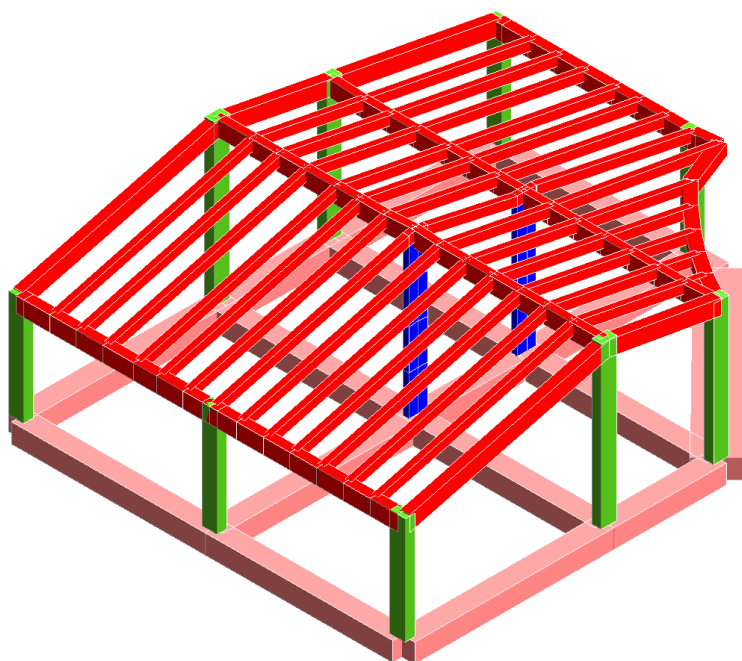


Comune di GIOVINAZZO
Provincia di BARI

**RELAZIONE GEOLOGICA E PERICOLOSITA'
SISMICA DI BASE**

Oggetto
REALIZZAZIONE DI VELOSTAZIONE
"FRANCO BALLERINI"
GIOVINAZZO - PIAZZETTA STALLONE



Progetto Architettonico e D.L.
ing. Vincenzo Giuseppe Suriano

Il Geologo
Dott. Geol. Antonio De Napoli

R6

PREMESSA

La seguente relazione ha come oggetto lo studio geologico di un'area sita nel comune di Giovinazzo, nella P.zza Padre M. Stallone, nei pressi della stazione ferroviaria, identificata al foglio di mappa n. 3 p.lla 1740. per il progetto di **fattibilità tecnica ed economica velostazione**.



Fig. 1 – Stralcio catastale, Foglio di mappa n° 3

Nella seguente indagine si è così proceduto:

- rilevamento morfologico e geologico di dettaglio, per il riconoscimento in sito dell'aspetto superficiale dell'area, della natura litologica delle rocce affioranti, della loro giacitura e delle eventuali implicazioni tettoniche;
- studio idrogeologico generale dell'intero settore, con approfondimento dell'idrologia superficiale dell'area interessata;
- indagine sismica MASW, per la classificazione del suolo di fondazione e dei parametri geomeccanici.



Fig. 3 – Stralcio carta idrogeomorfologica su base I.G.M. - F° 177, tav. IV SE “Molfetta” (AdB)

I dati di campagna sono stati integrati con le notizie reperite nell'ampia bibliografia specialistica esistente sulla zona. La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alla vigente normativa sui terreni di fondazione, DM 11.03.88, DM 14.01.08, DM 17.01.18 tenendo conto dell'O.P.C.M. n° 3274 del 20.03.03 e la DGR 02.03.04 n° 153, che inserisce il territorio di Giovinazzo in zona sismica **Z3**.

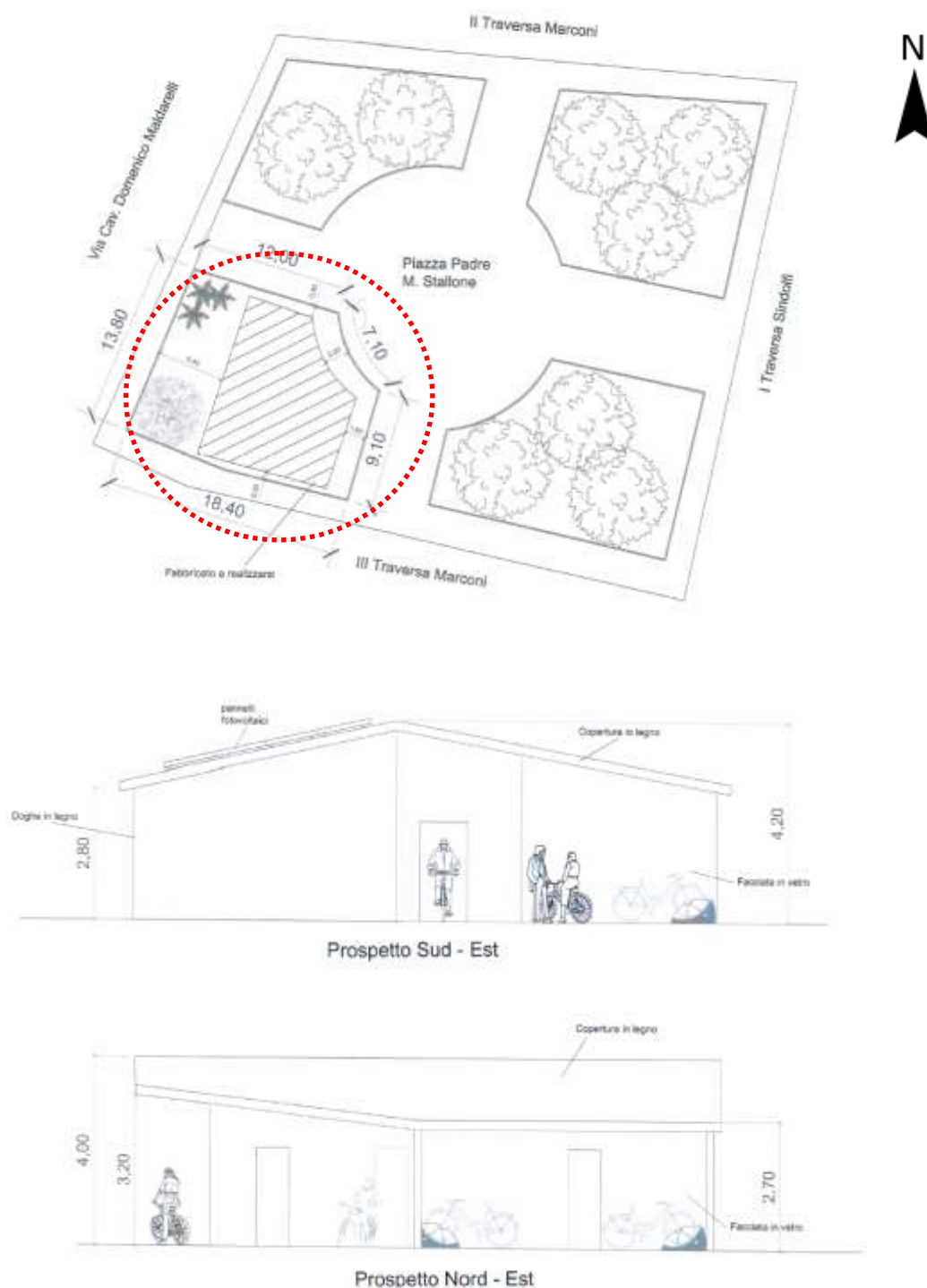


Fig. 3 – Planimetria e prospetti di progetto

MORFOLOGIA E GEOLOGIA

Geograficamente l'area, compresa nella **Tav. IV SE "Molfetta"** del **Foglio 177**, fa parte della regione costiera pugliese, i cui caratteri morfologici richiamano il motivo più importante dell'area murgiana, dato da una serie di ripiani posti a quote via via più basse verso l'Adriatico.

Si tratta di terrazzi marini allungati quasi parallelamente alla costa e leggermente inclinati a Nord; questi si raccordano tramite piccole scarpate sagomate dall'azione del mare e rappresentanti antiche linee di costa.

Caratteri generali

Dal punto di vista litologico la zona comprendente la città di Giovinazzo e il suo "hinterland" è caratterizzata da una potente serie carbonatica di età cretacea (**Calcarea di Bari**), costituita da calcari bioclastici, micritici e dolomitici e da zolle isolate di depositi pleistocenici trasgressivi. La successione stratigrafica, iniziando dal termine più antico, comprende:

- **Calcarea di Bari (Cretaceo);**
- **Sintema di San Girolamo (Pleistocene medio e sup.);**
- **Depositi alluvionali (Olocene, Pleistocene sup.).**

Il "**Calcarea di Bari**" rappresenta il basamento rigido della zona ed è costituito da una serie sedimentaria prevalentemente calcarea caratterizzata, in questa zona, da dolomie e da calcari dolomitici grigi ai quali s'intercalano, più o meno frequentemente, calcari bianchi micritici o bioclastici a grana fine. Le dolomie ed i calcari si presentano in strati o in banchi, ripetutamente laminati, con diffuse carature da dissoluzione. Il fenomeno carsico è ovunque presente e si sviluppa con intensità diversa in superficie ed in profondità. Le cavità presentano forma e dimensioni varie; le più comuni sono interstrato e da frattura, spesso sono parzialmente o interamente riempite da terra rossa rideposta o depositi di varia natura. La fratturazione dell'ammasso roccioso risulta nel complesso elevata, con molteplici direzioni delle discontinuità primarie. L'assetto strutturale della serie calcarea è in generale a monoclinale, con leggere inclinazioni verso l'attuale linea di costa. A tratti è possibile notare un diverso assetto geometrico della successione carbonatica imputabile ad episodi compressivi o di trazione. Lo spessore totale di questa formazione supera i 3000 m.

Il "**Sintema di San Girolamo**" è caratterizzato da calcareniti ben cementate, molto porose, con laminazione obliqua a vario angolo. Il

limite inferiore è inconforme sul Calcare di Bari e sulla Calcarenite di Gravina. Lo spessore massimo è di 6 m.



Fig. 4 - Stralcio Carta geologica F° 438 "Bari" (C.A.R.G. Puglia)

I "**Depositi Alluvionali**" sono presenti a circa 200 m dall'area in oggetto in corrispondenza del letto di un impluvio. Sono costituiti da terreni limosi con una quantità di pezzame e ciottoli calcarei variabile da zona a zona, in generale sempre inferiore al 30%. Si tratta di depositi terrosi e ciottolosi derivanti dal disfacimento dei terreni rocciosi esistenti a monte. Nei più importanti solchi erosivi del territorio, disposti tutti secondo SSW-NNE, si osservano sabbie ocracee, argille rossastre e blocchi del substrato mesozoico con strutture da dissoluzione carsica. Gli spessori massimi possono raggiungere i 3 m.

Caratteri locali

L'area interessata dalle opere è ubicata nella Piazza Padre M. Stallone, nei pressi della stazione ferroviaria di Giovinazzo.

L'area di intervento presenta andamento sub-pianeggiante, con strati che immergono verso nord-est, con quota media di 16.7m s.l.m. e distanza dal porto cittadino di 810 m circa.

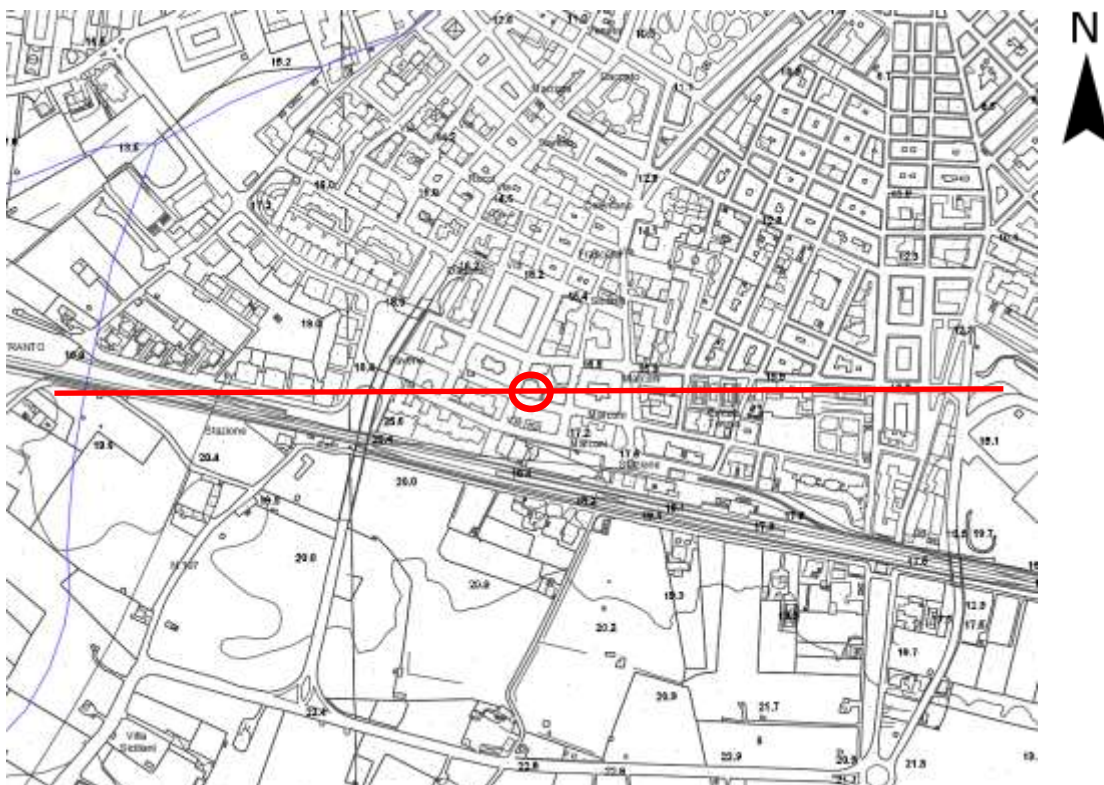


Fig. 5 – Stralcio fotogrammetrico (CTR - SIT Puglia), con indicazione della sezione geologica

Il rilievo geologico e l'analisi litostratigrafica, fatti in corrispondenza di:

- affioramenti e scavi presenti nell'area di indagine e nelle aree limotrofe;
- indagine sismica e MASW

hanno permesso di verificare la natura rocciosa calcarea del substrato di fondazione in relazione alla profondità di posa delle strutture fondali ed allo spessore dei sedimenti detritici superficiali.

Il basamento calcareo risulta quindi suddiviso in poliedri del volume di qualche decimetro cubo ed è caratterizzato da un assetto strutturale inclinato di pochi gradi verso nord-est.

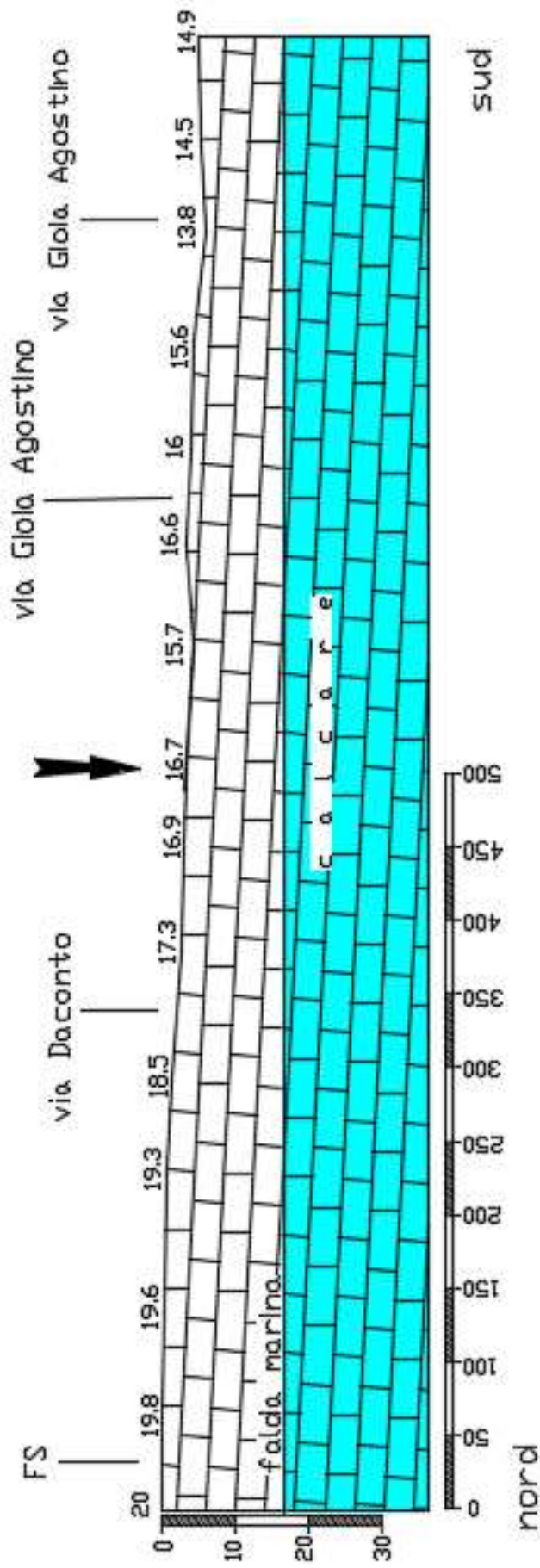


Fig. 6 – Sezione geologica

Il grado di alterazione carsica, evidenziato dalla presenza di terra rossa lungo le discontinuità e le superfici interstrato, è collegato alla percolazione delle acque meteoriche nel sottosuolo attraverso le micro e macro fratture della roccia e tende anch'esso, a diminuire con la profondità.

In particolare, in corrispondenza del primo livello carbonatico utile il n° di discontinuità è pari a 5 per metro circa, con un R.Q.D. di circa il 36%.

Il substrato evidenzia, pertanto una disomogeneità strutturale che, con la profondità, tende progressivamente a ridursi.

L'esame visivo dei luoghi non ha evidenziato forme carsiche evidenti, impluvi o situazioni morfologiche degne di nota.

Indagine geofisica

Per definire la successione lito-stratigrafica, le anomalie strutturali e le caratteristiche geomeccaniche del terreno di fondazione è stato eseguito uno sismogramma, a 100 m, secondo la metodologia a rifrazione e MASW, con un sismografo DoReMi della "SARA e.i." a 16 bit con 22 geofoni con frequenza di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 1.5 m.

Il metodo consiste nella rilevazione delle velocità delle onde sismiche, generate da una massa battente, attraverso un'interfaccia tra due mezzi con diverse caratteristiche elastiche. I valori di velocità delle onde sismiche, misurati in sito per ciascun volume di sottosuolo differenziato, unitamente alla "facies litologica" interpretata, hanno consentito di determinare una serie di parametri elasto-meccanici di riferimento.

Questi risultano derivati da correlazioni sperimentali, per tipologia litologica, tra parametri geomeccanici e parametri elastici. I parametri derivati risultano verificati nel complesso struttura/terreno cui si riferiscono e risultano associati ad un volume significativo di suolo che, puntualmente, può presentare caratteri differenti dai valori proposti.

Attraverso il MASW è stato possibile ricostruire la colonna di velocità di taglio. Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale.

Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche.

L'acquisizione dei dati considera le onde lunghe di Rayleigh e la permanenza delle frequenze nel tempo, individuando la velocità di rotazione delle varie frequenze.

Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

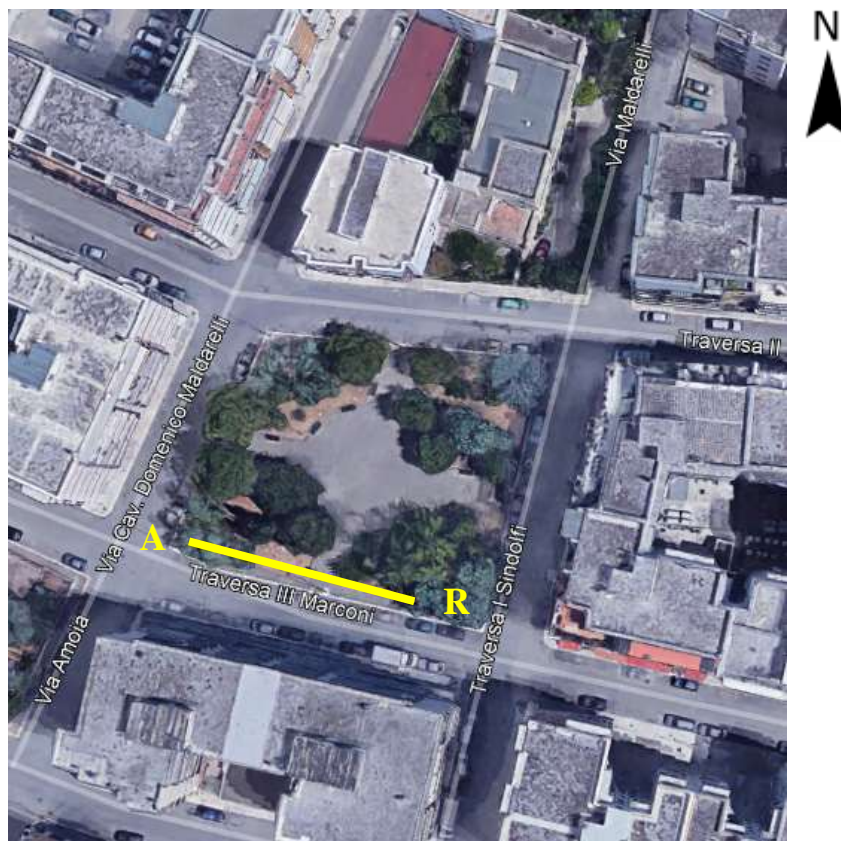


Fig. 7 – Ubicazione indagini geofisiche e relativa foto

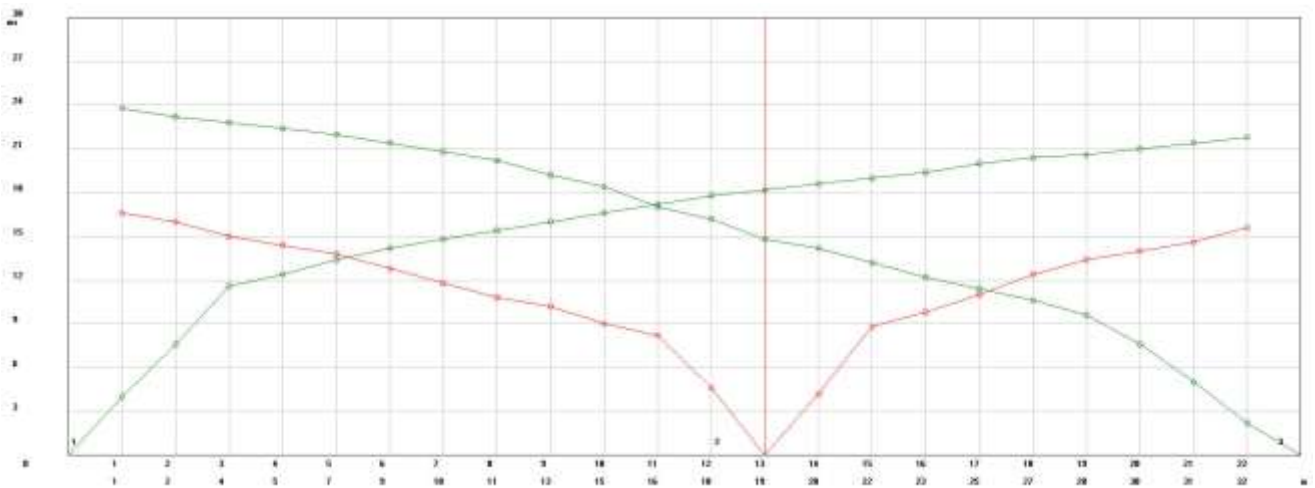
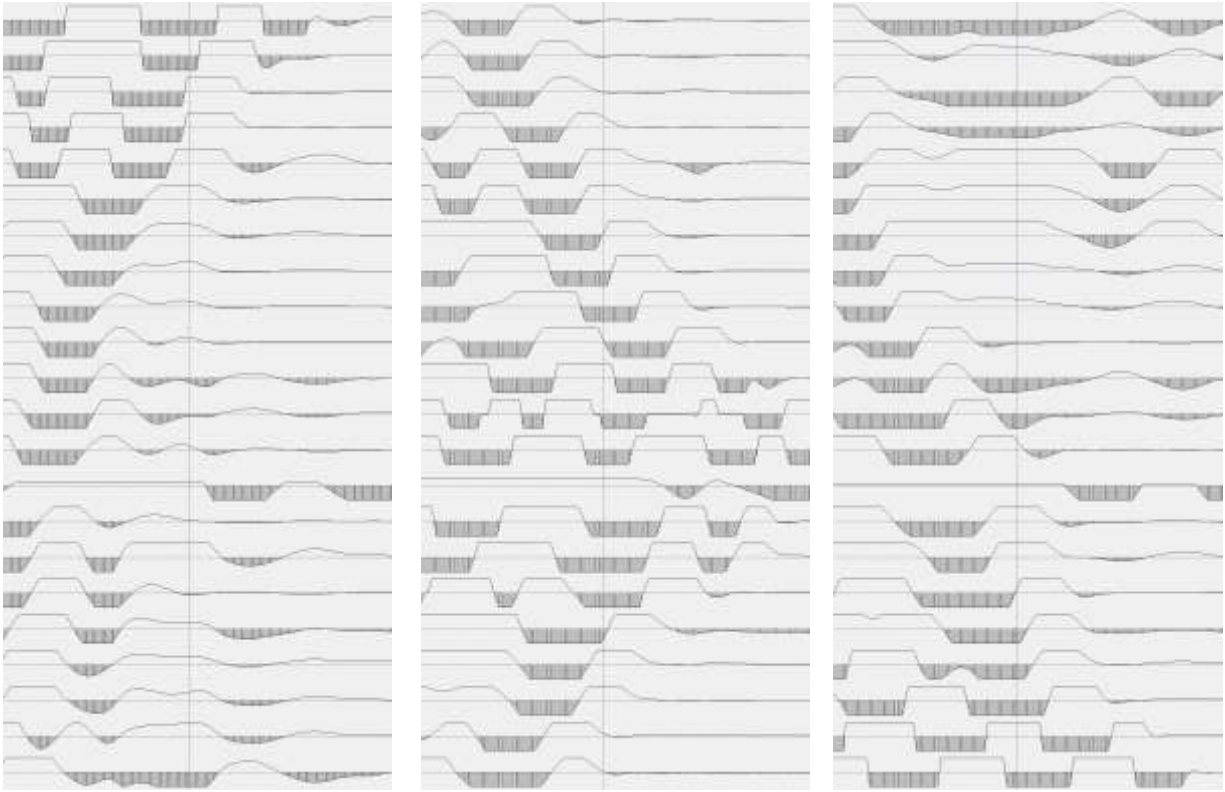


Fig. 8 – Sismogrammi e Dromocrona

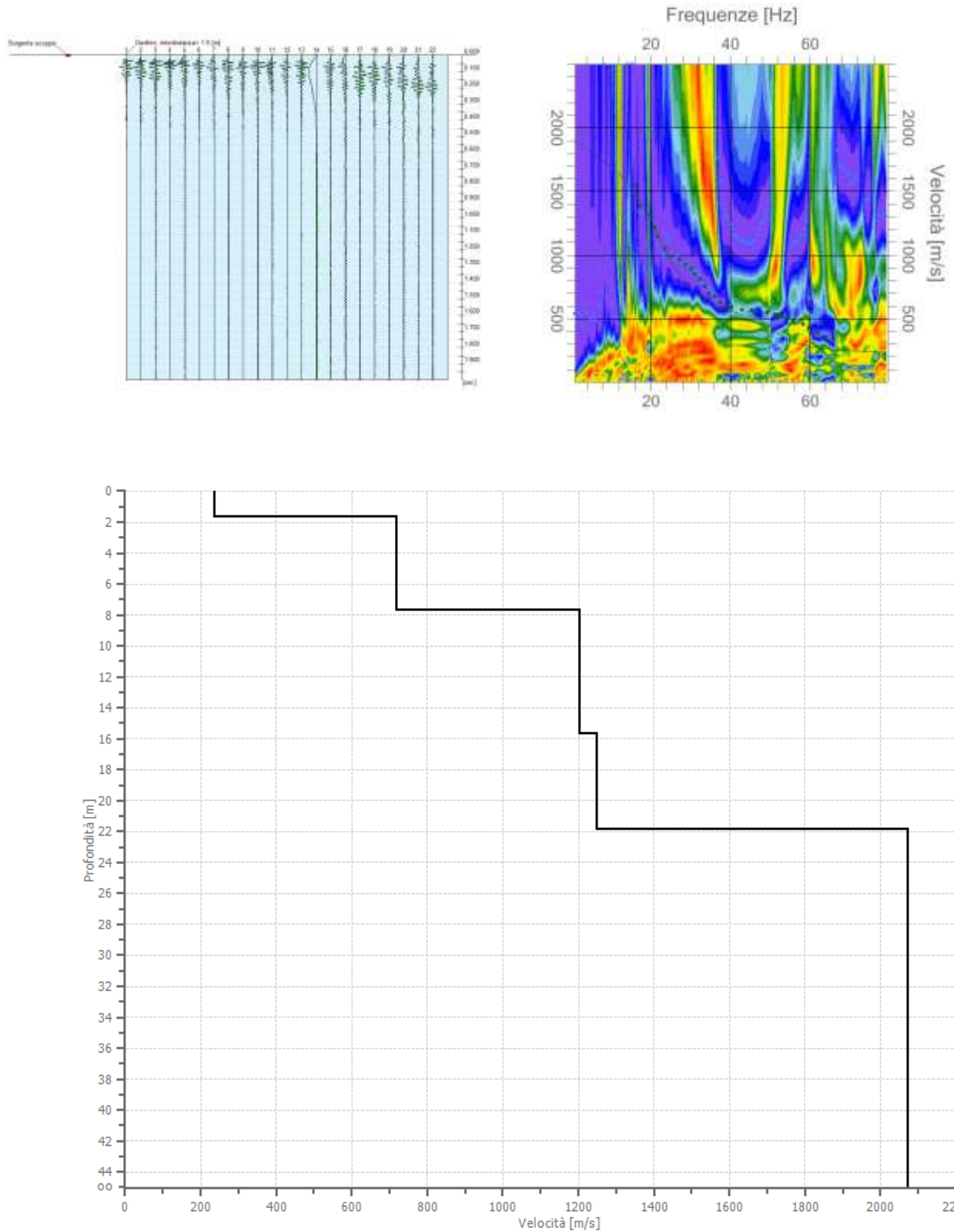


Fig. 9 – Indagine MASW – spettro, sismogramma e sismostrato, Vs

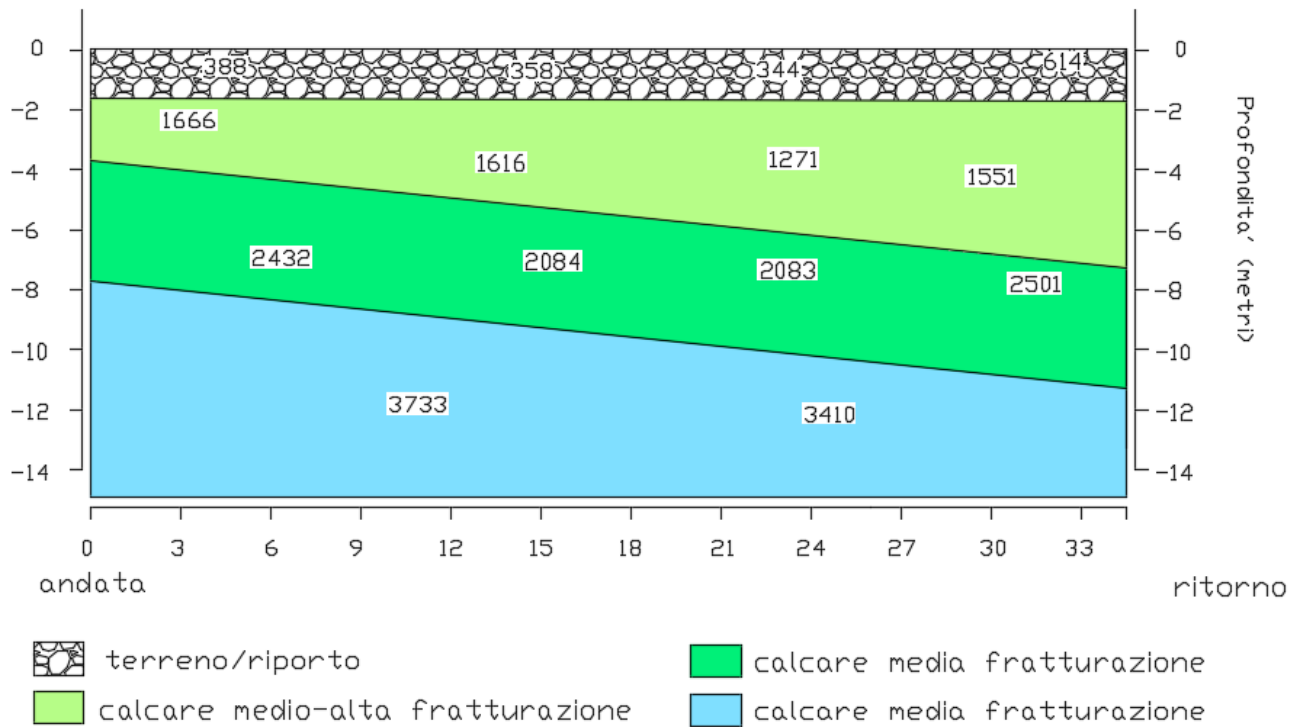


Fig. 10 – Interpretazione sismo-stratigrafica e sezione di progetto, Vp

Range di variazione dei parametri sismici					
Parametri sismici		I orizzonte	II orizzonte	III orizzonte	IV orizzonte
velocità onde P	m/s	344 - 614	1271 - 1666	2083 - 2501	3410 - 3733
velocità onde S	m/s	156 - 287	611 - 800	1049 - 1312	1914 - 2126
modulo di Poisson μ	-	0.37 - 0.36	0.35 - 0.35	0.33 - 0.31	0.27 - 0.26
densità geofisica γ	g/cm ³	1.55 - 1.73	1.98 - 2.09	2.18 - 2.26	2.39 - 2.43
modulo di taglio G	MPa	38 - 142	740 - 1338	2399 - 3886	8767 - 11002
mod. dinamico Young Ed	MPa	104 - 388	1997 - 3612	6381 - 10180	22267 - 27725
rigidità sismica R	t/cm ² s	242 - 496	1211 - 1671	2286 - 2960	4579 - 5174

- **Ed** (modulo di Young dinamico) - Brown e Robertshaw

$$E_{din} = 0,0102 \cdot \gamma \cdot V_p^2 \cdot \frac{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}{(1 - \mu)}$$

- **G** (modulo di taglio) - Ohta & Goto $G = Ed / 2 \cdot (1 + \mu)$

- γ (densità geofisica del terreno) $\gamma_{din} = 0,51 \cdot V_p^{0.19}$

- **R** (rigidità sismica) $R = V_s \cdot \gamma$

- μ (densità geofisica del terreno)

$$\mu = \frac{0,5 \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1}{\left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2}$$

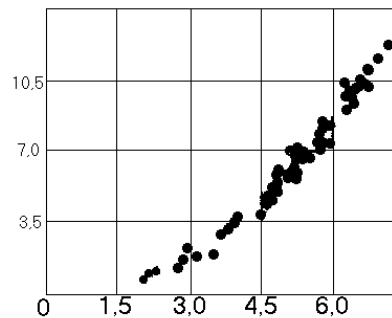
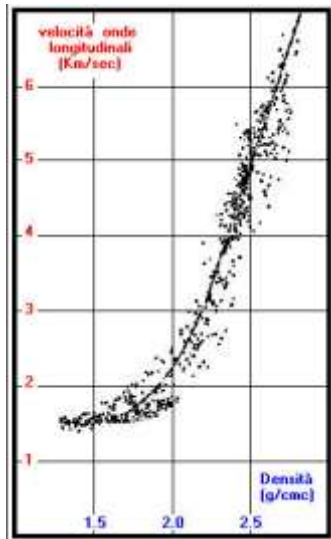


Fig. 11 – Correlazione tra V_p/γ (Nate- Drake) e V_p/Ed (Brown e Roberthshaw)

Una volta misurati i valori delle velocità sismiche sono stati ricavati i valori caratteristici dei singoli litotipi utilizzando la "t" di Student ad n-1 gradi di libertà ed ipotizzando che la media del campione coincida con la media della popolazione, usando la seguente relazione:

$$x_k = \bar{x} \pm t_{n-1}^{0.95} \left(\frac{s}{\sqrt{n-1}} \right)$$

Valori caratteristici dei parametri sismici					
Parametri sismici		I orizzonte	II orizzonte	III orizzonte	IV orizzonte
velocità onde P	m/s	345	1413	2132	3452
velocità onde S	m/s	157	679	1074	1938
modulo di Poisson μ	-	0.37	0.35	0.33	0.27
densità geofisica γ	g/cm ³	1.55	2.02	2.19	2.40
modulo di taglio G	MPa	38	932	2524	9003
mod. dinamico Young Ed	MPa	104	2517	6713	22868
rigidità sismica R	t/cm ² s	242	1373	2350	4646

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La valutazione dell'azione sismica del sito di costruzione è regolamentata dal paragrafo 3.2 delle NTC (DM 17.01.18).

Come riportato dalla suddetta normativa, la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di cat. A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PV_R , nel periodo di riferimento V_R .

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PV_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Categoria di sottosuolo

In assenza di un'analisi specifica sulla valutazione della risposta sismica locale, per definire l'azione sismica si può far riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II)

La classificazione della categoria di sottosuolo si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,eq}$ di propagazione delle onde di taglio.

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. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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 $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

Per il calcolo del $V_{S,eq}$, è stata eseguita una indagine MASW lungo la base sismica S1. Tramite questa prova si misurano le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica.

L'indagine ha fornito un valore medio del $V_{S,eq}$, a partire da una profondità di -2.00 m dal p.c., pari a circa 710 m/sec per cui il terreno di fondazione rientra nella categoria di suolo di fondazione "A", trattandosi di formazione omogenea e litoide caratterizzata da un valore di $V_{S30} > 800$ m/sec.

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} = 710 \text{ m/s}$$

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

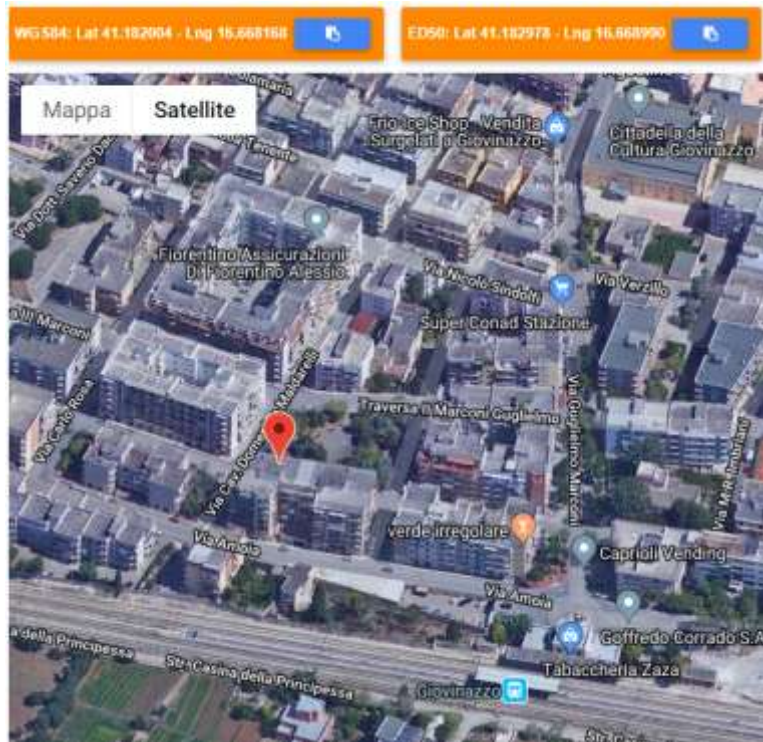


Fig. 12 – Coordinate topografiche

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – 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 $i > 30^\circ$

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Nel nostro caso la configurazione topografica superficiale è semplice e rientra nella categoria **T1**.

Parametri e coefficienti sismici
determinati con **GeoStru PS**



Fig. 13 – Reticolo sismico di base

Sito in esame.

latitudine: 41,182978 [°]

longitudine: 16,668990 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	31460	41,192110	16,613370	4763,8
Sito 2	31461	41,190260	16,679790	1213,4
Sito 3	31683	41,140300	16,677250	4795,7
Sito 4	31682	41,142150	16,610910	6652,0

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,029	2,437	0,230
Danno (SLD)	63	50	0,036	2,482	0,285
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,092	2,584	0,445
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,125	2,614	0,496

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,480	1,000	0,007	0,004	0,346	0,200
SLD	1,200	1,410	1,000	0,009	0,004	0,429	0,200
SLV	1,200	1,290	1,000	0,022	0,011	1,081	0,200
SLC	1,200	1,270	1,000	0,036	0,018	1,471	0,240

PARAMETRI GEOTECNICI

I dati provenienti dal rilievo geomeccanico e geofisico sono stati elaborati secondo le teorie ed i modelli matematici che, a parere dello scrivente, meglio caratterizzano il substrato di fondazione, in relazione alle dirette esperienze compiute su terreni simili in aree appartenenti al medesimo bacino di formazione.

Teorie, classificazioni e modelli matematici:

- Il sistema **C.S.I.R.**, proposto da Bieniawski (89), ricava la classificazione geomeccanica dall'analisi di sei parametri che fanno riferimento alla resistenza meccanica, alla giacitura dei piani di stratificazione, alle condizioni dei giunti ed alla situazione idrica.
- Studi condotti da **Zeza** (75) hanno caratterizzato e classificato gli ammassi rocciosi carsificati pugliesi collegando il comportamento dinamico con quelli statici attraverso misure di velocità, di RQD ed indicazioni strutturali.
- **Rzhevsky e Novik (71)** e **Broili (77)** hanno elaborato modelli matematici correlando il modulo di elasticità dinamico con la porosità, la resistenza a compressione ed il modulo elastico statico.
 - **σ_r** rottura a compressione - Rzhevsky e Novik (71), Zeza (78)
 - **E_s** (modulo statico) - Rzhevsky e Novik (71), NAV FAC Manual

$$E_s = \frac{E_d - 0,97}{8,30}$$

$$E_s = 10E_d$$

- φ (angolo d'attrito) – C.S.I.R. (89), Sen & Sadagah (03)

$$\varphi = 5 + 0,5 \cdot RMR \quad \varphi = 25 \left(1 + \frac{RMR}{100} \right)$$

- c (coesione) – C.S.I.R. (89), Sen & Sadagah (03)

$$c = 0,005 \cdot RMR \quad c = 3,625 \cdot RMR$$

- **u.c.s.** (carico di rottura esp. lib.) - Manev ed Avramova-Tacheva (70)

$$\frac{C_{amm}}{C_{lab}} = 0,114 e^{0,48(i-2)} + 0,02$$

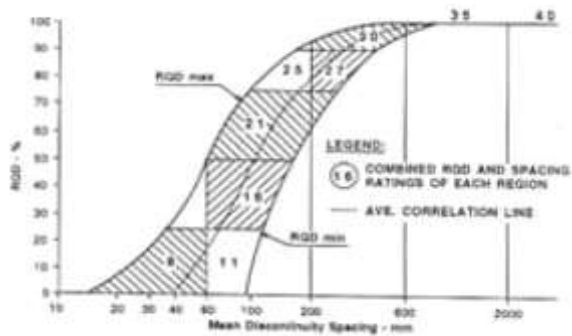
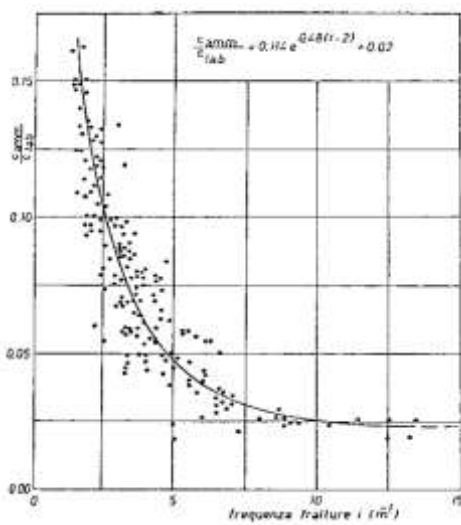


Fig. 14 – Correlazioni tra c_{amm}/c_{lab} e n° fratture (Manev ed Avramova-Tacheva-70) e tra RQD e discontinuità (Bieniawski)

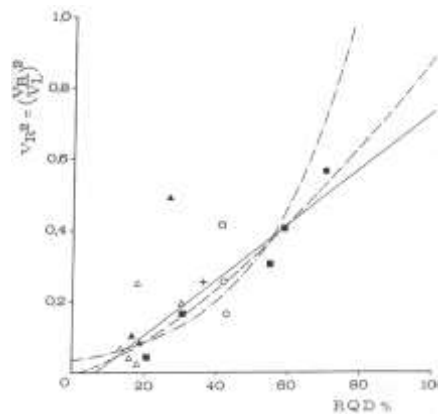
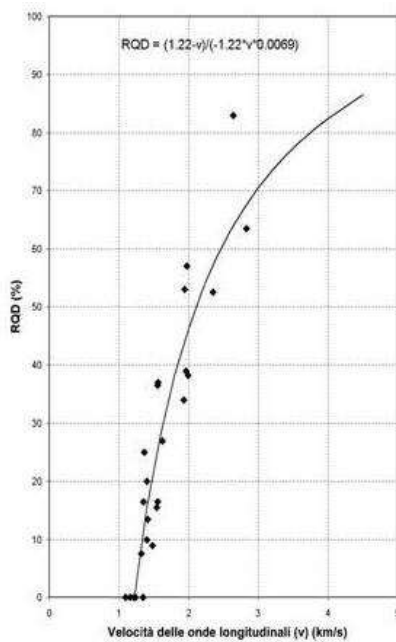


Fig. 15 – Correlazione tra V e RQD (Budetta e a. 01 - Zezza 75)

STRATIGRAFIA DEL TERRENO

Committente	comune di Giovinazzo		
Località	Giovinazzo	Quota	16.70 m slm
Profondità indagine	21 m	Prof. falda da p.c.	16.70 m

Stratigrafia	Falda	Descrizione	valori caratteristici			
			densità g/cm ³	angolo attrito	Es Kg/cm ²	c Kg/cm ²
0						
1		riporto	1.55	15	104	0.200
2						
3						
4		calcare	2.02	34	2256	0.000
5						
6						
7		calcare	2.19	39	6974	0.000
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14		calcare	2.40	44	25134	0.000
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						

Fig. 16 – Stratigrafia

Valori caratteristici					
<i>Parametri elasto-meccanici</i>		<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
litologia		riporto	calcare	calcare	calcare
compattezza		bassa	medio-bassa	media	alta
spessore	m	1.70	3.85	4.00	>20
densità in sito γ	g/cm^3	1.55	2.02	2.19	2.40
modulo di Poisson μ		0.37	0.35	0.33	0.27
mod. statico di Young E_s	Kg/cm^2	104	2256	6974	25134
carico di rottura u.c.s. q_u	Kg/cm^2		11.48	21.85	49.29
angolo di attrito Φ	gradi	15	34	39	44
angolo di attrito terr.-fond.	gradi	10	22	24	27
adesione terr.-fond.	Kg/cm^2	0	0	0	0
RQD	%	0	36	49	73
giunti per mc J_v	1/mc	31	24	20	13
coesione calcari	Kg/cm^2		1.35	2.01	2.84
indice RMR			36	54	77
qualità C.S.I.R.			scadente	mediocre	buona
coeff. spinta passiva K		1.70	3.55	4.32	5.61
permeabilità orientativa	cm/sec	0.01	0.10	0.01	0.01

Coefficiente di Winkler o costante di sottofondo

Considerando un terreno alla "Winkler" (1867), la relazione tra pressione agente (p) e cedimento (w) è pari a:

$$p = Kw$$

dove K è detta "costante di sottofondo" o "coefficiente di reazione del terreno". Studi successivi hanno evidenziato che in un "terreno reale" il cedimento dipende, oltre che dai valori di carico e dalle proprietà del terreno, anche dalla forma e dimensione delle fondazioni e dalla costituzione del sottosuolo.

L'uso del metodo di Winkler nelle applicazioni richiede pertanto un'attenta valutazione di un appropriato valore di K da adottare, caso per caso, in funzione di fattori quali il modello di sottosuolo e la dimensione e forma della fondazione (Viggiani 1999).

Collegandosi alla teoria dell'elasticità, $w = qB \frac{1-\nu^2}{E} i$, il valore del coeff. Verticale è stimato in base ai modelli matematici proposti da diversi autori, tra cui:

$$K_s = \alpha \frac{E}{B} \quad \text{Kogler \& Scheidig} \qquad K_s = \varepsilon \frac{E}{(1-\mu^2) \sqrt{F}} \quad \text{Scheicher}$$

$$K_s = \frac{E}{B(1-\nu^2)} \quad \text{Vesic} \qquad K_s = \frac{1}{2,5} 40 \mu q_a \quad \text{Bowles}$$

mentre per il coeff. Tangenziale si fa riferimento al modello proposto da Barkan

$$K_o = \frac{\alpha}{\sqrt{L \cdot B}} \cdot \frac{E}{(1-\mu^2)}$$

Considerando la tipologia di fondazione, a travi da 100 (in corrispondenza del I orizzonte sismico), si ottengono i seguenti risultati:

$$K_v = 20.00 \text{ Kg/cm}^3$$

$$K_o = 8.00 \text{ Kg/cm}^3$$

SCAVI E SBANCAMENTI

Normativa di riferimento:

- D.M. 17.01.2018
- D.Lgs. 09.04.2008 n. 81 coordinato con il D.Lgs 03-08-2009 n. 106
- D.M. LLPP 11.03.1988
- D.Lgs 17/2010
- UNI EN 13331-1 del 2004
- UNI EN 13331-2 del 2004
- UNI EN 14653-1 del 2005
- UNI EN 14653-2 del 2005

Per quanto attiene ai potenziali fenomeni di instabilità dei fronti di scavo, si pone in evidenza che è comunque sempre necessario il rispetto delle seguenti norme sulla sicurezza:

- D.Lgs 81/2008, art. 118: Nei lavori di splateamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere una inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di m 1,50, è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete. Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all'armatura o al consolidamento del terreno.
- D.Lgs 81/2008, art. 119: Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di m 1.50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, alla applicazione delle necessarie armature di sostegno.
- D.Lgs 81/2008, art. 120: E' vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature.
- DM 17 01 18 “Aggiornamento delle Norme tecniche sulle costruzioni”, 6.8.6. (fronti di scavo): Per scavi trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m, nei quali sia prevista la permanenza di personale e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una struttura di sostegno delle pareti di scavo.

Verifica di liquefazione dei terreni in condizioni sismiche

Nel caso in oggetto, non si è proceduto alla verifica di liquefazione, in quanto le caratteristiche del terreno di fondazione presentano le condizioni di non liquefazione, riportate nel paragrafo 7.11.3.4.2 “*Esclusione della verifica a liquefazione*” del D.M. 17-01-2018

Verifica di stabilità dei pendii

Il paragrafo 6.3 del D.M. 17-01-2018 prevede lo studio delle condizioni di stabilità dei pendii naturali e dello stato di progetto.

I dati riguardo alla morfologia, geologie ed idrogeologia dell'area in esame escludono possibili pericoli di instabilità.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Nell'entroterra in esame è presente una falda idrica che per tipologia, ubicazione e geometria, è parte della falda idrica profonda pugliese; detta "**falda carsica**" ha l'acquifero costituito da litotipi calcareo-dolomitici e le sue principali caratteristiche idrodinamiche derivano in gran parte dal grado di fessurazione, di evoluzione del fenomeno carsico e dalla distribuzione e tipologia delle forme epigee ed ipogee in seno al substrato carbonatico.

Da qui le numerose depressioni lineari (lame) ed areali (doline, puli, piscine e pozzi) occupate raramente da acque, ma la cui intima organizzazione di superficie riflette sicuramente i sistemi di discontinuità presenti (faglie). Nelle Murge nordoccidentali la circolazione di fondo della falda avviene in pressione e si esplica a grandi profondità (200-400 m sotto il livello mare), con carichi e gradienti idraulici spesso molto elevati (7-8%). Dalle colonne di perforazione si evince che quando la falda è confinata in prossimità di taluni livelli asfittici impermeabili, circola al di sotto del livello medio marino con valori di carico idraulico differenti da pozzo a pozzo e, una volta intercettata, risale, stabilizzandosi intorno a quote variabili da m +14 a m +30 s.l.m..

Poiché la media annuale delle precipitazioni atmosferiche in questo settore è di circa 600 mm e che più del 50% di pioggia si disperde per infiltrazione nel sottosuolo e per evapotraspirazione, la presenza di acque di ruscellamento è abbastanza scarsa in superficie, ed è localizzata solamente in coincidenza con i solchi di incisione torrentizia detti "lame".



Fig. 17 – Quote di attestazione dei pozzi e contenuto salino (da PTA)

La falda profonda si trova quindi ad una quota coincidente con quella marina, a circa -16.7 m di profondità ed è composta da acque con *contenuto salino* superiore a 2 g/l.

Dal punto di vista morfologico la zona presenta una leggera pendenza verso est e come tale non è soggetta ad allagamenti o forme di ruscellamento superficiale.

PAI

Il PAI, adottato con Delibera Istituzionale n°25 del 15/12/2004 ed approvato con Delibera Istituzionale n°39 del 30/11/2005, è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità dei versanti, necessario a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso.

Dal punto di vista normativo, è necessario tener conto delle seguenti prescrizioni:

- Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Bacino (PAI) del 30 novembre 2005;
- Determina sezione urbanistica 00032 del 20.06.2017 “Moduli unificati e standardizzati”;
- Legge Regionale n° 19 del 19 luglio 2013 “Norme in materia di riordino degli organismi collegiali operanti a livello tecnico-amministrativo e consultivo e di semplificazione dei procedimenti amministrativi”.

Lo studio eseguito e l'analisi della “Carta Idrogeomorfologica” e della “Carta di Rischio e della Pericolosità Idraulica e Geomorfologica”, ha permesso di escludere situazioni di pericolosità idraulica e geomorfologica nell'area oggetto di studio.

In riferimento a quanto prescritto dalle N.T.A. del Piano di Bacino (PAI), si precisa che l'area oggetto d'intervento è esterna all'area di rischio idraulico e **non rientra tra le aree di rischio di cui gli art. 6 e 10 delle NTA del PAI.**



Fig. 18 – Stralcio cartografia P.A.I.

CONCLUSIONI

L'area in esame presenta un andamento morfologico subpianeggiante non interessato da fronti di instabilità, forme carsiche e/o tettoniche di notevoli dimensioni, linee di ruscellamento meteorico.

Il terreno di riporto presente fino ad una profondità di circa 2 m dal p.c. dovrà essere eliminato in favore del primo orizzonte calcareo utile.

All'interno del basamento calcareo le zone di possibile schiacciamento sono rappresentate da cavità carsiche vuote o intasate da terra rossa.

È pertanto indispensabile un'attenta analisi del piano di fondazione con eliminazione delle eventuali sacche di terra rossa e delle parti cadenti presenti in zone di disturbo tettonico e/o di dissoluzione carsica.

=====

Terlizzi, gennaio 2019

dott. geol. Antonio De Napoli