

COMUNE DI FANO

PROVINCIA DI PESARO E URBINO

OGGETTO:	PROGETTO DI RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA E FUSIONE DI UN FABBRICATO COSTITUITO DA UN NEGOZIO ED UN'ABITAZIONE, IN UN'UNICA UNITA' RESIDENZIALE
COMMITTENTE:	
UBICAZIONE:	Viale Adriatico 22 - Fano
ELABORATO:	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA
	04/08/2025  DOTT. GEOL. LAURA PELONGHINI Via Mario Morosi 24 - FANO (PU) tel. 0721/826847 cell 347/3212936 e-mail: laura.pelonghini@gmail.com C.F. PLN LRA 71H63 D488K P.IVA 01437530411

1. PREMESSA

Su incarico della signora [REDACTED] in conformità alle normative tecniche dettate dal D.M. 17/01/2018, è stata redatta una relazione geologica relativa al progetto di ristrutturazione edilizia e fusione di un fabbricato costituito da un negozio ed un'abitazione, in un'unica unità residenziale sito in viale Adriatico n. 22 a Fano.

La normativa di riferimento è, sinteticamente, la seguente:

- 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. 17/01/2018 – Testo unitario "Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- Circolare n. 7 del 21/01/2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento per Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018"
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici-Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione del territorio nazionale;
- Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale circolare
- DGR 53/2014 Regione Marche

Lo scopo della presente relazione è quello di fornire un adeguato modello geologico del sito e valutare la stratigrafia dei terreni presenti ricostruendo il loro andamento tramite metodologie proprie del rilievo diretto in campagna ed indagini geognostiche.

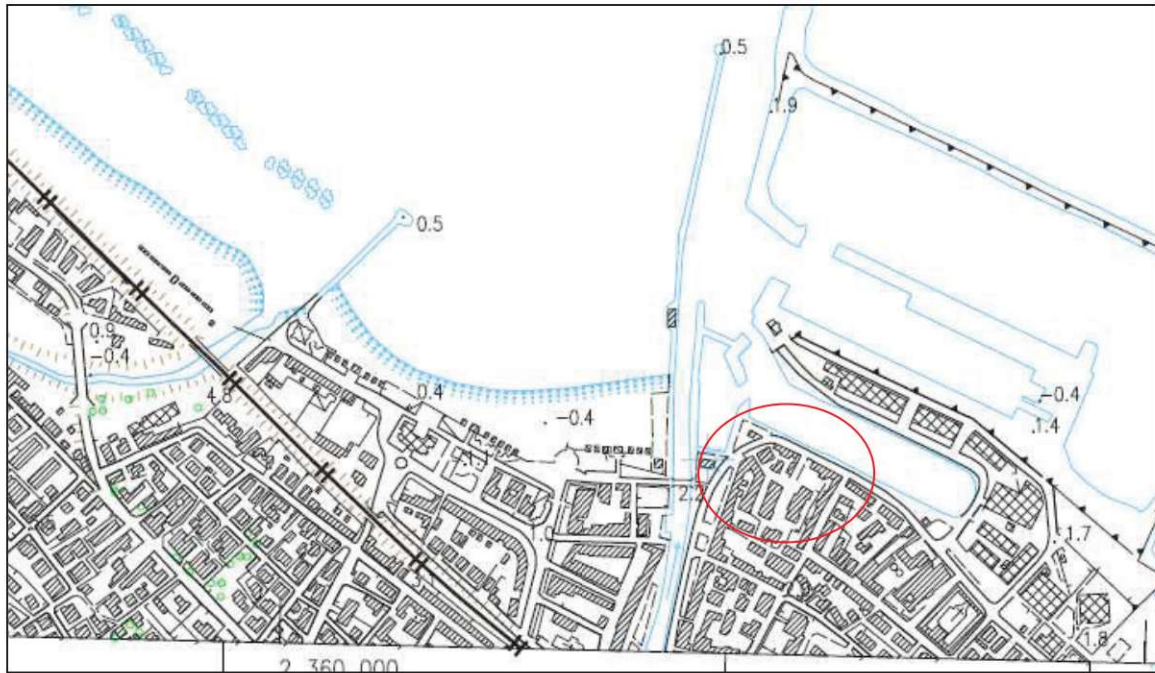
Il sito è attualmente interessato da un fabbricato di civile abitazione con limitati spazi di accesso e altezze interne inferiori a 3 m. Tali situazioni rendono impossibile l'accesso ad adeguati macchinari di indagine, si è pertanto effettuata un'analisi dei terreni superficiali tramite penetrometria dinamica media all'interno del fabbricato in prossimità del vano scale. I risultati saranno confrontati con altre indagini eseguite dalla sottoscritta a poca distanza dal fabbricato in oggetto.

Vista la sostanziale uniformità della situazione stratigrafica (depositi marini sovrastanti il substrato) si è ritenuto di poter fare riferimento ad indagini sismiche, dirette dalla sottoscritta, eseguite in aree limitrofe a quella in oggetto.

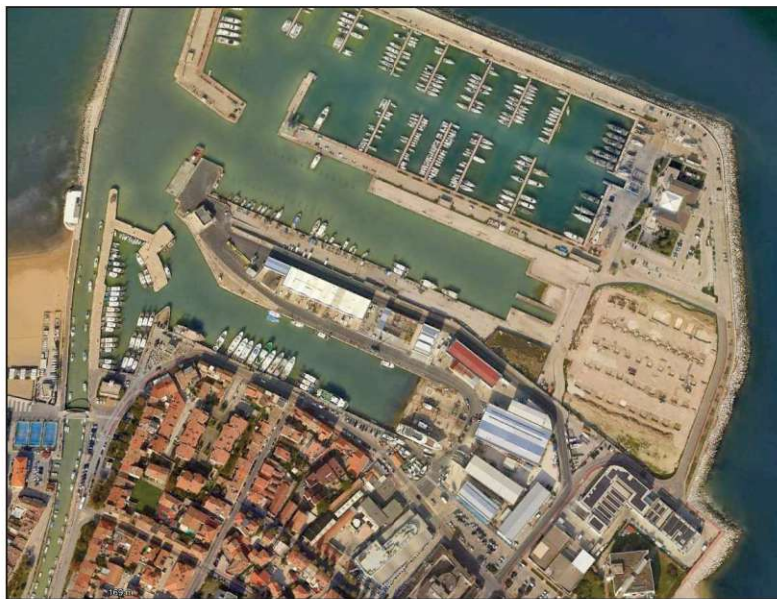
L'ubicazione delle indagini stratigrafiche e sismiche verrà indicata in una planimetria presente nel proseguo della relazione.

2. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

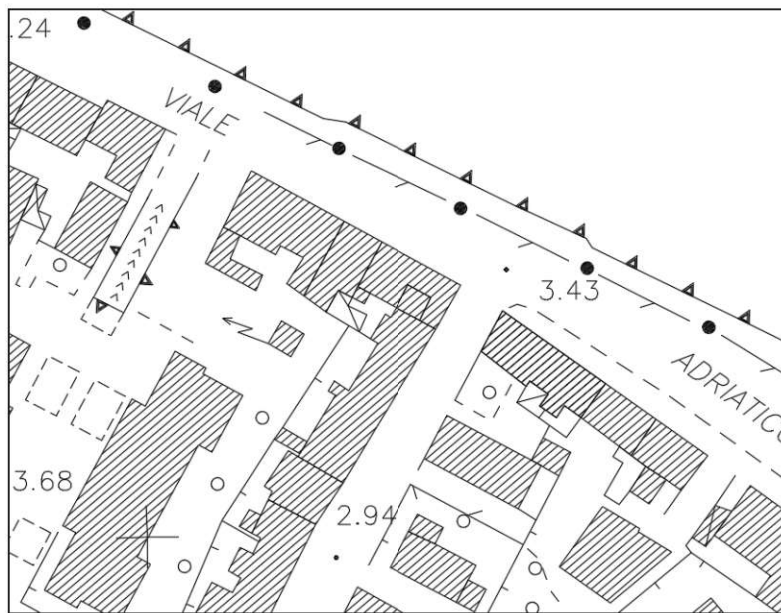
L'area in studio è situata nel Comune di Fano (PU), all'interno dell'area portuale come rappresentato nella allegata Carta Tecnica Regionale, a scala 1:10.000, REGIONE MARCHE, sez. n° 269090 e nello stralcio aerofotogrammetrico del Comune di Fano (anno 2000) foglio n. 10. Il sito è posizionato ad una quota di 2,0 m s.l.m.



Carta Tecnica Regionale – sez. 269090 “Torrente Arzilla”



Vista aerea dell'area



Carta Ortofotogrammetrica Comune di Fano foglio 10



3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area marchigiana è caratterizzata da una notevole complessità geologica, in quanto interessata da formazioni ed unità provenienti da domini paleogeografici e strutturali diversi. Si individuano due settori principali: l'Appennino Umbro-Marchigiano, in cui affiorano alcune tra le formazioni più antiche che si rinvencono nella catena appenninica, e l'Avanfossa Marchigiana.

L'Umbro - Marchigiano è un settore paleo-geografico che, a partire dal Giurassico, si è differenziato dalla Piattaforma carbonatica laziale - abruzzese in seguito all'azione di una importante fase tettonica distensiva.

L'Avanfossa è suddivisibile in Bacino Marchigiano Interno e in Bacino Marchigiano Esterno. Si è formata in seguito alle prime fasi di corrugamento mioceniche che hanno determinato l'individuazione di bacini di avanfossa orientati in senso appenninico e che sono migrati progressivamente verso est.

Le particolari caratteristiche della fascia di territorio in oggetto consentono di effettuare una distinzione in unità geologico - strutturali sulla base della litostratigrafia e dell'assetto tettonico.

Nel Tortoniano inizia una fase tettonica compressiva che ha determinato notevoli raccorciamenti ed ispessimenti in corrispondenza della catena appenninica, formando complessi edifici a thrust con vergenza orientale. Queste strutture compressive, accompagnate dalla formazione di bacini di avanfossa, si sono progressivamente spostate nel tempo da W verso E ed oggi si ritrovano, sepolte sotto i sedimenti marini, al largo della costa.

La fase compressiva termina nel Pliocene inferiore nell'ambito della porzione interna della catena (Calamita et alii, 1990), mentre continua lungo la costa adriatica (Dramis et alii, 2002), seguita a sua volta da una fase tettonica distensiva, che ha determinato lo sviluppo di faglie normali di notevole rigetto, a principale direzione appenninica e ribassanti verso W.

Nel Pleistocene inferiore un generale sollevamento ha determinato un forte approfondimento dei sistemi idrografici (Conti et alii, 1983; Gentili & Pambianchi, 1987); infine durante tutto il Quaternario domina la morfogenesi da parte degli agenti esogeni, che si sovrappone ai processi tettonici e sedimentari (Passeri, 1994).

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO

Tutte le coste marchigiane sono di recente formazione geologica, infatti ancora durante la fase tettonica plio-pleistocenica si verificò, in un quadro generale di attività distensiva, il collassamento di gran parte dell'area con il ripristino di condizioni di sedimentazione marina. A questa fase deposizionale sono da ricollegare gli affioramenti delle argille limose marine, le cosiddette "argille azzurre", che affiorano in tutta la fascia costiera delle Marche e nell'entroterra, ricoperte a loro volta da formazioni quaternarie di facies litorali (Carta Geologica Regionale -Edizione CTR - Sezione 269130 - Fano - Sezione 269090 - Torrente Arzilla).

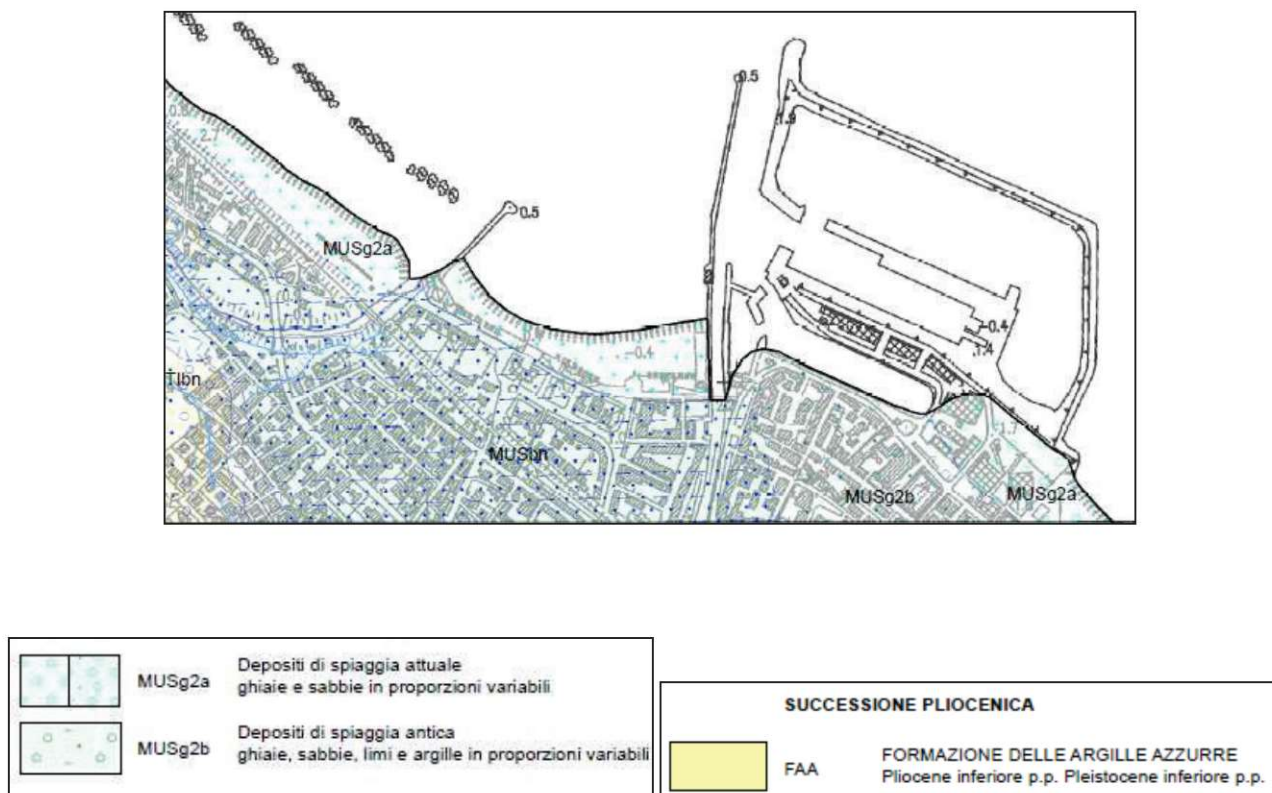
Queste formazioni rappresentano la parte terminale del ciclo sedimentario autoctono e neoautoctono padano-adriatico che ha caratterizzato la cosiddetta avanfossa Marchigiano-Abruzzese.

Le formazioni Plio-Pleistoceniche sono caratterizzate da assetto strutturale sub orizzontale o monoclinale, immergente verso NE e N con inclinazione variabile, in modo tale che la direzione degli strati risulta obliqua alla costa adriatica (Cancelli et al,1984).

Con il Pleistocene inferiore, associato ai fenomeni di sollevamento tettonico regionale, inizia il sollevamento del bacino quaternario che, in più fasi, ha portato i sedimenti di chiusura della sequenza quaternaria a quote altimetriche variabili tra i 200 e i 500 m s.l.m. (Ambrosetti et al., 1982, Nanni et al., 1986, Nanni e Vivalda, 1987.).

Tale sollevamento è stato controllato da un complesso sistema di faglie verticali e normali, nel quale sono riconoscibili due principali allineamenti: uno è caratterizzato da faglie aventi direzione compresa tra N-S e N 160°, cioè all'incirca parallelo alla linea di costa, e un secondo con faglie grosso modo perpendicolari al precedente. Questi intensi movimenti tettonici verificatisi nel Quaternario controllano evidentemente anche l'attività sismica che colpisce periodicamente le regioni costiere adriatiche (figura seguente) (Cancelli et al.,1984).

La tettonica quaternaria più recente, (Savelli et al., Borraccini et al.(2002) e Di Bucci et al. (2003)) ha evidenziato in aree limitrofe del basso bacino del Metauro faglie recenti, post-thrusting, appartenenti a un sistema consistente in segmenti orientati circa nord-sud (distensivi) e faglie di trasferimento con rigetto obliquo (sinistro-transtensivo) orientato nordest-sudovest.



Carta geologica di dettaglio

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La costa Marchigiana si sviluppa per circa 172 Km; la costa settentrionale, dove è ubicata l'area in studio, va da Gabicce ad Ancona con un orientamento WSW-ESE, è lunga circa 90 Km di cui 70 sono a costa bassa e caratterizzata da spiagge in parte ghiaiose e in parte sabbiose.

L'area in studio è rappresentata da costa bassa a morfologia ghiaiosa su cui sono presenti numerosi fattori di variabilità soprattutto di origine antropica, quali scogliere emerse e soffolte, pennelli, moli portuali e barriere radenti che, insieme agli effetti dell'urbanizzazione, arrivata talora fino a pochi metri dalla linea di riva, alle alterazioni dell'equilibrio idrogeologico che ne consegue, hanno implicato una notevole modificazione di tutto il litorale. La foce del fiume Metauro, al quale è imputata la composizione geomorfologia della spiaggia e le cui dinamiche influenzano direttamente quelle del litorale stesso, ha forma tricuspidale e si presenta in maniera più o meno irregolare con l'ala sinistra più sviluppata della destra, il che dimostra la dipendenza dell'assetto della foce dalle dinamiche costiere. La componente marina infatti fa sì che i materiali alluvionali sollecitati dalla traversia prevalente vengano trascinati verso nord (Buli e Ortolani, 1947).

La geomorfologia della spiaggia è subordinata pertanto a due fattori principali: quello fluviale e quello marino.

Il primo provvede all'apporto dei materiali, il secondo alla distribuzione e al relativo assetto degli stessi lungo le spiagge. La costituzione dei materiali di spiaggia è quindi strettamente legato al regime torrentizio del fiume Metauro come del resto la natura fisica dei materiali fluviali apportati. Le grandi portate autunnali e primaverili, la forte pendenza anche nel tratto terminale fanno sì che nei periodi di morbida il fiume trasporti a mare le ghiaie trascinate dalla corrente fluviale che verranno poi ridistribuite lungo il litorale.

Per quanto riguarda la costituzione litologica delle ghiaie litorali, si tratta in generale di ciottoli di calcare compatto, frammisti a ciottoli di arenaria e scarsi elementi silicei (diaspro). (Buli e Ortolani, 1947)

Analisi del Piano di Assetto Idrogeologico

Il Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Marche non individua nell'area in oggetto dissesti in atto o potenziali né aree esondabili.

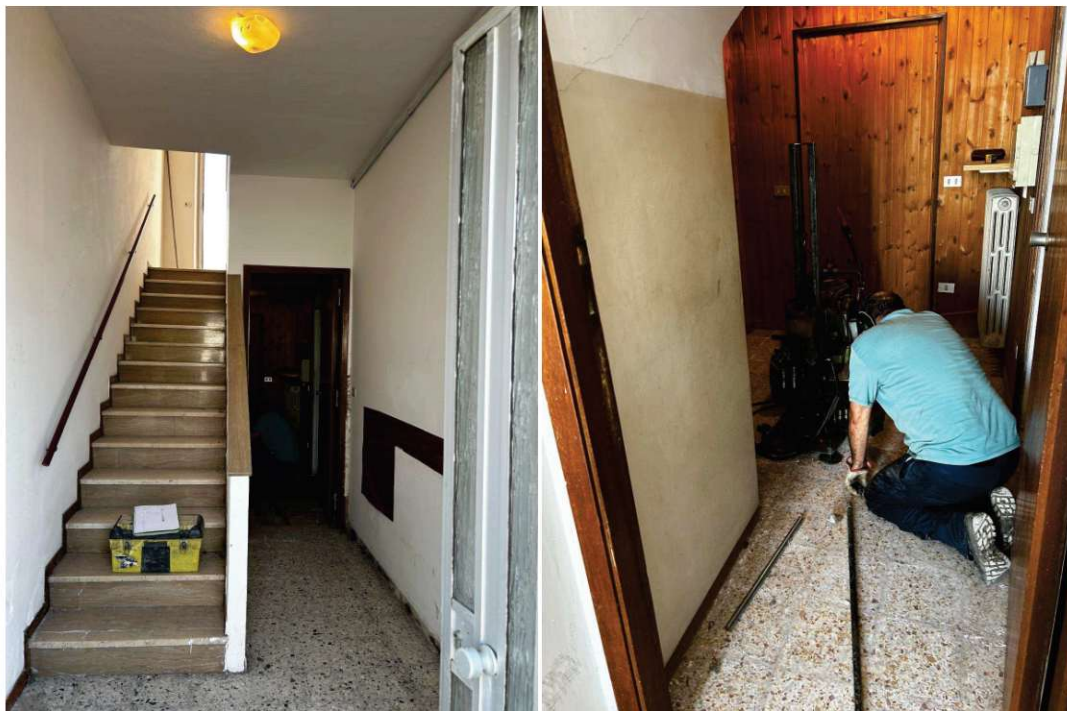


STRALCIO PAI

6. RICOSTRUZIONE DEL MODELLO STRATIGRAFICO

Descrizione e ubicazione delle indagini

La ricostruzione della situazione stratigrafica è stata resa possibile, oltre che da un rilievo geologico di superficie, dalla realizzazione di una prova dinamica media ubicata all'interno dell'edificio come da documentazione fotografica seguente.



PROVA PENETROMETRICA DM30

da 0,0 m a 0,6 m	ORIZZONTE A Massetto pavimentale e terreno di riporto.
da 0,6 m a 1,4 m	ORIZZONTE B Sabbia ghiaiosa.
da 1,4 m a 1,9 m	ORIZZONTE C Ghiaia e sabbia.

La prova è stata interrotta per il raggiungimento del rifiuto all'avanzamento dello strumento utilizzato.

La stratigrafia rilevata è confermata da sondaggi profondi reperiti in bibliografia eseguiti dal Prof. Gori per la realizzazione del vicino laboratorio di biologia marina.

SONDAGGIO Laboratorio di Biologia Marina (Prof. Gori – Università di Urbino)



Da 0,0 m a 3,0 m	Ghiaia con matrice sabbiosa
Da 3,0 m a 6,0 m	Ghiaia e sabbia
Da 6,0 m a 10,0 m	Sabbie limose grigie
Da 10,0 m a 17,0 m	Argille ed arenarie
Da 17,0 m a 18,0	Sabbie gialle umide
Da 18,0 a 19,0 m	Argille grigie

La stratigrafia rilevata dalle indagini considerate mostra una discreta uniformità litologica nella qualità dei sedimenti riscontrati, variano leggermente le profondità di sedimentazione dei livelli ghiaiosi e la presenza delle lenti di limo argilloso localmente plastico.

Modello geologico stratigrafico del sito

Considerando quanto sopra si ritiene di poter ricostruire il seguente **modello geologico stratigrafico** del sito:

ORIZZONTE A

da 0,6 a 1,4 m Sabbia e ghiaia (non viene considerata la prima parte, dello spessore di 60 cm di pavimento e terreno di riporto)

ORIZZONTE B

Da 1,4 a 6,0 Ghiaie e sabbie con elementi ghiaiosi predominanti

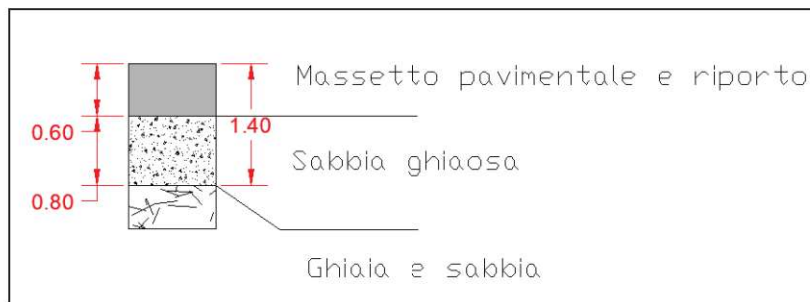
ORIZZONTE C

da 6 a 10 m Argille sabbiose e limi sabbiosi con rare intercalazioni ghiaiose, localmente, soprattutto nella porzione più superficiale sino a 10,0 m dal p.c. la percentuale di sabbia è predominante

ORIZZONTE D

da 10 m a 19 m Alternanza di argille e sabbia in vari rapporti

Il dettaglio del sito in studio è il seguente:

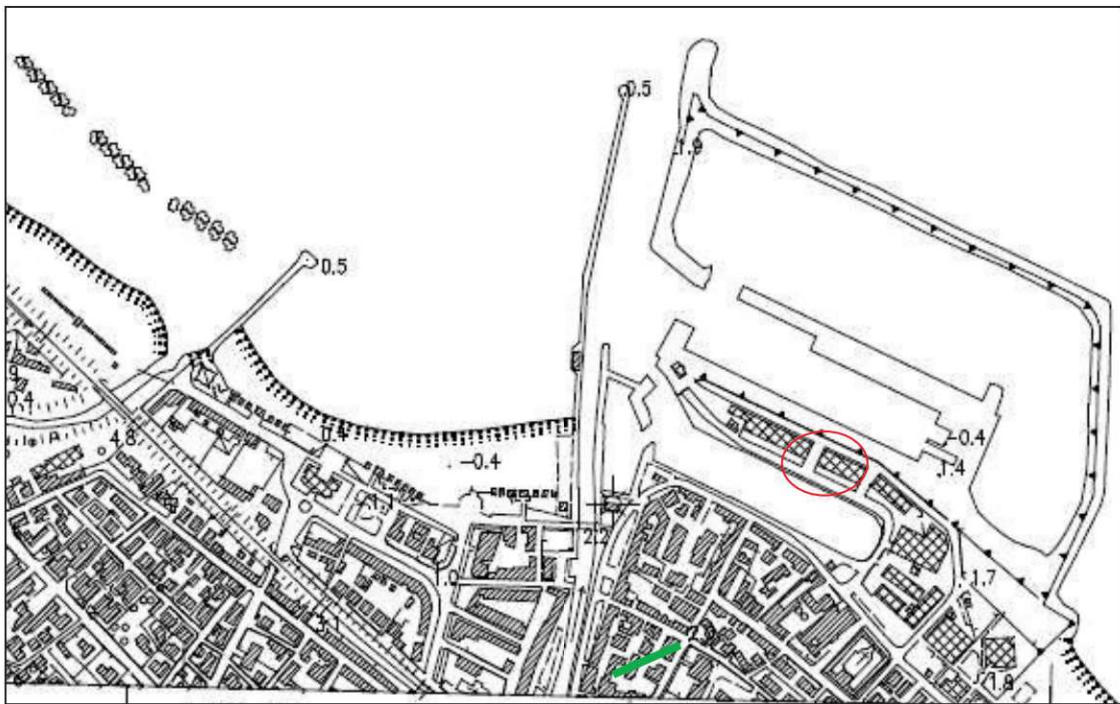


7. CONSIDERAZIONI SULLA FATTIBILITA' DEL PROGETTO

Azione sismica

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS.

I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. Si è fatto riferimento ad un'indagine di tipo MASW eseguita dalla sottoscritta in area limitrofa posizionata sulla stessa unità litologica e con la medesima successione stratigrafica.



Ubicazione stendimenti sismici considerati

L'indagine sismica di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) si basa sulla propagazione delle onde di superficie Rayleigh. Si utilizza uno stendimento lineare di geofoni ed il terreno viene energizzato attivamente attraverso una massa battente.

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

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

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di caratterizzare al meglio l'area d'indagine.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N numero di strati;

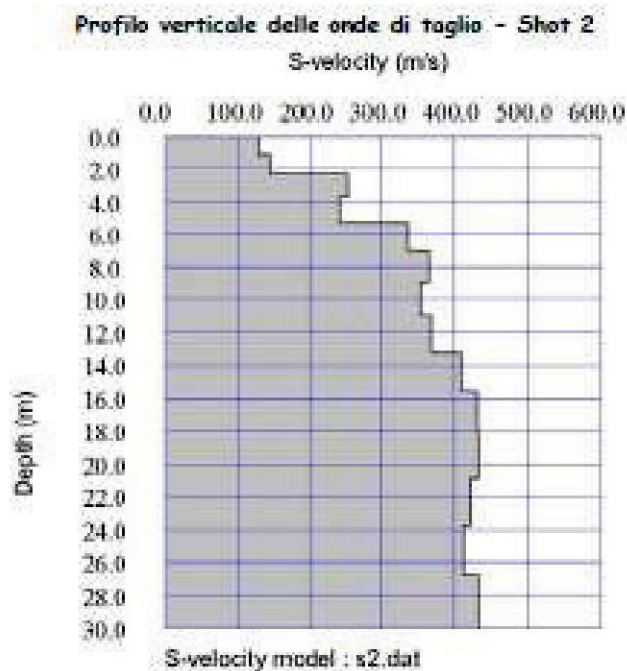
H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Dal profilo verticale monodimensionale delle V_s riportato nella pagina seguente si evince la presenza di due evidenti incrementi della velocità di propagazione delle onde di taglio rilevabili rispettivamente alle profondità di 2,00 mt e 5,00 mt circa dal p.c.; oltre quest'ultima quota il parametro V_s si assesta su valori pressoché costanti sino alla profondità di 13,00 mt circa dal p.c. dove si osserva un nuovo incremento della velocità di propagazione delle onde di taglio, che assumono poi nuovamente valori pressoché costanti.

Profondità (mt)	hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	Vs30 (m/s)
0,00 ÷ 1,07	1,07	129	0,0083	V_{s30} = 331 m/s Categoria di sottosuolo "C"
1,07 ÷ 2,31	1,24	145	0,0086	
2,31 ÷ 3,71	1,40	254	0,0055	
3,71 ÷ 5,27	1,57	243	0,0064	
5,27 ÷ 7,01	1,73	336	0,0051	
7,01 ÷ 8,90	1,90	367	0,0052	
8,90 ÷ 10,96	2,06	353	0,0058	
10,96 ÷ 13,19	2,23	369	0,0060	
13,19 ÷ 15,58	2,39	409	0,0058	
15,58 ÷ 18,13	2,55	431	0,0059	
18,13 ÷ 20,85	2,72	432	0,0063	
20,85 ÷ 23,74	2,88	422	0,0068	
23,74 ÷ 26,79	3,05	413	0,0074	
26,79 ÷ 30,00	3,21	433	0,0074	

$\Sigma hi/Vi = 0,0907$



Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

L'area analizzata può essere inclusa nella CATEGORIA C.

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

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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

La zona esaminata appartiene ad una **CATEGORIA TOPOGRAFICA T1**.

Per tener conto delle condizioni topografiche Le NTC forniscono valori variabili del coefficiente S_T come riportato nella tabella sottostante.

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

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

Per la zona indagata S_T RISULTA PARI A **1,0**.

Verifica del potenziale di liquefazione

Ai sensi del D.M. 17/01/2018 si vuole prendere in analisi il problema della liquefazione dei terreni. Secondo la definizione data nell'Eurocodice 8, la liquefazione denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidezza causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino all'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno. Essa dipende essenzialmente dal grado di addensamento, dalla granulometria e dalla profondità della falda (che deve essere prossima al piano campagna).

Secondo quanto stabilito dalle NTC 2018 la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti

circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc1N > 180$ ($N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

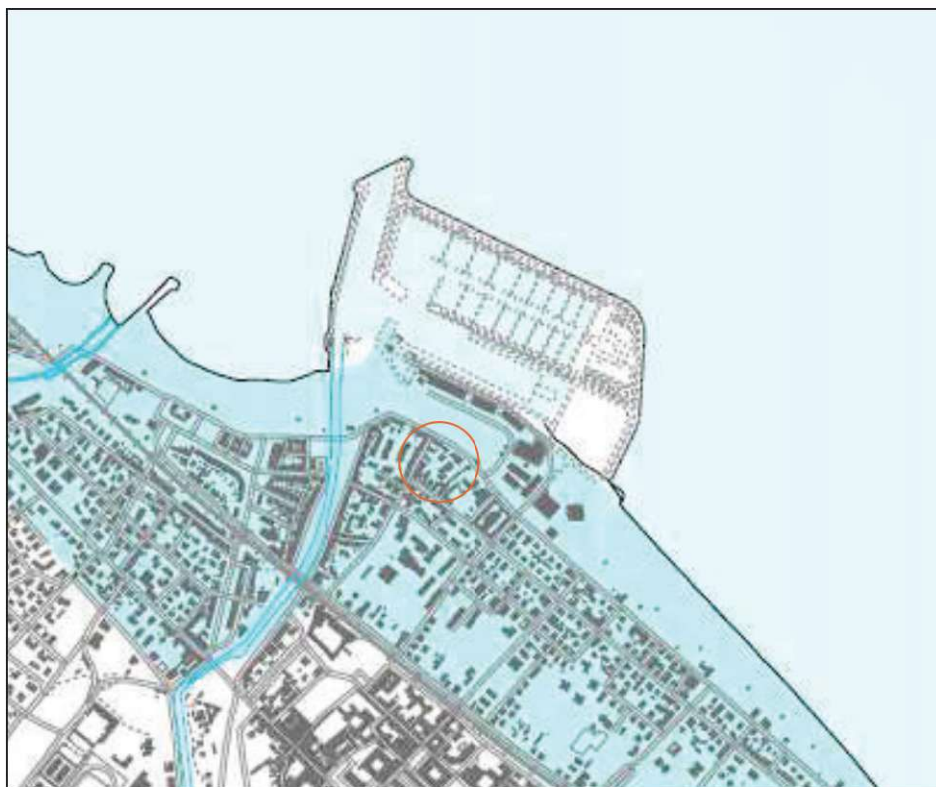
Nel caso in esame, non rientrando in alcuno dei casi sopraindicati, si è proceduto ad una verifica alla quota di 2 m dal piano campagna secondo la metodologia di Youd e Idris (2001) che calcola il F_s a partire dal valore di N_{SPT} dello strato considerato. Il calcolo effettuato, con le limitazioni proprie di una simulazione numerica, porta a un coefficiente di sicurezza che esclude il rischio liquefazione alla quota indicata. Di seguito si allega tabulato di calcolo.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE					
(da prove dinamiche SPT)					
Metodo semplificato					
Metodo di Youd e Idris (2001)					
PARAMETRI:					
γ	=	2	g/cm ³	R= Resistenza al taglio mobilitata T= Sforzo di taglio indotto dal sisma	
σ_{vo}	=	0,38	kg/cm ²		
σ'_{vo}	=	0,49	kg/cm ²		
profondità dello strato	=	190	cm		
N_{SPT}	=	15			
profondità falda	=	300	cm		
γ_{H_2O}	=	1,0	g/cm ³		
Pressione neutra	=	-0,1	kg/cm ²		
z	=	1,9	m		
FORMULE:					
Na	=	$N_{SPT} * (1,7 / (\sigma_{vo} + 0,7)) + N_f$		=	21,42857143
N_f = 0					
R	=	$0,2565 * [0,16 * RadQNa + (0,2133 * RadQNa)^{14}]$		=	0,362605804
T	=	$0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma'_{vo})) * r_d$		=	0,124092296
a_{max}/g = 0,25					
r_d = 0,9847					
Fs=R/T	>	1,3	Sabbie sciolte	=	2,922065394
	>	1,5	Sabbie mediamente addensate		
					Verificato Fs
					Verificato Fs

Tabulato di calcolo rischio liquefazione

Pericolosità sismica

Nella figura seguente viene riportata la carta delle pericolosità sismiche dell'area riferita all'intera area d'intervento. Risulta evidente come siano presenti pericolosità sismiche legate alla presenza della falda a quote inferiori a 5 m dal piano campagna.



Stralcio cartografia di PRG del Comune di Fano

Compatibilità idrogeologica e valutazione del principio dell'invarianza idraulica

L'assetto idrogeologico del sito è dominato dal fenomeno di scorrimento delle acque superficiali data l'estesa impermeabilizzazione del sito, la banchina portuale è contigua al fabbricato artigianale in studio. Le acque sotterranee sono rappresentata dall'interdigitazione tra le acque salate e le acque dolci di falda. Il piano freatico è posto a circa 3,0 m dal piano campagna.

La realizzazione del progetto non comporterà variazioni al di sotto del piano campagna né interferirà con la falda.

L'intervento, così come progettato, non produrrà alcuna variazione all'assetto idrogeologico del sito.

Per quanto concerne il rispetto del principio dell'invarianza idraulica il calcolo dei volumi da laminare è escluso ai sensi del titolo III punto 3.4 lettera a) (impermeabilizzazioni pari o inferiori a 100 mq) della D.G.R. n. 53 del 27/01/2014; il sito risulta completamente impermeabilizzato.

8. ELEMENTI DI SINTESI PER LA PROGETTAZIONE

Le informazioni contenute nel seguente paragrafo costituiscono una guida per la stesura della relazione geotecnica vera e propria che dovrà essere redatta a corredo del progetto strutturale.

Con la normativa del D.M.17/01/2018 l'analisi del sistema terreno struttura viene trattato con metodi semiprobabilistici e compare il concetto di coefficienti di sicurezza parziali.

I dati seguenti (valori nominali) potranno essere utilizzati per la determinazione dei parametri caratteristici nella relazione geotecnica.

I principali parametri fisico-meccanici attribuibili ai terreni del sottosuolo vengono dedotti dalle prove considerate utilizzando dati disponibili ed ampiamente documentati dalla letteratura tecnica e scientifica.

I parametri fisico-meccanici sono per i terreni di natura granulare il peso di volume (γ) e l'angolo di attrito (ϕ).

La definizione del quadro geologico stratigrafico permette una ricostruzione del modello geotecnico. Si è ritenuto di adottare il modello geologico semplificato come modello geotecnico del sito:

- A) Terreni rimaneggiati e di riporto.
- B) Sabbie debolmente ghiaiose e sabbie ghiaiose di deposito alluvionale
- C) Ghiaia e sabbia

ORIZZONTE B: Sabbie debolmente ghiaiose e sabbie ghiaiose di deposito alluvionale

Peso unità di volume	$\gamma_{\text{nominale}} = 1,89 \text{ kg/cmc}$	Modulo elastico = 124 Kg/cm ²
Angolo di attrito	$\phi_{\text{medio}} = 31^\circ$	C' (coesione efficace) = 0 Kg/cm ²

ORIZZONTE C : Ghiaia e sabbia

Peso unità di volume	$\gamma_{\text{nominale}} = 2,00 \text{ g/cmc}$	Modulo elastico = 392 Kg/cm ²
Angolo di attrito	$\phi_{\text{medio}} = 37^\circ$	C' (coesione efficace) = 0 Kg/cm ²

La quota della falda è stimata a -3.0 m dal piano campagna.

9. CONCLUSIONI

Per la realizzazione del progetto di ristrutturazione del fabbricato in studio si è proceduto ad effettuare una ridotta campagna d'indagine, costituita da una penetrometria media viste le difficoltà di accesso presentate dal sito.

Il quadro stratigrafico è stato integrato con la consultazione di indagini eseguite in aree limitrofe a quella in studio.

La struttura in progetto insiste su un'area limitrofa alla banchina portuale ma costituita da terreno naturale e non di riempimento.

La stratigrafia rilevata ha evidenziato un riempimento al di sotto del piano di calpestio con un orizzonte fortemente rimaneggiato dello spessore di 60 cm. Segue un livello tendenzialmente sabbioso con elementi ghiaiosi fini passanti a ghiaie sabbiose vere e proprie. Il piano di falda è posizionato a circa 3 m dal piano campagna attuale.

In relazione ai dati emersi nel corso dell'elaborazione dei risultati ottenuti dal rilievo diretto di campagna e dalle indagini penetrometriche e sismiche non sono state individuate particolari problematiche di tipo geologico.

Dal punto di vista della pericolosità sismica l'area è interessata da potenziali rischi legati alla presenza della falda a quote inferiori a 5 m dal piano campagna.

In caso di demolizione del fabbricato esistente occorrerà prendere opportune precauzioni per la salvaguardia del piano d'imposta delle fondazioni degli edifici confinanti in quanto la natura granulare dei terreni presenti potrebbe portare alla perdita di contatto e adesione tra terreno e fondazione a causa del mancato confinamento laterale presente allo stato attuale.

L'esame dei vincoli del Piano di Assetto Idrogeologico restituisce un'area libera da potenziali movimenti gravitativi o da rischi di esondazione.

Le indagini sismiche considerate per la **determinazione della Vs30** nel sito sono state eseguite con metodologia MASW, si è evidenziata una **classificazione dei terreni presenti pari a C**.

La progettazione esecutiva esaminata permette di escludere interazioni con l'equilibrio idrogeologico del sito andando a riproporre le medesime superfici impermeabilizzate e escludendo la realizzazione di piani interrati che vadano ad interferire con la falda freatica. Si ritiene che non sussistano problematiche particolari di carattere idrogeologico.

Si garantisce quindi la piena compatibilità tra l'assetto idrogeologico e l'intervento in progetto.

Fano, 04/08/2025



Geol. Laura Pelonghini



Via Cavour, 21
60041 Sassoferrato - AN
Tel/Fax (Studio): 0732/96839
Cell. (Antonello): 338/9056200
Cell. (Fabrizio): 328/2652947
P.Iva: 02495830420 - C.F.: 02495830420

INDAGINI & GEOFISICHE
PROVE IN SITO
servizisismici@hotmail.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA MEDIA

Committente [REDACTED]
Località: [REDACTED]
Comune [REDACTED]

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL 030 16) (Medium)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0.20 m
Peso sistema di battuta	21 Kg
Diametro punta conica	45.14 mm
Area di base punta	16 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2.9 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

PROVA ... Nr.1

Profondita' (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)
0.10	67	0.657	146.64	223.33	7.33	11.17
0.20	3	0.855	8.55	10.00	0.43	0.50
0.30	3	0.853	8.53	10.00	0.43	0.50
0.40	1	0.851	2.84	3.33	0.14	0.17
0.50	1	0.849	2.83	3.33	0.14	0.17
0.60	3	0.847	8.47	10.00	0.42	0.50
0.70	15	0.795	39.76	50.00	1.99	2.50
0.80	24	0.743	59.47	80.00	2.97	4.00
0.90	26	0.742	60.88	82.11	3.04	4.11
1.00	21	0.740	49.06	66.32	2.45	3.32
1.10	19	0.788	47.28	60.00	2.36	3.00
1.20	17	0.786	42.21	53.68	2.11	2.68
1.30	19	0.785	47.07	60.00	2.35	3.00
1.40	25	0.733	57.86	78.95	2.89	3.95
1.50	36	0.681	77.44	113.68	3.87	5.68
1.60	44	0.630	87.47	138.95	4.37	6.95
1.70	71	0.628	140.79	224.21	7.04	11.21
1.80	73	0.626	144.38	230.53	7.22	11.53
1.90	100	0.625	187.42	300.00	9.37	15.00

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1) massetto	50.32	0.00-0.10	50.32	Meyerhof (1957)	--
Strato (2) riporto	1.65	0.10-0.60	1.65		31.01
Strato (3) sabbia ghiaiosa	15.58	0.60-1.40	15.58		89.02
Strato (4) ghiaia e sabbia	49.05	1.40-1.90	49.05		100.0

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) massetto	50.32	0.00-0.10	50.32	Meyerhof (1965)	--
Strato (2) riporto	1.65	0.10-0.60	1.65		20.62
Strato (3) sabbia ghiaiosa	15.58	0.60-1.40	15.58		31.12
Strato (4) ghiaia e sabbia	49.05	1.40-1.90	49.05		37.22

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) massetto	50.32	0.00-0.10	50.32	Schmertmann (1978) Sabbie	--
Strato (2) riporto	1.65	0.10-0.60	1.65		13.2
Strato (3) sabbia ghiaiosa	15.58	0.60-1.40	15.58		124.64
Strato (4) ghiaia e sabbia	49.05	1.40-1.90	49.05		392.4

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato(m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) massetto	50.32	0.00-0.10	50.32	Classificazione A.G.I	--
Strato (2) riporto	1.65	0.10-0.60	1.65		SCIOLTO
Strato (3) sabbia ghiaiosa	15.58	0.60-1.40	15.58		MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (4) ghiaia e sabbia	49.05	1.40-1.90	49.05		ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
Strato (1) massetto	50.32	0.00-0.10	50.32	Meyerhof 1951	--
Strato (2) riporto	1.65	0.10-0.60	1.65		1.58
Strato (3) sabbia ghiaiosa	15.58	0.60-1.40	15.58		1.89
Strato (4) ghiaia e sabbia	49.05	1.40-1.90	49.05		2.03

REGIONE MARCHE
PROVINCIA DI PESARO-URBINO
COMUNE DI FANO

COMMITTENTE: DR. GEOL. LAURA PELONGHINI

INDAGINE SISMICA ESEGUITA NELL'AREA INTERESSATA
DAL PROGETTO DI RISTRUTTURAZIONE DI UN
FABBRICATO DI CIVILE ABITAZIONE SITO IN VIA
NAZARIO SAURO NEL COMUNE DI FANO (PU)



Sassoferrato, 1 marzo 2011

**INDAGINE SISMICA ESEGUITA NELL'AREA INTERESSATA DAL PROGETTO
DI RISTRUTTURAZIONE DI UN FABBRICATO DI CIVILE ABITAZIONE
SITO IN VIA NAZARIO SAURO NEL COMUNE DI FANO (PU)**

INDICE

1	PREMESSA	pag. 1
2	INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW	
2.1	Analisi multicanale delle onde superficiali	pag. 1
2.2	Descrizione generale della procedura MASW	pag. 3
2.3	Strumentazione e metodologia di indagine	pag. 3
3	RISULTATI E CONCLUSIONI	
3.1	Classificazione dei terreni di fondazione (Vs30)	pag. 5



1 PREMESSA

Su incarico ricevuto dal Dr. Geol. Laura Pelonghini è stata eseguita un'indagine geofisica nell'area interessata dal progetto di ristrutturazione di un fabbricato di civile abitazione sito in via Nazario Sauro nel Comune di Fano (PU). L'indagine è consistita nell'esecuzione di n°1 stendimento sismico con metodologia MASW/Re.Mi. 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".

Ubicazione stendimento sismico



2 INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW

2.1 Analisi multicanale delle onde superficiali

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

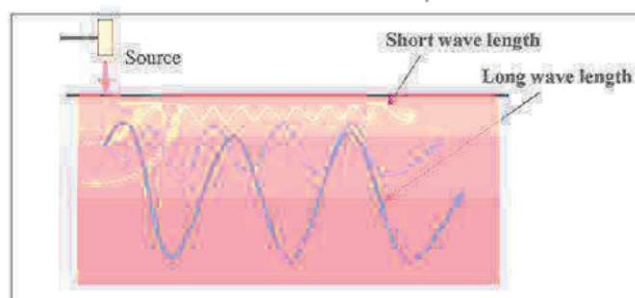


caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione.

Per ottenere un profilo Vs 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

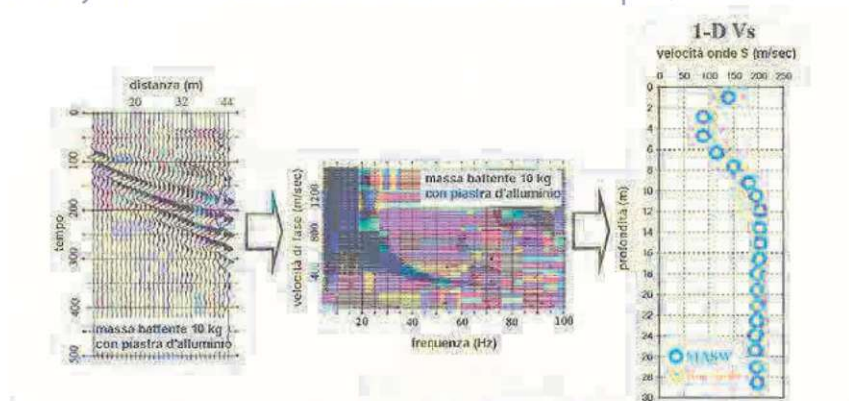


grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte) hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali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

2.2 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.



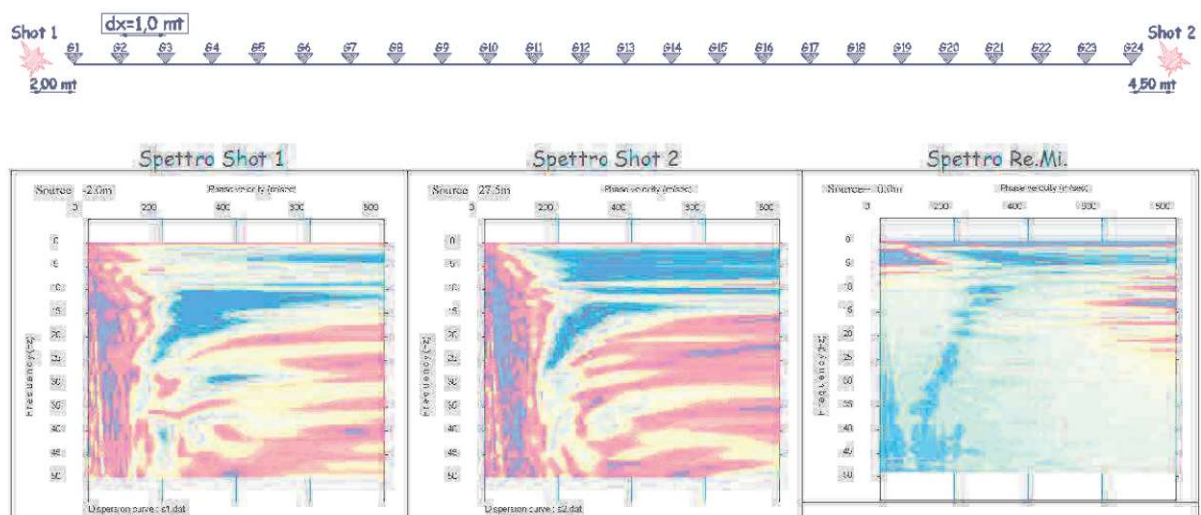
2.3 Strumentazione e metodologia di indagine

Le prospezioni sismiche oggetto del presente lavoro sono state eseguite 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 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 1,00 mt. La scelta della geometria dello stendimento è stata condizionata dalle condizioni logistiche del cantiere, caratterizzato da una limitata estensione areale.



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



Le curve di dispersione così ottenute, riportate nella precedente figura, risultano fra loro simili confermando quindi l'applicabilità della metodologia MASW; il processo di inversione è stato eseguito sulla curva di dispersione ottenuta dallo Shot 2, posto ad una distanza di 4,5 mt dal geofono G24, meglio definita nell'intervallo di frequenze utilizzato e caratterizzata dal miglior rapporto segnale/rumore e dal minore errore sul fitting con la curva di dispersione sperimentale apparente.

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



mazza di energizzazione. La morfologia del sito interessato dallo stendimento sismico risulta completamente pianeggiante.

3 RISULTATI E CONCLUSIONI

3.1 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 rigidezza 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:

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

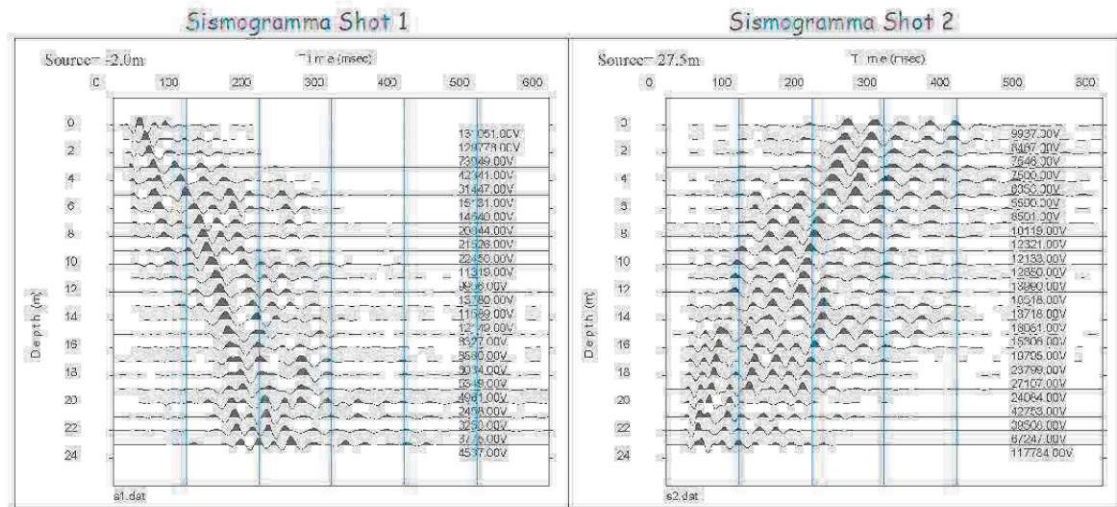
dove γ rappresenta la densità del corpo e μ il modulo di rigidità o modulo di taglio che indica la resistenza di un corpo alle variazioni di forma. Le proprietà elastiche del mezzo sono a loro volta influenzate da numerosi fattori quali la compattezza o il grado di litificazione, la porosità, la tessitura,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

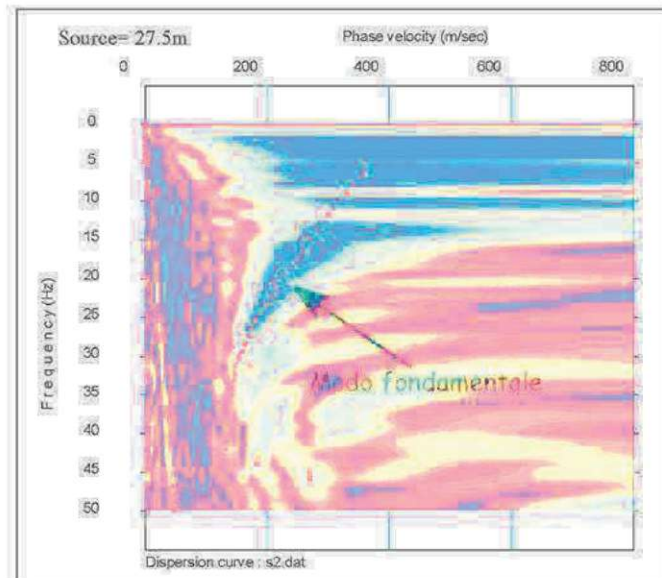
$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}}$$

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.

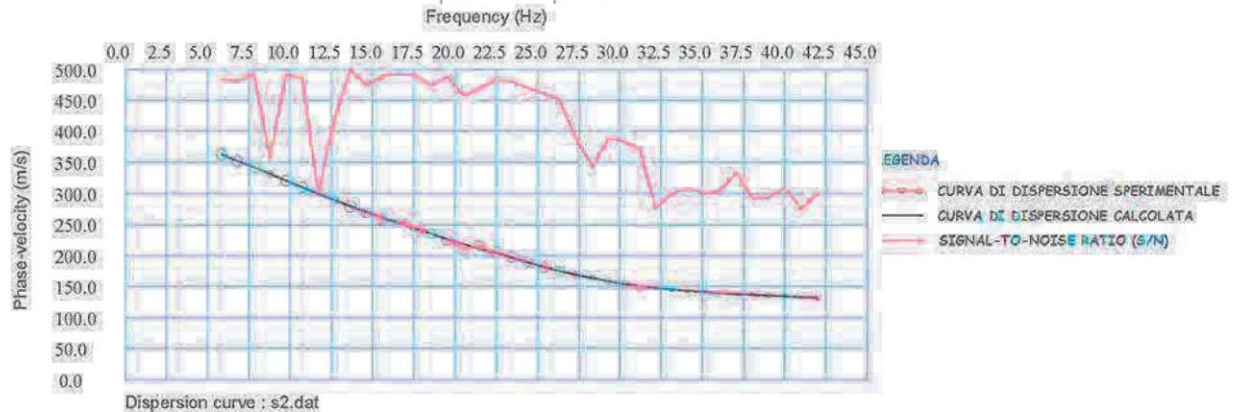
Le diverse fasi di acquisizione ed elaborazione dei dati sismici hanno portato alla creazione dei seguenti elaborati:



Spettro di velocità e curva di dispersione misurata - Shot 2



Curva di dispersione sperimentale e calcolata - Shot 2





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

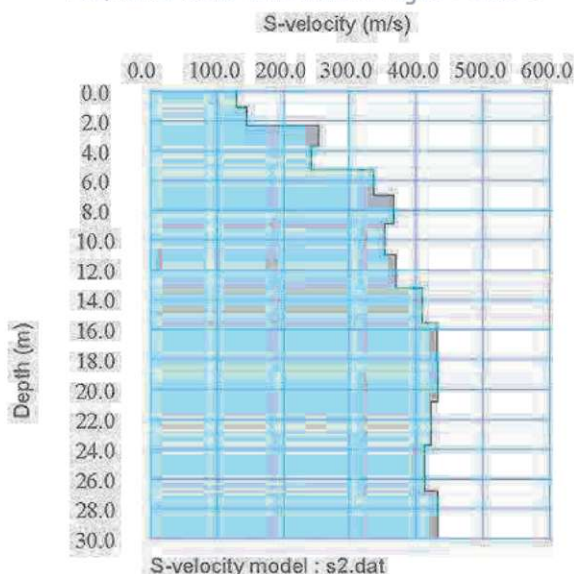
Profondità (mt)	h_i (mt)	V_i (m/s)	h_i/V_i	V_{s30} (m/s)
0,00 ÷ 1,07	1,07	129	0,0083	$V_{s30} = 331$ m/s Categoria di sottosuolo "C"
1,07 ÷ 2,31	1,24	145	0,0086	
2,31 ÷ 3,71	1,40	254	0,0055	
3,71 ÷ 5,27	1,57	243	0,0064	
5,27 ÷ 7,01	1,73	336	0,0051	
7,01 ÷ 8,90	1,90	367	0,0052	
8,90 ÷ 10,96	2,06	353	0,0058	
10,96 ÷ 13,19	2,23	369	0,0060	
13,19 ÷ 15,58	2,39	409	0,0058	
15,58 ÷ 18,13	2,55	431	0,0059	
18,13 ÷ 20,85	2,72	432	0,0063	
20,85 ÷ 23,74	2,88	422	0,0068	
23,74 ÷ 26,79	3,05	413	0,0074	
26,79 ÷ 30,00	3,21	433	0,0074	

$$\sum h_i/V_i = 0,0907$$

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

- C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Profilo verticale delle onde di taglio - Shot 2





Dal profilo verticale monodimensionale delle Vs sopra riportato si evince la presenza di due evidenti incrementi della velocità di propagazione delle onde di taglio rilevabili rispettivamente alle profondità di 2,00 mt e 5,00 mt circa dal p.c.; oltre quest'ultima quota il parametro Vs si assesta su valori pressoché costanti sino alla profondità di 13,00 mt circa dal p.c. dove si osserva un nuovo incremento della velocità di propagazione delle onde di taglio, che assumono poi nuovamente valori pressoché costanti.

Sassoferrato, 1 Marzo 2011

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

