

**COMUNE DI BARLETTA**

**li 21.12.2020**



## **RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE**

**OGGETTO:** Realizzazione di n. 1.160 loculi cimiteriali VIII lotto  
nel Cimitero Comunale - Barletta.

COMMITTENTE:  
Comune di Barletta

IL GEOLOGO  
dott.sa Maddalena A. Corvasce

## **INDICE**

<b>1. PREMESSA</b>	p..... 3
<b>2. PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA</b>	..... 4
<b>3. AZIONE SISMICA DI PROGETTO</b>	.....7
<b>4. INDAGINE MASW</b>	.....9
<b>5. PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO</b>	.....11
<b>6. CONCLUSIONI</b>	.....13

**Allegato I**

## 1. PREMESSA

La presente indagine geofisica fa seguito all’incarico ricevuto dal Comune di Barletta (*Convenzione Prot. n. 80586 del 26/11/2020*), al fine di classificare, secondo quanto previsto nelle “Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018, il sottosuolo di fondazione del sito ricadente nel Cimitero del comune di Barletta in zona Nord Ovest - VIII lotto, che vedrà la realizzazione di n. 1.160 loculi cimiteriali (Figura 1).



Figura 1 - Ubicazione dell’area interessata dalla realizzazione dei 1160 loculi all’interno del Cimitero di Barletta –  
Immagine da Google Earth.

La presente relazione viene redatta ai sensi delle normative vigenti in materia di caratterizzazione sismica:

- **D.M. del 17/01/2018** contenente “*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*”
- **O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003** e successive modifiche del 2005 contenente “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*”
- **O.P.C.M. n.3519 del 11/05/2006** contenente “*Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*”
- **D.G.R n.153 del 02/03/2004** contenente “*Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere*”

*strategici e rilevanti – Approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi”.*

## 2. PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA

Il territorio regionale pugliese è caratterizzato da una pericolosità sismica da media ad alta, più elevata nell'area garganica e dell'Ofanto, minore nel Salento (Figura 2).

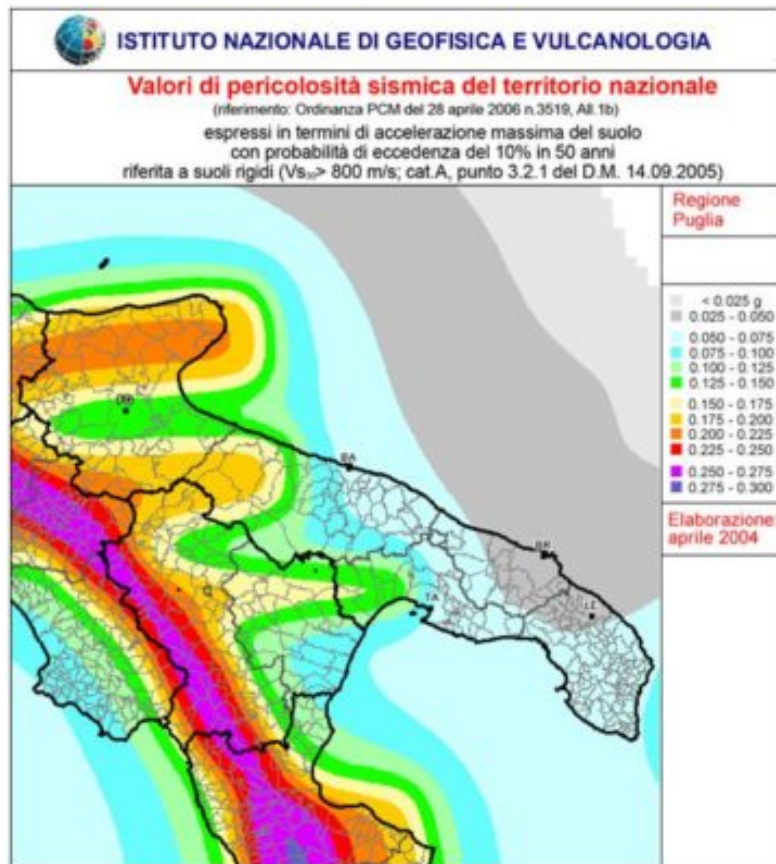


Figura 2 – Pericolosità sismica della Puglia (fonte sito web INGV, immagine non in scala)

La pericolosità sismica del territorio pugliese ha una duplice origine: deriva infatti dalla presenza di zone sismogenetiche poco lontane (Appennino meridionale) e da sorgenti, potenzialmente in grado di scatenare attività sismica oltre la soglia del danno, all'interno della stessa regione (area garganica).

Pertanto, si osserva che la maggior parte dei terremoti in Puglia si verificano nell'area garganica e nelle zone più interne in prossimità della Catena Appenninica meridionale (lungo una direttrice orientata NE – SW) (Figura 3).

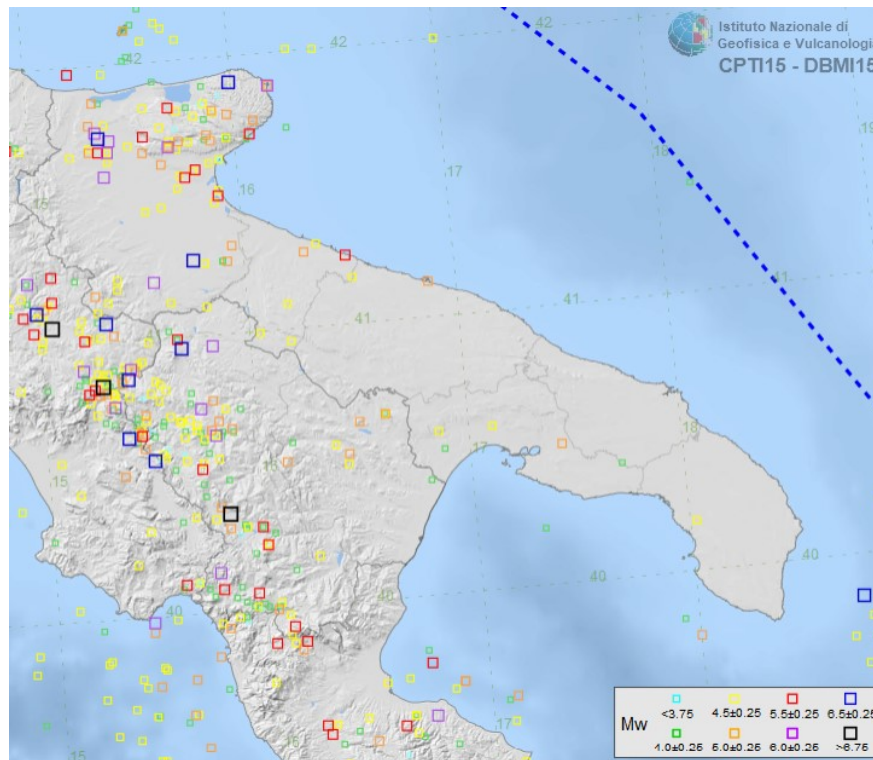


Figura 3 – Distribuzione degli eventi sismici in Puglia nella finestra temporale 1000 – 2014  
(fonte sito web INGV, immagine non in scala)

Per la caratterizzazione della pericolosità sismica del settore oggetto di studio si è fatto riferimento alle banche dati dell'INGV, nonché al DGR n. 153 del 02/03/2004 secondo cui il territorio del Comune di Barletta ricade in **zona sismica 2** cui corrisponde, ai sensi dell'O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003, un'accelerazione sismica orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 5 anni compresa tra **0,15** e **0,25**, che si traduce in un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastica pari a **0,25 (ag/g)**.

La sismicità storica del Comune di Barletta è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche utilizzate per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Territori Italiani (CPTI15 – DBMI15).

Da tale catalogo per Barletta risultano intensità di sito ( $I_s$ , in gradi secondo la scala Mercalli – Cancani – Sieberg MCS) molto forti (Figura 4), dovute a terremoti che hanno raggiunto intensità epicentrali ( $I_0$ ) comprese tra il 4° e 11° MCS e magnitudo del momento sismico ( $M_w$ ) stimate comprese tra 4.24 e 7.19 (Tabella 1). In particolare tra i terremoti storici, che hanno avuto maggior



risentimento nell'area di Barletta, si segnalano gli eventi della Costa pugliese centrale del 1560 ( $I_s=8^\circ$ ), del Tavoliere delle Puglie del 1720 ( $I_s=7^\circ-8^\circ$ ), dello Ionio settentrionale del 1743 ( $I_s=7^\circ$ ) e del Gargano del 1875 ( $I_s=7^\circ$ ) (Tabella 1).

Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
8	1560 05 11 04 40	Costa pugliese centrale	7	8	5.66
6-7	1689 09 21	Costa pugliese centrale	3	6-7	4.86
6	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
6-7	1720 06 07	Tavoliere delle Puglie	7	6-7	5.22
7-8	1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
5	1731 05 10 05 20	Costa pugliese centrale	3	5-6	4.40
6-7	1731 10 17 11	Tavoliere delle Puglie	6	6-7	4.86
7	1743 02 20	Ionio settentrionale	84	9	6.68
6-7	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10	6.52
F	1851 08 14 14 40	Vulture	10	7-8	5.48
5-6	1856 05 12 01 45	Barese	5	5-6	4.40
6-7	1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11	7.12
4	1858 05 24 09 20	Tavoliere delle Puglie	13	4-5	4.35
7	1875 12 06	Gargano	97	8	5.86
3	1905 08 18 04 07	Tavoliere delle Puglie	41	5	4.61
NF	1905 11 26	Irpinia	122	7-8	5.18
5	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
2-3	1912 07 02 07 34	Tavoliere delle Puglie	49	5	4.55
3	1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8	5.35
NF	1915 01 13 06 52 4	Marsica	1041	11	7.08
3	1919 10 21 00 24	Gargano	24	5-6	5.03
4	1925 08 25 05 10	Gargano	14	5	4.92
5-6	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
3	1931 12 03 09 32	Tavoliere delle Puglie	12	6	4.59
4	1951 01 16 01 11	Gargano	73	7	5.22
NF	1956 09 22 03 19 3	Gargano	57	6	4.64
NF	1963 02 13 12 45	Potentino	31	7	5.19
3	1967 12 09 03 09 5	Adriatico centrale	22		4.36
2-3	1973 08 08 14 36 2	Appennino campano-lucano	29	5-6	4.75
5	1975 06 19 10 11	Gargano	61	6	5.02
F	1978 09 24 08 07 4	Materano	121	6	4.75
5	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
3-4	1988 04 26 00 53 4	Adriatico centrale	78		5.36
NF	1990 02 18 20 10 4	Adriatico centrale	46		4.24
4-5	1990 05 05 07 21 2	Potentino	1375		5.77
3-4	1991 05 26 12 25 5	Potentino	597	7	5.08
4-5	1995 09 30 10 14 3	Gargano	145	6	5.15

Tabella 1 – Storia sismica di Barletta (fonte sito web INGV)

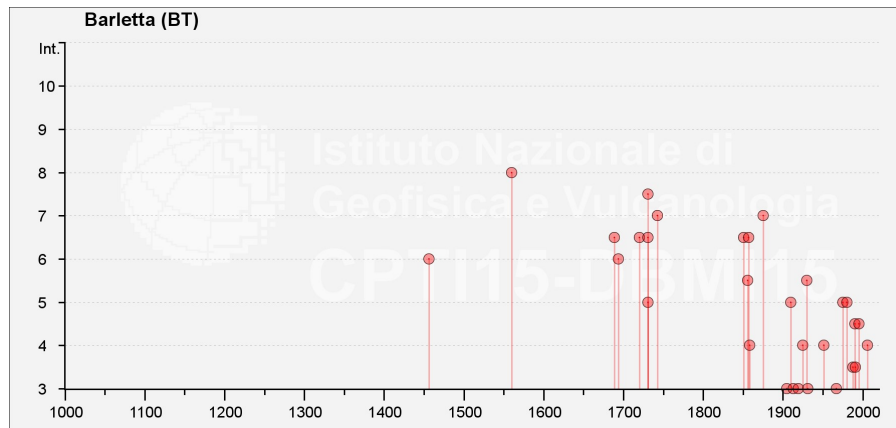


Figura 4 – Grafico delle intensità di sito (Is) risentite a Barletta (fonte sito web INGV)

### 3. AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Il D.M. del 17/01/2018 “*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*”, stabilisce che le **azioni sismiche di progetto**, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “**pericolosità sismica di base**” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche stratigrafiche e morfologiche che determinano la **risposta sismica locale**.

#### Risposta sismica locale

Ai sensi del D.M. del 17/01/2018 ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, l’effetto della risposta sismica locale, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tabella 2, si può valutare facendo riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .

#### Categoria di sottosuolo

La classificazione del sottosuolo dovrà essere effettuata in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dalla formula:

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

dove:

$h_i$  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 Vs non inferiore a 800 m/s.

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

Tabella 2 – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato



Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità (caso del profilo CD), diversamente sarà considerata la  $V_{seq}$  (caso del profilo AB).

#### **4. INDAGINE MASW**

In ottemperanza alla normativa sismica vigente (D.M. del 17/01/2018) si è proceduto ad un'indagine geofisica in sito, con metodo MASW, al fine di ricostruire la distribuzione stratigrafica delle velocità delle onde di taglio  $V_s$ , che ha permesso di determinare il valore di  $V_{s,eq}$  e la categoria di sottosuolo del Cimitero Monumentale della città di Barletta.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che permette di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$ , basandosi sulla misura e sullo studio della dispersione delle onde di superficie (onde di Rayleigh e di Love).

Queste onde si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo omogeneo ed isotropo e derivano dall'interferenza tra le onde longitudinali (P) e le onde trasversali (Sv). In un mezzo stratificato, come il caso in questione, queste onde sono di tipo guidato e dispersivo: guidato, perché la velocità di fase con cui si propagano cambia con la frequenza, dispersivo perché le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità e, generalmente, hanno velocità di fase maggiore.

Per la prospezione è stato utilizzato il metodo MASW attivo. Questo è il metodo convenzionale che usa una sorgente sismica attiva, registrando i dati lungo uno stendimento lineare di ricevitori.

L'indagine è consistita nell'esecuzione di n° 2 profili sismici AB e CD (Foto 1 e Foto 2 – Allegato I). I due profili sono ubicati come mostrato in *Tavola IV "Piano delle Indagini" della Relazione Geologica*, ed hanno ognuno le seguenti geometrie di campo:

- profilo Masw di lunghezza 15 m, distanza intergeofonica di 1 m e offset di 4 m.

Ogni profilo è costituito da una base sismica di 12 geofoni, aventi una frequenza propria di 4,5 Hz. Per le energizzazioni si è utilizzata una mazza di battuta del peso di 9 Kg, con dispositivo di starter integrato, lasciata cadere su di una piastra di alluminio del diametro di 200 mm e dello spessore di 30 mm. La registrazione delle tracce sismiche è stata effettuata con un sismografo a 24 canali della ditta M.A.E. (mod. A6000S/24), utilizzando una frequenza di campionamento di 1000 campioni/secondo e un tempo di campionamento di 2 secondi.

Successivamente i files delle tracce sismiche, prodotti dal sismografo in formato SEG-2, sono stati acquisiti nel software di interpretazione SURFSEIS e trasformati in un formato SEG-Y modificato, chiamato formato KGS.

Dopo aver codificato la geometria di campo dei suddetti files, i sismogrammi sono stati elaborati attraverso una trasformazione dal dominio tempo-distanza (t-x) al dominio velocità di fase-frequenza (p-f). E' stato così possibile analizzare l'energia di propagazione del segnale lungo le linee sismiche e riconoscere le onde superficiali con carattere dispersivo.

All'interno degli spettri p-f è stato effettuato un picking per determinare la curva di dispersione sperimentale, dalla quale si è poi ricavata la curva di dispersione calcolata (Figure 5, 6, 8, 9 Allegato I). È stato quindi determinato il modello ottimale di velocità delle onde di taglio  $V_s$  ed il relativo valore di  $V_{s,eq}$  (Figure 7, 10 Allegato I).

Il valore di  $V_{Seq}$  ottenuto dall' indagine MASW lungo il **profilo AB** è di **289 m/s**, con substrato a 25 m, il valore  $V_{S30}$  ottenuto dall' indagine MASW lungo il **profilo CD** è **315 di m/s**, con substrato a 30 m.

Secondo quanto indicato nelle NTC 2018 punto 3.2.2, tali terreni ricadono in **categoria C** (Tabella 2).

Il comune di Barletta, sulla base della classificazione sismica nazionale ricade in Zona 2.

## 5. PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, che è definita dalla probabilità che in un determinato lasso di tempo (“periodo di riferimento” VR espresso in anni) in detto sito si verifichi un evento sismico di entità pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata “Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” PVR.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

ag = accelerazione orizzontale massima del terreno

FO = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

TC\* = periodo di inizio del tratto a velocità costante in accelerazione orizzontale.

I valori dei parametri ag - FO - TC\* riportati in Tabella II, relativi alla pericolosità sismica nell’ambito della griglia di riferimento (10751 punti – Tabella I) e nell’intervallo di riferimento, sono definiti attraverso il software “geostru” dove vengono inserite le caratteristiche del sito in esame.

L’opera oggetto del presente elaborato ricade nella classe d’uso II, nella quale rientrano 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.

### **Sito in esame: Cimitero comunale di Barletta**

latitudine: 41,327914

longitudine: 16,254079

Classe: 2

Vita nominale: 50

Le coordinate geografiche sono espresse in ED50

Siti di riferimento ID	Latitudine (°)	Longitudine (°)	Distanza (m)
30788	41,3523	16,2214	3849,512
30789	41,3507	16,2879	3791,727
31011	41,3007	16,2857	4016,125
31010	41,3023	16,2192	4071,077

### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Vita nominale dell'opera VN = 50 anni

Coefficiente d'uso CU = 1

Stato limite	Probabilità di superamento: %	Tr [anni]	ag [g]	Fo	Tc* [s]
SLO	81	30	0,038	2,512	0,269
SLD	63	50	0,048	2,562	0,294
SLV	10	475	0,139	2,573	0,388
SLC	5	975	0,192	2,492	0,414

Operatività (SLO), Danno (SLD), Salvaguardia della vita (SLV), Prevenzione dal collasso (SLC), Tr = tempo di ritorno, ag = accelerazione orizzontale massima al sito, Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, TC\* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Stato limite	Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta
SLO	1,500	1,620	1,000	0,011	0,006	0,557	0,200
SLD	1,500	1,570	1,000	0,015	0,007	0,713	0,200
SLV	1,480	1,440	1,000	0,050	0,024	2,024	0,240
SLC	1,410	1,400	1,000	0,065	0,032	2,655	0,240

Ss = Coeff. di amplificazione stratigrafica, ST = Coeff. di amplificazione topografica, Kh = coefficiente di accelerazione sismica orizzontale, Kv = coefficiente di accelerazione sismica verticale, Amax = accelerazione massima al sito

## 6. CONCLUSIONI

I risultati ottenuti dall'analisi sismica e stratigrafica condotta nell'area oggetto del presente lavoro sono abbastanza omogenei.

Il sottosuolo su cui poggeranno le strutture degli ossari è caratterizzato da valori di  $V_s$  compresi tra **289 - 333 m/s**. Secondo quanto indicato nel D.M 17/01/2018, i suoli con velocità media di taglio  $V_s$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s ricadono in categoria C.

Il Geologo  
dott.ssa Maddalena A. Corvasce



**Dott. ssa Geol. Maddalena A. Corvasce**  
Studio: Via M. Sante, 44 – Barletta.  
Partita I.V.A. 05288440729 – Cell. 320 0698790,  
Email: [maddi.corvasce@libero.it](mailto:maddi.corvasce@libero.it)  
pec: [maddi.corvasce@epap.sicurezzapostale.it](mailto:maddi.corvasce@epap.sicurezzapostale.it)

Realizzazione di n.1160 loculi cimiteriali VIII lotto  
nel Cimitero comunale di Barletta

**RELAZIONE SISMICA**

---

## ALLEGATO I



Foto 1. Stendimento sismico profilo MASW AB

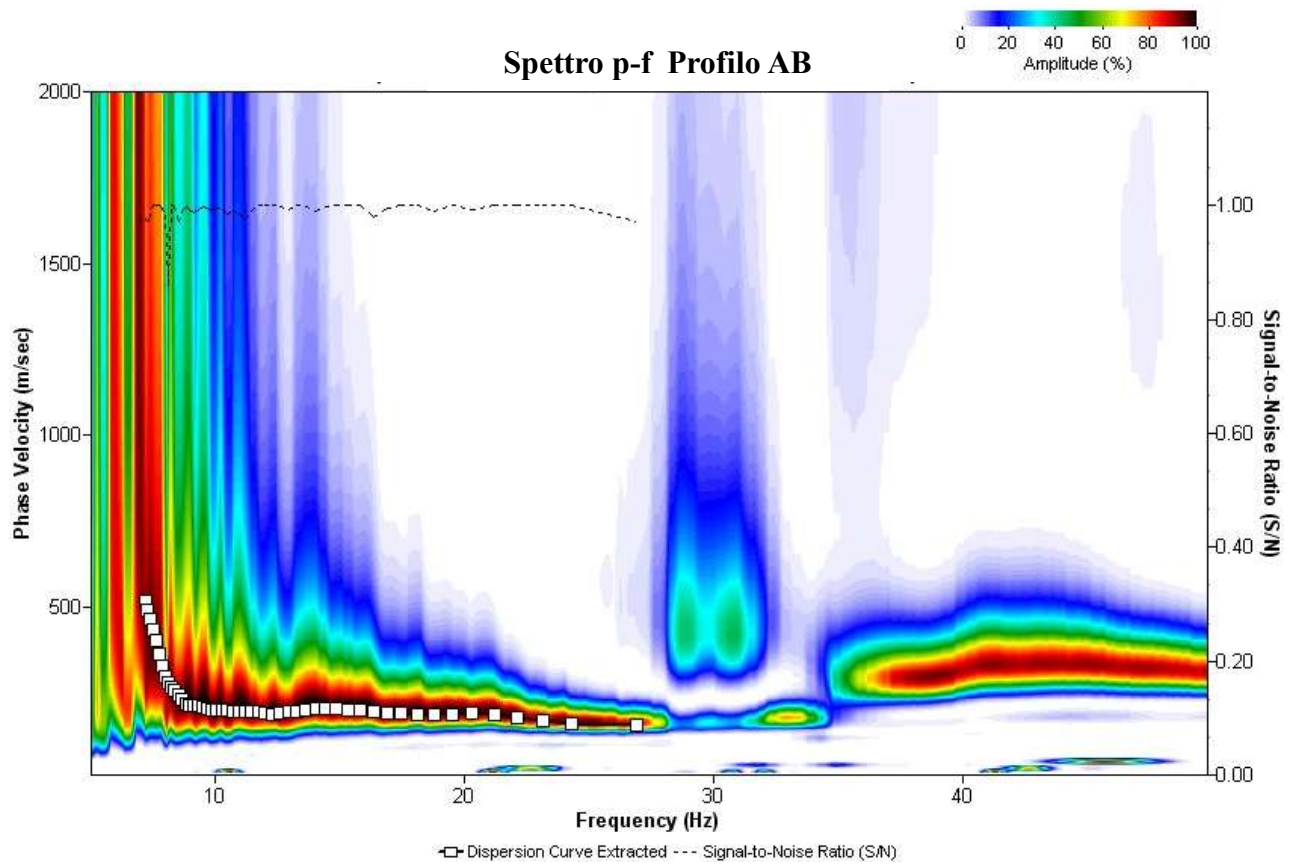


Fig. 5- Estrazione della curva di dispersione sperimentale (picking) dall'immagine di dispersione (overtone image) del profilo Masw AB

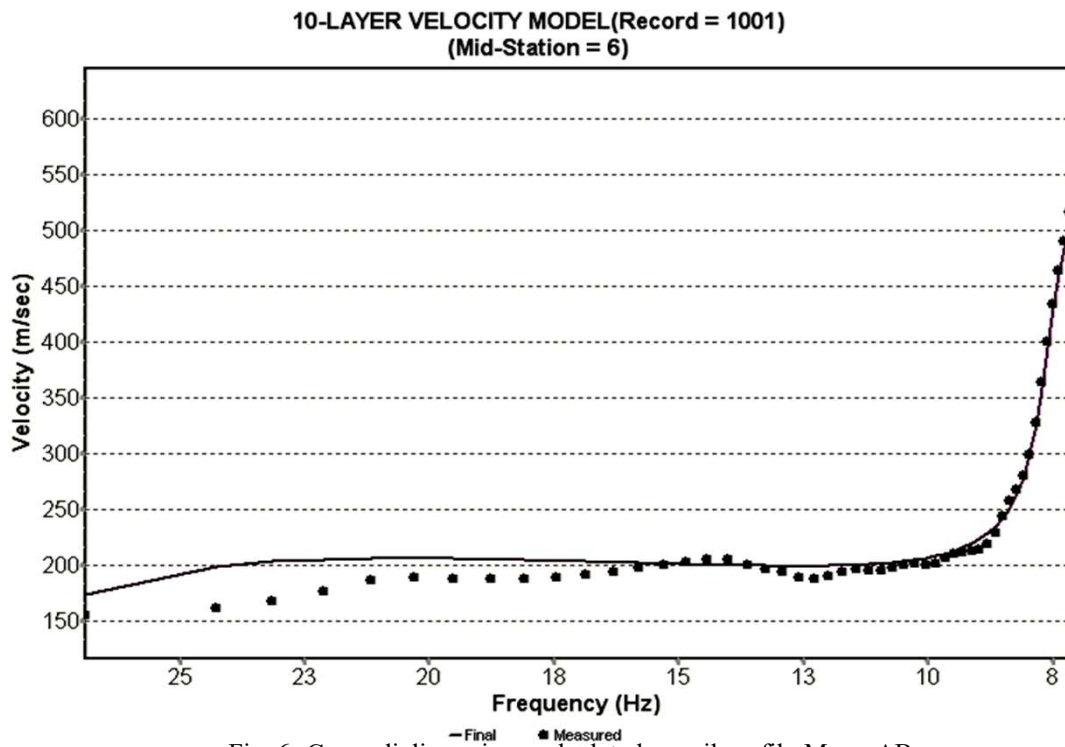
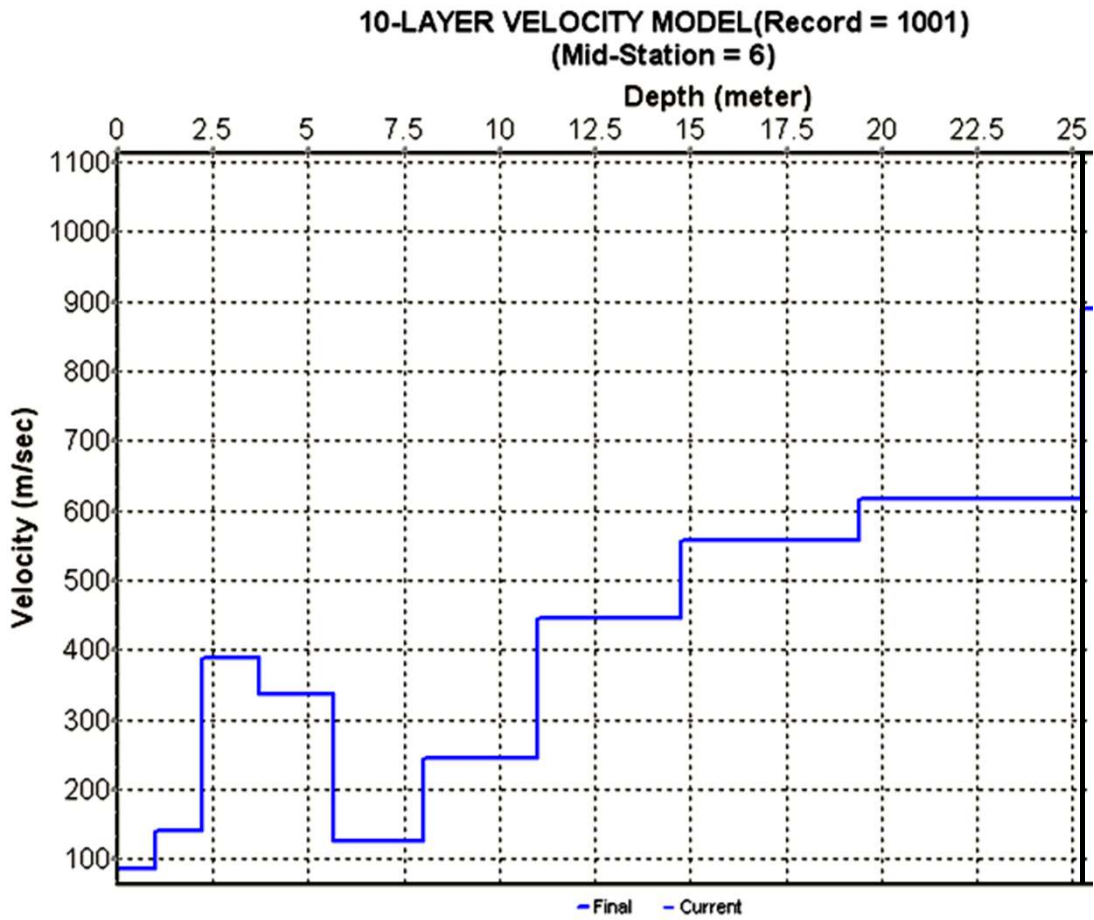


Fig. 6- Curva di dispersione calcolata lungo il profilo Masw AB



Strato	Profondità (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	hi/vsi	Vs,eq (m/s)
1	0,978	0,9	85,01	0,0106	289
2	2,201	1,2	140,133	0,00873	
3	3,73	1,5	389,243	0,00393	
4	5,641	1,9	337,432	0,00566	
5	8,029	2,4	124,968	0,01911	
6	11,014	3,0	245,522	0,01216	
7	14,746	3,7	444,448	0,0084	
8	19,411	4,7	557,613	0,00837	
9	25,242	5,8	615,847	0,00947	

0,08642

Fig. 7 - Modello ottimale di velocità delle onde di taglio Vs e valore di Vs30 lungo il profilo Masw AB





Foto 2. Stendimento sismico profilo MASW CD



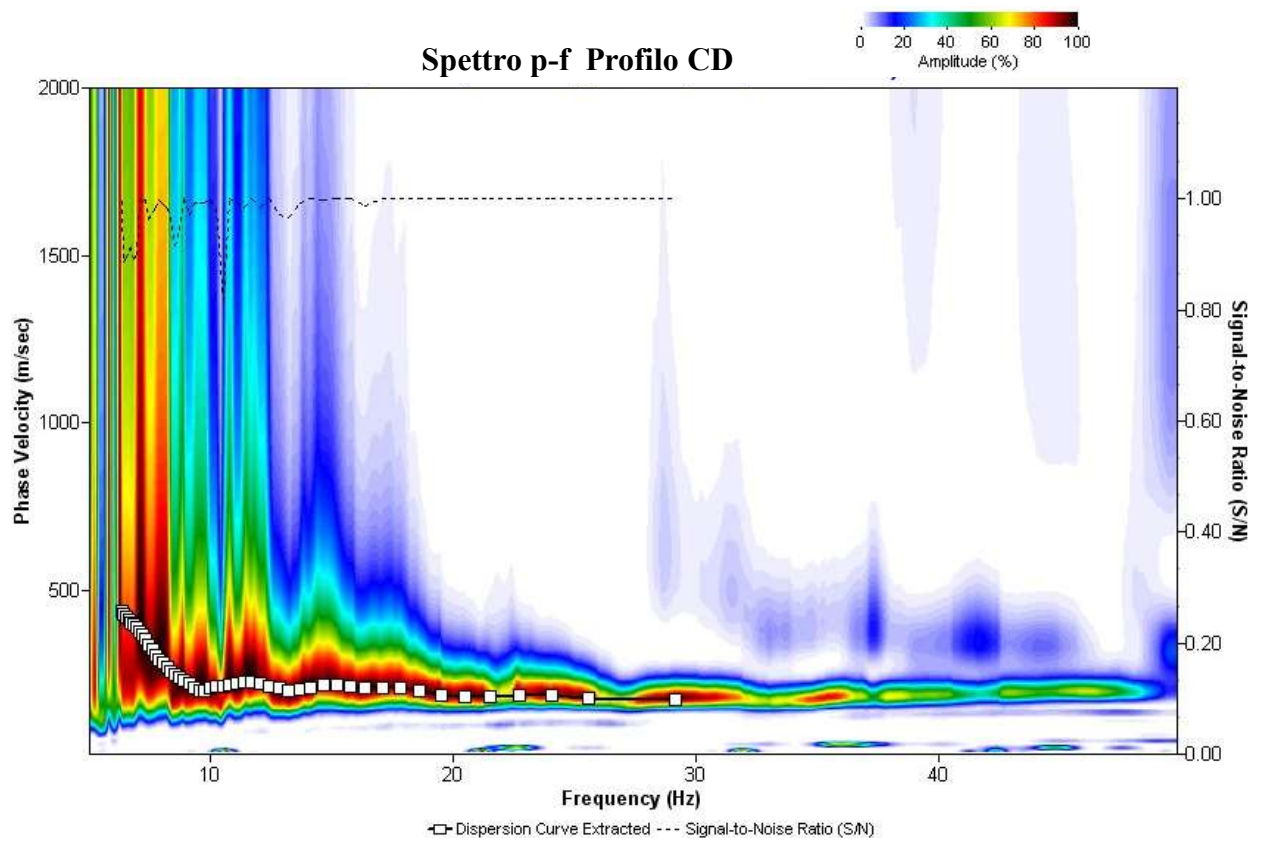


Fig. 8- Estrazione della curva di dispersione sperimentale (picking) dall'immagine di dispersione (overtone image) del profilo Masw CD

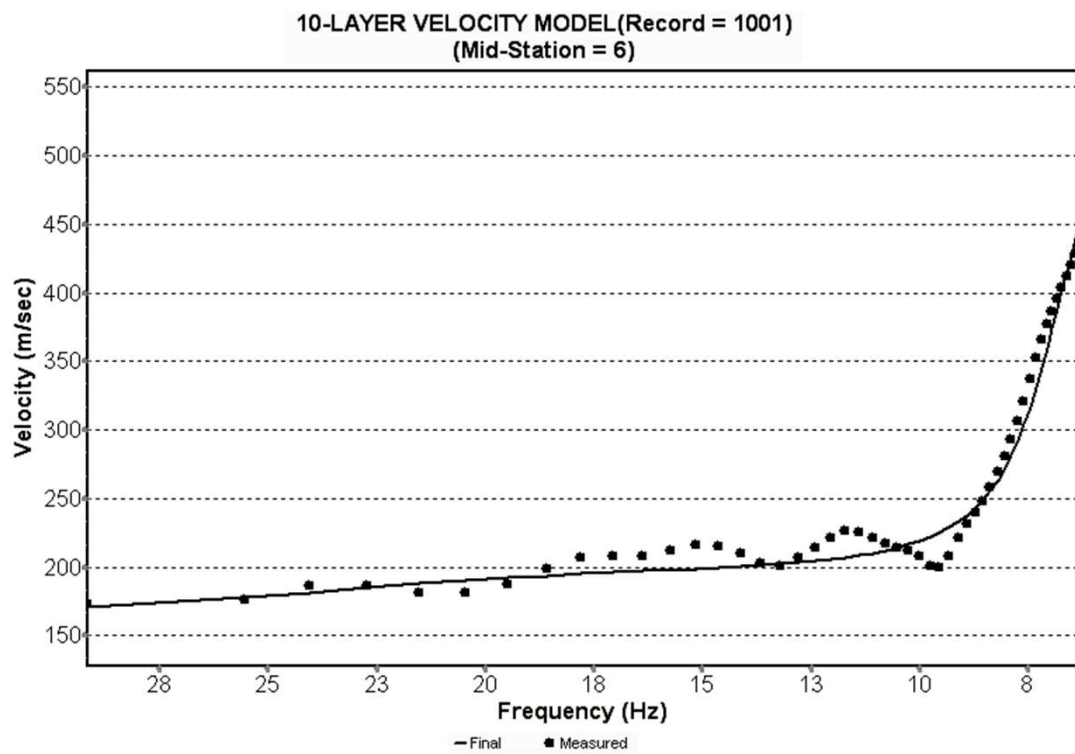
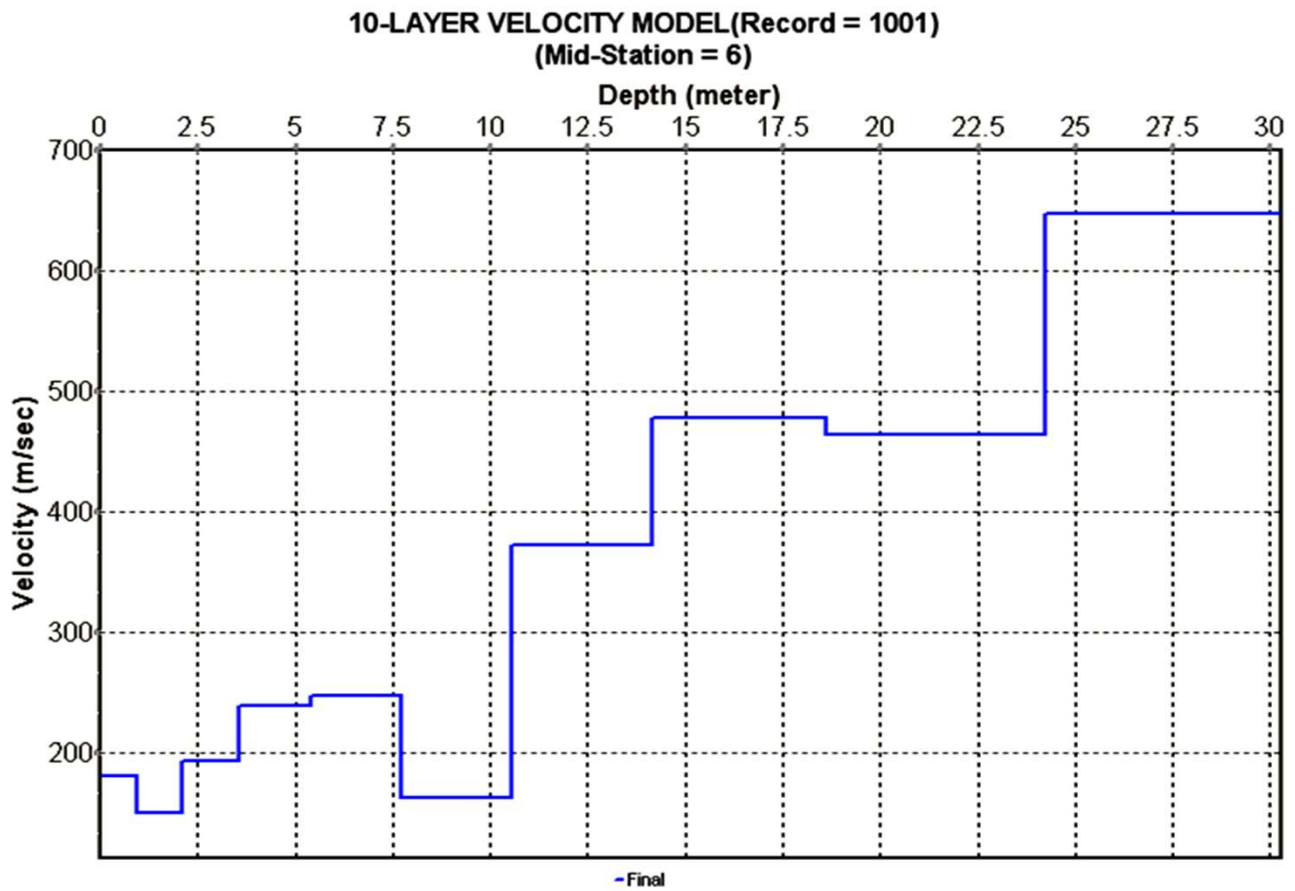


Fig. 9- Curva di dispersione calcolata lungo il profilo Masw CD



	<i>Strato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Vs (m/s)</i>	<i>hi/vsi</i>	<i>Vs30 (m/s)</i>
	1	0,939	0,9	85,01	0,0106	<b>333</b>
	2	2,113	1,2	140,133	0,00838	
	3	3,58	1,5	389,243	0,00377	
	4	5,414	1,8	337,432	0,00544	
	5	7,706	2,3	124,968	0,01834	
	6	10,571	2,9	245,522	0,01167	
	7	14,152	3,6	444,448	0,00806	
	8	18,629	4,5	557,613	0,00803	
	9	24,225	5,6	615,847	0,00909	
	10	30,281	6,1	889,569	0,00681	

**0,09017**

Fig. 10- Modello ottimale di velocità delle onde di taglio Vs e valore di Vs30 lungo il profilo Masw CD