



**COMUNE DI FANO**  
**Provincia di Pesaro Urbino**

Settore Lavori Pubblici – U.O.C. Coordinamento e Programmazione LL.PP.

**INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DEL CENTRO STORICO**  
**- PIAZZA MARCOLINI**  
**CUP E33D18000380004 CUI: L00127440410201900036**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**

**PROGETTO FINANZIATO CON I FONDI EUROPEI**

**PNRR: M2C4: Tutela del territorio e della risorsa idrica - I2.2: Interventi per la resilienza, la valorizzazione del territorio e l'efficienza energetica dei Comuni**



**IL GEOLOGO**

(Dott. Geol. Paolo Gerardo Giovanni Marolda)

**Responsabile Unico del Procedimento:**

Geom. Mario Silvestrini

## INDICE

PREMESSA.....	2
UBICAZIONE.....	2
INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	3
ANALISI DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO .....	6
ASPETTI METEO - CLIMATICI.....	7
OSSERVAZIONI SULLA SISMICITA' .....	10
INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE .....	12
MICROZONAZIONE SISMICA.....	14
CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	15
SUCCESSIONE STRATIGRAFICA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.....	16
TIPOLOGIA FONDALE E PIANO DI POSA DELLE FONDAZIONI.....	17
ALTEZZA CRITICA DELLE SCARPATE .....	18
COEFFICIENTE DI REAZIONE "K" (Winkler) .....	19
CONSIDERAZIONI SULLA LIQUEFAZIONE .....	19
MODALITA' DI INTERVENTO E REGIMAZIONE DELLE ACQUE .....	23
CONCLUSIONI.....	24

## ALLEGATI GRAFICI

COROGRAFIA	SCALA 1:25.000
CARTA TECNICA NUMERICA	SCALA 1:10.000
MAPPA CATASTALE	SCALA 1:2.000
CARTA GEOLOGICA	SCALA 1:20.000
STRALCIO CARTOGRAFIA PAI	SCALA 1:15.000
PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI	SCALA 1:300
RELAZIONE SISMICA E INDAGINI GEOGNOSTICHE	
SEZIONE STRATIGRAFICA	SCALA 1:100

## **PREMESSA**

Con la presente, è stata approntata la presente relazione geologica e geotecnica al fine di valutare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, sismiche e geotecniche dell'area ubicata in Piazza Marcolini, a corredo del progetto di "interventi di riqualificazione del centro storico: Piazza Marcolini" in Comune di Fano (PU).

Lo studio, eseguito in conformità agli indirizzi tecnici contenuti nel D.M. 17/01/2018 e nel D.M. 47 del 11.3.1988, si è articolato nelle seguenti fasi:

rilievi di superficie diretti a definire un quadro dettagliato delle caratteristiche geomorfologiche e geologiche dell'area;

- acquisizione di dati ed informazioni relativi all'area di studio e alle zone limitrofe;
- analisi di cartografie tematiche, con particolare attenzione al P.A.I., finalizzata alla ricostruzione dell'assetto idrogeologico dell'area e di eventuali pericolosità;
- esecuzione di indagini geognostiche (n° 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti);
- indagini geofisiche (n° 1 stendimento sismico tecnica MASW);
- elaborazione dei dati e definizione dei parametri necessari per la progettazione dell'intervento.

## **UBICAZIONE**

L'area esaminata ricade nel centro storico della città di Fano nel settore sud orientale, più precisamente in Piazza Marcolini.

Nella cartografia ufficiale l'area di studio ricade all'interno del Foglio n° 110 della Carta Topografica d'Italia (scala 1:25.000) nella Tavoletta IV° S.O. – "Fano".

Sulla Carta Tecnica Numerica della Regione Marche (scala 1:10.000), l'area è ubicata all'interno della Sezione n° 269130 "Fano".

Infine, per quello che riguarda i riferimenti catastali, il fabbricato in oggetto trova riferimento al Foglio n° 141 del Catasto terreni del Comune di Fano.

## **INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

### **GEOMORFOLOGIA**

L'area in studio ricade nella fascia costiera della Provincia e, in particolare, è situata in corrispondenza nella porzione terminale della piana alluvionale del Fiume Metauro, sulla quale si sviluppa la città di Fano.

La zona indagata dista circa 700 m dalla costa e circa 3 km dall'alveo del Fiume Metauro, rispetto alla quale risulta ubicata in sinistra idrografica.

La piana alluvionale corrisponde in gran parte al terrazzo di III° ordine, mentre a poca distanza dal sito oggetto d'intervento, in direzione NE è presente un importante salto morfologico, sfruttato come limite della cinta muraria del centro storico dell'abitato di Fano che segna il passaggio con i depositi alluvionali più recenti di IV° ordine e delle spiagge attuali.

La morfologia dell'area di Piazza Marcolini è pertanto caratterizzata da un andamento pianeggiante situata ad una quota assoluta di circa 13 m s.l.m..

L'intensa urbanizzazione succeduta nei diversi secoli, ha cancellato tracce di elementi morfologici così come l'idrografia superficiale risulta completamente assente essendo presente, infatti, una ricca rete di canalizzazioni superficiali artificiali.

L'assetto morfologico pianeggiante fa sì che il grado di pericolosità per processi gravitativi sia praticamente nullo.

In corrispondenza dell'area di studio e delle zone limitrofe, sia i rilievi di superficie che la cartografia tematica consultata (Cartografia P.A.I. dei bacini di rilievo regionale delle Marche elaborata dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale, Progetto IFFI elaborato dall'ISPRA) non hanno evidenziato forme o processi riconducibili a fenomeni gravitativi in atto o potenziali.

### **GEOLOGIA**

Per quanto concerne l'aspetto geologico-stratigrafico, l'elemento che caratterizza la zona oggetto di indagine è costituito dai depositi alluvionali del Fiume Metauro, che in prossimità della costa si intercalano ai sedimenti marini. Le varie fasi di alluvionamento, deposizione ed erosione del Fiume Metauro, associate alla dinamica costiera e alla tettonica, hanno determinato l'accumulo di una potente successione sedimentaria, dell'ordine di alcune decine di metri lungo l'asse fluviale (circa 15 m nella zona più interna e circa 40-50 m in prossimità della foce).

I depositi alluvionali sono contraddistinti da variazioni verticali e da eteropie di facies legate a cambiamenti litologici e granulometrici.

Questi sono costituiti da sedimenti eterogenei che includono livelli e lenti a prevalente componente grossolana (sabbie, sabbia con ghiaia, ghiaia) e livelli e lenti a prevalente componente coesiva (argille limose e limi argillosi), che si differenziano anche per lo stato di

addensamento. Dati acquisiti da studi relativi alla bassa valle del Fiume Metauro attestano una successione alluvionale caratterizzata da depositi a granulometria crescente verso il basso.

Tali sedimenti ricoprono il substrato geologico prequaternario, costituito dai depositi sabbiosi del Pliocene e dalla Formazione delle Argille Azzurre (terreni prevalentemente pelitici rappresentati da argille e argille marnose di colore grigio azzurrognolo e subordinatamente nocciola, a luoghi siltose, del Pleistocene).

L'area oggetto di studio è collocata all'interno del centro storico di Fano dove nel corso dei secoli l'azione dell'uomo ha modificato la morfologia dei luoghi con sovrapposizione di edifici e rimaneggiamento costante dei terreni in posto che si sono sovrapposti alla litologia originaria. Sono presenti, infatti, coperture di terreni fini con pietrame, materiale di riporto vario e terreno granulare per uno spessore quantificabile di alcuni metri (circa 8/10 m) dal piano della piazza.

L'indagine sismica ha evidenziato un aumento delle velocità delle onde di taglio  $V_s$  piuttosto superficiale, posto alla profondità di circa 2 m, che verosimilmente corrisponde al passaggio tra depositi detritici più o meno fini poco addensati a quelli più consistenti e addensati a componente più grossolana.

#### **IDROLOGIA SUPERFICIALE E SOTTERRANEA**

Come indicato nei paragrafi iniziali, l'area in esame è ubicata sulla piana alluvionale del Fiume Metauro, che scorre circa 3 km a S.E. e dista circa 0.7 km dalla costa. L'elemento idrografico più prossimo alla zona in studio è il Vallato del Porto, un canale artificiale che ha origine dal Fiume Metauro, in località "La Chiusa", a circa 9.5 km dalla foce. Il Vallato scorre circa 0.6 km ad Ovest della zona di intervento.














Per quello che riguarda l'idrogeologia, i depositi detritici di riporto e alluvionali che caratterizzano l'intera area sono contraddistinti da un grado di permeabilità variabile, legato alla granulometria degli stessi. La permeabilità, e quindi la circolazione idrica, sono maggiori all'interno dei sedimenti più grossolani, mentre i depositi limoso-argillosi presentano una permeabilità bassa. Per la zona in studio, i dati derivati dalle indagini geognostiche lasciano supporre una prevalente componente a granulometria grossolana.

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche fino alle profondità investigate non è stata riscontrata la presenza di falda acquifera; la presenza di alcuni pozzi, ubicati in aree limitrofe a quella d'intervento, la falda è stata stimata ad una profondità di circa -10 m dall'attuale piano campagna. Da informazioni acquisite da studi eseguiti sulla bassa valle del Metauro e dalle tavole del PRG confermano la presenza della falda a profondità (entro 5-10 m dal p.c.).

# Carta Piezometrica

(periodo: Inizio Ottobre 2004)

## Legenda

-  Limite del terrazzo di III ordine
-  Pozzo censito
-  Direzione preferenziale di flusso
-  Spartiacque sotterraneo
-  Isopiezometriche
-  Corso d'acqua
-  Acquedotto Sotterraneo
-  Canale antropico
-  Linea di costa
-  limite piana alluvionale
-  Fano
-  13 Codice identificativo del pozzo di misura
-  20 Quota piezometrica s.l.m. (m)



Tratta da: ANALISI DELLE RISORSE IDRICHE E VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA', CON L'AUSILIO DI METODOLOGIE GIS, DELL'ACQUIFERO ALLUVIONALE DEL FIUME METAURO TRA MONTEMAGGIORE E FANO (PU), Tesi di Laurea sperimentale di M. Di Girolamo (a.a. 2003/2004)

## **ANALISI DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO**

Per quanto concerne il rischio idrogeologico, la morfologia pianeggiante dell'intera area fa sì che la pericolosità legata a processi gravitativi sia di fatto nulla. Anche per quanto riguarda il pericolo di esondazione la zona in studio non risulta esposta a rischio in quanto il Fiume Metauro è ubicato a notevole distanza dalla stessa (circa 3 km); relativamente al Vallato del Porto, oltre alla significativa distanza che lo separa dalla zona di studio, la pericolosità risulta comunque nulla in quanto, trattandosi di un canale artificiale, la portata è costantemente controllata e gestita mediante due sistemi di regolazione (La Chiusa e Le Portelle) che agiscono in caso di piena per rimandare le acque in eccesso di nuovo nel Fiume Metauro.

L'assenza di rischi di tipo idrogeologico è stata confermata anche dalla consultazione della cartografia del P.A.I. dei bacini di rilievo regionale delle Marche, redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale. In corrispondenza della zona di studio la cartografia non evidenzia alcuna area soggetta a rischio idrogeologico, né per movimenti di versante, né per fenomeni di esondazione (vedi cartografia allegata in calce).

Dal punto di vista del rischio idrogeologico, risulta pertanto che l'area presenta un assetto e caratteristiche idonee per la realizzazione degli interventi in progetto.



***Stralcio cartografia PAI dei bacini di rilievo regionale delle Marche, redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale Tav. 7/c***

## ASPETTI METEO - CLIMATICI

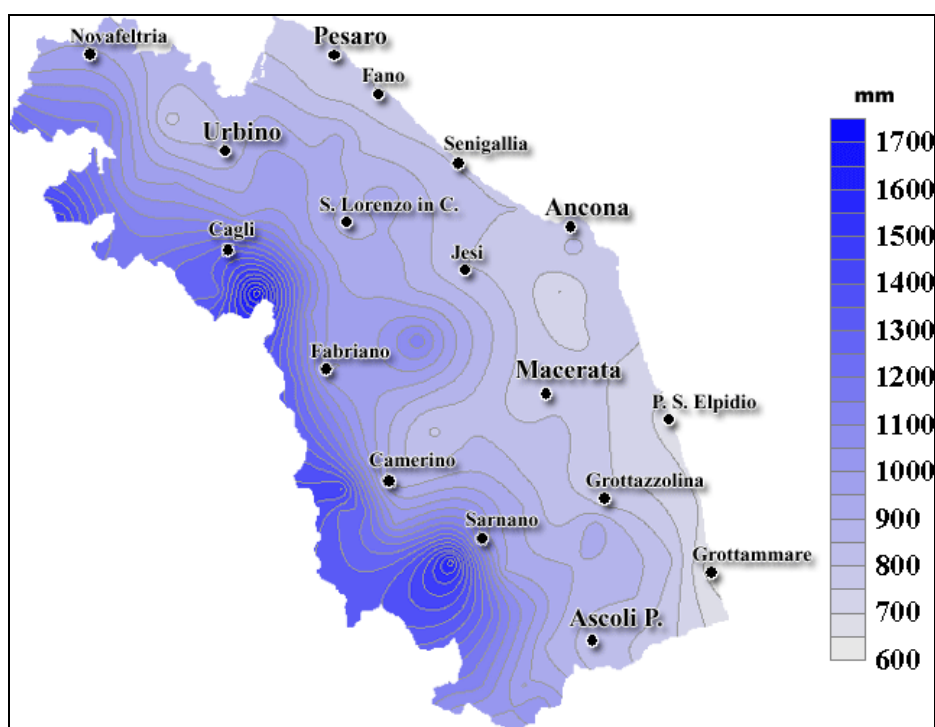
Il territorio in esame è caratterizzato da un regime pluviometrico di tipo litoraneo (versante adriatico), che presenta un minimo principale estivo ed uno secondario meno accentuato alla fine dell'inverno, ed un massimo principale alla fine dell'autunno ed uno secondario in primavera.

Nella tabella che segue sono stati inseriti i valori delle precipitazioni medie annuali e stagionali relativi ad alcune stazioni ubicate in prossimità della zona di studio. I valori sono espressi in mm e derivano dall'analisi delle registrazioni effettuate tra il 1950 ed il 1989.

### Precipitazioni medie annuali e stagionali

<b>STAZIONE</b>	<b>Media annuale</b>	<b>Media primaverile</b>	<b>Media estiva</b>	<b>Media autunnale</b>	<b>Media invernale</b>
FANO	749.1	174.9	161.6	233.1	179.9

### Precipitazioni medie annue



I dati meteo-climatici, oltre a costituire un'informazione fondamentale per l'analisi degli scenari di rischio idrogeologico, rivestono importanza anche nella progettazione e dimensionamento delle opere di regimazione delle acque superficiali e di smaltimento delle acque meteoriche; a tale scopo particolare importanza assume l'intensità e la durata delle precipitazioni meteoriche.

Di seguito si riportano le precipitazioni di massima intensità con diversa durata in ore, registrate dalla stazione pluviometrica di Fano tra il 1951 ed il 2019.



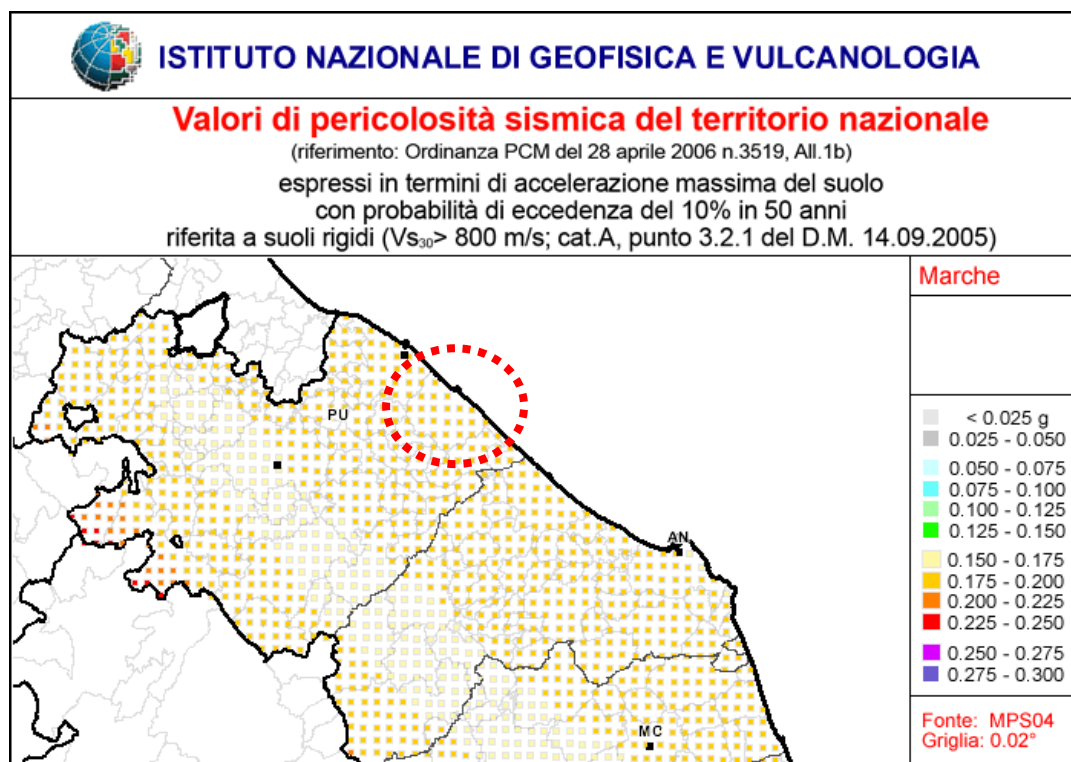
**STAZIONE DI FANO – Precipitazioni massima intensità  
(espressa in mm)e breve durata (1, 3, 6, 12, 24 ore)**

	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>
1951	29.00	40.00	44.40	63.60	79.40
1952	20.60	20.80	23.60	31.40	40.40
1953	40.00	55.00	67.00	79.20	84.40
1954	15.60	18.80	25.20	36.20	42.60
1955	39.00	53.60	64.20	64.20	74.40
1956	31.20	44.80	46.80	46.80	47.20
1957	23.00	25.40	32.20	34.60	42.60
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
1967	22.80	31.80	32.00	32.00	32.00
1968	12.60	16.40	29.20	36.80	51.20
1969	47.00	62.20	63.60	63.60	63.60
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
1973	24.00	51.60	74.20	100.80	132.80
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	24.20	65.40	104.20	123.20	154.80
1981	23.60	25.60	32.00	51.20	85.20
1982	15.20	23.00	34.00	47.20	73.00
1983	40.40	60.20	68.20	68.20	70.60
1984	17.40	19.20	30.60	43.80	47.40
1985	32.00	36.00	37.40	45.00	50.00
1986	31.40	33.00	40.00	67.40	86.60
1987	25.00	30.60	33.40	40.00	47.40
1988	27.00	28.40	28.60	29.40	30.00
1989	30.40	35.60	52.60	54.20	73.00
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

	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>
2008	22.2	34.8	36.6	36.6	54
2009	22.8	26	30	34.6	40
2010	41.6	45.4	45.4	48.8	58.8
2011	36.8	41.4	41.4	41.6	46.6
2012	20.2	35.8	38.6	54.8	66.4
2013	32.2	39.6	39.6	46.8	60.2
2014	28.2	52.8	78.8	109	130.6
2017	28	39.8	45.4	55.8	66.6
2018	45.4	53.4	57.6	57.8	72.4
2019	40	41.4	41.4	41.4	48.8

## OSSERVAZIONI SULLA SISMICITA'

Il territorio del Comune di Fano è stato classificato di seconda categoria ( $S = 9$ ) ai sensi del decreto del 10.02.1983, pubblicato sulla G.U. n° 80 del 23.03.1983; anche sulla base della Nuova Classificazione Sismica del territorio nazionale (OPCM 3519/2006), effettuata dal Dipartimento della Protezione Civile e aggiornata al 2015, il Comune di Fano rientra in Zona 2.



Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)	
1	$ag > 0.25$	E' la zona più pericolosa. La probabilità che capiti un forte terremoto è alta
2	$0.15 < ag \leq 0.25$	<b>In questa zona forti terremoti sono possibili</b>
3	$0.05 < ag \leq 0.15$	In questa zona i forti terremoti sono meno probabili rispetto alla zona 1 e 2
4	$ag \leq 0.05$	E' la zona meno pericolosa: la probabilità che capiti un terremoto

Il territorio del Comune di Fano, come risulta dalla consultazione della bibliografia dell'INGV (*DBMI15*), è stato interessato negli ultimi secoli da vari terremoti che hanno raggiunto l'intensità massima pari all'8° grado della Scala MCS nell'anno 1303. Nella tabella che segue, sono riportati i principali terremoti (intensità  $\geq 4$ ) che hanno interessato il territorio comunale di Fano; sono illustrate le date dell'evento, l'ubicazione, l'intensità ( $I_0$ ) nella zona d'epicentro e quella registrata a Fano ( $I_s$ ).

## Storia sismica di Fano (PU) [43.837, 13.018]

Osservazioni disponibili: 66

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
8	<a href="#">🔗</a>	1303	08				Adriatico centrale	4	
7-8	<a href="#">🔗</a>	1672	04	14	15	45	Riminense	92	8 5.59
7-8	<a href="#">🔗</a>	1930	10	30	07	13	Senigallia	268	8 5.83
7	<a href="#">🔗</a>	1389	04				Fano	1	7 5.10
7	<a href="#">🔗</a>	1897	09	21			Marche settentrionali	44	7 5.40
6-7	<a href="#">🔗</a>	1741	04	24	09	20	Fabrianese	135	9 6.17
6-7	<a href="#">🔗</a>	1781	06	03			Cagliese	157	10 6.51
6-7	<a href="#">🔗</a>	1788	04	19			Costa pesarese	2	5-6 4.40
6-7	<a href="#">🔗</a>	1875	03	17	23	51	Costa romagnola	144	8 5.74
6	<a href="#">🔗</a>	1692	10	23	20	10	Costa pesarese	2	5 4.16
6	<a href="#">🔗</a>	1838	06	23			Costa pesarese	4	6 4.63
6	<a href="#">🔗</a>	1916	05	17	12	50	Riminense	132	8 5.82
6	<a href="#">🔗</a>	1916	08	16	07	14	Riminense	257	8 5.82
6	<a href="#">🔗</a>	1924	01	02	08	13	Senigallia	76	7-8 5.48
5-6	<a href="#">🔗</a>	1937	11	26	21	30	Costa pesarese	7	5 4.16
5	<a href="#">🔗</a>	1690	12	23	00	20	Costa anconetana	16	8 5.58
5	<a href="#">🔗</a>	1744	05	25			Costa pesarese	5	5 4.59
5	<a href="#">🔗</a>	1786	12	25	01		Riminense	90	8 5.66
5	<a href="#">🔗</a>	1873	03	12	20	04	Appennino marchigiano	196	8 5.85
5	<a href="#">🔗</a>	1901	09	25	23	40	Costa pesarese	9	5 4.23
5	<a href="#">🔗</a>	1909	01	13	00	45	Emilia Romagna orientale	867	6-7 5.36
5	<a href="#">🔗</a>	1972	11	30	11	25	Costa pesarese	30	4.52
4-5	<a href="#">🔗</a>	1727	12	14	19	45	Valle del Metauro	32	7 5.24
4-5	<a href="#">🔗</a>	1887	05	26			Jesi	19	5 4.44
4-5	<a href="#">🔗</a>	1928	05	30	20	01	Senigallia	17	5 5.02
4-5	<a href="#">🔗</a>	1943	07	31	04	37	Senigallia	5	5 4.16
4-5	<a href="#">🔗</a>	1976	05	06	20	00	Friuli	770	9-10 6.45
4-5	<a href="#">🔗</a>	1997	09	26	09	40	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9 5.97
4	<a href="#">🔗</a>	1914	10	27	09	22	Lucchesia	660	7 5.63
4	<a href="#">🔗</a>	1915	01	13	06	43	Marsica	1041	11 7.08
4	<a href="#">🔗</a>	1922	10	11	06	42	Costa anconetana	20	5 4.34
4	<a href="#">🔗</a>	1936	10	18	03	10	Alpago Cansiglio	269	9 6.06
4	<a href="#">🔗</a>	1950	09	05	04	08	Gran Sasso	386	8 5.69
4	<a href="#">🔗</a>	1962	01	23	17	31	Costa pesarese	49	5 4.35
4	<a href="#">🔗</a>	1998	04	05	15	52	Appennino umbro-marchigiano	395	4.78

## INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Le nuove NTC del DM 17/10/2018 attualmente propongono una descrizione della pericolosità sismica di base più accurata, sia in termini geografici che temporali. La pericolosità sismica di base è definita, infatti, secondo una procedura basata sui risultati dello studio dell'INGV che ha prodotto una mappa interattiva di pericolosità sismica per tutto il territorio nazionale. Dal punto di vista geografico la pericolosità sismica si svincola per la prima volta dai limiti territoriali amministrativi e pertanto al valore di pericolosità di ogni singolo comune italiano viene sostituita una definizione per ogni punto di un reticolo di riferimento basato sulle coordinate geografiche di latitudine e longitudine.

Nel caso specifico le coordinate ED50 della località Piazza Marcolini nel Comune di Fano sono le seguenti:

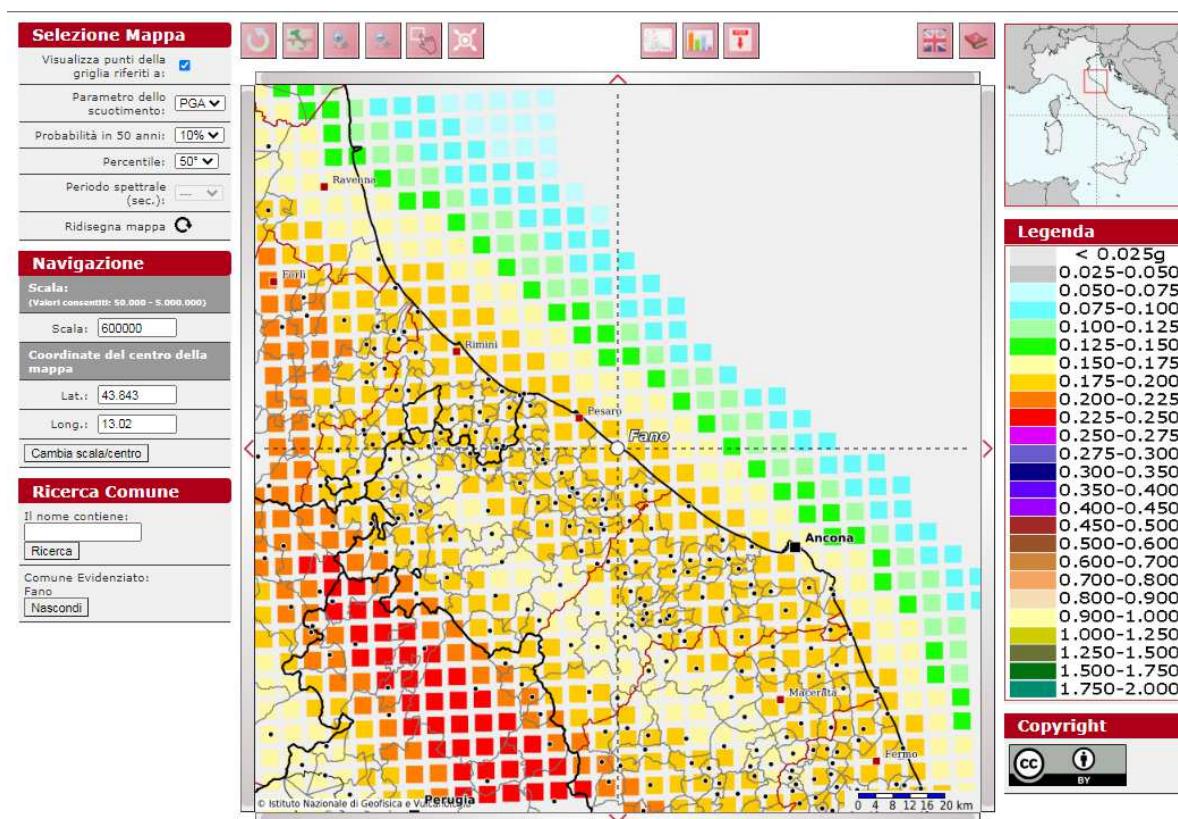
**Latitudine 43.842894**

**Longitudine 13.021588**



Figura tratta da <https://geoapp.eu>

## Mappa di pericolosità sismica Parametro dello scuotimento a(g) con probabilità del 10% in 50 anni



Fonte INGV - <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

In base alle coordinate del sito è possibile quindi determinare la pericolosità sismica di base del sito in esame, definita nelle NTC18 in termini di tre parametri di riferimento:  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del terreno),  $F_0$  (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e  $T^*c$  (Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale). I tre parametri vengono quindi definiti per i periodi di ritorno dell'azione sismica TR di riferimento relativi agli stati limite di esercizio e agli stati limite ultimi che nel caso specifico, considerando una vita nominale della costruzione  $V_n$  pari a 50 anni e un coefficiente d'uso della costruzione  $c_u$  pari a 1, sono i seguenti:

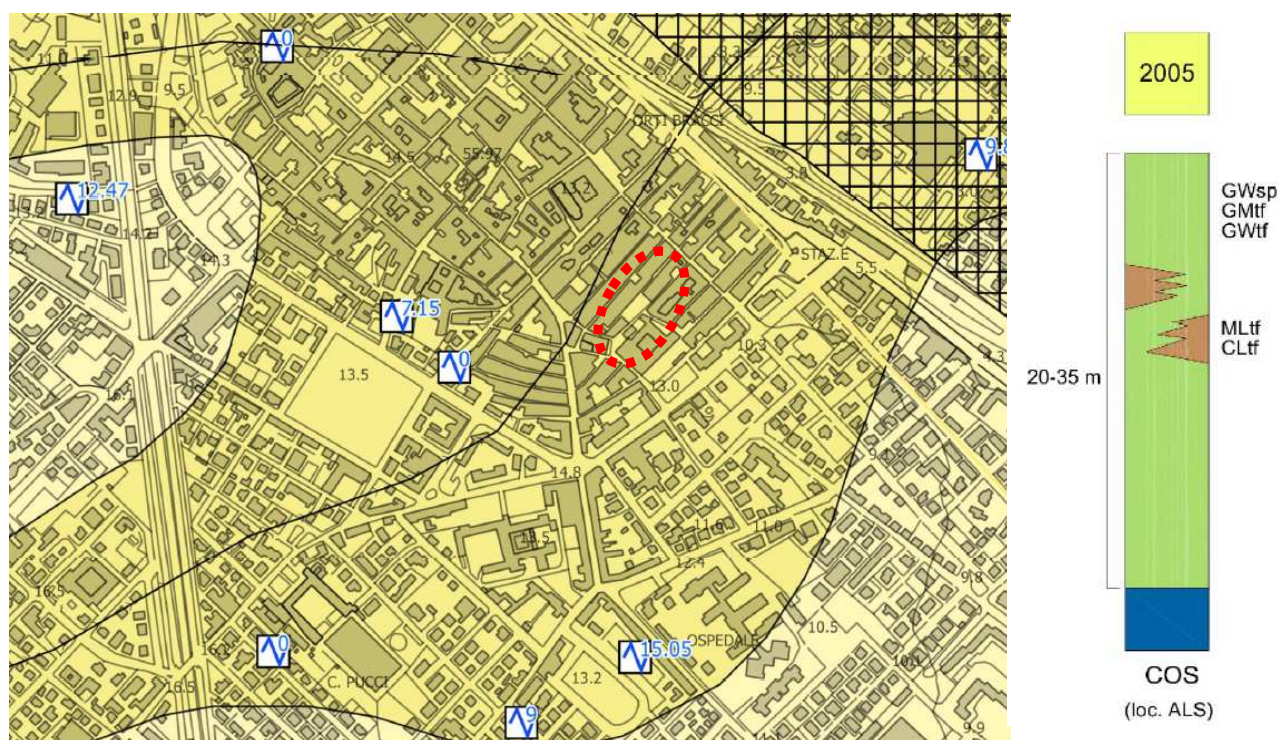
Stati Limite	PVR [%]	TR [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [--]	$T^*c$ [s]
SLO	81	30	0,046	2,433	0,275
SLD	63	50	0,060	2,582	0,276
SLV	10	475	0,181	2,468	0,296
SLC	5	975	0,235	2,508	0,309

## MICROZONAZIONE SISMICA

Lo studio di Microzonazione Sismica di livello 2 del Comune di Fano, effettuato ai sensi dell'OPCM 344/2016 ed elaborato nell'anno 2018, per l'area in studio indica una successione stratigrafica caratterizzata da substrato geologico non sismico sormontato da una potente successione alluvionale con litologia prevalentemente grossolana talora con livelli più fini.

Sulla base della carta delle MOPS (microzone omogenee in prospettiva sismica), l'area rientra nella **"Zona 5" cod. 2005**, ossia zone stabili, in cui si attendono effetti amplificativi legati alla successione stratigrafica.

Per l'area d'intervento, sia nello studio di livello 1 sia in quello di livello 2, non sono evidenziate zone di attenzione per instabilità (frane, liquefazione, cedimenti, faglie attive capaci).



Stralcio "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" Comune di Fano (anno 2018)

## CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

In relazione a quanto indicato nel Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018), per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. Tali categorie vengono definite sulla base dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{Seq}$ . Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{Seq}$  è definita dal parametro  $VS_{30}$ .

Nel caso in esame, l'assegnazione della categoria di sottosuolo è stata effettuata sulla base delle risultanze ottenute da un'indagine geofisica con metodo MASW, eseguita nel settore Nord Ovest di Piazza Marcolini, parallelamente a Via Apolloni, finalizzata alla caratterizzazione sismica del sito tramite l'individuazione della Categoria di sottosuolo secondo quanto stabilito dalle Nuove Norme Tecniche del D.M. 17 gennaio 2018 e alla ricostruzione del profilo verticale delle velocità delle onde e alla determinazione del parametro di progetto  $V_{Seq}$ .

Nella tabella che segue vengono indicati i principali sismostrati individuati a partire dalla quota del piano campagna. Per i dettagli si rimanda al rapporto geofisico allegato.

STRATO	SPESSORE medio (hi)	VELOCITA' media (Vs)
1	2.00 m	235 m/s
2	1.10 m	403 m/s
3	10.30 m	460 m/s
4	3.70 m	383 m/s
5	12.90 m	506 m/s

Sulla base dei risultati dell'indagine, si può assegnare all'area di studio una **categoria di sottosuolo B** poiché  $V_{S30} = 436 \text{ m/s}$  (Tab. 3.2.II N.T.C.).

Per quanto concerne le condizioni topografiche, l'area in studio rientra nella **Categoria T1**: superficie topografica pianeggiante e rilievi con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$  (Tab. 3.2.III N.T.C.).

Intersecando i parametri sismici sopra indicati con i dati di pericolosità sismica riportati a pag. 13, si ricavano i coefficienti sismici di seguito riassunti nel caso adottato:

	Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax (m/s <sup>2</sup> )	Beta
SLO:	1,200	1,420	1,000	0,011	0,006	0.543	0,200
SLD:	1,200	1,420	1,000	0,014	0,007	0.708	0,200
SLV:	1,200	1,400	1,000	0,052	0,026	2,125	0,240
SLC:	1,160	1,390	1,000	0,076	0,038	2,675	0,280

**Ss** = amplificazione stratigrafica; **Cc** = coef. funz. categoria sottosuolo; **St** = amplificazione topografica; **kh** = coef. sismico orizzontale; **k<sub>v</sub>** = coef. sismico verticale; **Amax** = accelerazione orizzontale massima attesa; **Beta** = coef. di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito



## SUCCESSIONE STRATIGRAFICA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

La caratterizzazione geologico - stratigrafica dell'area oggetto di intervento è stata ricavata attraverso di n° 2 prove penetrometriche dinamiche pesanti e da uno stendimento sismico in tecnica MASW eseguite all'interno di Piazza Marcolini ubicate come da allegato in calce alla relazione.

L'area è caratterizzata da diversi metri di terreni di riporto e rimaneggiati che ricoprono una potente sequenza alluvionale.

Lo schema che segue riassume i principali orizzonti rilevati; le profondità sono riferite alla quota di Piazza Marcolini.

ORIZZONTE "A" da 0.0 a -0.80/1.0 m	<b>TERRENO MEDIAMENTE CONSOLIDATO, RIMANEGGIATO</b> Pavimentazione stradale e sottofondo e terreni limoso - argillosi e sabbiosi talora con inclusioni, mediamente consolidati
ORIZZONTE "B1" da -0.80/1.0 m a -2.20/2.40 m	<b>DEPOSITI DETRITICI POCO CONSOLIDATI</b> Terreni a prevalente composizione limoso sabbiosa, con grado di addensamento da basso a molto basso
ORIZZONTE "B2" oltre -2.20/2.40 m	<b>DEPOSITI DETRITICI ABBASTANZA CONSOLIDATI</b> Terreni a prevalente composizione a granulometria grossolana in matrice limoso sabbiosa e argillosa, con grado di addensamento elevato

Come già descritto in precedenza, l'area è caratterizzata da depositi detritici di riporto di natura litologica eterogenea che ricoprono i depositi alluvionali sottostanti.

Le prove penetrometriche dinamiche pesanti, protratte sino alla profondità massima di - 4.60 m circa (PD\_01), hanno consentito di individuare un primo livello costituito dalla pavimentazione stradale e del sottofondo e da terreni limoso argillosi sabbiosi a media consistenza talora con inclusioni (Orizzonte A) e un secondo da depositi detritici fini talora con inclusioni con grado di addensamento basso (Orizzonte B1) per poi passare a depositi più grossolani con addensamento piuttosto alto e contraddistinti da un'elevata resistenza alla penetrazione (Orizzonte B2) a partire da quote superficiali (-2.20/2.40 m circa). L'Orizzonte B, pertanto, è stato suddiviso in due sotto-orizzonti in funzione del grado di consistenza identificato durante l'esecuzione delle prove penetrometriche eseguite nell'ambito del presente studio così come riportato di seguito:

B1 – depositi detritici poco addensati.

B2 – depositi detritici da mediamente a molto addensati;

Per la stratigrafia di dettaglio si rimanda alla sezione stratigrafica allegata in calce alla relazione.

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche, fino alle profondità investigate (profondità massima raggiunta -4.60 m dall'attuale piano campagna), non è stata riscontrata la presenza di falda acquifera; da informazioni reperite su alcuni pozzi ubicati in aree limitrofe a

quella oggetto d'intervento, è stato possibile rilevare la falda ad una profondità di circa -10 m dall'attuale piano campagna.

#### **CARATTERISTICHE GEOTECNICHE**

La definizione delle caratteristiche geotecniche dei vari orizzonti litologici si è basata sull'elaborazione delle prove penetrometriche, oltre che sui risultati di analisi di laboratorio eseguite su campioni di analoga composizione e su informazioni derivate dalla bibliografia geotecnica.

Lo schema che segue visualizza i parametri geotecnici attribuiti ai vari orizzonti precedentemente descritti:

<b>ORIZZONTE "A"</b> terreno rimaneggiato		Parametri non rilevati
<b>ORIZZONTE "B1"</b> depositi detritici poco consistenti		$\phi = 22-26^\circ$ $\gamma = 1.9 - 2.0 \text{ g/cm}^3$ $c = 0.0 \text{ kg/cm}^2$
<b>ORIZZONTE "B2"</b> depositi detritici abbastanza consistenti		$\phi = 30-35^\circ$ $\gamma = 1.9 - 2.0 \text{ g/cm}^3$ $c = 0.0 \text{ kg/cm}^2$

#### **TIPOLOGIA FONDALE E PIANO DI POSA DELLE FONDAZIONI**

Sulla base dei dati ricavati dalle indagini geognostiche e della ricostruzione stratigrafica eseguita, è possibile affermare che l'area in cui è previsto l'intervento è caratterizzata da una successione stratigrafica piuttosto omogenea e regolare, per cui il sito può essere considerato idoneo a recepire l'intervento.

Questa ha evidenziato la presenza di terreni abbastanza consistenti a partire dalla profondità di -2.20/2.40 m circa dall'attuale p.c. caratterizzato da buone caratteristiche geotecniche.

In relazione a tale assetto stratigrafico e considerando che il progetto prevede interventi di riqualificazione di Piazza Marcolini attraverso la messa in opera di una fondazione superficiale di tipo continua costituita da un cordolo di collegamento in c.a. lungo tutto il perimetro di una cisterna interrata su cui verrà appoggiato un solaio di copertura; il raggiungimento della quota d'imposta all'interno dell'Orizzonte B2 avverrà attraverso la messa in opera di materiale stabilizzato adeguatamente costipato e addensato al fine di migliorarne le caratteristiche portanti su cui si immergerà la fondazione prevista.

Al fine di evitare cedimenti assoluti e/o differenziali sarà necessario verificare che il materiale stabilizzato adeguatamente costipato, con la funzione primaria di sottofondazione, risulti sempre impostato in terreni con analoghe caratteristiche litotecniche.

## ALTEZZA CRITICA DELLE SCARPATE

Per la realizzazione delle fondazioni su cui verrà appoggiato un solaio di copertura sono previsti sbancamenti di profondità di circa 2.5 m dall'attuale piano campagna; pertanto, sarà indispensabile verificare che le scarpate possiedano sufficienti requisiti di stabilità e sicurezza, a salvaguardia delle persone e dei beni limitrofi.

E' stata stimata l'altezza critica di una scarpata impostata nei terreni dell'Orizzonte A e nell'Orizzonte B1 (cautelativamente sono stati presi in considerazione i parametri geotecnici più scadenti riferiti all'Orizzonte B1). Nell'analisi si ipotizza la rottura del pendio lungo una superficie circolare passante al piede della scarpata, in condizioni di estradosso orizzontale, in assenza di filtrazione e di sovraccarichi, ottenuta mediante la seguente relazione:

$$H_c = N_s \times \frac{C_u}{\gamma}$$

dove:

$N_s$  = fattore di stabilità funzione dell'angolo di attrito interno e di quello di scarpa (nel nostro caso si considera  $\beta = 90^\circ$ );

$C_u$  = coesione non drenata, cautelativamente è stato assunto il valore di  $c'$ ;

$\gamma$  = densità naturale.

All'altezza critica si applica un coefficiente di sicurezza  $F = 1.5$  per ottenere l'**altezza ammissibile (Ha)** pari a:

	$\beta$	Hc	Ha
Orizzonte B1 (senza sovraccarichi)	90°	3.0	<b>2.0</b>

Si sottolinea che i dati sopra indicati si riferiscono a verifiche a breve termine (fase esecutiva, temporanea), in assenza di sovraccarichi e sollecitazioni sismiche, per cui si raccomanda di:

- non effettuare l'apertura degli scavi in concomitanza o a seguito di condizioni meteo sfavorevoli (escludere le stagioni caratterizzate da abbondanti precipitazioni);
- non superare l'altezza ammissibile calcolata per l'Orizzonte stratigrafico B1;
- proteggere l'area di scavo dalle acque meteoriche mediante la posa di teli impermeabili in occasione di pioggia;
- provvedere al consolidamento e protezione dell'area di scavo con opere provvisorie.
- preferibilmente, eseguire i lavori per tratti di ampiezza limitata, provvedendo alla rapida realizzazione dell'opera fondale per stralci successivi;
- evitare l'apertura dei fronti di scavo per tempi lunghi;
- adottare tutti gli accorgimenti necessari a preservare la stabilità del sito con opere provvisorie;
- evitare che in prossimità del ciglio dello scavo siano collocati materiali e/o mezzi di peso notevole.

Qualora durante la fase di scavo vi fosse la presenza della falda sarà necessario adottare soluzioni tecniche volte all'abbassamento del livello di falda sino a quote inferiori alla base dello scavo in progetto.

A tale scopo si potrà prevedere l'uso di wellpoint e/o pompe autoadescanti che consentano l'abbassamento temporaneo della falda.

## COEFFICIENTE DI REAZIONE "K" (Winkler)

### Fondazioni superficiali

I metodi per la determinazione di "K" normalmente si basano su estrapolazioni effettuate sui risultati di prove di carico su piastra o su valutazioni teoriche.

Poiché i risultati delle prove di carico su piastra non rispecchiano esattamente le condizioni reali, dato che si limitano ai livelli più superficiali del terreno, si è ritenuto sufficiente procedere alla determinazione teorica di "K", utilizzando valori riportati in letteratura e applicando la formula di Terzaghi:

$$K = K'_s \frac{b_0 l + 15}{b \cdot 1.5l}$$

dove:  $K'_s$  = coefficiente per una piastra quadrata di lato  $b_0 = 30$  cm, determinato in funzione della tensione di rottura;

$b$  = larghezza della fondazione;

$l$  = lunghezza della fondazione.

e il metodo di Vesic semplificato:

$$K \text{ (kg/cm}^2\text{)} = (1/B) \times Et/(1 - p^2)$$

$Et$  (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione dello strato di fondazione;

$B$  (cm) = lato corto della fondazione;

$p$  = rapporto di Poisson.

Si è così giunti ad individuare:

<b>Orizzonte "B1"</b>	<b>K = 0.5-1.5 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>Orizzonte "B2"</b>	<b>K = 10-15 kg/cm<sup>2</sup></b>

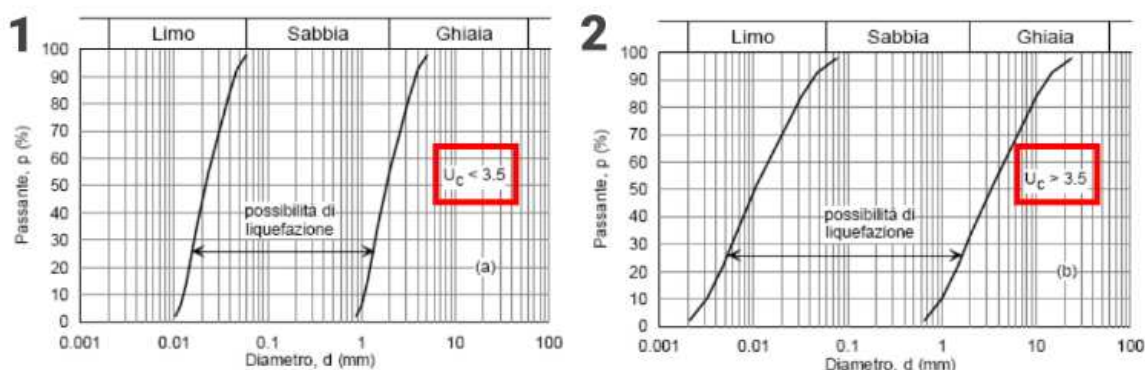
## CONSIDERAZIONI SULLA LIQUEFAZIONE

In accordo con quanto indicato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018) e nelle relative istruzioni applicative, di seguito si riportano le verifiche per il rischio di liquefazione del sito oggetto d'intervento.

Il caso in esame è stato assoggettato a verifica in quanto non si può escludere a priori nessuna delle quattro circostanze sulla base delle quali è possibile omettere la verifica a

liquefazione, come illustrato in seguito. Le NTC dispongono che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1 g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub- orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura di seguito riportata nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3.5$ .



Per l'area in esame l'accelerazione massima attesa è  $>0.1$ . La presenza di un pozzo nell'area prossima a quella di studio ha mostrato una falda acquifera nei primi metri di profondità (mediamente a – 10 m circa dal p.c.) e sulla base delle resistenze rilevate durante la campagna geognostica eseguita non è possibile escludere livelli sabbiosi all'interno della sequenza alluvionale.

La presenza della falda alle quote rilevate potrebbe costituire, di fatto, una delle condizioni predisponenti a effetti di sito quali l'amplificazione, ovvero l'incremento dell'ampiezza e della durata del segnale sismico (che è direttamente proporzionale alle caratteristiche di scuotimento dei terreni superficiali) e la liquefazione, contraddistinta da una diminuzione della resistenza al taglio di terreni sabbiosi saturi che si manifesta attraverso diversi fenomeni fisici, quali la fluidificazione, cedimenti, rigonfiamenti e fratture del terreno, formazione di vulcanelli di sabbia, fuoriuscita di sabbia.

A tal proposito, è stata effettuata una verifica della liquefacibilità dei terreni, supponendo un caso limite con risalita della falda acquifera fino a -2 m dal p.c.. Per le verifiche si è fatto riferimento alla procedura semplificata proposta da Andrus e Stokoe (1997) che prende in esame la velocità delle onde S nei terreni. Di seguito sono riportati i grafici e le tabelle riassuntivi della verifica, da cui emerge un rischio di liquefazione molto basso.

**Committente:** I&A - COMUNE DI FANO

**Riferimento:** MASW

**Località:** FANO, PIAZZA MARCOLINI **Prov.:** PU

**Oggetto:** INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE PIAZZA


  
**EPC LIBRI**

**ANALISI**

Metodi che utilizzano	Fattore di sicurezza		Magnitudo di riferimento (M)	Indice del Potenziale di Liquefazione (PL)	Rischio liquefazione (Iwasaki et al. (1978))
	Fs (Autore)	OPCM 3274			
Prove Sismiche (Vs)					
<b>Andrus e Stokoe (1997)</b>	> 1,0	>1,25	6.14	0.000	Molto Basso

STRATIGRAFIA 4

**VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE**  
 (DA PROVE SISMICHE)  
**METODO DI ANDRUS E STOKOE (1997)**

  
**EPC LIBRI**

**FORMULE:**

$$V_{s1} = V_s \cdot \left( \frac{1}{\sigma'_{10}} \right)^{0,25}$$

$$CRR = 0,03 \cdot \left( \frac{V_{s1}}{100} \right)^2 + \frac{0,9}{(V_{s1c} - V_{s1})} - \frac{0,9}{V_{s1c}}$$

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{10}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma'_{vo}}{\sigma'_{10}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

**RISULTATI:**

Spessore	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	4° STRATO
2	2	10	4	5
$V_{s1}$	296.929	419.074	351.240	431.670
$CRR$	0.249	0.518	0.359	0.551
$CSR$	0.083	0.127	0.126	0.112
$r_d$	0.98	0.95	0.83	0.75
$F_s$	3.008	4.070	2.862	4.919
	Verificato	Verificato	Verificato	Verificato

	M = 6.14	$F_s$	3.008	4.070	2.862	4.919	
<b>1</b>	< $F_s = CRR/CSR$	M = 6.14	$F_s$	3.008	4.070	2.862	4.919
				Verificato	Verificato	Verificato	Verificato

	M = 6.14	$F_s$ (O.P.C.M.)	3.008	4.070	2.862	4.919	
<b>1.25</b>	< $F_s = CRR/CSR$	M = 6.14	$F_s$ (O.P.C.M.)	3.008	4.070	2.862	4.919
				Verificato	Verificato	Verificato	Verificato

RISCHIO di Liquefazione (Iwasaki et al., 1978)	Molto Basso			
PROBABILITA' di Liquefazione (Juang et al., 2001) [P <sub>L</sub> (%)]	0.01	0.00	0.01	0.00
SUSCETTIBILITA' di Liquefazione (Juang et al., 2001)	Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta

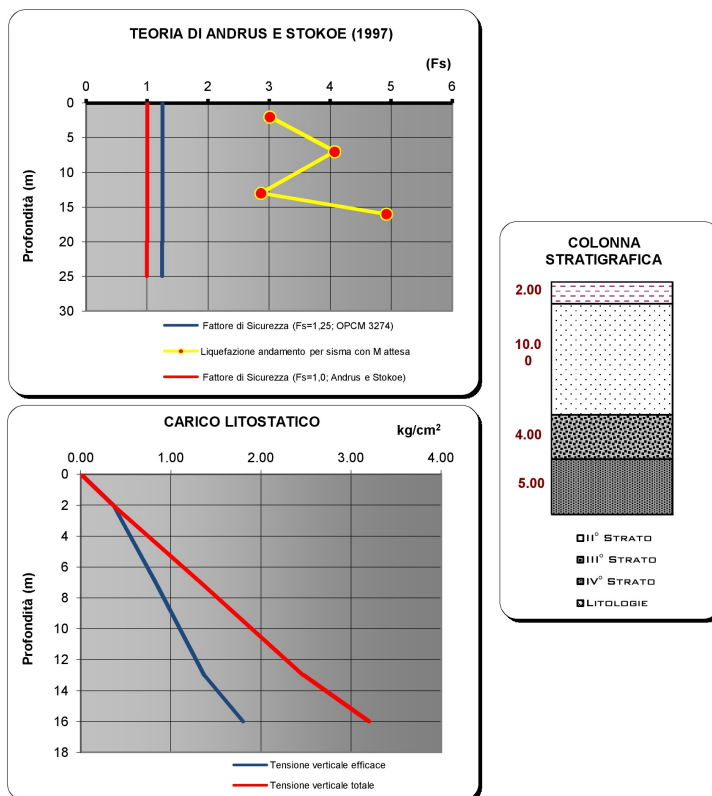
**Committente:** I&A - COMUNE DI FANO

**Riferimento:** MASW

**Località:** FANO, PIAZZA MARCOLINI **Prov.:** PU

**Oggetto:** INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE PIAZZA MAR

STRATIGRAFIA 4



I risultati della verifica hanno portato coefficienti di sicurezza sempre maggiore di 1,25 in accordo anche con quanto indicato nello studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 del Comune di Fano in cui non risultano censiti fenomeni di liquefazione nell'area oggetto di studio e in un suo contorno.

La consultazione delle banche dati disponibili sul WEB (<https://ecliq.eucentre.it/map.html> "European interactive Catalogue of earthquake-induced soil Liquefaction phenomena" e EEE Catalogue "ISPRA"), in cui sono contenuti i dati relativi alle caratteristiche, dimensioni e distribuzione geografica degli effetti cosismici sull'ambiente per terremoti moderni, storici e paleo, non risultano censiti fenomeni di rottura del terreno e liquefazione nel territorio comunale di Fano.

L'insieme dei dati acquisiti mediante indagini geognostiche, geofisiche e rilievi, incrociati con informazioni derivate da studi e progetti specialistici porta a valutare il rischio di fenomeni di liquefazione come molto basso.

La valutazione sulla suscettibilità alla liquefazione sopraindicata non intende esaurire la possibilità di ulteriori verifiche da parte del progettista o del direttore dei lavori, anche in caso si riscontrino, in fase esecuzione lavori, condizioni differenti da quelle valutate nella presente relazione.

## **MODALITA' DI INTERVENTO E REGIMAZIONE DELLE ACQUE**

Data la configurazione morfologica regolare dell'area, caratterizzata da andamento pianeggiante, e la successione stratigrafica rilevata, si ritiene che l'area non presenti specifiche criticità in merito all'aspetto geologico-geomorfologico.

In particolare, l'intervento in progetto prevede la messa in sicurezza di una cisterna interrata, costruita durante la seconda guerra mondiale per la raccolta delle acque ad uso antincendio, attraverso la realizzazione di un cordolo di collegamento in c.a., lungo tutto il perimetro della cisterna stessa, su cui verrà appoggiato un solaio in c.a..

Sulla base delle osservazioni eseguite si consiglia di porre attenzione soprattutto a quanto di seguito riportato:

- prevedere fondazioni superficiali di tipo continuo su cui verrà appoggiato un solaio in c.a.;
- prevedere l'utilizzo di materiale stabilizzato adeguatamente addensato e costipato con lo scopo principale di raggiungere la quota in cui è stato rilevato l'Orizzonte B2 (compresa tra -2.20 e -2.40 m circa dall'attuale piano campagna) contraddistinto da migliori caratteristiche geotecniche rispetto agli orizzonti sovrastanti;
- non trasmettere ai terreni sollecitazioni superiori alla capacità portante ammissibile e verificare l'entità degli eventuali cedimenti indotti, sia assoluti che differenziali;
- non effettuare l'apertura degli scavi in concomitanza o a seguito di condizioni meteo sfavorevoli (escludere le stagioni caratterizzate da abbondanti precipitazioni);
- non superare l'altezza ammissibile calcolata per l'Orizzonte stratigrafico B1;
- proteggere l'area di scavo dalle acque meteoriche mediante la posa di teli impermeabili in occasione di pioggia;
- preferibilmente, eseguire i lavori per tratti di ampiezza limitata, provvedendo alla rapida realizzazione del sottofondo adeguatamente addensato e costipato e dell'opera fondale prevista;
- evitare l'apertura dei fronti di scavo per tempi lunghi;
- evitare che in prossimità del ciglio dello scavo siano collocati materiali e/o mezzi di peso notevole.
- adottare tutti gli accorgimenti necessari a preservare la stabilità del sito con opere provvisoriale;
- provvedere alla corretta regimazione delle acque di origine meteorica mediante pluviali e sistemi di raccolta che evitino la dispersione di acqua nelle immediate vicinanze delle opere fondali e di altri manufatti;
- provvedere alla periodica manutenzione delle opere di regimazione delle acque.



## CONCLUSIONI

Gli studi e le analisi svolte hanno consentito di appurare che il sito oggetto di studio presenta caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche compatibili con l'intervento in progetto.

In primo luogo, le verifiche eseguite hanno consentito di accertare che l'intervento in progetto, realizzato secondo le indicazioni riportate nel presente studio, risulta compatibile con l'assetto idrogeologico dell'area e non comporta alterazioni dello stesso, sia per quanto concerne la stabilità dell'area, sia in relazione all'assetto idrologico-idraulico, in quanto non interferisce con alcun elemento idrologico.

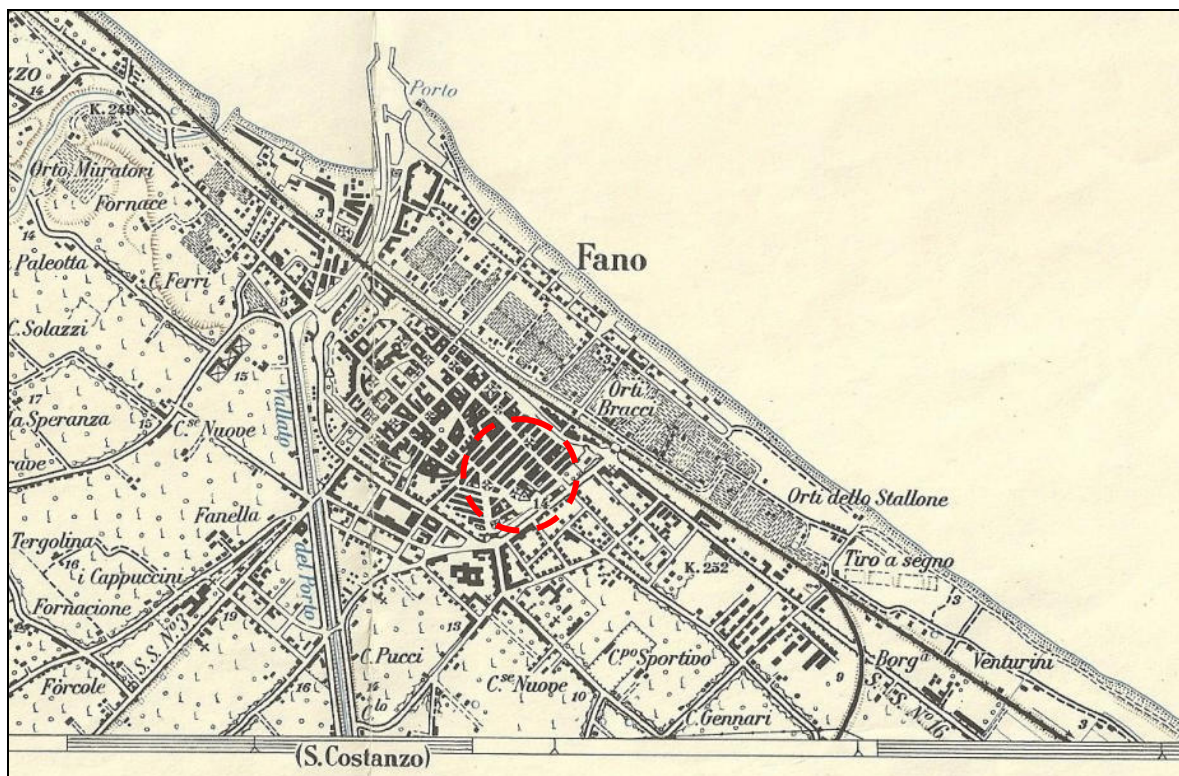
Sulla base di quanto emerso dall'esame delle tavole progettuali e dell'assetto stratigrafico ricostruito dalle indagini geognostiche, si ritiene opportuno seguire le indicazioni di seguito riassunte:

- prevedere fondazioni superficiali di tipo continuo su cui verrà appoggiato il solaio in c.a;
- prevedere l'utilizzo di materiale stabilizzato adeguatamente addensato e costipato per il raggiungimento dell'Orizzonte B2 rilevata a partire dalla quota -2.20/-2.40 m circa dall'attuale piano campagna;
- sulla base delle NTC (D.M. 17/01/2018), considerare la **categoria topografica T1** e la **categoria di sottosuolo B**;
- regimare ed allontanare adeguatamente tutte le acque di origine meteorica, al fine di evitare interferenze delle acque con i terreni fondali;
- seguire tutte le indicazioni riportate nel capitolo relativo alle modalità esecutive.

Lo studio rimane a disposizione per eventuali approfondimenti e chiarimenti.

## COROGRAFIA

Carta d'Italia – I.G.M.

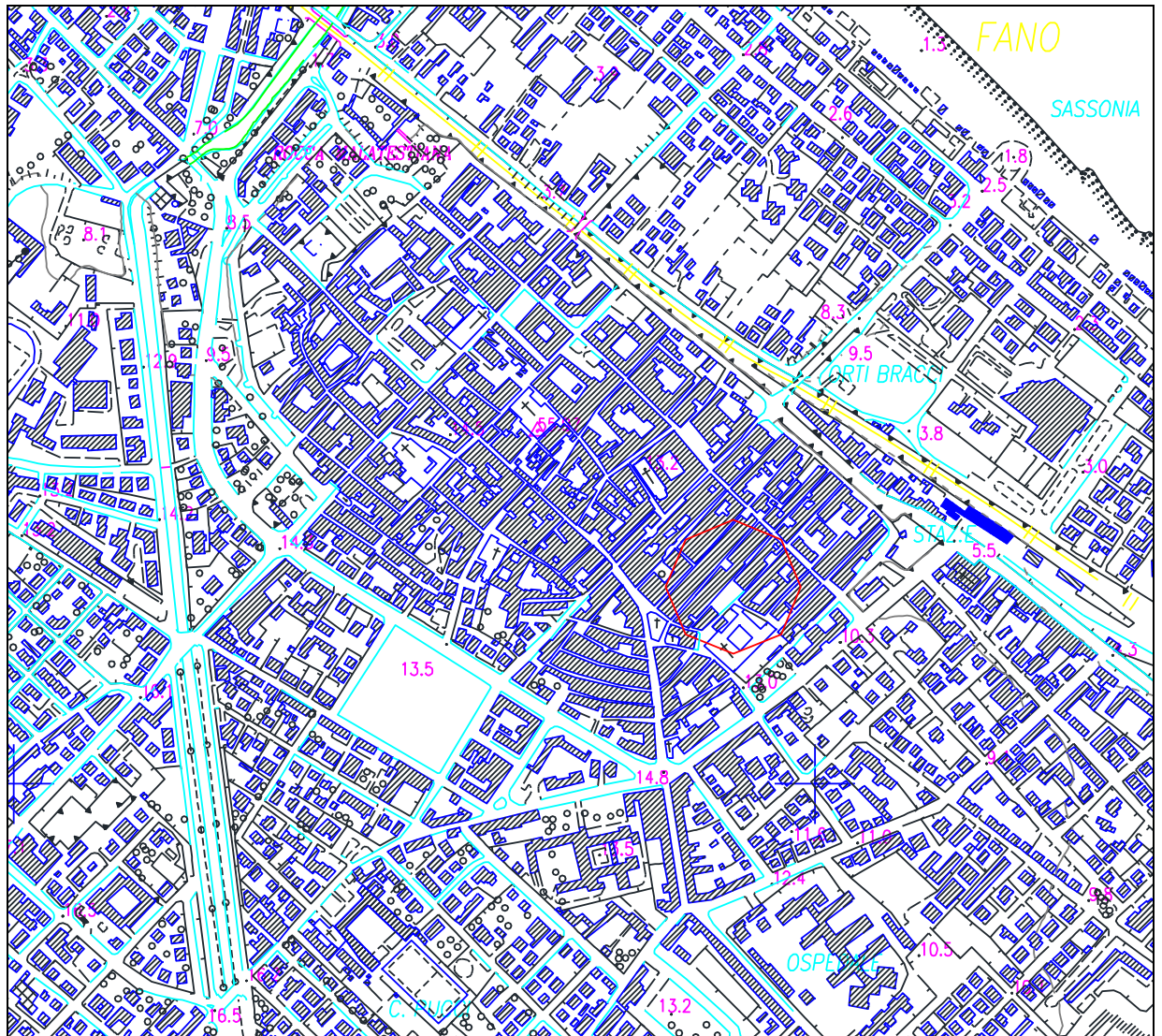


Foglio n° 110 – Quadrante IV S.O. - Fano

SCALA 1:25.000

**CARTA TECNICA REGIONALE**

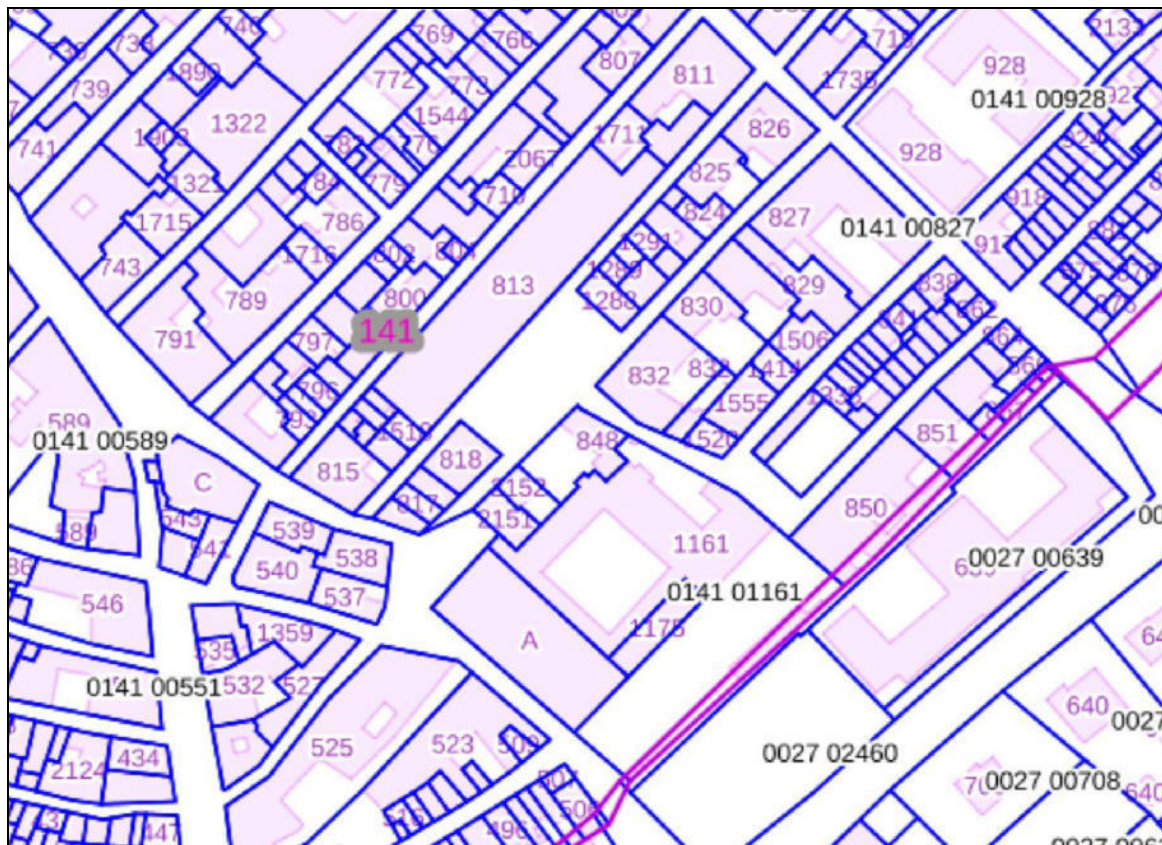
**SCALA 1:10.000**



**Stralcio dalla Sezione n° 269130 "Fano"**


# MAPPA CATASTALE

Comune di Fano




## Legenda

### Fabbricato catastale

 Fabbricati catastali


Etichette - Scala max 1:5.000

### Particella

 Particelle catastali

Etichette - Scala max 1:5.000

### Foglio catastale

 Regola 1

Stralcio dal Foglio n° 141

SCALA 1:2.000

## CARTA GEOLOGICA



Stralcio della Tav. A1.2 Carta geologica (PRG Comune di Fano)

SCALA 1:20.000



Depositi alluvionali attuali



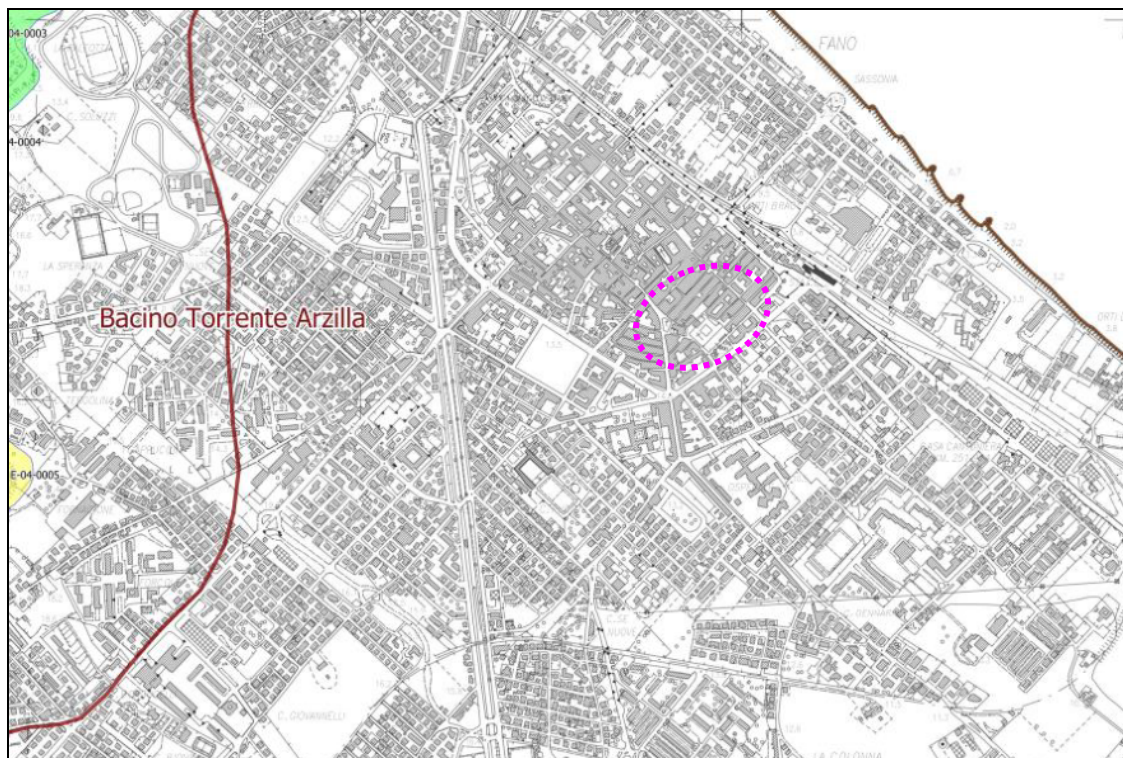
Depositi alluvionali del terrazzo di IV ordine



Depositi alluvionali del terrazzo di III ordine

# P.A.I. - PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

Autorità di Bacino Regione Marche



Scala 1:15.000

<https://www.autoritadistrettoac.it>

## Area a rischio frana (Codice F-xx-yyyy)

- Rischio moderato (R1)
- Rischio medio (R2)
- Rischio elevato (R3)
- Rischio molto elevato (R4)

## Area a rischio valanga (Codice V-xx-yyyy)

- Rischio molto elevato (R4)

## Area a rischio esondazione (Codice E-xx-yyyy)

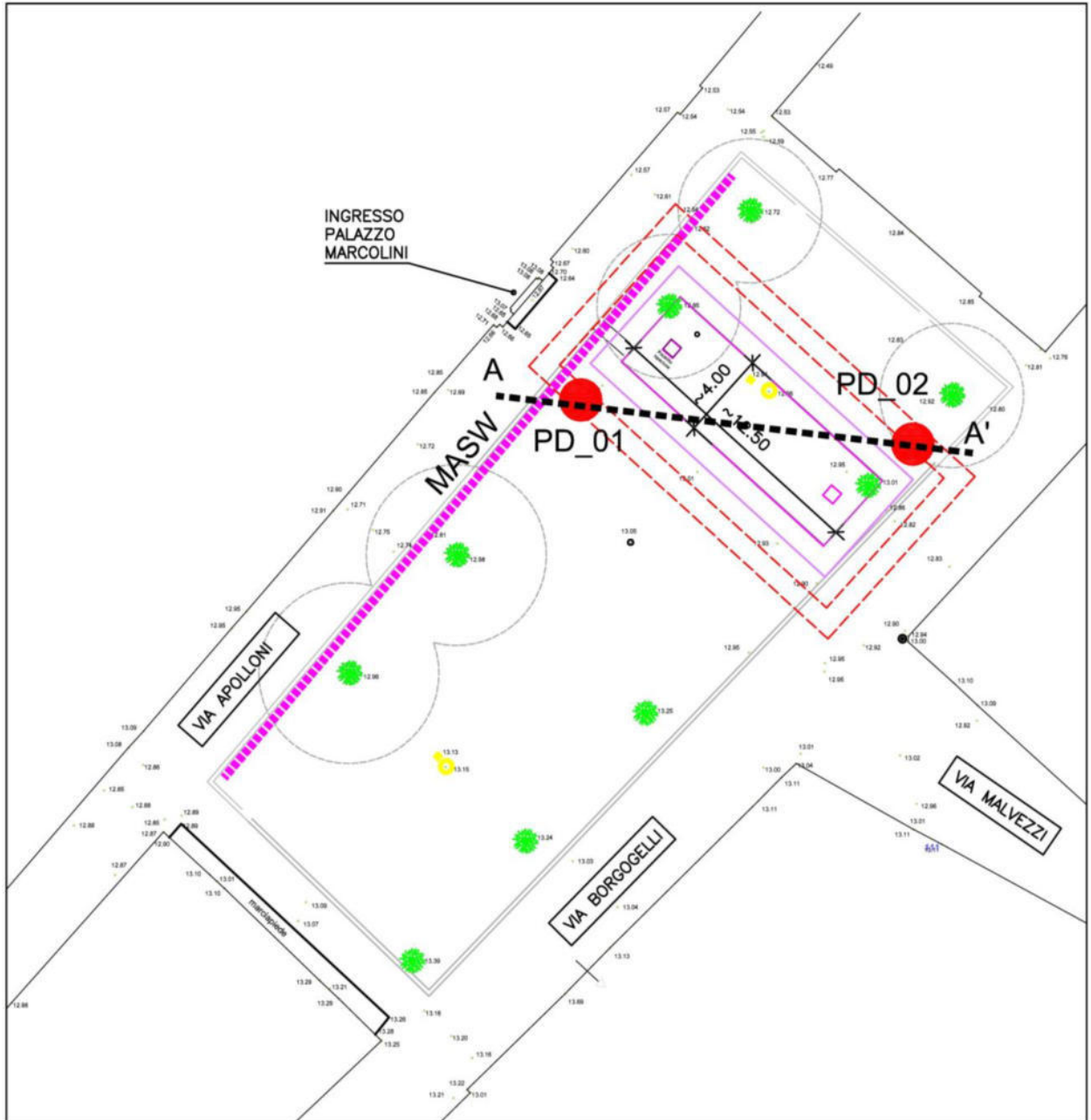
- Rischio moderato (R1)
- Rischio medio (R2)
- Rischio elevato (R3)
- Rischio molto elevato (R4)

Limite comunale

Limite di bacino idrografico

# PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI

Scala 1:300



## LEGENDA



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE



STENDIMENTO SISMICO MASW



# Tecnogeo

Indagini geologiche geofisiche ambientali

**REGIONE  
MARCHE**

**PROVINCIA  
DI PESARO  
E URBINO**

**COMUNE DI FANO**

**INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DEL CENTRO  
STORICO: PIAZZA MARCOLINI**

**PROFILO VERTICALE Vs CON METODO MASW  
E INDAGINI PENETROMETRICHE DINAMICHE**

COMMITTENTE:  
**I&A Società di ingegneria**

ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE  
DATI SISMICI E GEOTECNICI  
RESPONSABILE TECNICO:

***Dott. Geol. Stefano Bellaveglia***

codice pratica  
**SZZ-BTI**

n° pag  
**8**

n° Tav  
**4**

Allegati  
**1**

Data  
**Luglio 2022**

TECNOGEO s.n.c. di Bellaveglia Stefano e Bistocchi Riccardo Maria  
Str. S. Vetturino, 1 - 06126 Perugia  
Codice Fiscale - Partita IVA 02863830549  
Tel - Fax 075/5837466 - cell. 339 2349655 - 349 5858305 - email: tecnogeosnc@tiscali.it  
[www.tecnogeo.it](http://www.tecnogeo.it)



## INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. INDAGINI PENETROMETRICHE .....	3
3. METODOLOGIA INDAGINE SISMICA.....	3
3.1 Specifiche tecniche di acquisizione e schema delle prove sismiche .....	4
3.2 Tecniche di indagine .....	4
3.2.1 Tecnica Masw .....	4
3.3 Approccio analitico .....	5
3.3.1 Analisi Masw .....	5
4. ELABORAZIONE PROVE SISMICHE.....	6
5. AZIONI SISMICHE DI PROGETTO .....	7
5.1 Categoria di sottosuolo.....	7

### Tavole:

Tavola 1 .....	<b>Ubicazione delle indagini</b> Foto satellitare Google Earth scala 1:500
Tavola 2 .....	<b>Certificati indagini Masw</b>
Tavola 3 .....	<b>Certificati indagini penetrometriche</b>
Tavola 4 .....	<b>Parametri geotecnici</b> Elaborazione e metodo di calcolo dei parametri geotecnici ricavati dalle prove penetrometriche

### Allegati:

Allegato 1 .....	<b>Specifiche tecniche strumentazione</b>
------------------	---

## **1. PREMESSA**

Su commissione di I&A Società di ingegneria, nell'ambito degli interventi di riqualificazione del centro storico presso Piazza Marcolini nel comune di Fano (PU), è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche di sismica in tecnica Masw, allo scopo di determinare la Categoria di sottosuolo definita dal valore di  $V_{s,eq}$ , secondo quanto stabilito nelle "Norme tecniche per le costruzioni" del D.M. del 17 gennaio 2018, integrata da indagini penetrometriche dinamiche, allo scopo di ricostruire un modello geotecnico di dettaglio dei terreni investigati.

## 2. INDAGINI PENETROMETRICHE

L'attrezzatura impiegata per l'esecuzione delle indagini è un penetrometro dinamico superpesante auto-semovente prodotto dalla ditta Geo Deep Drill e contraddistinto dalla sigla DPSH63M.

L'impianto consente la realizzazione di prove dinamiche DPSH-B, in conformità alla norma tecnica EN ISO 22476-2:2005/Amd 1:2011 e secondo lo standard ISSMFE con le seguenti specifiche di configurazione:

- Massa del maglio (kg) 63,5
- Altezza caduta (cm) 75,0
- Lunghezza aste (m) 1,0
- Massa aste (kg/m) 6,2
- Diametro aste (mm) 32
- Diametro base punta conica (mm) 51
- Angolo apertura punta conica (°) 90
- Penetrazione standard (cm) 20,0

Sono state quindi eseguite n°2 prove penetrometriche come illustrato nella tabella seguente:

PROVA	Tipologia	Profondità raggiunta da p.c. (m)	Rifiuto	Profondità falda	Chiusura foro
<b>PD_01</b>	dinamica	4.6	SI	n.d	n.d
<b>PD_02</b>	dinamica	3.2	SI	n.d	n.d

I tabulati della prova e i diagrammi vengono riportati nei certificati di prova in Tav. 3, mentre le elaborazioni e i metodi di calcolo dei parametri geotecnici in Tav. 4. Si ricorda che l'elaborazione geotecnica rimane comunque un modello interpretativo soggettivo proposto dallo scrivente e che per tale motivo si rimanda al geologo progettista l'interpretazione ed elaborazione finale dei dati acquisiti.

## 3. METODOLOGIA INDAGINE SISMICA

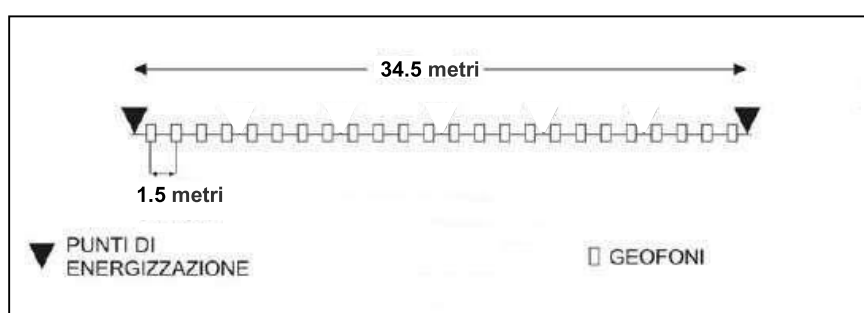
Le prospezioni sismiche vengono utilizzate nell'ambito dell'esplorazione del sottosuolo tramite lo studio della propagazione di onde elastiche generate o artificialmente mediante esplosioni controllate, vibrazioni indotte sul terreno con intensità e frequenza note, masse battenti di vario peso e tipologia o con sorgenti naturali.

Nel caso di sorgenti artificiali si parlerà di sismica attiva e rientrano in questa categoria le indagini di sismica a rifrazione, a riflessione le indagini Masw, le Sasw e tutte le prove eseguite in foro (down-hole, cross-hole, up-hole) mentre nel caso di sorgenti naturali (*noise*) si parlerà di sismica passiva che comprendono le prove sismiche ReMi, Nakamura, Spac, Esac.

### 3.1 Specifiche tecniche di acquisizione e schema delle prove sismiche

I sismogrammi sono stati acquisiti con un sismografo PASI 16S24 (mod.2007) con risoluzione di acquisizione 16bit (24bit con sovracampionamento e post processing) collegato tramite cavo a 24 geofoni verticali di tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza propria di 4.5Hz

È stata eseguita una serie di punti di energizzazione (shot) a distanze variabili dai geofoni G1 e G24, selezionando poi, in fase di elaborazione, lo shot che presentava la migliore qualità del segnale. Come sistema di energizzazione è stata utilizzata una mazza da 8 Kg che si è dimostrata in grado di fornire energia sufficiente allo scopo prefissato. (Fig.3.1)



**Fig. 3.1 - Schema sismica MASW**

Come sistema di trigger per fornire il tempo zero all'acquisitore, è stato utilizzato un geofono starter posto in corrispondenza della testa della mazza.

PROFILO	Tecnica di indagine	lunghezza stendimento (m)	distanza intergeofonica (m)	orientazione stendimento	durata acquisizione (s)	tempo di campionamento (ms)
<b>SM_01</b>	Sismica in tecnica MASW	34.5	1.5	NE - SO	1.0	0.500

### 3.2 Tecniche di indagine

#### 3.2.1 Tecnica Masw

L'indagine MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) è una tecnica investigativa che consente una ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo, permettendo di ricavare il parametro  $V_{s,eq}$  necessario per la classificazione dei suoli in base alle NTC 2018, approvate con decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018, che stabiliscono le nuove norme tecniche in materia di progettazione antisismica.

Per quanto concerne la fase di acquisizione del dato di campo, l'indagine MASW non è troppo diversa da una comune acquisizione per un'indagine di sismica a rifrazione, in quanto le onde di superficie sono

facilmente generabili da una qualsiasi sorgente sismica quale ad esempio una mazza. L'acquisizione del dato prevede di effettuare uno stendimento di 24 geofoni (preferibilmente da 4,5 Hz) allineati con la sorgente ad una distanza intergeofonica variabile in base alle condizioni di sito e di energizzare in un solo punto (off set) con una sorgente ad impatto verticale, ad una distanza dal geofono più esterno anch'essa variabile in un range prestabilito. I sismogrammi così ottenuti vengono poi selezionati in fase di elaborazione, utilizzando solamente lo shot che presenta la migliore qualità del segnale.

### **3.3 Approccio analitico**

#### **3.3.1 Analisi Masw**

Il profilo Vs30 con il metodo MASW viene ricavato tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di superficie Rayleigh, che costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione P e onde di taglio verticali Sv. In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo guidato e dispersivo e vengono definite pseudo-Rayleigh; la dispersione è una deformazione di un treno di onde dovuta ad una variazione di propagazione di velocità con la frequenza, le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore, per un dato modo e presentano normalmente più elevate velocità di fase. Il calcolo del profilo di velocità delle onde di Rayleigh,  $V(\text{fase})/\text{Frequenza}$ , viene quindi convertito nel profilo di Vs/profondità. La procedura utilizzata per la determinazione del profilo prevede quattro operazioni svolte in successione:

1. acquisizione delle onde superficiali (dati di campo);
2. determinazione dello spettro di velocità;
3. individuazione della curva di dispersione sullo spettro di velocità;
4. inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.

Gli algoritmi evolutivi rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (soft computing) e rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

Resta comunque sottinteso che il calcolo algoritmico non prevede un risultato univoco ma una serie di risultati attendibili in un range di modelli validi e per tale motivo i dati finali possono presentare discordanze rispetto ai modelli ottenuti con altre tecniche di indagine sismica (down hole, cross hole, ecc). Il fit tra il modello calcolato con tecnica MASW e il modello ottenuto con altri metodi di indagine sismica è quindi funzione delle conoscenze geologiche di sito e per tale motivo la presenza di dati ricavati da indagini integrative (sondaggi, penetrometrie, ecc) permette di restringere il campo di incertezza, ottimizzando il modello finale.

#### 4. ELABORAZIONE PROVE SISMICHE

L'elaborazione del dato tramite la tecnica di inversione ha permesso quindi di ricostruire un modello sismostratigrafico del terreno che mostra la presenza di n. 5 orizzonti di velocità:

STRATO	SPESSORE medio	VELOCITA' Vs media	LITOLOGIA	CARATTERISTICHE FISICHE
1	2.00 m	235 m/s	Terreni granulari prevalenti	mediamente addensati
2	1.10 m	403 m/s	Terreni granulari prevalenti	addensati
3	10.30 m	460 m/s		
4	3.70 m	383 m/s		
5	12.90 m	506 m/s	Terreni granulari prevalenti	molto addensati

**Fig. 4 – Modello sismostratigrafico**

Dai dati sopra esposti si può quindi constatare un graduale aumento di velocità delle onde S con la profondità ad eccezione del quarto orizzonte che registra una lieve inversione di velocità.

Ulteriori dettagli dei dati acquisiti sono esposti negli elaborati grafici delle tavole.

## 5. AZIONI SISMICHE DI PROGETTO

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle strutture nuove e alla verifica di quelle esistenti. Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione. L'azione sismica sulle costruzioni è quindi valutata da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC). L'azione sismica così individuata viene poi variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

### 5.1 Categoria di sottosuolo

In base a quanto attualmente esposto delle "Norme tecniche per le costruzioni" del D.M. 17 gennaio 2018, che aggiornano e sostituiscono il precedente D.M. del 14 gennaio 2008, è necessario determinare le azioni sismiche di progetto tramite specifiche analisi di sito o mediante un approccio semplificato che si basa sul calcolo della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ( $V_{S,eq}$ ) partendo dal piano di posa delle fondazioni.

Il valore di  $V_{S,eq}$  (in m/s) viene calcolato secondo la seguente espressione:

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

dove  $h_i$  e  $V_{S,i}$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti al di sopra del substrato sismico (con  $V_{S,i} > 800$  m/s), fino ad un  $H$  massimo di 30 m ( $V_{S30}$ ).

L'indagine sismica ha permesso quindi di ricostruire il seguente profilo sismostratigrafico necessario per il calcolo delle  $V_{S,eq}$ :

STRATO	SPESSORE medio ( $h_i$ )	VELOCITA' media ( $V_{S,i}$ )
1	2.00 m	235 m/s
2	1.10 m	403 m/s
3	10.30 m	460 m/s
4	3.70 m	383 m/s
5	12.90 m	506 m/s

Dai i dati sopra elencati si evince l'assenza di un substrato sismico ( $V_s > 800$  m/s) affiorante entro i primi 30.0 m di profondità e quindi, considerando in via cautelativa il piano di posa delle fondazioni coincidente con il piano campagna, sono stati ricavati i seguenti valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio riferiti ai primi 30 m di profondità ( $H = 30$  nella precedente espressione):

$$V_{s,eq} (30m) = 436 \text{ m/s}$$

Pertanto, sulla base di questo valore e secondo quanto stabilito dal DM del 17 gennaio 2018, è possibile assegnare al terreno di progetto la seguente categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

**Categoria di sottosuolo 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.

Perugia, luglio 2022

**TECNOGEO s.n.c**

Il Responsabile Tecnico

*Dott. Geol. Stefano Bellaveglia*

TECNOGEO s.n.c.  
di Bellaveglia S. e Siotocchi R.  




# COMUNE DI FANO

PROVINCIA DI PESARO E URBINO

## INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DEL CENTRO STORICO: PIAZZA MARCOLINI

**OGGETTO:** UBICAZIONE DELLE INDAGINI  
Foto satellitare Google Earth

**TAVOLA N°**

**1**

**SCALA**

**1:500**

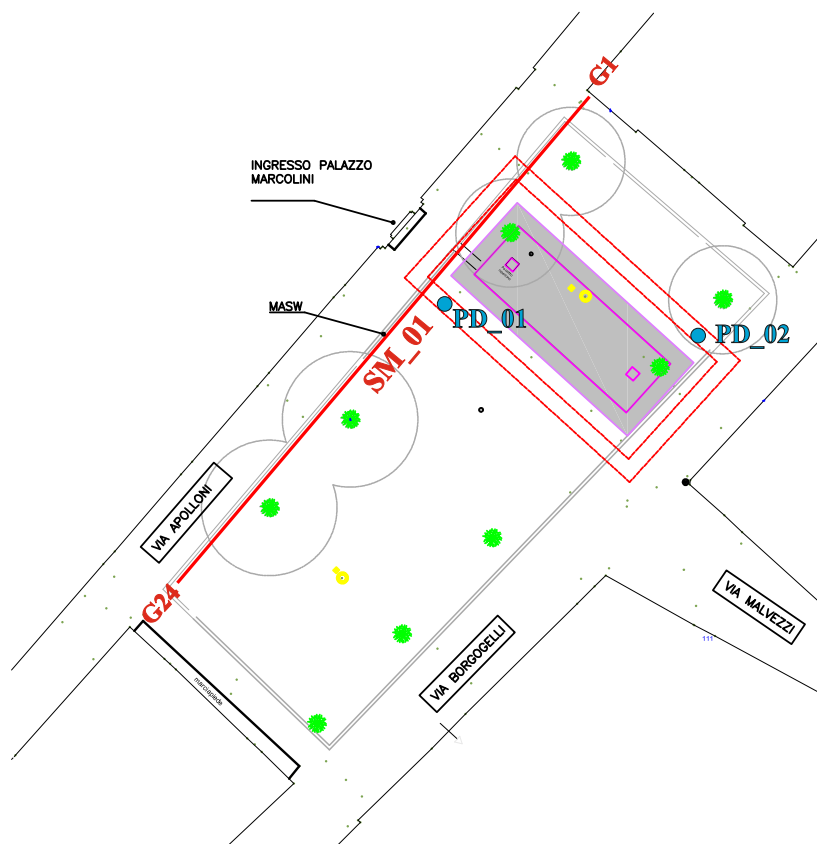
**TECNOGEO s.n.c.** - Str. S.Vetturino,1 - Perugia  
C.F.-P.I.: 02863830549 - n° REA PG 246597

**RESPONSABILE TECNICO:**  
Dott. Geol. Stefano Bellaveglia

### Legenda

 Traccia del rilievo sismico con metodo Masw (SM\_01)

 Ubicazione prove penetrometriche dinamiche (PD\_n)



**COMUNE DI  
FANO**

**PROVINCIA DI PESARO E URBINO**

**INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DEL CENTRO  
STORICO: PIAZZA MARCOLINI**

**OGGETTO: CERTIFICATI INDAGINI MASW**

**TAVOLA N°**

**2**

**N° PROFILI**

**1**

**TECNOGEO s.n.c.** - Str. S.Vetturino,1 - Perugia  
C.F.-P.I.: 02863830549 - n° REA PG 246597

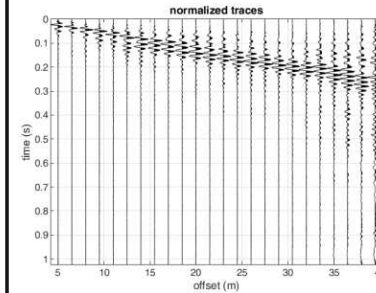
**RESPONSABILE TECNICO:**  
Dott. Geol. Stefano Bellaveglia

**Codice Certificato di prova: szz-bti\_SM\_01**  
Committente: I&A Società di ingegneria - Data Esecuzione: 11/07/2022  
Località: Fano (PU)

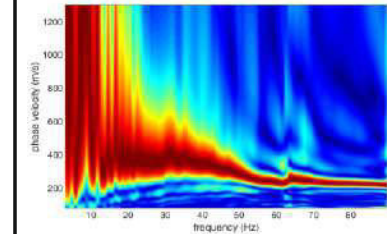
SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE	
Profilo	SM_01
Tipo geofoni	verticali
Frequenza geofoni	4.5 Hz
N° geofoni	24
N° scoppi	7
Lunghezza stendimento	34.5 m
Distanza intergeofonica	1.5 m
Orientazione stendimento	NE - SO
Coordinate estremi (WGS 84 UTM 33N)	G1: N 4856236; E 340889 G24: N 4856209; E 340864
Durata acquisizione	1 s
Tempo di campionamento	0.500 ms
Superficie di esecuzione	pavimentazione



## SISMOGRAMMI



## SPETTRO



## DATI NUMERICI

### Rayleigh-wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -19.0211 -1.63064
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -16.0105 -1.63064
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -18.5126 -1.63064
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -11.6715 -1.59707
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -13.2551 -1.59707
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -11.3687 -1.59707
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -13.7654 -1.47042
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -13.2599 -1.47042
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -12.7873 -1.47042
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -11.3994 -1.47042
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -10.9638 -1.47042
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -10.2173 -1.47042
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -10.639 -1.47042
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -7.6251 -1.4615
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -7.9205 -1.4563
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -8.0619 -1.4563
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -7.2197 -1.4563
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -10.2523 -1.3932
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -9.556 -1.2512
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -8.8957 -1.2512
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -8.0774 -1.2512
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -7.7865 -1.2512
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -7.5163 -1.2512
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -7.9997 -1.2512
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -8.5613 -1.2512
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -10.598 -1.25116
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -11.3802 -1.25116
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -9.8398 -1.2512
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -8.9969 -1.2512
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -7.4603 -1.2442
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -6.3322 -1.2442
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -6.256 -1.2442
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -6.5355 -1.2442
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -6.6392 -1.2213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -6.7061 -1.2213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -8.697 -1.2213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -7.4633 -1.2213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -6.7509 -1.2213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -9.1165 -1.2213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -9.9797 -1.2213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -11.3229 -1.22133

### Modello Medio

VS (m/s):	235	403	460	383	506
Spessore (m):	2.0	1.1	10.3	3.7	

### Fundamental mode

Mean model	
f(Hz)	VR(m/s)
4.53667	445.8519
13.5277	394.9123
38.8312	344.8176
57.1987	253.9279
65.9329	238.2772
85.4563	225.3179

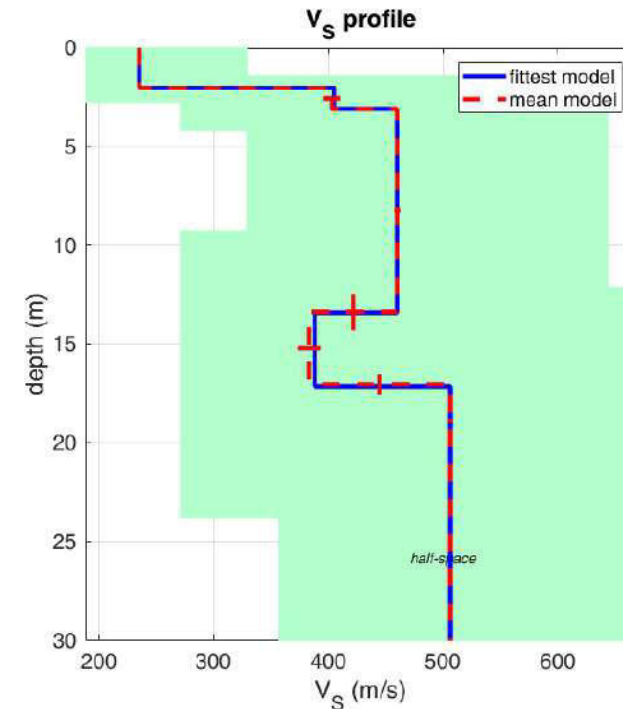
### First higher mode

Mean model	
9.16065	492.8264
28.6841	492.8264
47.9507	427.3
85.4563	377.6307

winMASW Pro  
Surface Wave Analysis  
www.eliosoft.it

## PROFILO DI VELOCITA' 1D

Vs,eq (Vs30) = 436 m/s



**COMUNE DI  
FANO**

**PROVINCIA DI PESARO E URBINO**

**INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DEL CENTRO  
STORICO: PIAZZA MARCOLINI**

**OGGETTO: CERTIFICATI INDAGINI PENETROMETRICHE**

**TAVOLA N°**

**3**

**N° PROVE**

**2**

**TECNOGEO s.n.c.** - Str. S.Vetturino,1 - Perugia  
C.F.-P.I.: 02863830549 - n° REA PG 246597

**RESPONSABILE TECNICO:**  
Dott. Geol. Stefano Bellaveglia

**CERTIFICATO DI PROVA  
INDAGINE PENETROMETRICA**



**Codice Certificato di prova: szz-bti\_PD\_01**  
Committente: I&A Società di ingegneria - Data Esecuzione: 11/07/2022  
Località: Fano (PU)

**SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE**

<b>Tipo di prova</b>	penetrometria dinamica
<b>Configurazione strumento</b>	DPSH
<b>Profondità della prova</b>	4.6 m
<b>Rifiuto</b>	SI
<b>Livello piezometrico</b>	n.d.
<b>Chiusura foro</b>	n.d.
<b>Superficie prova</b>	asfalto

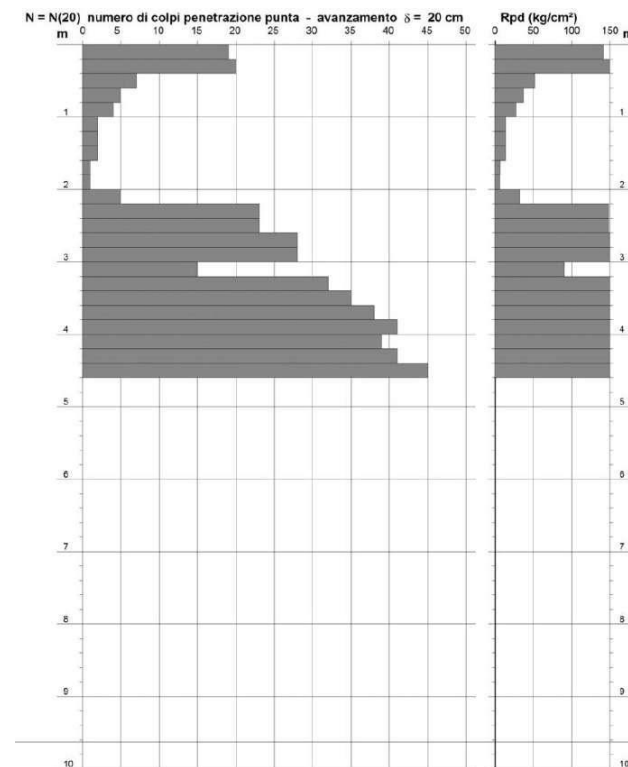
**SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE**

<b>Marca strumentazione</b>	Deep Drill
<b>Modello strumentazione</b>	DPSH63M
<b>Norma tecnica di riferimento</b>	EN ISO 22476-2:2005/Amd 1:2011
<b>Massa del maglio</b>	63.5 kg
<b>Altezza di caduta</b>	75 cm
<b>Lunghezza delle aste</b>	1 ml
<b>Massa aste</b>	6.2 kg/m
<b>Diametro aste</b>	32 mm
<b>Diametro base punta conica</b>	51 mm
<b>Angolo apertura punta conica</b>	90°
<b>Penetrazione standard</b>	20 cm

**TABULATO DELLA PROVA**

Profondità (m)	N. colpi della punta misurato	N. colpi SPT equivalenti	Resistenza dinamica ridotta (Mpa)	Profondità (m)	N. colpi della punta misurato	N. colpi SPT equivalenti	Resistenza dinamica ridotta (Mpa)	Profondità (m)	N. colpi della punta misurato	N. colpi SPT equivalenti	Resistenza dinamica ridotta (Mpa)
0.2	19	28	141.5	6.2				12.2			
0.4	20	29	149	6.4				12.4			
0.6	7	10	52.1	6.6				12.6			
0.8	5	7	37.2	6.8				12.8			
1	4	6	27.6	7				13			
1.2	2	3	13.8	7.2				13.2			
1.4	2	3	13.8	7.4				13.4			
1.6	2	3	13.8	7.6				13.6			
1.8	1	1	6.9	7.8				13.8			
2	1	1	6.4	8				14			
2.2	5	7	32.2	8.2				14.2			
2.4	23	34	148	8.4				14.4			
2.6	23	34	148	8.6				14.6			
2.8	28	41	180.2	8.8				14.8			
3	28	41	168.7	9				15			
3.2	15	22	90.4	9.2				15.2			
3.4	32	47	192.8	9.4				15.4			
3.6	35	51	210.8	9.6				15.6			
3.8	38	56	228.9	9.8				15.8			
4	41	60	232.2	10				16			
4.2	39	57	220.9	10.2				16.2			
4.4	41	60	232.2	10.4				16.4			
4.6	45	66	254.8	10.6				16.6			
4.8				10.8				16.8			
5				11				17			
5.2				11.2				17.2			
5.4				11.4				17.4			
5.6				11.6				17.6			
5.8				11.8				17.8			
6				12				18			

**GRAFICO n.colpi-resistenza dinamica**



**CERTIFICATO DI PROVA  
 INDAGINE PENETROMETRICA**


**Codice Certificato di prova: szz-bti\_PD\_02**  
 Committente: I&A Società di ingegneria - Data Esecuzione: 11/07/2022  
 Località: Fano (PU)

**SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE**

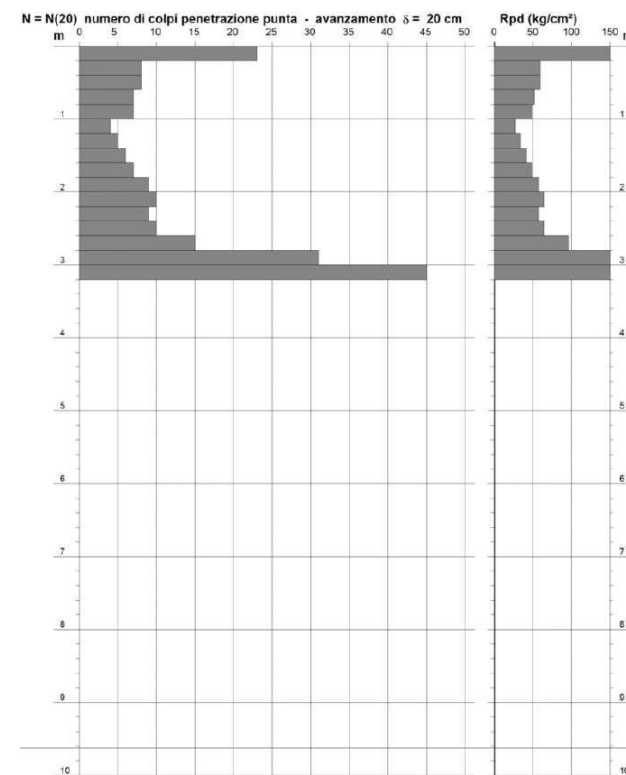
Tipo di prova	penetrometria dinamica
Configurazione strumento	DPSH
Profondità della prova	3.2 m
Rifiuto	SI
Livello piezometrico	n.d.
Chiusura foro	n.d.
Superficie prova	asfalto

**SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE**

Marca strumentazione	Deep Drill
Modello strumentazione	DPSH63M
Norma tecnica di riferimento	EN ISO 22476-2:2005/Amd 1:2011
Massa del maglio	63.5 kg
Altezza di caduta	75 cm
Lunghezza delle aste	1 ml
Massa aste	6.2 kg/m
Diametro aste	32 mm
Diametro base punta conica	51 mm
Angolo apertura punta conica	90°
Penetrazione standard	20 cm

**TABULATO DELLA PROVA**

Profondità (m)	N. colpi della punta misurato	N. colpi SPT equivalenti	Resistenza dinamica ridotta (Mpa)	Profondità (m)	N. colpi della punta misurato	N. colpi SPT equivalenti	Resistenza dinamica ridotta (Mpa)	Profondità (m)	N. colpi della punta misurato	N. colpi SPT equivalenti	Resistenza dinamica ridotta (Mpa)
0.2	23	34	171.3	6.2				12.2			
0.4	8	12	59.6	6.4				12.4			
0.6	8	12	59.6	6.6				12.6			
0.8	7	10	52.1	6.8				12.8			
1	7	10	48.3	7				13			
1.2	4	6	27.6	7.2				13.2			
1.4	5	7	34.5	7.4				13.4			
1.6	6	9	41.4	7.6				13.6			
1.8	7	10	48.3	7.8				13.8			
2	9	13	57.9	8				14			
2.2	10	15	64.3	8.2				14.2			
2.4	9	13	57.9	8.4				14.4			
2.6	10	15	64.3	8.6				14.6			
2.8	15	22	96.5	8.8				14.8			
3	31	46	186.8	9				15			
3.2	45	66	271.1	9.2				15.2			
3.4				9.4				15.4			
3.6				9.6				15.6			
3.8				9.8				15.8			
4				10				16			
4.2				10.2				16.2			
4.4				10.4				16.4			
4.6				10.6				16.6			
4.8				10.8				16.8			
5				11				17			
5.2				11.2				17.2			
5.4				11.4				17.4			
5.6				11.6				17.6			
5.8				11.8				17.8			
6				12				18			

**GRAFICO n.colpi-resistenza dinamica**


**COMUNE DI  
FANO**

**PROVINCIA DI PESARO E URBINO**

**INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DEL CENTRO  
STORICO: PIAZZA MARCOLINI**

**OGGETTO: PARAMETRI GEOTECNICI**

Elaborazione e metodo di calcolo dei parametri  
geotecnici ricavati dalle prove penetrometriche

**TAVOLA N°**

**4**

**N° PROVE**

**2**

**TECNOGEO s.n.c.** - Str. S.Vetturino,1 - Perugia  
C.F.-P.I.: 02863830549 - n° REA PG 246597

**RESPONSABILE TECNICO:**  
Dott. Geol. Bellaveglia Stefano



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente :  
- lavoro :  
- località : fano  
- note :

- data : 07/11/2022  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s				M+s
1	0.00	0.40	N	19.5	19	20	19.3	---	---	---	20	1.52	30
			Rpd	145.3	142	149	143.4	---	---	---	149		
2	0.40	2.20	N	3.2	1	7	2.1	2.1	1.1	5.3	3	1.52	5
			Rpd	22.7	6	52	14.5	15.6	7.1	38.2	21		
3	2.20	3.20	N	23.4	15	28	19.2	---	---	---	23	1.52	35
			Rpd	147.0	90	180	118.7	---	---	---	145		
4	3.20	4.60	N	38.7	32	45	35.4	4.3	34.4	43.0	39	1.52	59
			Rpd	224.7	193	255	208.7	19.4	205.2	244.1	226		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1.52$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.40		30	65.0	36.0	423	2.05	1.69	1.88	2.14	18	0.490
2	0.40	2.20		5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
3	2.20	3.20		35	70.0	37.3	461	2.08	1.73	2.19	2.20	15	0.415
4	3.20	4.60		59	88.4	42.4	646	2.17	1.88	3.69	2.49	05	0.139

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- committente :  
- lavoro :  
- località : fano  
- note :

- data : 07/11/2022  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s				M+s
1	0.00	0.40	N	15.5	8	23	11.8	---	---	---	16	1.52	24
			Rpd	115.5	60	171	87.5	---	---	---	119		
2	0.40	2.80	N	8.1	4	15	6.0	2.9	5.2	11.0	8	1.52	12
			Rpd	54.4	28	97	41.0	17.5	36.9	72.0	54		
3	2.80	3.20	N	38.0	31	45	34.5	---	---	---	38	1.52	58
			Rpd	228.9	187	271	207.8	---	---	---	229		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1.52$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.40		24	56.0	34.2	376	2.01	1.63	1.50	2.07	22	0.591
2	0.40	2.80		12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
3	2.80	3.20		58	88.0	42.2	638	2.17	1.88	3.63	2.48	06	0.148

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

**COMUNE DI  
FANO**

**PROVINCIA DI PESARO E URBINO**

**INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DEL CENTRO  
STORICO: PIAZZA MARCOLINI**

**OGGETTO: SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE**

**ALLEGATO N°**

**1**

**TECNOGEO s.n.c.** - Str. S.Vetturino,1 - Perugia  
C.F.-P.I.: 02863830549 - n° REA PG 246597

**RESPONSABILE TECNICO:**  
Dott. Geol. Stefano Bellaveglia

## SPECIFICHE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE

### SISMOGRAFO PASI mod. 16S24

Processore	Pentium 233MMX Intel
Trattamento dati	Floating Point 32-bit
Ambiente operativo	Windows 3.11
Interfaccia multilingue	Italiano, Inglese Francese Spagnolo, ecc...
Numero canali	<b>24</b>
Puntamento	VersaPoint Mouse
Display	VGA a colori in LCD-TFT 10.4"
Supporto di memorizzazione	<b>Hard-Disk 4.3 Gb</b>
Risoluzione di acquisizione	<b>16 bit (24 bit con sovracampionamento e post Processing)</b>
Stampante (opzionale)	Seiko DPU-411 thermal printer
Porte dati esterne	Rs232, stampante, tastiera
Sonde ambiente interne	Temperatura e umidità relativa
Protezioni interne	Termiche prevenzione e controllo surriscaldamenti (Warning sul display e blocco)
Compatibilità dati acquisiti	SEG-2
Connettori geofoni 1 o 2	Standard NK-27-21C
Alimentazione	12Vdc (batteria o alimentatore, opz.)
Allarme	Di batteria scarica
Temperatura Funzionamento	0°C - 55°C
Immagazzinaggio	- 55°C - 150°C
Umidità	5% - 90% non condensante
Dimensioni fisiche	(482.6 x 355.6 x 196.8 mm)
Peso	da 14 a 20 Kg
Durata acquisizione	32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048 .... <b>16000,00 ms</b>
Tempi di campionamento	31, 62, 125, 250, 500, 1000, 2000 µs
Filtri in acquisizione e uscita:	
- <i>Passo alto</i>	25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400 Hz
- <i>Passo basso</i>	250, 500, 1000 Hz
- <i>Notch</i>	50, 60, 150, 180 Hz

### **FUNZIONI SPECIALI**

- Enhancement con/senza preview totale/parziale
- Marker per determinare posizione nel tempo dei punti video
- A.G.C.
- Delay
- Pre-trigger: 0 - 100 ms (step di 1 ms)
- Post-trigger: 0 - 16.000 ms (step di 1 ms)
- **Inversione di polarità**
- Noise-monitor con visualizzazione real time a cascata
- Visualizzazione vecchie acquisizioni (ordinate per ora e data)
- Visualizzazione in wiggle-trace o variable-area
- Funzione di determinazione risorse disponibili sullo strumento in funzione dello spazio libero su disco
- Trace-size automatica o manuale per ogni canale
- Le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento
- Massima acquisizione: 1.024.000 campioni/acquisizione
- Calibrazioni automatiche
- Doppia auto-taratura offset
- Taratura ingressi su tensioni di riferimento
- Taratura guadagno
- Massimo range di tensione in ingresso: +/- 5V

## **SPECIFICHE DI ACQUISIZIONE**

Risoluzione 16 Bit reali

Guadagno = 1	97 dB
Guadagno = 5	101 dB
Guadagno = 10	105 dB
Guadagno = 20	105 dB
Guadagno = 50	105 dB
Guadagno = 100	105 dB

Larghezza di Banda 5KHz (qualunque guadagno)

### **Rumore di sistema**

<b>GUADAGNO</b>	<b>RUMORE DI SISTEMA (Compreso quello di quantizzazione)</b>
- da 2 a 10	0.6 LSBrms
- 20	0.7 LSBrms
- 50	1.1 LSBrms
- 100	2.0 LSBrms

## **GEOFONI**

**Sonde geofoniche da foro** n. 2 Geofoni triassiali 10 Hz collegati rigidamente a distanza di 1.0 m  
n. 1 geofono triassiale mod. GEOSTUFF. BHG-3 orientazione automatica

### **Geofoni verticali**

Quantità	n. 25
Marca	OYO-Geospace
Frequenza	<b>14Hz</b>

### **Geofoni verticali**

Quantità	n. 25
Marca	PASI CDJ - Z 4.5
Frequenza	<b>4.5 Hz</b>

### **Geofoni orizzontali**

Quantità	n. 25
Marca	MARK
Frequenza	<b>14Hz</b>

### **Geofono starter**

## **ENERGIZZATORI**

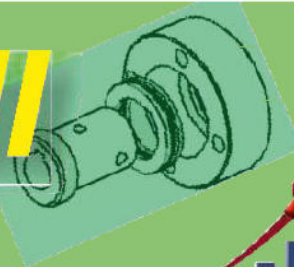
### **Per onde P - SH**

Mazza da 8 Kg  
Sistema a caduta libera con massa da 100 Kg  
Sistema idraulico con massa accelerata semovente



# GeoDeepDrill

## strumenti per l'investigazione geotecnica del sottosuolo



GeoDeepDrill

PENETROMETRO DIN. SUPER PESANTE

## DPSH63-73 M/SM

Massa battente 50,0 - 63,5 - 73,0 kg  
Altezza caduta 50 - 75 cm  
Avanzamento 10 - 20 - 30 cm

### DPSH73

evoluzione:

2011	acquisizione progetto
2012	Evo II - impianto idraulico nascosto
2013	Evo III - standard europeo
2014	Evo IV - elettronica applicata
2019	Adozione di 3 booster velocità



dotazione standard

15	aste ø32x1000 M22
2	punte a recupero
5	punte a perdere
9	rivestimento (opt.)
1	terminale battuta
1	terminale per punta

modello	DPH50M - DPSH63M - DPSH73M
tipo	SUPER HEAVY CLASS. AGI - UNI
massa batt.	73 kg - ø: 208 mm x H: 263
altezza cad.	75,00 cm 536,5 Joule
avanzamento	acquisizione ogni 10 / 20 / 30 cm
punta	ø 50,50 mm - angle 90° - area 20,00 cm <sup>2</sup>
asta	acciaio 1000x35 mm 900x32 mm
rivestimento	48x1000 mm acciaio c40
freq. colpi	30/45 colpi per minuto
stabilizzatori	a martinetto idraulico
centralina	5,5 - 9.5 HP 1 litro olio motore
motore	Honda GX200 avviamento elettrico
carburante	benzina 6,00 litri
olio idraulico	20L OSO 40 (visc. 40° 41)
dimensioni	70x133x198 cm (>>> variabili <<<)
peso	620 kg (>>> variabili <<<)
parti rimuov.	nessuna
tipi di suolo	sabbie - ghiaie - tufi - lapidei disgreg.
max profund.	>20 sabbia
campionatore	fustella pvc ø 40x350mm 60x350mm
kit sonda	3 coclee ø38/50 x 1000 + 3 aste
kit statico	non presente
dicono...	praticità d'uso ★★★★★
«	trasportabilità ★★★★★
«	capacità perforazione ★★★★★



Prove dinamiche con massa battente da 50/ 63 / 73kg altezza di caduta da 50 / 75 cm, con punta da ø50 mm e 20cm<sup>2</sup>, aste graduate da 1000 mm asta con diametro 32/35mm; Campionatore ad infissione con fustella in PVC da ø40x350 ø60x350 ø80x350; Strumento predisposto per il montaggio su mezzi di trasporto propri: scavatori, fuoristrada, ecc.

Accensione elettrica, conta colpi, faro per illuminazione.

Nuovo sistema elettronico di controllo della caduta del maglio.

Fino a 45 colpi al minuto, contacolpi elettronico con memoria.

(DPSH geodeepdrill)

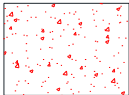
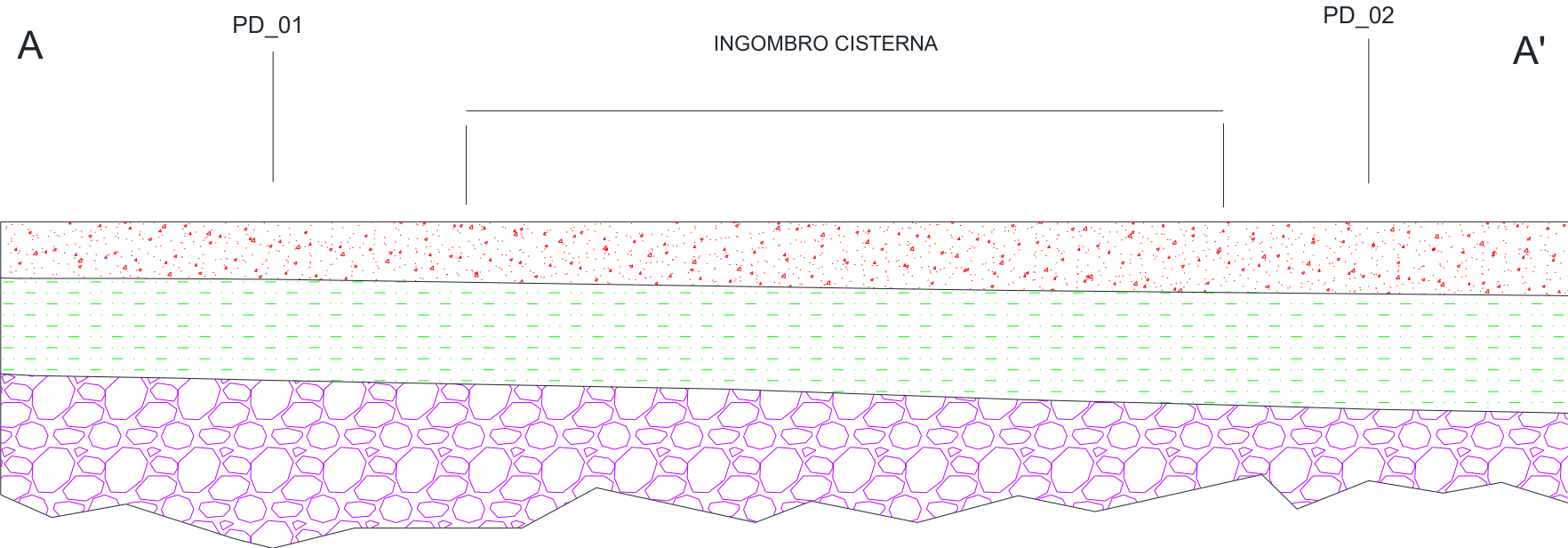


[https://www.youtube.com/watch?v=4Hli0Jbt\\_P4](https://www.youtube.com/watch?v=4Hli0Jbt_P4)

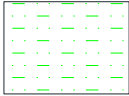


Via Virgiliana 130 - 44012 Bondeno (Fe) - Italy  
info@geodeepdrill.it www.geodeepdrill.it

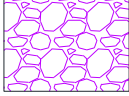
**SEZIONE STRATIGRAFICA**  
Scala 1:100



TERRENO RIMANEGGIATO



DEPOSITI DETRITICI POCO CONSISTENTI



DEPOSITI DETRITICI ABBASTANZA CONSISTENTI