine sismica ha permesso di catalogare i terreni secondo quanto previsto dalla vigente normativa restituendo una categoria di sottosuolo di tipo B.

Nella zona non sono presenti dissesti idrogeologici, fenomeni gravitativi attivi o quiescenti che possano interferire con le opere in progetto.

Il sistema idrografico non costituisce un pericolo idraulico per le opere in progetto.

L'esecuzione della prova d'infiltrazione ha consentito di valutare un sistema di vasche di laminazione e pozzi drenanti per garantire il principio dell'invarianza idraulica; nella Tavola di Progetto n. 16 è stata riportata l'ubicazione di vasche di laminazione e pozzi drenanti suddivise secondo i due stralci operativi d'intervento, resta inteso che tale ubicazione potrà essere variata in sede di progetto esecutivo ma dovranno essere mantenuti i volumi indicati e le profondità di infiltrazione dei pozzi con le loro sezioni filtranti per garantire un rilascio graduale nel sottosuolo.

Il pozzo idrico presente all'interno dell'area potrebbe essere mantenuto compatibilmente con la sua ubicazione all'interno dei lotti ed utilizzato per l'irrigazione delle aree verdi.

La falda freatica (- 12.90-13.60 mt) è posta a quote tali da non determinare alcuna interferenza con il progetto di piano.

I TECNICI

Dott.ssa Maria Vittoria Castellani

Dott.ssa Laura Pelonghini

Fano, Ottobre 2013

ALLEGATI:

- ALLEGATO 1 - Planimetria progetto con ubicazione prove eseguite e sezioni stratigrafiche
- ALLEGATO 2 - Prove penetrometriche
- ALLEGATO 3 - Prova geofisica
- ALLEGATO 4 - Sezioni stratigrafiche
- ALLEGATO 5 - Tabulati di pioggia



INDAGINI GEOFISICHE
&
GEOGNOSTICHE
MAIL/MSN:SERVIZISISMICI@HOTMAIL.IT

SERVIZI SISMICI S.N.C.
VIA PIANO DI FRASSINETA, 109
60041 SASSOFERRATO (AN)
P.I.:02495830420-n° REA:AN-192227
Tel:0732-96839-cell:338-9056200

Prove: Cpt1/Dpsh1-Cpt2/Dpsh2
Data: 16-04-2013
Committente: Geol. Pelonghini L.
& Castellani M.V.
Cantiere: Via IV Novembre
Località: FANO (PU)

PROVA PENETROMETRICA STATICA C.P.T. Cone Penetration Test

CARATTERISTICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE
(Penetrometro Statico semovente auto-ancorante PAGANI TG 63/200)
Capacità di spinta: 200 KN

Riferimento normativo:	ASTM D3441-86
Diametro punta conica meccanica:	35.7 mm
Angolo di apertura punta:	60.0°
Area punta:	10 cm ²
Superficie manicotto di attrito:	150 cm ²
Rapporto delle aree di punta:	0.58
Rapporto delle aree del manicotto:	0.014
Passo di lettura:	20 cm
Costante di trasformazione Ct:	10

LEGENDA RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

fs: attrito laterale sulla superficie del manicotto
qc: resistenza specifica alla punta del cono
qc/fs: rapporto Begemann 1965
fs/qc: rapporto Schmertmann 1978

LEGENDA ELABORAZIONE PARAMETRI GEOTECNICI

qc_m: resistenza media al cono statico per lo strato individuato
fs_m: resistenza laterale media al manicotto
γ: peso di volume medio dello strato
σ_v: tensione litostatica totale σ_v[']: tensione litostatica efficace
Dr: densità relativa (Lancellotta, 1983 - Jamiolkowski, 1985)
Φ: angolo di attrito (De Beer, 1967-Robertson & Campanella, 1983-Caquot)
E': modulo di Young (Schmertmann, 1978-Robertson & Campanella, 1983)
K₀: modulo di reazione (Kulhawy Maine, 1990)
C_u: coesione non drenata (Baligh et al, 1980 con Nk=20)
E_d: modulo edometrico (metodo generale del modulo edometrico)
E_u: modulo di deformazione non drenato (Cancelli et al, 1980)
M_t: modulo di deformazione al taglio (Imai & Tonouchi, 1982)
V_s: velocità delle onde di taglio (Jamiolkowski et al, 1985)

PROVA STATICA-DINAMICA N.1

Committente: Geol. Castellani & Pelonghini
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data: 16/04/2013
 Profondità prova: 5,40 mt
 Località: Fano (PU)

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,00	0,0	0,0	0,7	0,0	
0,60	9,00	19,0	9,1	1,3	7,0	14,3
0,80	21,00	40,0	21,1	1,5	14,1	7,1
1,00	28,00	51,0	28,1	2,1	13,4	7,5
1,20	28,00	60,0	28,3	1,5	18,9	5,3
1,40	31,00	54,0	31,3	1,5	20,9	4,8
1,60	40,00	63,0	40,3	1,0	40,3	2,5
1,80	33,00	48,0	33,3	1,4	23,8	4,2
2,00	32,00	53,0	32,3	1,0	32,3	3,1
2,20	22,00	37,0	22,4	1,3	17,2	5,8
2,40	25,00	44,0	25,4	0,7	36,3	2,8
2,60	23,00	34,0	23,4	0,7	33,4	3,0
2,80	17,00	28,0	17,4	0,8	21,8	4,6
3,00	19,00	31,0	19,4	0,7	27,7	3,6
3,20	16,00	26,0	16,6	0,9	18,4	5,4
3,40	21,00	35,0	21,6	0,9	24,0	4,2
3,60	22,00	36,0	22,6	0,7	32,3	3,1
3,80	23,00	34,0	23,6	0,9	26,2	3,8
4,00	19,00	33,0	19,6	0,8	24,5	4,1
4,20	18,00	30,0	18,7	0,7	26,7	3,7
4,40	17,00	28,0	17,7	0,9	19,7	5,1
4,60	18,00	31,0	18,7	0,9	20,8	4,8
4,80	21,00	34,0	21,7	1,3	16,7	6,0
5,00	31,00	50,0	31,7	6,1	5,2	19,2
5,20	137,00	228,0	137,8	6,1	22,6	4,4
5,40	221,00	313,0	221,8	0,0		0,0

PROVA ... Nr.1

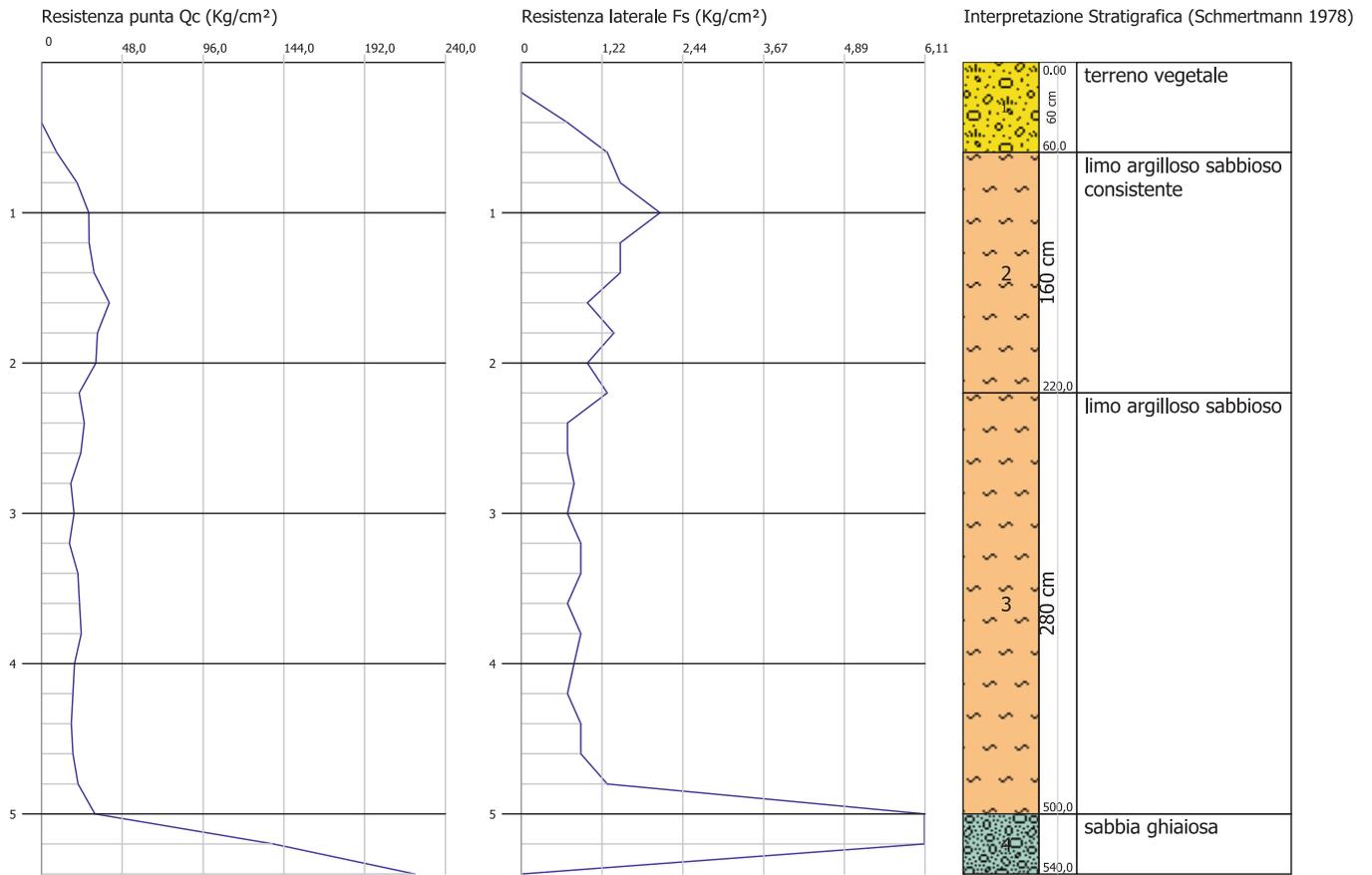
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 16/04/2013
 Profondità prova 7,80 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
5,60	10	0,779	53,89	69,17	2,69	3,46
5,80	11	0,777	59,14	76,09	2,96	3,80
6,00	17	0,725	80,66	111,18	4,03	5,56
6,20	25	0,674	110,16	163,50	5,51	8,18
6,40	26	0,672	114,27	170,05	5,71	8,50
6,60	21	0,670	92,07	137,34	4,60	6,87
6,80	27	0,669	118,09	176,59	5,90	8,83
7,00	30	0,667	124,14	186,07	6,21	9,30
7,20	35	0,616	133,64	217,08	6,68	10,85
7,40	31	0,614	118,08	192,27	5,90	9,61
7,60	29	0,663	119,20	179,86	5,96	8,99
7,80	36	0,611	136,49	223,28	6,82	11,16

Committente: Geol. Castellani & Pelonghini
 Cantiere: Via IV Novembre
 Località: Fano (PU)

Data: 16/04/2013
 Pag. 1 Scala 1:50

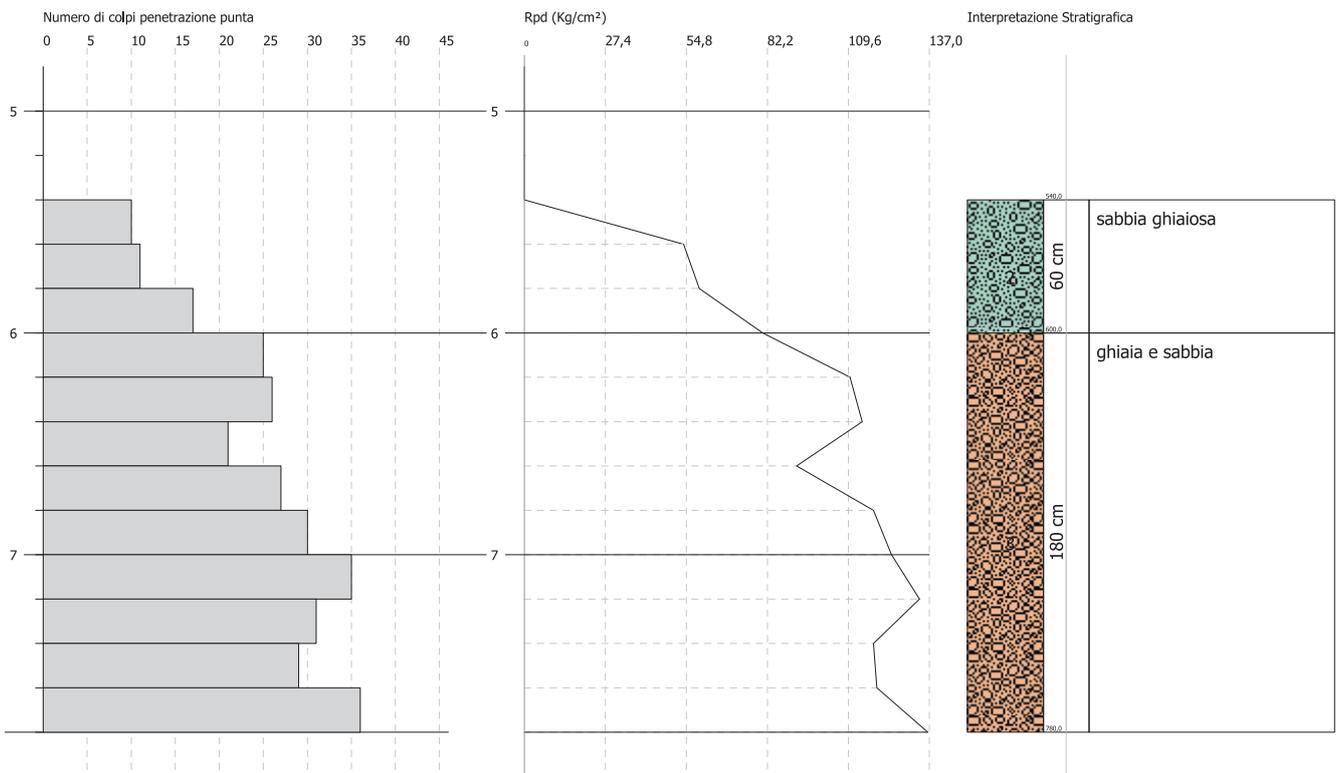


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
 Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: Geol. Castellani & Pelonghini
 Cantiere: Via IV Novembre
 Località: Fano (PU)

Data: 16/04/2013

Scala 1:34



Stima parametri geotecnici prova Cpt.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica a efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 2	2,20	29,6	1,4	0,2	0,2	Baligh ed altri 1980 Nk=21	1,4
Strato 3	5,00	21,3	1,2	0,6	0,6		0,98

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica a efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 2	2,20	29,6	1,4	0,2	0,2	Metodo generale del modulo Edometrico	59,2
Strato 3	5,00	21,3	1,2	0,6	0,6		42,6

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica a efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazion e a taglio (Kg/cm ²)
Strato 2	2,20	29,6	1,4	0,2	0,2	Imai & Tomauchi	221,9
Strato 3	5,00	21,3	1,2	0,6	0,6		181,5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica a efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	2,20	29,6	1,4	0,2	0,2	Meyerhof	2,0
Strato 3	5,00	21,3	1,2	0,6	0,6		2,0

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 4	5,40	179,8	3,1	1,0	1,0	Jamiolkowski 1985	85,33

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 4	5,40	179,8	3,1	1,0	1,0	Herminier	32,87

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 4	5,40	179,8	3,1	1,0	1,0	ISOPT-1 1988	191,7

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 4	5,40	179,8	3,1	1,0	1,0	Kulhawy & Mayne (1990)	0,91

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 4	5,40	179,8	3,1	1,0	1,0	Meyerhof	1,8

Stima parametri geotecnici prova Dpsh.1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[2] - sabbia ghiaiosa	18,7	6,00	18,7	Gibbs & Holtz (1957)	64,92
[3] - ghiaia e sabbia	42,64	7,80	42,64		80,33

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[2] - sabbia ghiaiosa	18,7	6,00	18,7	Japanese National Railway	32,61
[3] - ghiaia e sabbia	42,64	7,80	42,64		36,79

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
[2] - sabbia ghiaiosa	18,7	6,00	18,7	Schmertmann (1978) (Sabbie)	149,60
[3] - ghiaia e sabbia	42,64	7,80	42,64		341,12

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - sabbia ghiaiosa	18,7	6,00	18,7	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - ghiaia e sabbia	42,64	7,80	42,64		ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[2] - sabbia ghiaiosa	18,7	6,00	18,7	Meyerhof ed altri	1,97
[3] - ghiaia e sabbia	42,64	7,80	42,64		2,21

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - sabbia ghiaiosa	18,7	6,00	18,7	(A.G.I.)	0,32
[3] - ghiaia e sabbia	42,64	7,80	42,64		0,27

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[2] - sabbia ghiaiosa	18,7	6,00	18,7	Navfac 1971-1982	3,82
[3] - ghiaia e sabbia	42,64	7,80	42,64		7,22

PROVA STATICA-DINAMICA N.2

Committente: Geol. Castellani & Pelonghini
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data: 16/04/2013
 Profondità prova: 5,60 mt
 Località: Fano (PU)

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,00	0,0	0,0	0,6	0,0	
0,60	12,00	21,0	12,1	0,5	24,2	4,1
0,80	14,00	22,0	14,1	1,1	12,8	7,8
1,00	26,00	43,0	26,1	1,5	17,4	5,7
1,20	38,00	60,0	38,3	1,3	29,5	3,4
1,40	42,00	61,0	42,3	1,7	24,9	4,0
1,60	35,00	60,0	35,3	1,3	27,2	3,7
1,80	39,00	59,0	39,3	1,8	21,8	4,6
2,00	27,00	54,0	27,3	0,9	30,3	3,3
2,20	24,00	37,0	24,4	1,3	18,8	5,3
2,40	17,00	36,0	17,4	0,6	29,0	3,4
2,60	16,00	25,0	16,4	0,7	23,4	4,3
2,80	17,00	27,0	17,4	0,7	24,9	4,0
3,00	17,00	28,0	17,4	0,9	19,3	5,2
3,20	14,00	27,0	14,6	0,8	18,3	5,5
3,40	21,00	33,0	21,6	0,9	24,0	4,2
3,60	27,00	41,0	27,6	1,5	18,4	5,4
3,80	20,00	43,0	20,6	1,2	17,2	5,8
4,00	21,00	39,0	21,6	1,1	19,6	5,1
4,20	20,00	36,0	20,7	1,1	18,8	5,3
4,40	19,00	35,0	19,7	1,0	19,7	5,1
4,60	24,00	39,0	24,7	1,0	24,7	4,0
4,80	24,00	39,0	24,7	1,1	22,5	4,5
5,00	19,00	36,0	19,7	1,2	16,4	6,1
5,20	22,00	40,0	22,8	4,4	5,2	19,3
5,40	236,00	302,0	236,8	6,1	38,8	2,6
5,60	308,00	399,0	308,8	0,0		0,0

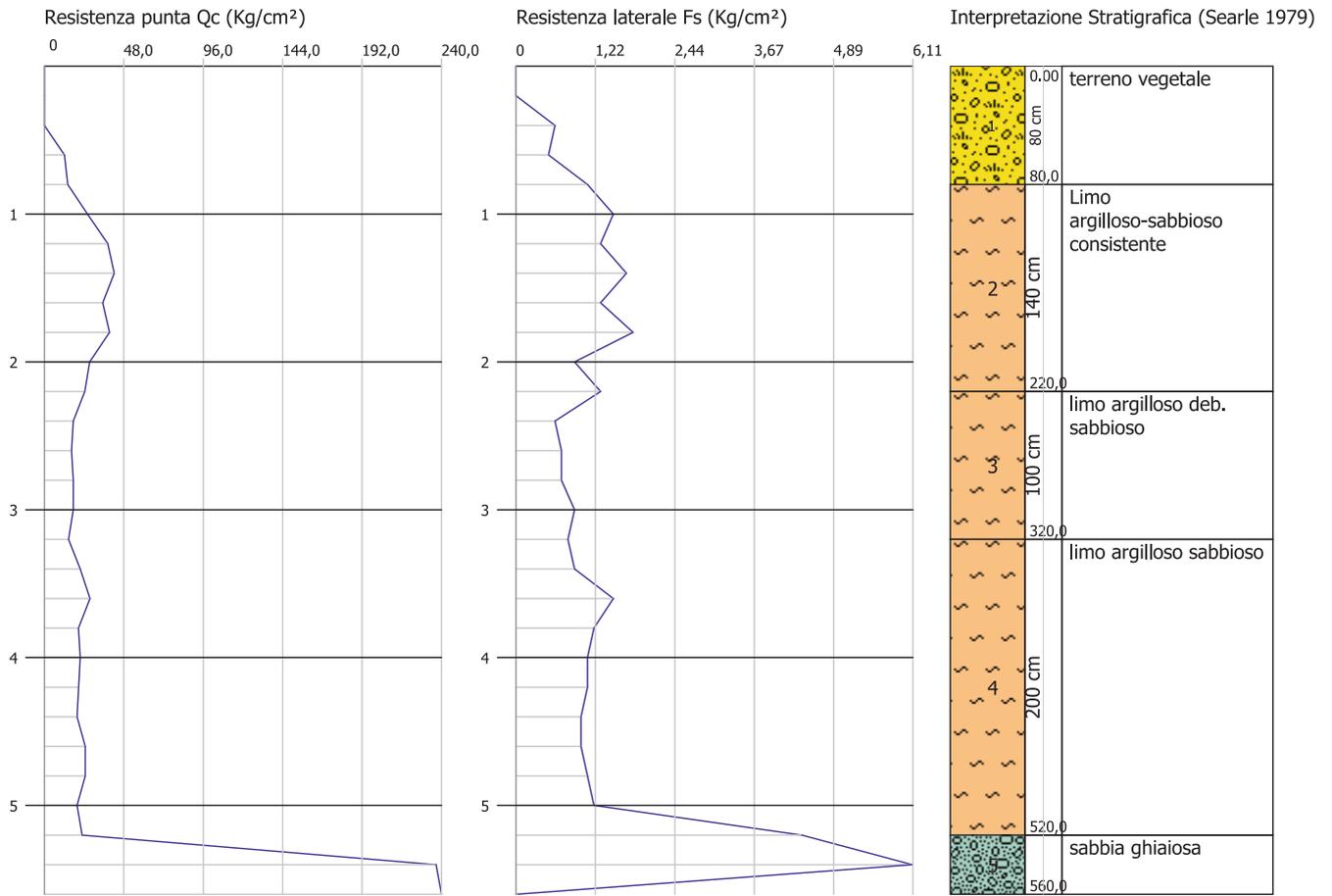
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 16/04/2013
 Profondità prova 7,80 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
5,60		0,779	0,00	0,00	0,00	0,00
5,80	11	0,777	59,14	76,09	2,96	3,80
6,00	8	0,775	40,57	52,32	2,03	2,62
6,20	13	0,724	61,53	85,02	3,08	4,25
6,40	15	0,722	70,83	98,10	3,54	4,91
6,60	22	0,670	96,45	143,88	4,82	7,19
6,80	19	0,719	89,31	124,26	4,47	6,21
7,00	26	0,667	107,59	161,26	5,38	8,06
7,20	33	0,616	126,01	204,67	6,30	10,23
7,40	29	0,664	119,46	179,86	5,97	8,99
7,60	37	0,613	140,60	229,48	7,03	11,47
7,80	34	0,611	128,91	210,87	6,45	10,54

Committente: Geol. Castellani & Pelonghini
 Cantiere: Via IV Novembre
 Località: Fano (PU)

Data: 16/04/2013
 Pag. 1 Scala 1:50

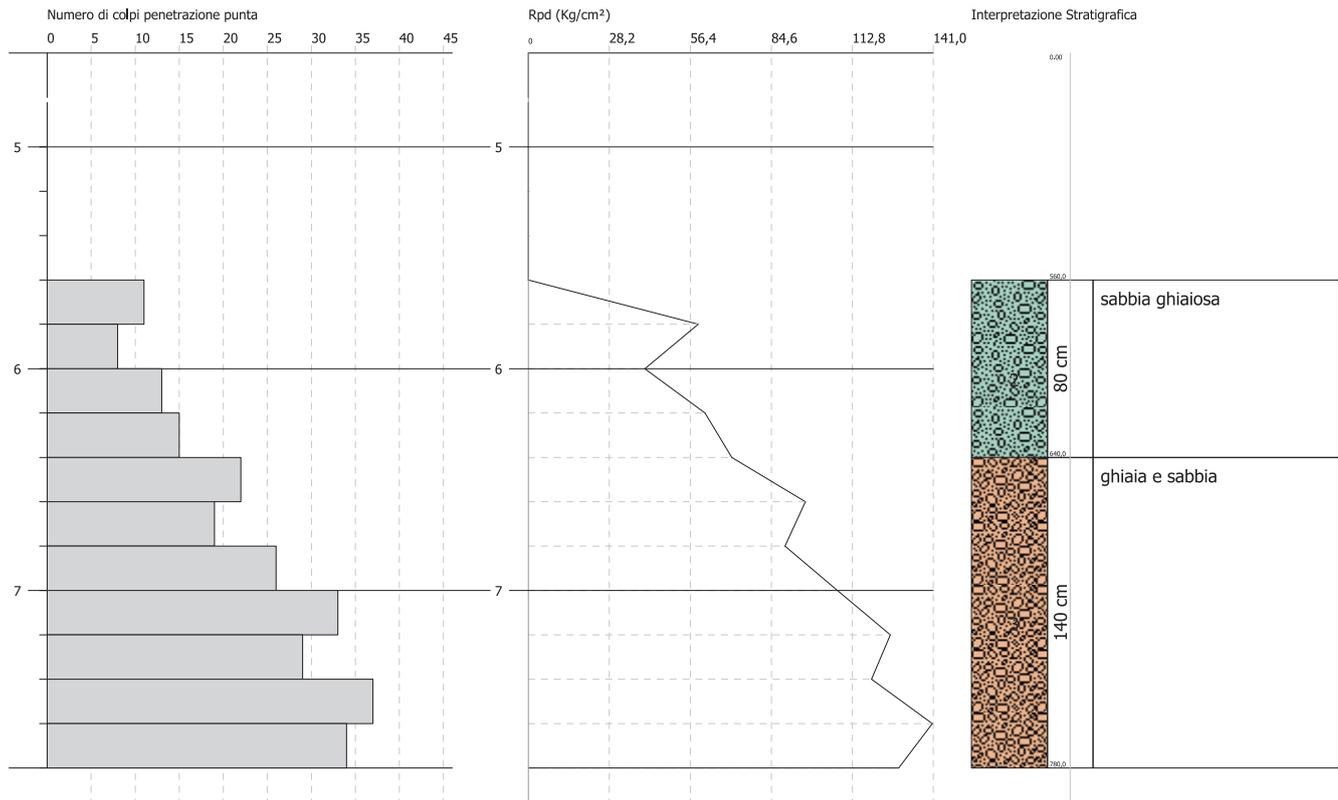


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
 Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: Geol. Castellani & Pelonghini
 Cantiere: Via IV Novembre
 Località: Fano (PU)

Data: 16/04/2013

Scala 1:34



Stima parametri geotecnici prova Cpt.2

TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0,80	6,6	0,6	0,0	0,0	Baligh ed altri 1980 Nk=21	0,31
Strato 2	2,20	33,3	1,4	0,2	0,2		1,58
Strato 3	3,20	16,6	0,7	0,4	0,4		0,77
Strato 4	5,20	22,4	1,5	0,7	0,7		1,03

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0,80	6,6	0,6	0,0	0,0	Metodo generale del modulo Edometrico	33,8
Strato 2	2,20	33,3	1,4	0,2	0,2		66,6
Strato 3	3,20	16,6	0,7	0,4	0,4		47,6
Strato 4	5,20	22,4	1,5	0,7	0,7		44,8

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione e a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	0,80	6,6	0,6	0,0	0,0	Imai & Tomauchi	88,7
Strato 2	2,20	33,3	1,4	0,2	0,2		238,4
Strato 3	3,20	16,6	0,7	0,4	0,4		155,8
Strato 4	5,20	22,4	1,5	0,7	0,7		187,1

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0,80	6,6	0,6	0,0	0,0	Meyerhof	1,8
Strato 2	2,20	33,3	1,4	0,2	0,2		2,0
Strato 3	3,20	16,6	0,7	0,4	0,4		1,9
Strato 4	5,20	22,4	1,5	0,7	0,7		2,0

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 3	3,20	16,6	0,7	0,4	0,4	Jamolkowski 1985	39,8
Strato 4	5,20	22,4	1,5	0,7	0,7		33,9
Strato 5	5,60	272,8	3,1	0,9	0,9		97,6

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 3	3,20	16,6	0,7	0,4	0,4	Herminier	23,7
Strato 4	5,20	22,4	1,5	0,7	0,7		23,26
Strato 5	5,60	272,8	3,1	0,9	0,9		35,32

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 3	3,20	16,6	0,7	0,4	0,4	ISOPT-1 1988	28,63
Strato 4	5,20	22,4	1,5	0,7	0,7		39,22
Strato 5	5,60	272,8	3,1	0,9	0,9		272,8

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 3	3,20	16,6	0,7	0,4	0,4	Kulhawy & Mayne (1990)	0,32
Strato 4	5,20	22,4	1,5	0,7	0,7		0,29
Strato 5	5,60	272,8	3,1	0,9	0,9		1,21

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 3	3,20	16,6	0,7	0,4	0,4	Meyerhof	1,8
Strato 4	5,20	22,4	1,5	0,7	0,7		1,8
Strato 5	5,60	272,8	3,1	0,9	0,9		1,9

Stima parametri geotecnici prova Dpsh.2

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[2] - sabbia ghiaiosa	17,34	6,40	17,34	Gibbs & Holtz (1957)	62,46
[3] - ghiaia e sabbia	40,1	7,80	40,1	Gibbs & Holtz (1957)	78,69

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[2] - sabbia ghiaiosa	17,34	6,40	17,34	Japanese National Railway	32,2
[3] - ghiaia e sabbia	40,1	7,80	40,1	Japanese National Railway	38,03

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
[2] - sabbia ghiaiosa	17,34	6,40	17,34	Schmertmann (1978) (Sabbie)	138,72
[3] - ghiaia e sabbia	40,1	7,80	40,1	Schmertmann (1978) (Sabbie)	320,80

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - sabbia ghiaiosa	17,34	6,40	17,34	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - ghiaia e sabbia	40,1	7,80	40,1	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[2] - sabbia ghiaiosa	17,34	6,40	17,34	Meyerhof ed altri	1,94
[3] - ghiaia e sabbia	40,1	7,80	40,1	Meyerhof ed altri	2,20

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - sabbia ghiaiosa	17,34	6,40	17,34	(A.G.I.)	0,32
[3] - ghiaia e sabbia	40,1	7,80	40,1	(A.G.I.)	0,27

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[2] - sabbia ghiaiosa	17,34	6,40	17,34	Navfac 1971-1982	3,57
[3] - ghiaia e sabbia	40,1	7,80	40,1	Navfac 1971-1982	6,90



MAIL/MSN:SERVIZISISMICI@HOTMAIL.IT

di **DONNINI A. & MANTONI F.**
Via Piano di Frassineta, 109 - 60041 Sassoferrato (AN)
SEDE: Tel/Fax: 0732/96839 - Cell.: 338/9056200 & 328/2652947
P.Iva: 02495830420 - C.F.: 02495830420

**INDAGINI GEOFISICHE
&
GEOGNOSTICHE**

P.E.C.: SERVIZISISMICI@CERT.CNA.IT

**REGIONE MARCHE
PROVINCIA DI PESARO - URBINO
COMUNE DI FANO**

**COMMITTENTE: GEOL. MARIA VITTORIA CASTELLANI
GEOL. LAURA PELONGHINI**

**INDAGINE GEOFISICA ESEGUITA IN VIA IV NOVEMBRE
NEL COMUNE DI FANO (PU)**



Sassoferrato, 18 luglio 2013

INDAGINE GEOFISICA ESEGUITA IN VIA IV NOVEMBRE NEL COMUNE DI FANO (PU)

INDICE

1	PREMESSA	<i>pag.</i>	1
2	INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE		
	2.1 <i>Generalità della metodologia</i>	<i>pag.</i>	1
	2.2 <i>Strumentazione e metodologia di indagine</i>	<i>pag.</i>	3
	2.3 <i>Acquisizione e elaborazione dei dati</i>	<i>pag.</i>	3
3	INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW		
	3.1 <i>Analisi multicanale delle onde superficiali</i>	<i>pag.</i>	6
	3.2 <i>Descrizione generale della procedura MASW</i>	<i>pag.</i>	7
	3.3 <i>Strumentazione e metodologia di indagine</i>	<i>pag.</i>	8
4	RISULTATI E CONCLUSIONI		
	4.1 <i>Indagine sismica a rifrazione</i>	<i>pag.</i>	9
	4.2 <i>Classificazione dei terreni di fondazione (Vs30)</i>	<i>pag.</i>	10

1 PREMESSA

Su incarico ricevuto dai Geologi Laura Pelonghini e Maria Vittoria Castellani è stata eseguita un'indagine geofisica nell'area sita in Via IV Novembre nel Comune di Fano (PU). 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

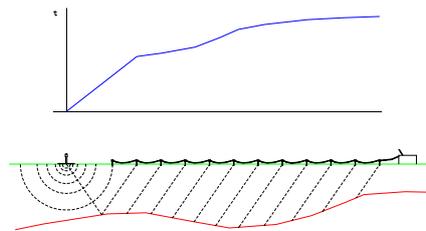


2 INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

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.

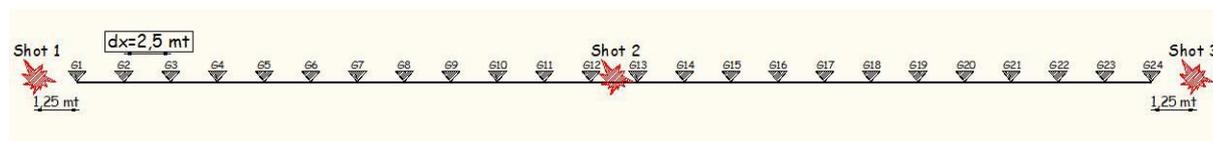
Utilizzando quindi le distanze tra il punto di energizzazione e quelli di ricezione e i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, sono state ricavate le dromocrone (curve tempi-distanze), dalle quali si è risaliti, tramite opportuno programma di calcolo utilizzando il metodo del Delay - time, alle velocità 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). Questa procedura di tipo "classico" è stata eseguita per fornire un modello di velocità iniziale alla procedura di iterazione tomografica, ottenuta utilizzando celle di analisi di larghezza coerente con la geometria di indagine ed approssimativamente con larghezza pari alla metà della spaziatura dei sensori ed altezza pari ad un quarto di quest'ultima. L'elaborazione delle sezioni mediante analisi tomografica viene effettuata sia per avere un maggiore dettaglio in termini di consistenza dell'ammasso sia per raggiungere maggiori profondità di investigazione sopperendo altresì alla frequente mancanza di rifrattori significativi.

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: $>100k\Omega$. 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:



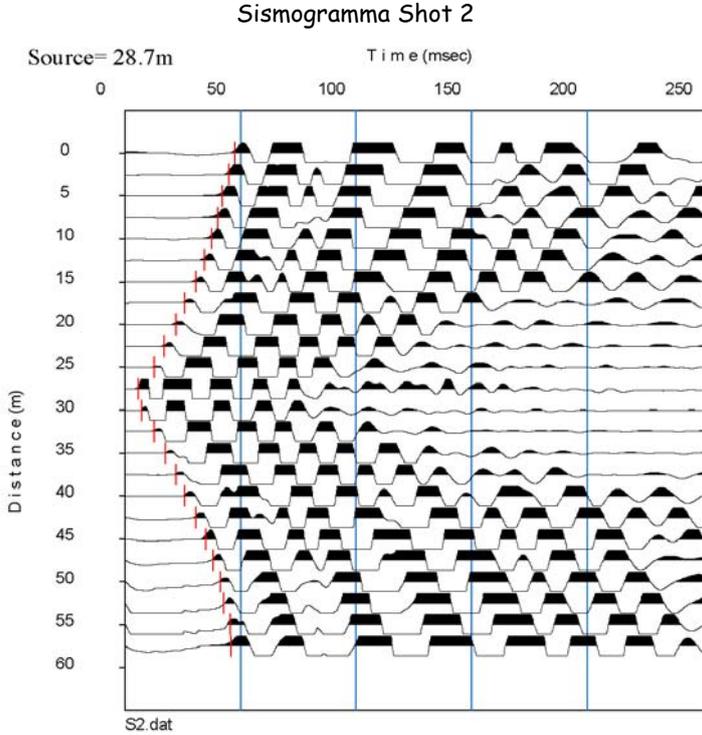
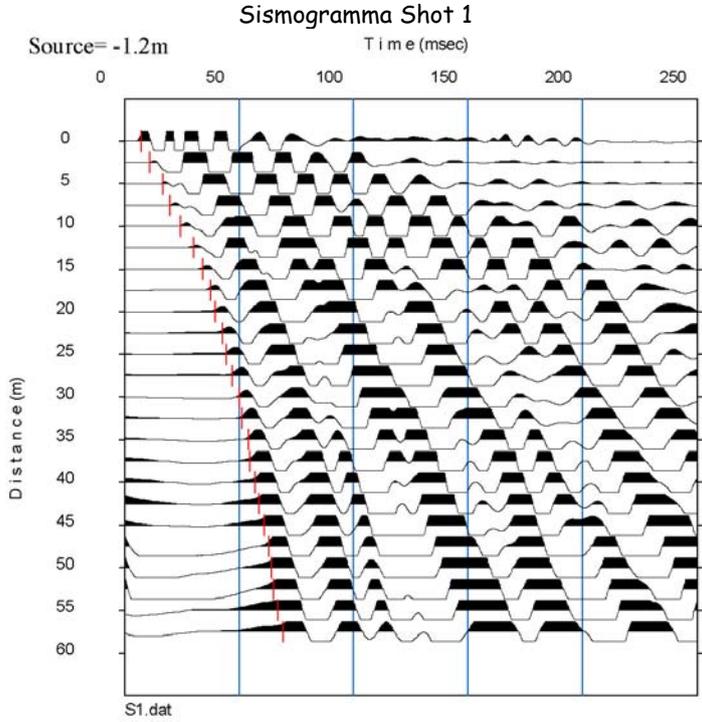
Nel dettaglio sono stati eseguiti n°2 end-shot posti ad una distanza di 1,25 mt dai geofoni esterni e n°1 shot al centro dello stendimento geofonico.

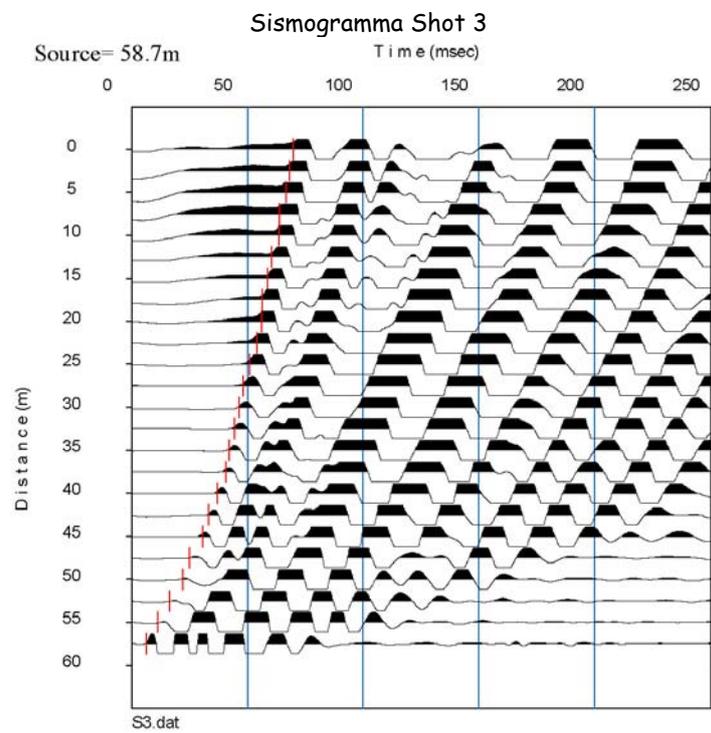
La generazione della perturbazione sismica è avvenuta mediante mazza battente del peso di 8 Kg su piastra metallica. L'istante di tempo zero (segnale di inizio registrazione) viene inviato allo strumento da un sensore di contatto posto all'estremità della stessa mazza di energizzazione. La morfologia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

2.3 Acquisizione e elaborazione dei dati

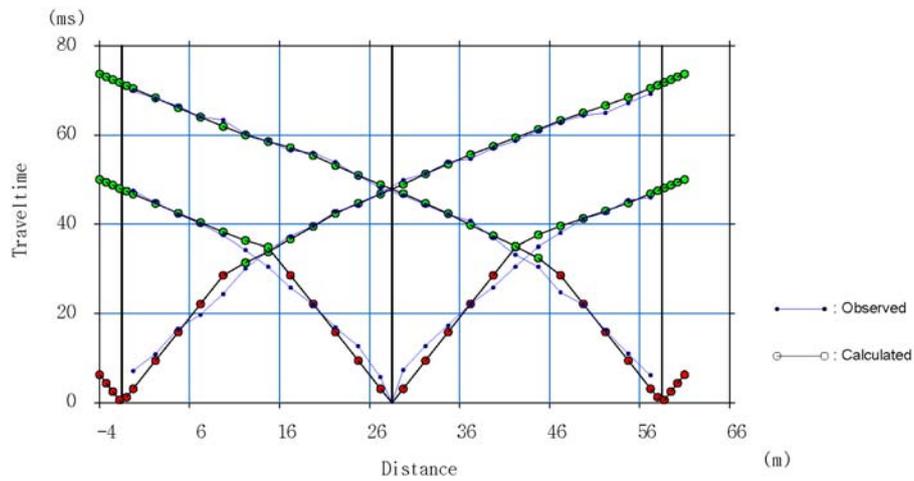
L'acquisizione di dati è avvenuta dopo le opportune verifiche di corretto funzionamento della strumentazione e del circuito di time-break. Il controllo della qualità dei dati acquisiti è stata verificata immediatamente dopo ogni energizzazione. Le fasi di

acquisizione ed elaborazione dei dati sismici hanno permesso di ottenere i seguenti elaborati:

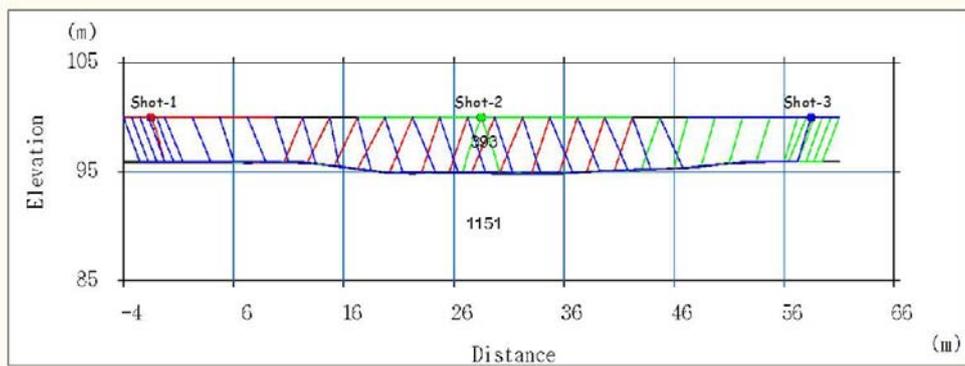




Dromocrone osservate e calcolate (modello delay-time)



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



3 INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW

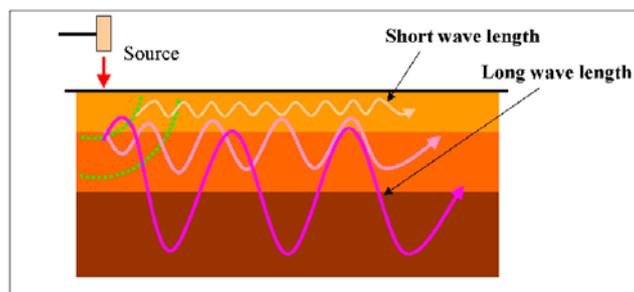
3.1 Analisi multicanale delle onde superficiali

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'interazione 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.

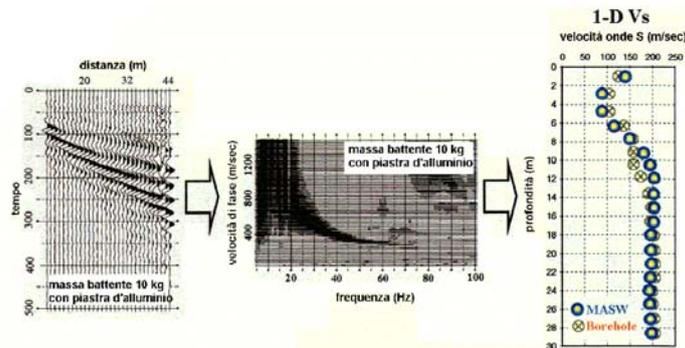


L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte) hanno meno energia e una penetrazione 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.

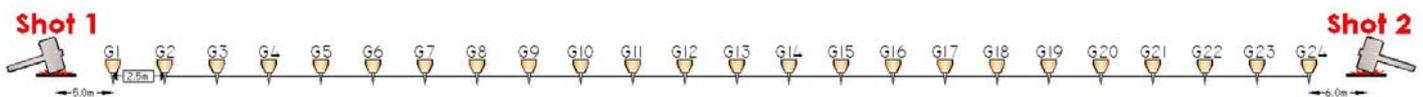


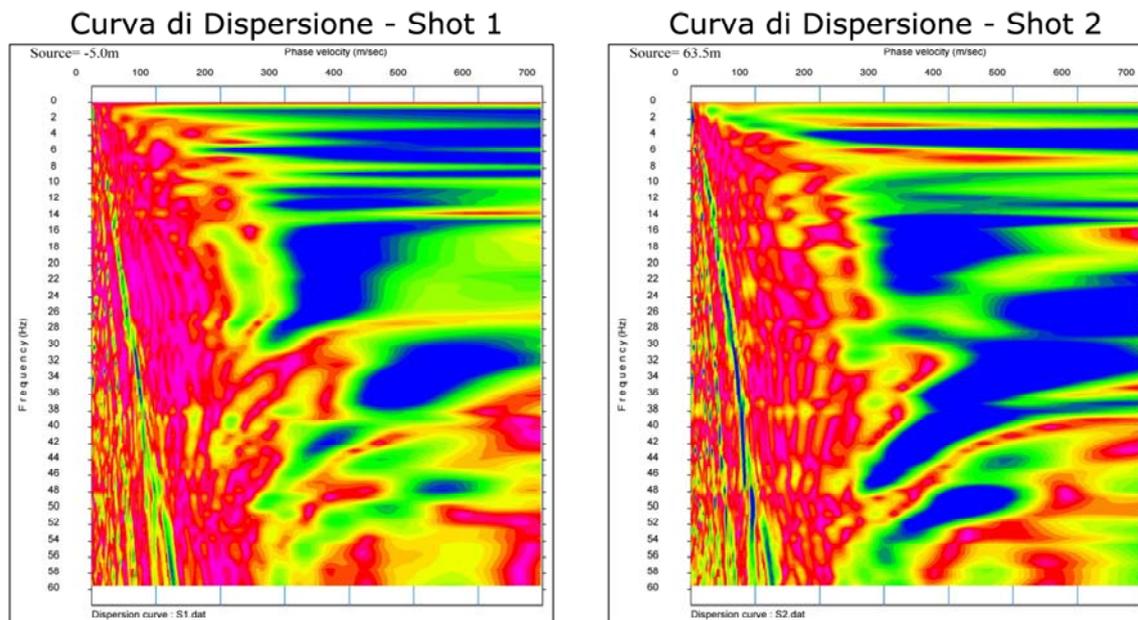
3.3 Strumentazione e metodologia di indagine

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 1, posto ad una distanza di 5,0 mt dal geofono G1, meglio definita nell'intervallo delle basse frequenze 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 anche in questo caso mediante mazza del peso di 10 Kg. battente 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.

4 RISULTATI E CONCLUSIONI

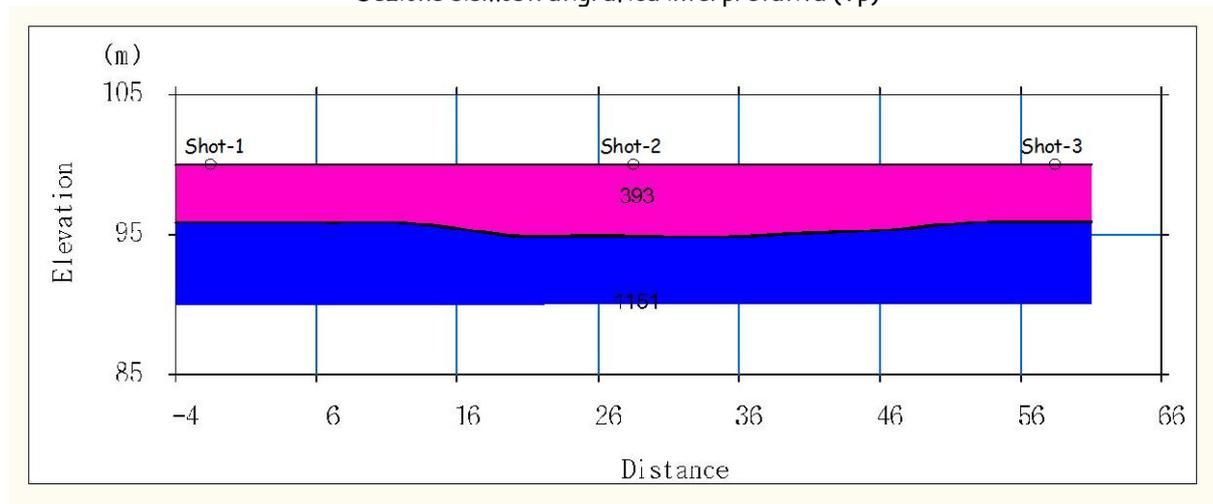
4.1 Indagine sismica a rifrazione

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 presenta spessori compresi tra 4,20 e 5,20 mt circa ed è caratterizzato da una velocità delle onde di compressione di 393 m/sec circa; tale livello a bassa velocità di propagazione delle onde di compressione è riferibile a depositi alluvionali fini a basso stato di addensamento/consistenza;

- 2) il secondo simostrato, riferibile a depositi alluvionali prevalentemente ghiaiosi mediamente addensati, è caratterizzato da velocità delle onde di compressione dell'ordine di 1151 m/sec. Tale livello è stato rilevato a partire da un profondità compresa tra 4,20 e 5,20 mt circa;

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 Vs anche in presenza di contrasti di rigidità tra gli strati del suolo. Tale prova fornisce un profilo di velocità Vs monodimensionale. La velocità di propagazione delle onde di taglio dipende dalle proprietà elastiche dei mezzi attraversati e il parametro geofisico Vs30 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

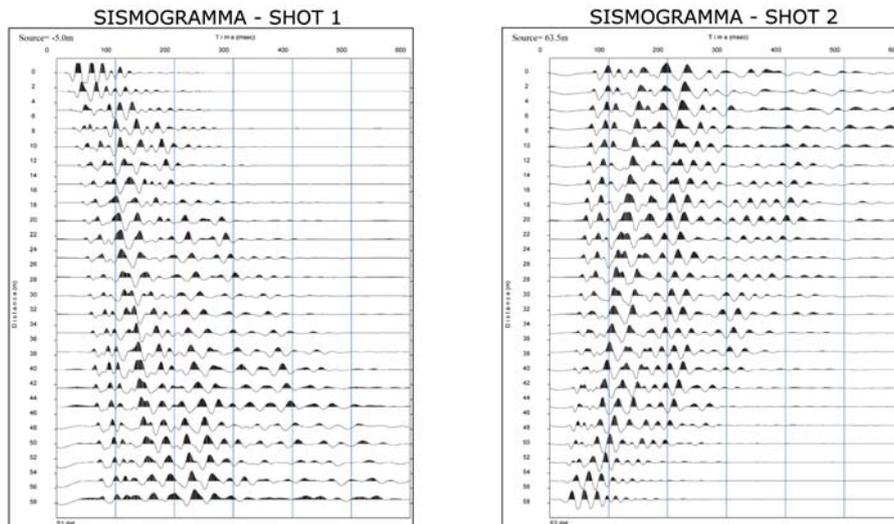
litificazione, la porosità, la tessitura, il grado alterazione e/o fratturazione, la composizione mineralogica, il contenuto di fluidi, la profondità, ecc.

Con Vs30 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:

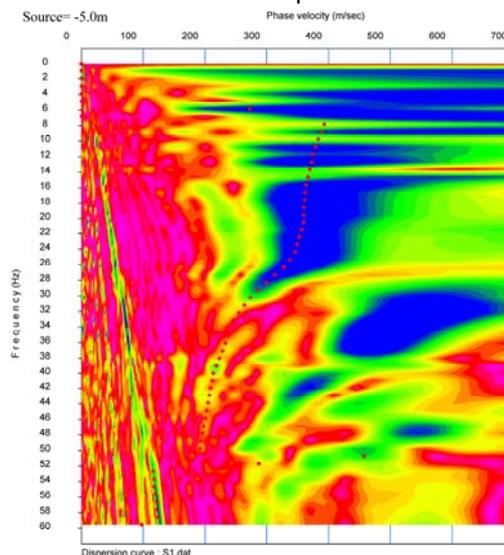
$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

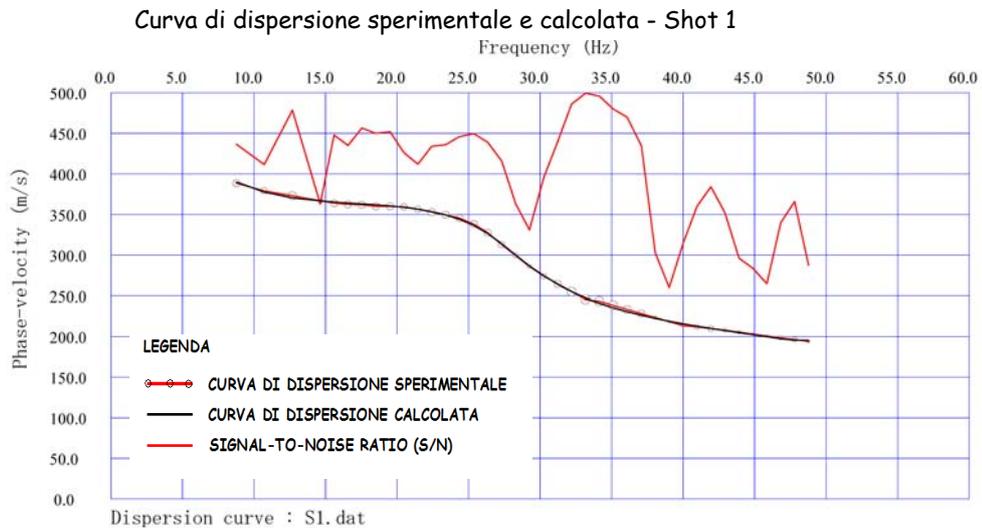
Dove h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

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 1





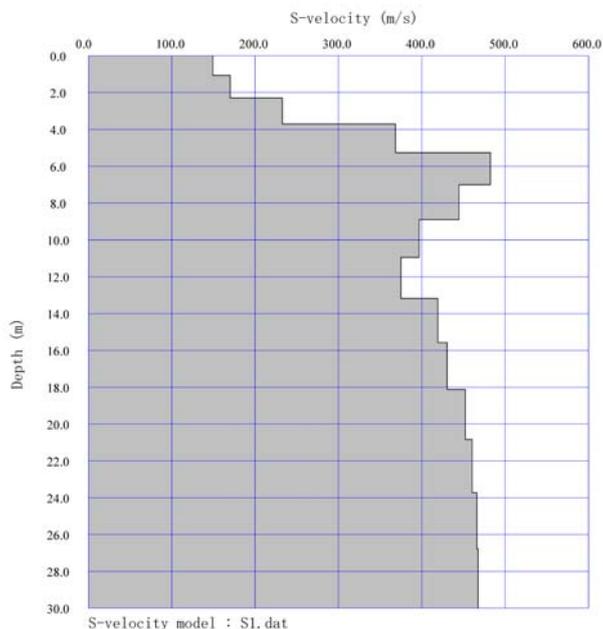
Il profilo verticale delle onde di taglio e il valore V_{s30} necessario per la classificazione dei terreni di fondazione dell'area di interesse nelle categorie di suolo descritte al paragrafo 3.2.2 delle N.T.C. 2008 sono riassunti nella tabella di seguito riportata.

Profondità (mt)	h_i (mt)	V_i (m/s)	h_i/V_i	V_{s30} (m/s)
0,00 ÷ 1,07	1,07	149	0,0072	$V_{s30} = 370$ m/s Categoria di sottosuolo "B"
1,07 ÷ 2,31	1,24	170	0,0073	
2,31 ÷ 3,71	1,40	233	0,0060	
3,71 ÷ 5,27	1,57	368	0,0042	
5,27 ÷ 7,01	1,73	482	0,0036	
7,01 ÷ 8,90	1,90	445	0,0043	
8,90 ÷ 10,96	2,06	397	0,0052	
10,96 ÷ 13,19	2,23	375	0,0059	
13,19 ÷ 15,58	2,39	420	0,0057	
15,58 ÷ 18,13	2,55	431	0,0059	
18,13 ÷ 20,85	2,72	453	0,0060	
20,85 ÷ 23,74	2,88	461	0,0063	
23,74 ÷ 26,79	3,05	466	0,0065	
26,79 ÷ 30,00	3,21	468	0,0069	

$$\Sigma h_i/V_i = 0,0810$$

Alla luce di quanto precedentemente esposto, i terreni di fondazione del sito oggetto di indagine risultano attribuibili alla categoria di sottosuolo B.

Profilo verticale delle onde di taglio - Shot 1



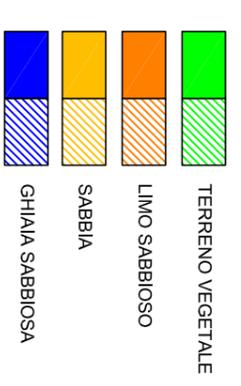
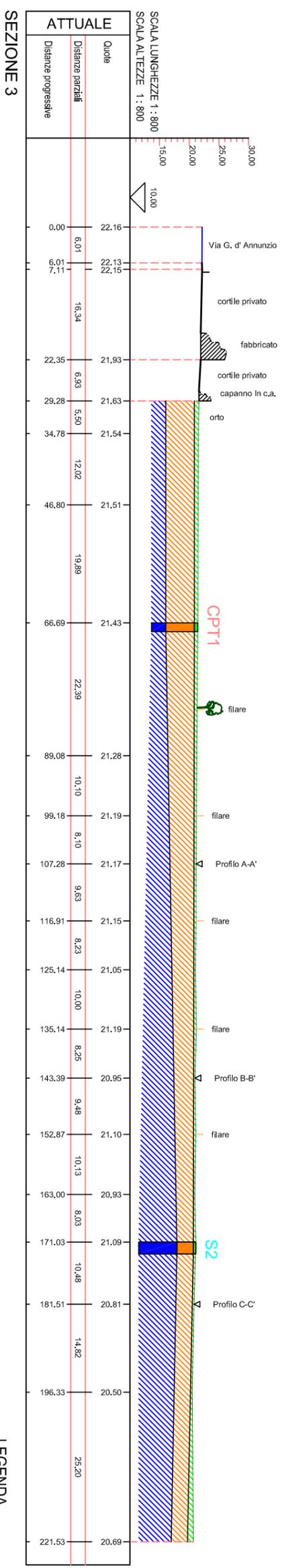
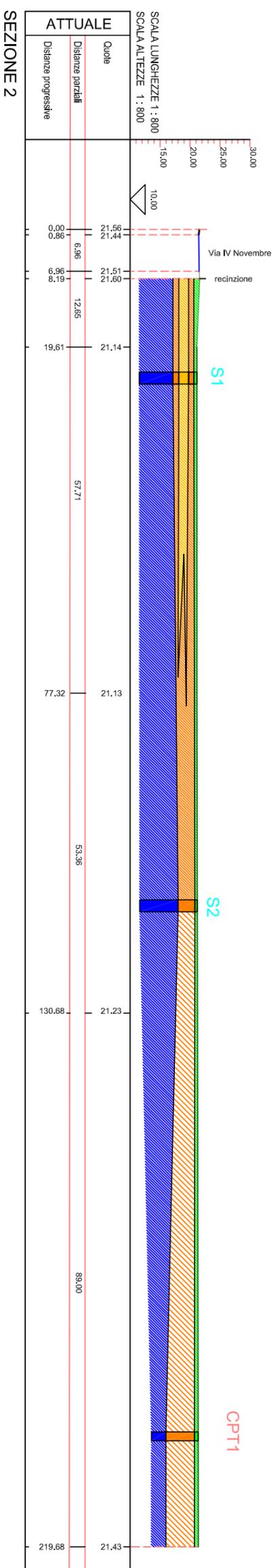
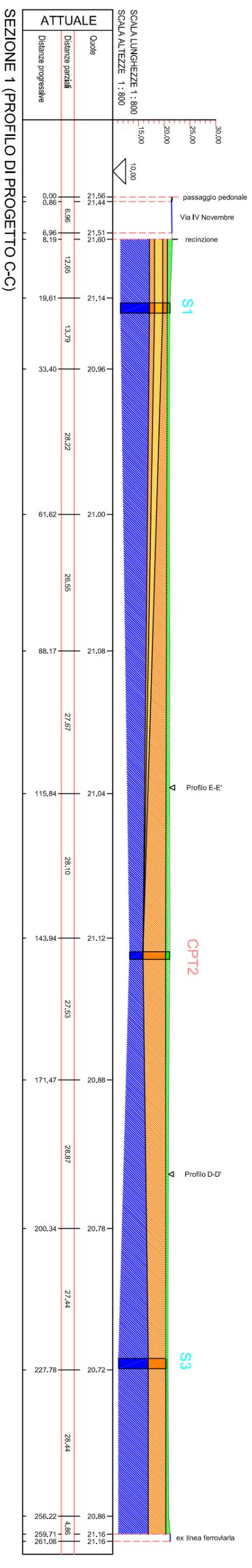
Dal profilo verticale monodimensionale delle Vs di lato riportato si evince la presenza di un evidente incremento della velocità di propagazione delle onde di taglio nell'intervallo di profondità compreso tra 4÷5 metri dal p.c.. Proseguendo verso il basso si nota un'intervallo di profondità (7-13 mt) in cui si ha una leggera inversione di velocità nel profilo delle Vs. Oltre tale intervallo la velocità di propagazione delle onde di taglio tende a crescere gradualmente con la profondità.

Sassoferrato, 18 luglio 2013

SERVIZI SISMICI S.n.c.
di Donnini A. & Mantoni F.
Via Piano di Frassineta, 109
60041 - SASSOFERRATO (AN)
Cod. Fisc. e P.IVA: 02495830420
M. Res. AN-182227

Giuseppe Scerifano

ALLEGATO 4: SEZIONI STRATIGRAFICHE INTERPRETATIVE



**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	→	$h=61.394xt^{0.3096}$



COMUNE DI FANO

COMMITTENTE: DELLASANTA MARIO E ALTRI



PIANO DI LOTTIZZAZIONE ZONA C1 RESIDENZIALE DI ESPANSIONE

COMPARTO ST2_P14

INTEGRAZIONE RELAZIONE GEOLOGICA

TIMBRO e FIRMA

MARZO 2014

Premessa

In merito alla redazione dello studio geologico del comparto residenziale denominato ST2_P14 situato in via IV novembre nel Comune di Fano (PU) si produce la seguente integrazione per la verifica della compatibilità idraulica e del principio dell'invarianza idraulica.

Nella relazione geologica già agli atti tale verifica era stata condotta sulla base della L.R. n. 22 del 23/11/2011, in conformità all'art. 13. Il 27/01/2014 la Regione Marche ha approvato la DGR n. 53 riguardante "Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico - Art. 10, comma 4 - Criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali".

Ai sensi di quanto stabilito dalla citata delibera la verifica della compatibilità idraulica che si articola su tre distinti livelli, Preliminare, Semplificata e Completa è obbligatoria, tuttavia, secondo quanto stabilito al paragrafo 2.4.2 della medesima delibera "Nel caso in cui l'area interessata dallo strumento di pianificazione sia posta ad una quota e distanza tale da non essere sicuramente (ovvero chiaramente inequivocabilmente e senza incertezze) interessabile da fenomeni di inondazione/allagamenti del reticolo idrografico e non sia sicuramente interessabile dalle dinamiche fluviali, la Verifica di Compatibilità idraulica sarà considerata soddisfatta con la Verifica Preliminare". Quest'ultima viene sviluppata nelle righe seguenti.

Per quanto concerne il principio dell'invarianza idraulica nella delibera approvata vengono proposti criteri diversi da quelli considerati nella relazione consegnata agli uffici preposti per l'adozione dello strumento urbanistico. Nei paragrafi seguenti si adeguerà pertanto la valutazione del principio dell'invarianza idraulica alle ultime disposizioni legislative.

Verifica Preliminare di Compatibilità idraulica

L'area in oggetto risulta ubicata ad ovest del centro abitato di Fano ed è posta ad una quota topografica di 19-20 m circa s.l.m.m., come rappresentato nella Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000, REGIONE MARCHE, foglio 269 (FANO) sez. n° 269130 - "FANO",

A seguito di una prima fase conoscitiva tramite rilievi di superficie l'area insiste su terreni quaternari di deposito continentale rappresentati da alluvioni terrazzate del III ordine sedimentati dal Fiume Metauro lungo la sua sinistra idraulica e situati ad una altezza compresa tra m 19 – 20 rispetto al livello medio del mare.

Il corso d'acqua, orientato in direzione SW-NE, scorre al margine Sud – Orientale della pianura alluvionale quasi ai piedi di una serie di rilievi e dorsali collinari che formano la destra orografica del bacino; l'alveo ampio e ricco di materiali detritici che vi sono accumulati, è caratterizzato dalla presenza di frequenti isole fluviali formatesi in seguito alle divagazioni e diramazioni del corso d'acqua.

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

Invarianza idraulica

Il principio dell'invarianza idraulica sancisce che la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area deve essere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo in quell'area. Di fatto l'unico modo per garantire l'invarianza idraulica delle trasformazioni è quello di prevedere volumi di stoccaggio temporaneo dei deflussi che compensino, mediante un'azione laminante, l'accelerazione dei deflussi e la riduzione dell'infiltrazione al suolo. Con riferimento alla tabella 1 del paragrafo 3.4 della D.G.R. 53/2014, la classificazione delle previsioni di attuazione afferiscono ad un intervento che determina una impermeabilizzazione potenziale che può essere definita "significativa" (superfici comprese fra 1-10 ha).

Per la determinazione della portata di deflusso delle acque provenienti dalle superfici impermeabili, ovvero dell'incremento di portata per effetto della impermeabilizzazione rispetto allo stato attuale, si è proceduto nel modo di seguito esposto.

E' stata eseguita un'analisi statistica delle piogge per determinare l'altezza critica di riferimento da considerare per il sito in studio.

Per tale analisi si è fatto riferimento agli Annali Idrologici relativi alla Stazione di Fano, che forniscono, in forma tabellare, le massime precipitazioni orarie registrate anno per anno, per le durate di riferimento t di 1, 3, 6, 12 e 24 ore; le precipitazioni h di massima intensità compaiono in altezze pluviometriche espresse in mm.

Anno	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1970	48,00	60,00	62,20	76,20	80,60
1971	15,20	18,60	25,60	36,00	58,20
1972	17,20	27,60	28,00	31,60	33,60
1974	17,20	22,40	26,80	37,40	40,80
1975	32,40	36,40	45,00	67,00	81,60
1976	32,00	36,40	44,60	57,80	104,80
1977	25,80	29,00	29,00	36,20	45,00
1978	27,00	52,80	57,60	61,00	61,20
1979	15,20	18,60	25,60	36,00	58,20
1983	40,70	60,20	68,20	68,20	70,60
1984	17,40	19,20	30,60	43,80	47,40
1958	16,60	28,00	30,60	40,60	53,40
1959	25,60	33,60	38,80	54,60	54,80
1960	29,60	31,40	31,40	32,60	40,80
1961	39,00	56,20	61,80	65,40	65,40
1962	26,20	40,00	44,60	53,80	55,80
1963	20,00	40,00	42,60	47,80	49,20
1964	38,20	41,80	45,20	67,80	68,00
1965	34,80	34,80	34,80	46,40	53,00
1966	21,20	39,00	60,00	98,20	113,40
1990	28,00	38,60	38,60	40,20	40,20
1991	23,80	34,80	46,20	57,20	69,00
1992	10,20	17,40	24,80	26,80	31,60
1993	21,80	33,60	36,00	36,60	36,60
1994	13,00	27,00	42,20	58,20	66,40
1995	23,80	39,80	49,80	51,80	59,20

1996	40,60	56,20	74,60	87,40	98,80
1997	21,00	32,80	40,80	53,00	54,60
1998	20,20	38,60	55,00	66,80	84,00
1999	24,60	45,40	47,40	48,60	75,80
2000	27,20	40,60	46,20	85,00	85,60
2001	29,80	31,00	39,80	48,20	49,00
2002	21,60	35,60	37,00	37,00	37,00
2003	22,60	23,00	23,20	32,80	33,40
2004	22,40	25,20	29,20	37,20	39,80
2005	46,40	80,80	117,60	138,40	141,80
2006	37,40	43,80	59,20	87,20	110,00
2007	23,40	24,00	24,40	40,00	40,00

La stima della curva segnalatrice di possibilità climatica è sufficientemente attendibile poiché le registrazioni utilizzate coprono un intervallo di circa 40 anni, minore è l'intervallo di registrazione, minore è l'attendibilità dei risultati.

Per la determinazione di h (altezza massima di pioggia attesa) si è fatto ricorso alla distribuzione di Gumbel in cui l'altezza h delle precipitazioni, per un assegnato tempo di ritorno, è data dall'analisi statistica delle precipitazioni registrate.

Fissato il tempo di ritorno dell'evento meteorico e la sua durata, l'altezza di precipitazione meteorica può essere stimata attraverso la curva di possibilità climatica della stazione pluviometrica di riferimento:

$$h = at^n$$

Il ragguaglio della pioggia consiste nel calcolo di un fattore moltiplicativo, variabile da 0 a 1, che serve a tener conto del fatto che l'altezza di precipitazione tende a diminuire all'aumentare dell'area interessata dall'evento meteorico. L'altezza di precipitazione misurata dalla stazione pluviometrica è infatti un dato puntuale e va quindi corretto in funzione dell'area sulla quale si considera distribuito l'evento piovoso.

Come coefficiente di assorbimento (ψ) per ciascuna situazione urbanistico - ambientale si ritiene di utilizzare per tutte le superfici impermeabilizzate il valore di 0.95.

Il coefficiente di ragguaglio legato alla dimensione dell'area (ϕ) è calcolato con opportune formule:

$$\phi = A^{-1/2}$$

con A espresso in ha.

L'altezza critica delle acque meteoriche, desunta dall'analisi statistica delle piogge, con tempo di ritorno pari a 200 anni è pari a 63,74 mm/h.

Altezze massime di pioggia regolarizzate (mm)

Tr		t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
10 anni	hmax =	38,23	54,24	67,40	84,38	96,04
30 anni	hmax =	46,36	66,14	83,38	104,28	118,54
50 anni	hmax =	50,07	71,57	90,68	113,36	128,81
100 anni	hmax =	55,08	78,90	100,52	125,61	142,66
200 anni	hmax =	60,07	86,20	110,32	137,82	156,46

Tr	LEGGE DI PIOGGIA $h = a \times t^n$	
10 anni	→	$h=38.959 \times t^{0.2964}$
30 anni	→	$h=47.312 \times t^{0.3028}$
50 anni	→	$h=51.126 \times t^{0.305}$
100 anni	→	$h=56.269 \times t^{0.3075}$
200 anni	→	$h=61.394 \times t^{0.3096}$

Pertanto la portata massima per la superficie impermeabilizzata considerata è data dalla seguente formula:

$$Q_b = \frac{A * i * \varphi * \psi}{3600} * 10 (mc / s)$$

dove:

A superficie in ha (4,50 ha)

I intensità di pioggia in mm (63,74 mm)

La portata di pioggia dell'intero comparto allo stato attuale può essere valutata in 0,36 mc/s pari a 360 l/s, mentre per lo stato di progetto, riferito alle sole opere di urbanizzazione di entrambi gli stralci, il valore atteso sarà pari a circa 0,18 mc/s.

La quantità di pioggia considerata viene smaltita nella totalità per evapotraspirazione e per infiltrazione, l'assetto morfologico dell'area infatti non permette il ruscellamento trattandosi di un'area sostanzialmente pianeggiante con un dislivello massimo di 0,4 m su un fronte di 260 m (pendenza del 0,1%). L'urbanizzazione con conseguente impermeabilizzazione del 48% del sito non modificherà concettualmente lo smaltimento delle portate affluite nell'area di lottizzazione, cambieranno i tempi di recapito al materasso alluvionale e quelli di evapotraspirazione.

Le quantità di acqua verranno quindi stoccate in opportune vasche che lamineranno l'infiltrazione nel sottosuolo in ottemperanza al principio dell'invarianza idraulica. La misura del volume minimo d'invaso da prescrivere in aree sottoposte ad una quota di trasformazione I (% dell'area che viene trasformata) e in cui viene lasciata inalterata una quota p (tale che I+P=100%) è data dal valore convenzionale:

$$w = w^0 \left(\frac{\varphi}{\varphi^0} \right)^{1/(1-n)} - 15I - w^0 P$$

Essendo $w^0=50mc/ha$, φ = coefficiente di deflusso dopo la trasformazione, φ^0 = coefficiente di deflusso prima della trasformazione, I e P espressi in frazioni dell'area trasformata e $n=0,48$.

Il valore di φ può variare teoricamente da 0 (quando l'acqua viene completamente trattenuta dal suolo) a 1 (quando l'acqua defluisce totalmente dalla superficie scolante). Nel caso in esame i terreni presenti sono costituiti da terreno areato di copertura vegetale seguito da un considerevole strato di terreno limoso sabbioso a permeabilità limitata in funzione della percentuale limosa, quest'ultima limita notevolmente il percolamento verticale verso il materasso ghiaioso e quindi verso la falda freatica.

Considerando che il volume idrico alla sezione di chiusura è dato da quattro aliquote:

- Afflusso diretto (piogge cadute nell'area di interesse);
- Scorrimento superficiale (determinato dalla pendenza del sito);
- Scorrimento sotterraneo (aliquota affluita che raggiunge la sezione di chiusura attraverso fenomeni lenti di filtrazione negli strati più profondi del suolo);
- Scorrimento ipodermico (aliquota di precipitazione infiltrata che si muove orizzontalmente nello strato immediatamente sottostante la superficie del suolo e sovrastante strati impermeabili che impediscono la percolazione profonda)

appare chiaro come lo scorrimento ipodermico svolga il ruolo principale. Il volume d'acqua che si infiltra non percola verso la falda ma satura il livello superficiale del terreno prima di percolare lentamente verso il basso o, altrettanto lentamente, evaporare.

Le prove di permeabilità eseguite nel corso delle indagini geognostiche hanno riguardato esclusivamente lo strato ghiaioso escludendo la copertura più superficiale. Per la determinazione del coefficiente di deflusso, necessario per l'applicazione della formula riportata precedentemente si è pertanto fatto ricorso a valori reperiti in bibliografia (Handbook of Applied Hydrology, Ven Te Chow, 1964).

Tipi di suolo	Coefficiente di deflusso	
	Uso del suolo	
	Coltivato	Bosco
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,20	0,10
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0,40	0,30
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0,50	0,40

N.B. per terreni con infiltrazione medio – elevata si sono assunti valori variabili tra 0.2 e 0.3

Considerando quanto esposto si è ritenuto di assegnare il coefficiente di deflusso 0,3 allo stato attuale del terreno permeabile, il coefficiente di deflusso 0,3 allo stato di progetto per terreni permeabili, 0,5 alle aree semipermeabili di progetto e 0,9 alle aree impermeabili di progetto. I volumi calcolati verranno lentamente ceduti allo strato ghiaioso attraverso un sistema di pozzi drenanti.

Poiché l'attuazione del piano particolareggiato avverrà per stralci funzionali, per ogni stralcio si è calcolato il dimensionamento per le vasche di laminazione in base all'estensione dei tipi di superficie presente (verde, impermeabile, parzialmente permeabile) suddividendo la laminazione necessaria per le opere di urbanizzazione e quella afferente ai singoli lotti.

La tabella sottostante esplicita i volumi necessari alla laminazione nei singoli lotti.

lotti	Sup. permeabile mq	Sup.imp mq	Invaso mc
1	97	386	3
2	94	377	3
3	92	367	3
4	89	358	3
5	94	377	3
6	92	367	3
7	89	358	3
8	196,5	786	18
9	196,5	786	18
10	196,5	786	18
11	196,5	786	18
12	198	791,5	18
13	198,5	794	18
14	298	1155,5	32
15	298	1155,5	32

193

Le opere di urbanizzazione sono state conteggiate per i due stralci esecutivi previsti:

1° stralcio

Tipo di Superficie	Estensione	Coefficiente di deflusso
Permeabile (verde)	10.930 mq	0.3
Impermeabile	6.189 mq	0.9
Parzialmente permeabile	1.224 mq	0.5

2° stralcio

Tipo di Superficie	Estensione	Coefficiente di deflusso
Permeabile (verde)	5.819 mq	0.3
Impermeabile	2.810 mq	0.9
Parzialmente permeabile	1.017 mq	0.5

Totale volume da invasare 1°stralcio = 204 mc

Totale volume da invasare 2°stralcio = 96 mc

Il volume calcolato viene suddiviso in vasche di laminazione collegate in serie la cui ubicazione è riportata nella tavola progettuale allegata.

Tra le soluzioni possibili per la laminazione nel sottosuolo delle acque stoccate nelle vasche, quella ritenuta più affidabile è la dispersione nel sottosuolo mediante pozzi drenanti.

Poiché l'attuazione del piano particolareggiato avverrà per stralci funzionali, ogni stralcio attuativo dovrà prevedere misure compensative volte a mantenere costante il coefficiente udometrico secondo il principio dell'invarianza idraulica mediante la creazione di vasche di laminazione interrato posizionate nelle aree a verde.

Tali vasche di laminazione dovranno poi essere collegate a pozzi drenanti che permettano così la ricarica della falda.

La stratigrafia rilevata all'interno dell'area permette lo scarico delle portate in eccesso nei pozzi drenanti e risulta essere un sistema molto efficace in quanto può contare in un discreto materasso alluvionale di materiale grossolano alla profondità di 5/6 metri dal p.c.

La dispersione nel terreno sarà effettuata tramite i dreni verticali ipotizzati aventi diametro esterno di 1,0 m (0,8 diametro interno) e sezione filtrante di 2,0 m all'interno del materasso ghiaioso.

La capacità di rilascio del sistema sinteticamente descritto è stata valutata tramite l'esecuzione di una prova di permeabilità già descritta nella relazione geologica dove emerge che il valore K dello strato ghiaioso è $K=3,2 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Considerando una sezione filtrante di 2 m si ottiene una capacità di smaltimento di 21 l/s per ciascun pozzo pari ad un volume totale nei sei pozzi previsti di 126 l/s, valore confrontabile con le piogge attese nell'area interessata dalle opere di urbanizzazione.

Ai fini del calcolo dei volumi di acqua di prima pioggia da trattenere, nonché da pretrattare o da avviare a depurazione, la prima regolamentazione ad affrontare l'argomento in modo diretto è la legge regionale della Lombardia del 27 maggio 1985 n°62 relativa alla "Disciplina degli scarichi degli insediamenti civili delle fognature pubbliche e tutela delle acque sotterranee dall'inquinamento". L'art. 20 comma 2 di tale legge regionale definisce "acque di prima pioggia" quelle corrispondenti per ogni evento meteorico ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio. Le rimanenti regioni si sono per la maggior parte allineate alla normativa della regione Lombardia, la quale è ormai adottata da quasi tutte le regioni italiane.

Considerando le superfici adibite a strade marciapiedi e parcheggi mediate da coefficienti pari 1 per le superfici lastricate e 0,5 per le superfici semipermeabili si ottiene

1° stralcio

Tipo di Superficie	Estensione equivalente
Impermeabile (1)	6.189 mq
Parzialmente permeabile (0,5)	612 mq

Volume prima pioggia: $(6189+612) \text{ mq} \cdot 0,005 = \mathbf{34 \text{ mc}}$

2° stralcio

Tipo di Superficie	Estensione equivalente
Impermeabile (1)	2.810 mq
Parzialmente permeabile (0,5)	509 mq

Volume prima pioggia: $(2810+509) \text{ mq} \cdot 0,005 = \mathbf{16,6 \text{ mc}}$

I volumi di primi pioggia vanno ovviamente decurtati dai volumi totali da laminare pertanto:

1° stralcio

Acque di prima pioggia	34 mc
Acque a dispersione	170 mc
totale	204 mc

2° stralcio

Acque di prima pioggia	17 mc
Acque a dispersione	79 mc
totale	96 mc

Si allega tavola esplicativa del sistema di laminazione e smaltimento delle acque meteoriche con particolari costruttivi.

I TECNICI

Dott.ssa Maria Vittoria Castellani

Dott.ssa Laura Pelonghini

FANO, 10/03/2014

ALLEGATI:

- TAVOLA DI PROGETTO N°16