



Autorità di Sistema Portuale
del Mare Adriatico Meridionale

Bari, Brindisi, Manfredonia, Barletta, Monopoli

PORTO DI BARLETTA

Lavori di prolungamento dei moli foranei del porto di Barletta,
secondo le previsioni del vigente piano regolatore portuale.
progetto definitivo



titolo

elaborato

Relazione geologica

9

data e aggiornamenti

01		
00	dicembre 2021	emissione

progetto

ing. Francesco Di Leverano
AdSP MAM
Direttore Dip. Tecnico

ing. Eugenio Pagnotta
AdSP MAM
Funzionario Dip. Tecnico

CESUB Srl
San Giorgio Ionico (TA)

responsabile unico del procedimento

ing. Paolo Iusco

RELAZIONE GEOLOGICA

Oggetto dei Lavori:	<i>Prolungamento dei moli foranei secondo le previsioni del PRP. Caratterizzazione ambientale e geotecnica dei fondali nei pressi dell'imboccatura.</i>
Località:	<i>Porto di Barletta;</i>
Committente:	<i>Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Meridionale.</i>

Napoli, 06/12/2021

Ordine dei Geologi Regione Campania n° 1953
dott. geol. Roberto Lubrano



INDICE

0. PREMESSA.....	2
1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE E STRUTTURALE.....	4
3. GEOLOGIA DI DETTAGLIO DELL'AREA	4
4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO	5
5. SCHEMA IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO	6
6. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA	8
7. RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	14
8. CONCLUSIONI	17
9. BIBLIOGRAFIA	20
9.1 - SITI INTERNET	20
ALLEGATO A1 – ALLEGATO CARTOGRAFICO	
ALLEGATO A2 – SPETTRI DI RISPOSTA	

0. Premessa

Su incarico ricevuto dall'*Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Meridionale* e nell'ambito delle indagini per il "*Prolungamento dei moli foranei secondo le previsioni del PRP. Caratterizzazione ambientale e geotecnica dei fondali nei pressi dell'imboccatura*" del Porto di Barletta, il sottoscritto dott. geol. Roberto Lubrano, nato a Napoli il 4/12/1963 ed iscritto all'albo dei Geologi della Regione Campania col n°1953, ha effettuato uno studio geologico-tecnico dell'area di sedime dell'opera in oggetto.

La presente relazione si prefigge di pervenire ad una generale conoscenza del sottosuolo, alle caratteristiche geotecniche dei terreni ed alla classificazione sismica del sito. E' stata, inoltre, effettuata un'analisi della risposta sismica del suolo fornendo gli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto, in linea con la vigente legislazione in materia di indagini geognostiche, con particolare riguardo alle aree dichiarate sismiche e soggette a rischio idrogeologico (D.M. 17 Gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"), alle Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate ed i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione (D.M. 11/03/88 e G.R. 5447/2002; D.M. 21/01/81, D.M. 11/03/88 e G. R. 5447/2002), Delibera n°39 del 30/11/2005 "Avviso di adozione Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico" redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia.

Le considerazioni esposte nella presente relazione sono il risultato di un lavoro effettuato secondo il seguente programma:

- accurata ricerca bibliografica, volta alla caratterizzazione ed individuazione delle modalità di messa in posto dei tipi litologici presenti nell'area oggetto dello studio, integrata da indagini in sito e di laboratorio eseguite per la costruzione di altre opere nella stessa area o comunque in aree prossime al sito in oggetto;
- rilevamento geologico ed analisi geomorfologica dei siti di interesse e delle aree

limitrofe per l'individuazione di eventuali dissesti superficiali in atto o potenziali;

- identificazione dei dissesti presenti sulle opere esistenti e valutazione generale delle condizioni di dissesto dell'area;
- esecuzione di una campagna di indagini comprendente sondaggi geognostici e prove geotecniche di laboratorio, prove con dilatometro sismico, prove sismiche tipo Down-hole.

I riferimenti alle opere consultate per la redazione del presente lavoro sono indicati nella bibliografia al paragrafo 10 della presente relazione. Nell'Allegato A1 sono inseriti gli "Stralci Cartografici", nell'Allegato A2 le "Caratteristiche Sismogenetiche e Spettri" e nell'Allegato A3 la "Documentazione Fotografica".

1. Inquadramento geografico

L'area oggetto dell'intervento ricade nella Provincia di Barletta-Andria-Trani, nel territorio del Comune di Barletta (Superficie 149,35 km²). La quota del territorio comunale è compresa tra 0 e 162 metri di altezza, (**Zona Altimetrica** = Collina Litoranea; essa è individuabile nella Tavoletta I NO (Barletta) del Foglio 176 (Barletta) della Carta d'Italia elaborata dall'Istituto Geografico Militare e sul Foglio 176 (Barletta) della Carta Geologica d'Italia.

Geograficamente l'area di Barletta si affaccia sul mare Adriatico in quel tratto di litorale che chiude verso SE il golfo di Manfredonia e a pochi km dalla foce del fiume Ofanto la cui presenza condiziona la geologia della linea di costa infatti, si passa dalla costa rocciosa della Terra di Bari alle sabbie della foce del fiume Ofanto.

Le opere che saranno realizzate rientrano nell'area portuale del più precisamente nello specchio d'acqua in corrispondenza dell'imboccatura.

Le coordinate geografiche della punta estrema del molo di ponente sono (sistema **WGS84**): 41°19'57,60"N - 16°17'23,60"E e, in gradi decimali, 41,332660° N - 16,289882° E (**UTM-WGS84** 4576489,76m N 607935,55m E Zona 33T) mentre nel sistema **ED50**¹:

¹ Da inserire nel foglio di calcolo Spettri-NTC ver.1.0.3 rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per la stima dell'accelerazione sismica di progetto.

41,333634° N - 16,290712° E.

2. Inquadramento geologico generale e strutturale

I terreni ivi affioranti sono costituiti prevalentemente da una successione di depositi marini (Q_m) riferibili al plio-pleistocene in giacitura suborizzontale con inclinazione generalmente inferiore ai 10° verso N ed alluvionali (a_1) di età olocenica costituiti da detriti sciolti di ciottolame calcareo inglobati in matrice in matrice sabbiosa e/o argillosa e derivano dallo smantellamento dei terreni plio-pleistocenici e la deposizione in ambiente fluvio-lacustre; la potenza è variabile ma in generale crescente da W verso E. I ciottoli risultano poco arrotondati e poco appiattiti, con dimensioni decrescenti dall'alto verso il basso con frequenti intercalazioni di lenti sabbiose e rare argillose.

L'elemento geologico principale del territorio è certamente quello costituito dalla successione stratigrafica dei terreni appartenenti al ciclo sedimentario regressivo plio-pleistocenico di cui in affioramento si trovano sabbie limose intercalate da livelli di argille ossidate grigio-verdi a volte tendenti al marrone e livelli di calcareniti grossolane poco cementate. Tale formazione ha spesso come copertura una crosta calcarea molto fratturata dello spessore di 30-50cm. Immediatamente al di sotto c'è un livello costituito da sabbie quarzose e calcaree, spesso cementate, di colore giallastro e spessore variabile; spesso presenti livelli arenacei molto diagenizzati, concrezioni calcaree nodulari e limo calcareo polverulento. Al di sotto sono presenti limi sabbiosi, argille sabbiose e argille con concrezioni gessose grigio-biancastre.

Per quanto riguarda l'area in questione è presumibile che i depositi di spiaggia attuali presenti lungo la linea di costa (q^1) continuino anche più al largo magari con termini a granulometria più sottile.

3. Geologia di dettaglio dell'area

Essendo quella in questione un'area marina non ci sono, nelle immediate vicinanze del sito, affioramenti di terreni naturali, pertanto, la successione stratigrafica è stata

dedotta dai sondaggi eseguiti in loco.

Dalla stratigrafia dei sondaggi emerge la presenza, partendo dal fondale marino, di un primo livello costituito da un limo poco consistente con presenza di sostanza organica e gusci di lamellibranchi di colore grigio, con uno spessore variabile da 2 a 7 metri in generale diminuzione verso il largo.

Il secondo livello ha uno spessore compreso tra 17 e 25 metri è simile a quello descritto in precedenza per i depositi plio-pleistocenici, è costituito da sabbie limose color ocra, con a luoghi livelli di calcareniti e lenti argillose.

Il terzo livello è costituito da argille grigio-azzurre molto consistenti rinvenuta in tutti i sondaggi, eccetto S4, a profondità superiori ai 30 m dal fondo.

4. Caratterizzazione geotecnica del terreno

La caratterizzazione geotecnica ha come finalità quella di ricondurre ad una semplice schematizzazione la complessa situazione naturale dei terreni, a ciò si perviene attraverso l'individuazione di parametri che risultino utilizzabili per i calcoli di progetto.

I valori dei parametri geotecnici ricavati dalle prove di laboratorio eseguite su tali terreni sono riassunti nella seguente tabella:

n.	Nome	Profondità	Angolo di attrito φ°	Peso di volume γ (kN/m ³)	Coesione C (kPa)	Granulometria (Definizione AGI)
1	BT01/001 CI1	19,00÷19,50	30,4	19,0	1,7	Sabbia limosa debolmente argillosa
2	BT01/001 CI2	26,00÷26,50	30,5	19,7	1,4	Sabbia limosa debolmente argillosa
3	BT01/002 CI1	13,00÷13,40	30,7	21,3	0,7	Sabbia limosa e argillosa
4	BT01/002 CI2	20,50÷21,00	25,2	19,6	11,5	Limo argilloso e sabbioso
5	BT01/003 CI1	14,50÷15,00	24,1	20,5	17,5	Argilla con limo sabbiosa
6	BT01/003 CI2	24,80÷25,30	25,0	19,8	12,5	Limo con argilla debolmente sabbioso
7	BT01/004 CI1	19,50÷20,00	27,6	19,8	5,9	Limo con sabbia argilloso
8	BT01/004 CI2	27,50÷28,00	25,6	19,5	11,3	Limo argilloso e sabbioso
9	BT01/005 CI1	16,00÷16,50	30,5	19,6	0,8	Sabbia limosa e argillosa
10	BT01/005 CI2	24,00÷24,50	26,3	19,6	12,1	Limo con argilla sabbioso
11	BT01/006 CI1	14,50÷15,00	30,4	19,7	2,1	Sabbia limosa e argillosa

n.	Nome	Profondità	Angolo di attrito φ°	Peso di volume γ (kN/m ³)	Coesione C (kPa)	Granulometria (Definizione AGI)
12	BT01/006 CI2	37,50÷38,00	24,7	18,3	22,0	Argilla limosa

Tabella 1: Riepilogo campioni indisturbati

Per i terreni superficiali i parametri geotecnici sono stati ricavati da formule che correlano la velocità delle onde S (V_s) e la profondità (z) con la resistenza a taglio non drenata e col peso di volume saturo secondo le seguenti formule:

$$\varphi' = 28,603 * \ln(V_s) - 122,23;$$

$$c' = -22,563 * \ln(V_s) + 128,21;$$

$$\gamma_{sat} = 8,63 * \log(V_s) - 1,18 * \log(z) - 0,53;$$

In base a tali formule e considerando i valori più bassi delle onde S che risultano compresi tra 128,51m/s e 193,14m/s si ottengono i seguenti valori medi:

- *Angolo di attrito interno:* $\varphi' = 22,49^\circ$;
- *Peso di volume:* $\gamma_{sat} = 18,15 \text{ kN/m}^3$;
- *Coesione* $c' = 14,02 \text{ kPa}$;

Riassumendo per le sabbie:

- *Angolo di attrito interno:* $\varphi = 30^\circ \div 31^\circ$;
- *Peso di volume:* $\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$;
- *Coesione* $c = 0 \div 2 \text{ kPa}$;

per i limi:

- *Angolo di attrito interno:* $\varphi = 25^\circ \div 27^\circ$;
- *Peso di volume:* $\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$;
- *Coesione* $c = 11 \div 12 \text{ kPa}$;

per le argille:

- *Angolo di attrito interno:* $\varphi = 24^\circ \div 25^\circ$;
- *Peso di volume:* $\gamma = 18 \div 20 \text{ kN/m}^3$;
- *Coesione* $c = 17 \div 22 \text{ kPa}$;

5. Schema Idrologico ed Idrogeologico

Nel sottosuolo della città di Barletta si riscontra la presenza di due falde idriche

separate e distinte sia per tipologia, ubicazione e geometria degli acquiferi che le contengono sia per caratteristiche idrodinamiche e geochimiche. La prima falda è associata all'acquifero profondo mentre la seconda, che genera non indifferenti problematiche sugli edifici della città viene individuata come falda idrica superficiale. Le principali caratteristiche idrodinamiche della falda carsica profonda contenuta nelle formazioni calcaree e calcareo - dolomitiche sono da correlarsi al grado di fatturazione e carsismo dell'ammasso nonché alle sue articolazioni strutturali e litostratigrafiche.

In ogni caso è ampiamente risaputo che tale falda venga confinata in profondità dalle acque di intrusione marina mentre la sua superficie piezometrica risente delle fluttuazioni climatiche e quindi della notevole variazione quantitativa delle precipitazioni. I livelli statici possono disporsi, in corrispondenza della costa, anche alla quota di +4/+ 8 m sul piano campagna, marcando così una condizione di artesianità tipica degli acquiferi confinati. È dimostrato infatti che l'acquifero carsico, contenuto nella formazione calcarea, allorché giunge nella fascia costiera di Barletta, circola in pressione e quindi sotto il livello mare, in quanto confinato superiormente dalle coperture plio-pleistoceniche, caratterizzate da taluni orizzonti impermeabili. In tal caso risulta assente la zona di interfaccia acqua dolce/acqua salata ed i gradienti idraulici assumono valori pari a 0,7/0,8 %. Con riferimento ai dati idrologici noti si osserva che le portate censite variano da un min di 6 l/sec ad un max di 57 l/sec con depressioni da 0,02 a 30 m. Altrettanto variabili appaiono i dati relativi al residuo salino delle acque dei pozzi ricadenti nella fascia costiera, come riportato in figura. Superiormente alla falda profonda, per il tramite della successione plio - pleistocenica che funge da barriera di separazione tra i due acquiferi sotterranei, scorre la falda superficiale. Trattasi di un acquifero che può definirsi semiconfinato (v. Salvemini et A. 1994) in conseguenza della diversa permeabilità delle sequenze clastico - detritiche - alluvionali della serie marina - continentale del quaternario. L'acquifero è sempre confinato nei primi venticinque metri di profondità ed occupa lo spessore dell'intera serie dei terreni di copertura collocandosi con il suo livello statico, nell'abitato di Barletta, intorno ai 5 - 6 metri di profondità dal p.c. Variazioni del livello di falda

conseguenti eventi meteoclimatici estremi possono portare a variazioni significative della quota piezometrica interessando le strutture di fondazione e producendo allagamenti o dissesti su vetusti edifici del centro storico. Le caratteristiche idrochimiche delle acque della falda secondaria sono ben note così come sono definiti i probabili percorsi sotterranei con cui si esplica il deflusso verso mare.

6. Considerazioni sulla Sismicità dell'Area

Dal punto di vista sismico, il territorio in esame presenta un rischio derivante dalla sua posizione rispetto al margine della catena appenninica che, ancora in fase di sollevamento, è caratterizzata dalla presenza di strutture sismogenetiche lungo le quali si distribuiscono i principali eventi sismici. La valutazione del Rischio Sismico viene normalmente valutata su due scale di grandezza diversa: la **Macrozonazione**, a scala regionale, individua le aree che possono essere soggette, in un dato intervallo di tempo, ad un terremoto di una certa intensità; la **Microzonazione**, all'interno della precedente, valuta le differenze di intensità massima dovute a differenti situazioni geologiche locali. Pertanto, la Microzonazione sismica è volta ad individuare gli strumenti necessari a prevedere e mitigare (attraverso idonei criteri d'uso del territorio) gli effetti sismici in una zona di dimensioni urbane.

Il "Database Macrosismico Italiano 2015 CPTIII15 v. 3.0" (Fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014) utilizzato per gli studi di pericolosità sismica, compilato dall'Istituto Nazionale di Geofisica riporta 43 eventi con un'intensità >2 , indicati nella tabella seguente:

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epical area	NMDP ²	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

² NMDP = Numero di Dati di Intensità Macrosismica (Macroseismic Data Points); Io = Intensità epicentrale; Mw = Magnitudine momento.

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP ²	Io	Mw
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 43	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 39	Gargano	57	6	4.64
NF	1963 02 13 12 45	Potentino	31	7	5.19
3	1967 12 09 03 09 56	Adriatico centrale	22		4.36
2-3	1973 08 08 14 36 26	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 44	Materano	121	6	4.75
5	1980 11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1984 04 29 05 02 59	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
NF	1996 04 03 13 04 3	Irpinia	557	6	4.90
4	2006 05 29 02 20 0	Gargano	384		4.64
NF	2006 10 04 17 34 0	Adriatico centrale	98	4-5	4.30
2	2006 12 10 11 03 4	Adriatico centrale	54		4.48

Tabella 2: Eventi verificatisi tra l'anno 1000 e oggi

Per il Comune di Barletta (*Cod. Istat. 16072007*), in seguito *all'Aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni della Regione Campania* (Regione Campania Giunta Regionale - seduta del 7/11/2002 - deliberazione N° 5447), si ha un'appartenenza ad una zona sismica di **2° Categoria** con un grado di sismicità **S = 9** a cui compete un *"coefficiente di intensità sismica"* **c = 0,07 di g.**

La nuova classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico, essa è indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3274/2003 (Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003), aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Campania n. 5447 del 7/11/2002. Secondo tale classificazione il territorio del Comune di Barletta ricade in Zona Sismica 2 (=Zona con pericolosità sismica intermedia, nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti) con una Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni $0,15 \leq a_g < 0,25g$ (OPCM 3519/2006).

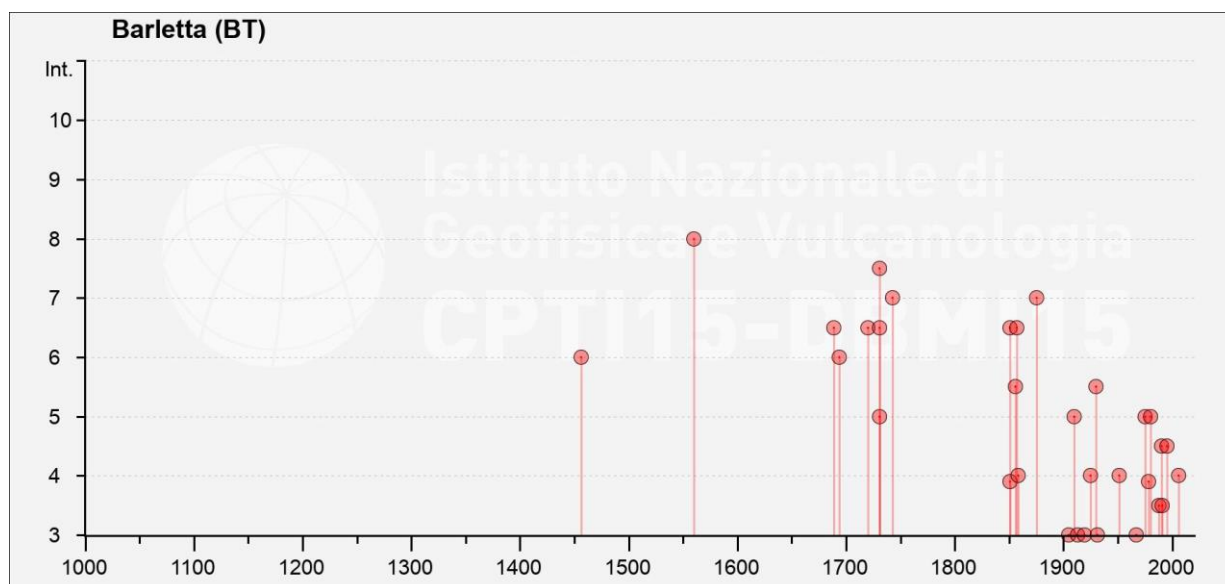


Figura 1: Storia Sismica del Comune di Barletta

Inoltre, per la classificazione sismica del sito è necessario conoscere le caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo dell'area indagata. In particolare, devono essere noti:

- Il numero e lo spessore degli strati di copertura, cioè dei livelli sovrastanti il bedrock o, se assente, il bedrock-like (livello con $V_s > 700$ m/s).
- La velocità delle onde S negli strati di copertura.

Le indagini geofisiche, consistenti in 6 prove sismiche del tipo Down-Hole, hanno permesso la suddivisione dei terreni investigati in due sismostrati, solo in un caso è stato possibile individuare un terzo, con i seguenti valori medi:

1. **primo strato** con profondità da 0,00 a 12,00 m e velocità delle onde V_s di 220÷240 m/s;
2. **secondo strato** con profondità da 12,00 a 30,00 m e velocità delle onde V_s di 333÷334m/s;
3. **terzo strato**³ con profondità da 28,00 a 30,00 m e velocità delle onde V_s di 370 m/s;

La nuova normativa sismica italiana (D.M. 17 gennaio 2018) prevede una classificazione del sito in cinque tipologie di terreno in funzione della velocità delle onde di taglio S. La categoria è ricavata, come da normativa, dalla relazione:

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

Dove:

h_i indica lo spessore in metri dell'iesimo strato;

$V_{S,i}$ la velocità delle onde di taglio nell'iesimo strato;

N strati presenti;

H la profondità del substrato definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s. Per 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 $H=30$ metri nella precedente

espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

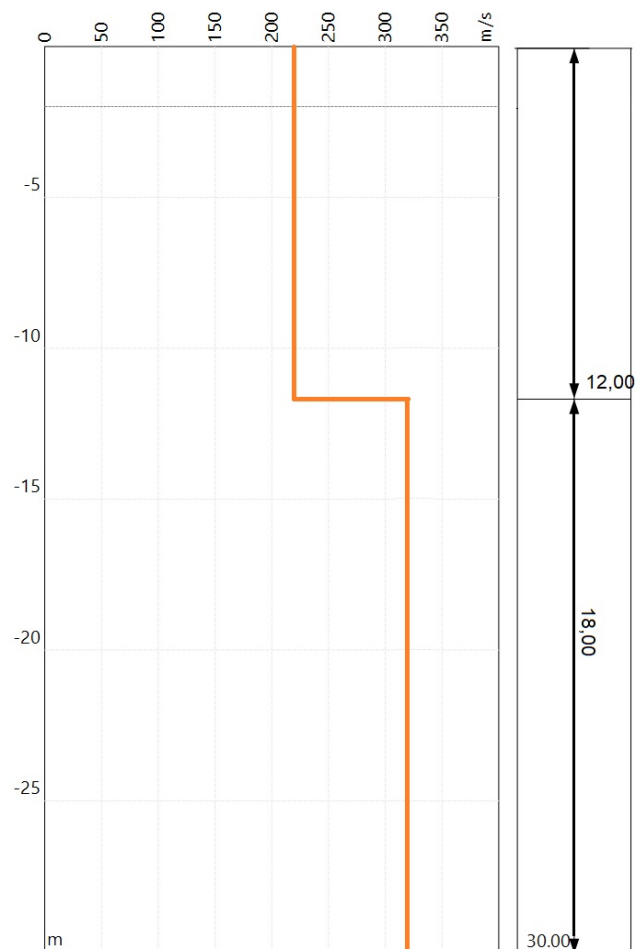


Figura 2: Modello sismostratigrafico

³ Individuato solo nella DH n°2

Dalle sismostratigrafie ricavate dalle indagini eseguite ed attraverso i dati puntuali ottenuti dalla prova sismica MASW1, il calcolo effettuato ha determinato i seguenti valori:

$$VS_{eq1} = 291 \text{ m/s}; VS_{eq2} = 273 \text{ m/s}; VS_{eq3} = 276 \text{ m/s};$$

$$VS_{eq4} = 281 \text{ m/s}; VS_{eq5} = 277 \text{ m/s}; VS_{eq6} = 284 \text{ m/s};$$

Pertanto, per il sito investigato si può definire che i terreni presenti nel sottosuolo dell'area sono ascrivibili alla tipologia di sottosuolo della **Categoria C**: "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s."

Per ciò che concerne la Categoria Topografica il sito rientra in **Categoria T1**: "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

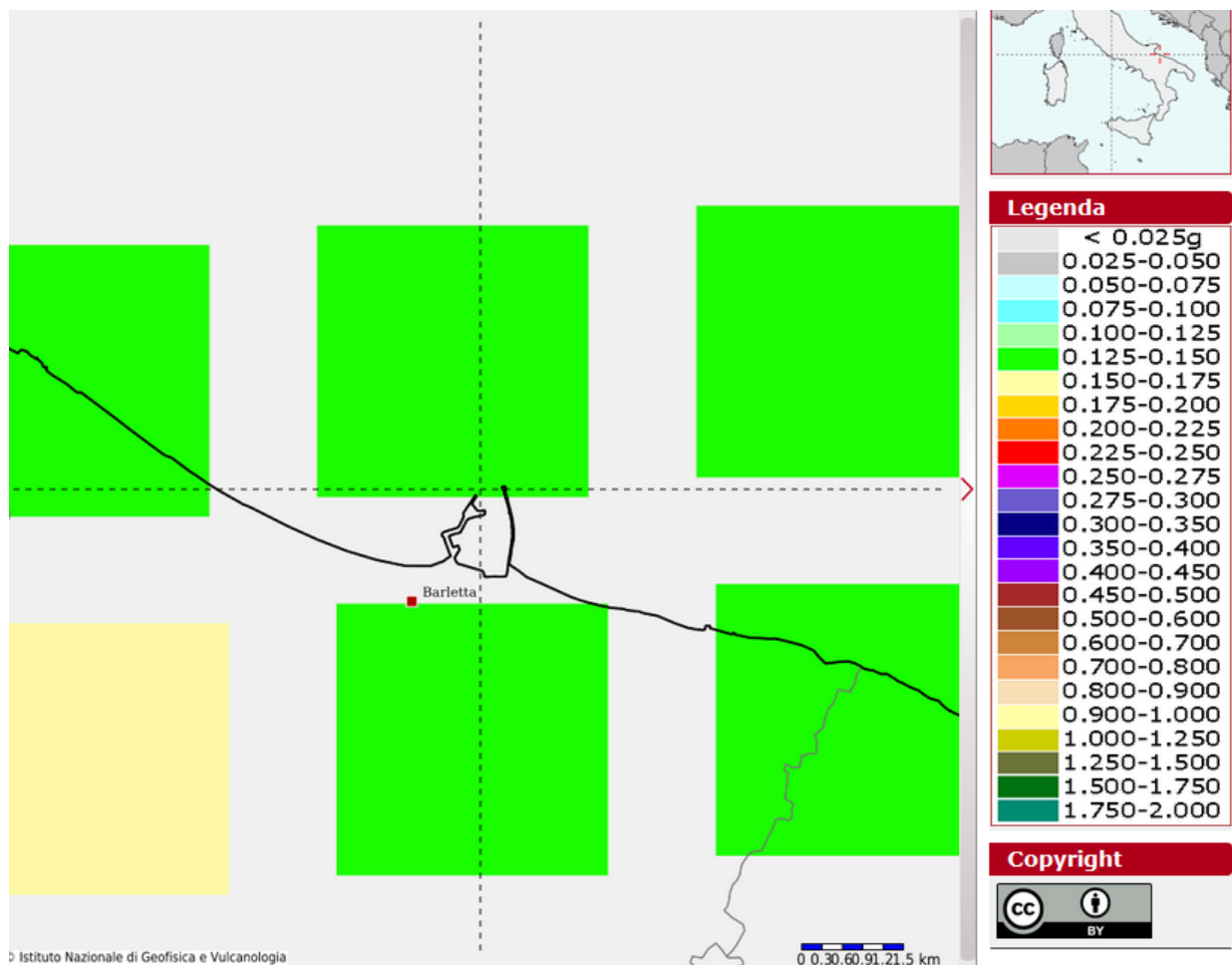


Figura 3: Pericolosità sismica (probabilità di superamento nel periodo di 50 anni pari al 10%)

La pericolosità sismica nell'area italiana è stata valutata, negli ultimi anni, facendo riferimento alla **Zonazione Sismogenetica ZS9**, evoluzione della ZS4, elaborata nel 2004 dal GdL INGV, alla luce delle nuove evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico di recente acquisizione. L'area in questione se non ricade nella **Zona 925** (Avanpaese Apulo) ne è molto vicina. È stata elaborata anche una Mappa di Pericolosità sismica da cui si nota che la Puglia sono presenti 8 classi di accelerazione massima del suolo che variano gradualmente tra 0,025 g nel Salento a 0,225 g al Gargano.

Nella figura precedente, redatta dall'INGV di Milano secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008), si può osservare che il territorio del comune di Barletta rientra in un'area contraddistinta da valori di ag di riferimento compresi tra 0,125 e 0,150 (con punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento ag; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50). Tale cartografia è disponibile on-line sul sito dell'INGV all'indirizzo <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

Per definire le **Caratteristiche Sismogenetiche** del sito occorre eseguire la **Disaggregazione della Pericolosità Sismica**, operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità del sito; da qui si ricava il terremoto che domina lo scenario di pericolosità inteso come l'evento **M** a distanza **R** dal sito in oggetto che contribuisce maggiormente alla pericolosità.

Nel caso in questione si vede che per **SLV** (Probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento =10%) la magnitudo è compresa tra 4.0 e 7.0 nell'intervallo di distanza tra 0 e 60km (con un contributo percentuale alla pericolosità max = 9,260% per M 6.0÷6.5 D 10÷20km). Per **SLD** (Probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento =63%) invece la magnitudo è compresa tra 4.0 e 7.0 nell'intervallo di distanza tra 0,00 e 110km (con un contributo percentuale alla pericolosità max = 5,760% per M 4.5÷5.0 D 20÷30km) con un secondo massimo con magnitudo compresa tra 6.5 e 7.0 nell'intervallo di distanza tra 30 e 40km con un contributo percentuale alla pericolosità max = 1,840%.

7. Risposta sismica locale

È noto da tempo che i danni che si manifestano durante un terremoto possono avere dimensioni molto diverse in località tra loro vicine a causa di una differente risposta sismica locale; ad esempio, per lo stesso sisma registrato da strumenti identici e a breve distanza reciproca, uno posto su di una coltre alluvionale di 200m di spessore, l'altro su rocce cristalline, fu rilevato un rapporto di ampiezza pari a 5, corrispondente a circa 2 unità della scala sismica delle intensità (Carrara et al., 1992). D'altra parte, lo stesso concetto di magnitudo tiene conto di ciò, legando la sua valutazione all'ampiezza del moto del suolo normalizzata sia mediante una funzione di attenuazione con la distanza sia mediante un coefficiente di stazione e quest'ultimo è legato alla diversa risposta dei siti di registrazione ad uno stesso evento sismico.

Questo fenomeno fu notato per la prima volta un secolo fa quando, durante il tristemente noto terremoto di S. Francisco del 1906, edifici praticamente identici per forma, dimensioni e materiali impiegati, subirono danni sensibilmente diversi (alcuni edifici subirono crolli totali mentre altri subirono danni praticamente trascurabili).

È ormai assodato che le caratteristiche con cui si presenta un sisma in un dato sito sono fortemente dipendenti oltre che dalle caratteristiche della sorgente, dalle modalità di emissione dell'energia e dalla distanza ipocentrale, soprattutto da fattori di risposta locale che modificano la composizione spettrale del sisma.

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,037	2,504	0,266
50	0,047	2,558	0,294
72	0,057	2,541	0,324
101	0,066	2,570	0,338
140	0,077	2,578	0,354
201	0,093	2,541	0,364
475	0,135	2,574	0,393
975	0,186	2,507	0,414
2475	0,280	2,423	0,424

Tabella 3 - Prospetto dei valori dei parametri a_g , F_0 , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento. 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.

La risposta sismica locale è l'azione di filtro esercitata localmente dagli strati più superficiali del terreno sovrapposti ad un basamento roccioso ed è l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (substrato), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie. Quindi, per una corretta valutazione della risposta sismica locale è indispensabile calcolare gli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	45	0,045	2,547	0,288
SLD	75	0,058	2,545	0,326
SLV	712	0,162	2,536	0,405
SLC	1462	0,222	2,470	0,419

Tabella 4 - Prospetto dei valori dei parametri a_g , F_0 , T_C per i periodi di ritorno T_R di associati a ciascun stato limite.

Lo spettro di risposta elastico $S_e(T)$ è un diagramma che fornisce, per diversi periodi T di oscillazione, il valore massimo della pseudo-accelerazione dell'oscillatore elementare (terreno o struttura) soggetto all'azione del sisma, per un fissato valore del rapporto di smorzamento, che è una caratteristica fisica della struttura o del terreno. In sostanza lo spettro ci dice su quali frequenze di vibrazione la sollecitazione sulle strutture risulta massima e sono possibili fenomeni di risonanza, che potrebbero determinarne il collasso.

Il calcolo degli spettri di risposta elastici rappresentativi delle componenti (orizzontale e verticale) delle azioni sismiche di progetto è stato effettuato secondo le indicazioni del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" utilizzando il software SPETTRI-NTC ver. 1.0.3. sviluppato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e le risultanze delle Prove Down-Hole eseguite in sito. Gli spettri di risposta elastici ottenuti sono relativi allo Stato Limite di Esercizio (SLD = Stato Limite di Danno) e allo Stato Limite Ultimo (SLV = Stato Limite di salvaguardia della Vita) e

sono rappresentativi delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto per la tipologia di sito: **Categoria di suolo C, Categoria topografica T1 (h/H = 0,000)**, inoltre sono stati considerati i seguenti parametri:

V_N = Vita Nominale della Costruzione ≥ 50 anni;

C_U = Coefficiente d'uso della Costruzione = 1,5 (Classe d'uso della costruzione III)⁴;

Le tabelle con i valori degli spettri sono inserite nell'Allegato A2.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale è possibile valutare l'**accelerazione massima attesa in superficie** al sito mediante la relazione (Vedi par. 7.2.3):

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (7.11.5) \quad \text{in cui:}$$

S_S = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica

S_T = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica

a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A per SLC

Categoria sottosuolo	S_S	Categoria topografica	S_T
A	1,00		
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,20$	T1	1,0
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,50$	T2	1,2
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,80$	T3	1,2
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,60$	T4	1,4

Tabella 5: Espressioni di S_S e S_T (estratte da Tabella 3.2.IV e 3.2.V D.M. 17.01.2018)

Nel caso in esame potrà essere assunto:

V_N 50 anni - Classe d'Uso III

Stato limite SLC e TR = 975 anni (Paragrafo 7.2.5 D.M. 17.01.2018):

$S_S = 1,50$ Categoria sottosuolo C

$S_T = 1,00$ Categoria topografica T1

$a_g = 0,162 \cdot g$

Sulla base dei dati sopra riportati risulta pertanto che:

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 1,5 \times 1,0 \times 0,162 = 0,243 \cdot g$$

⁴ La delibera regionale 1214 del 31/5/2011 determina per le banchine dei moli portuali la Classe d'Uso III.

8. Conclusioni

Sulla base delle evidenze scaturite dallo studio condotto ed in relazione al tipo di opere in progetto, tenuto conto dei fattori geologici e tecnici tipici dell'area in esame, considerate le condizioni di stabilità generali del sito, la struttura geologica, le caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni, è possibile trarre le seguenti conclusioni:

- I terreni rinvenibili nell'area sono costituiti da depositi marini plio-pleistocenici. Come **parametri geotecnici** medi dei *Terreni Incoerenti*, possono essere assunti i seguenti valori:

per i terreni superficiali:

- *Angolo di attrito interno:* $\varphi' = 22,49;$
- *Peso di volume:* $\gamma_{sat} = 18,15 \text{ kN/m}^3;$
- *Coesione* $c' = 14,02 \text{ kPa};$

per le sabbie:

- *Angolo di attrito interno:* $\varphi = 30^{\circ} \div 31^{\circ};$
- *Peso di volume:* $\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3;$
- *Coesione* $c = 0 \div 2 \text{ kPa};$

per i limi:

- *Angolo di attrito interno:* $\varphi = 25^{\circ} \div 27^{\circ};$
- *Peso di volume:* $\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3;$
- *Coesione* $c = 11 \div 12 \text{ kPa};$

per le argille:

- *Angolo di attrito interno:* $\varphi = 24^{\circ} \div 25^{\circ};$
- *Peso di volume:* $\gamma = 18 \div 20 \text{ kN/m}^3;$
- *Coesione* $c = 17 \div 22 \text{ kPa};$

Il dettaglio del modello di sottosuolo potrà essere ricostruito in sede di calcoli strutturali, così come indicato al paragrafo 4 della presente Relazione.

- Dal punto di vista sismico il territorio del comune di **Barletta** è classificabile come Zona Sismica **2** (=Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi

terremoti abbastanza forti) con una Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni pari a $0,15 \leq a_g < 0,25g$.

- Le indagini sismiche effettuate hanno permesso di classificare i terreni in **Categoria C** del D.M. 17 gennaio 2018 essendo stato determinato un valore medio di:

$$VS30_{(0\div30)} = 280 \text{ m/s}$$

- Inoltre, sono stati individuati i seguenti sismostrati caratterizzati dai parametri:

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Coeff. Poisson	K [kg/cmq]	E [kg/cmq]	Gd [kg/cmq]
1	12,00	12,00	230	450	0.32	37.12	146.31	96.81
2	30.00	18.00	333	650	0.33	179.51	707.48	468.13

Tabella 6: Velocità e Moduli elastici Masw1

K = Modulo incompressibilità;

E = Modulo di Young;

Gd = Modulo di taglio;

- Dalla disaggregazione della Pericolosità Sismica derivano i seguenti valori massimi: per SLV probabilità di superamento del 9,260% per M 6.0÷6.5 D 10÷20km, per SLD probabilità di superamento del 5,760% per M 4.5÷5.0 D 20÷30km).
- Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato considerando:
 - Vita nominale della costruzione $V_N \geq 50$ anni;
 - Coefficiente d'uso della Costruzione $C_U = 1,5$ - Classe d'uso della Costruzione **III**;
 - Smorzamento = 5%.
- Il calcolo ha fornito valori massimi di a_g (accelerazione massima al suolo) e S_e (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi T_B e T_C) relativamente agli stati limite **SLD** e **SLV** pari a:
 - $A_g \text{ SLD} = 0,058$
 - $A_g \text{ SLV} = 0,162$
 - $S_e \text{ SLD} = 0,222$
 - $S_e \text{ SLV} = 0,536$

Si rimanda al progettista la scelta ed il dimensionamento delle opere da realizzare,

nel rispetto delle indicazioni fornite.

Trecase, 06/12/2021



9. Bibliografia

1. Greco A. – Lavori di adeguamento degli impianti tecnologici degli spazi espositivi e dei relativi servizi del museo civico - Castello Svevo - Barletta (BT).
2. Capozza P.S. – Progetto di restauro e consolidamento del convento di Sant'Antonio in Barletta (BT).
3. Roccaforte F. Cucinotta C. – Stima dei parametri geotecnici in geofisica applicata.
4. Consiglio Nazionale delle Ricerche - **Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980**
5. CASMEZ (1983) (a cura di Celico P.) - **Idrogeologia dei massicci carbonatici delle piane quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia Centro - meridionale.**
6. C. Viparelli (1968) – **Le acque sotterranee.**
7. Cestari F. – **Prove geotecniche in sito.**
8. Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). Database Macrosismico Italiano (DBMI15). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>

9.1 - Siti Internet

www.osve.unina.it	www.idrogeologiaquantitativa.it
www.torreomnia.com	sirsi.mit.gov.it
www.ingv.it	www.dstn.it/sgn/index_sgn.htmv
www.serviziosismico.it	www.autoritabacinosarno.it
http://vulcan.fis.uniroma3.it/italia/campania/campi/right-left.html	

Allegato I

Cartografia

Stralcio della Carta Geologica d'Italia Foglio 176 "BARLETTA" (Scala chilometrica 1 a 100.000)

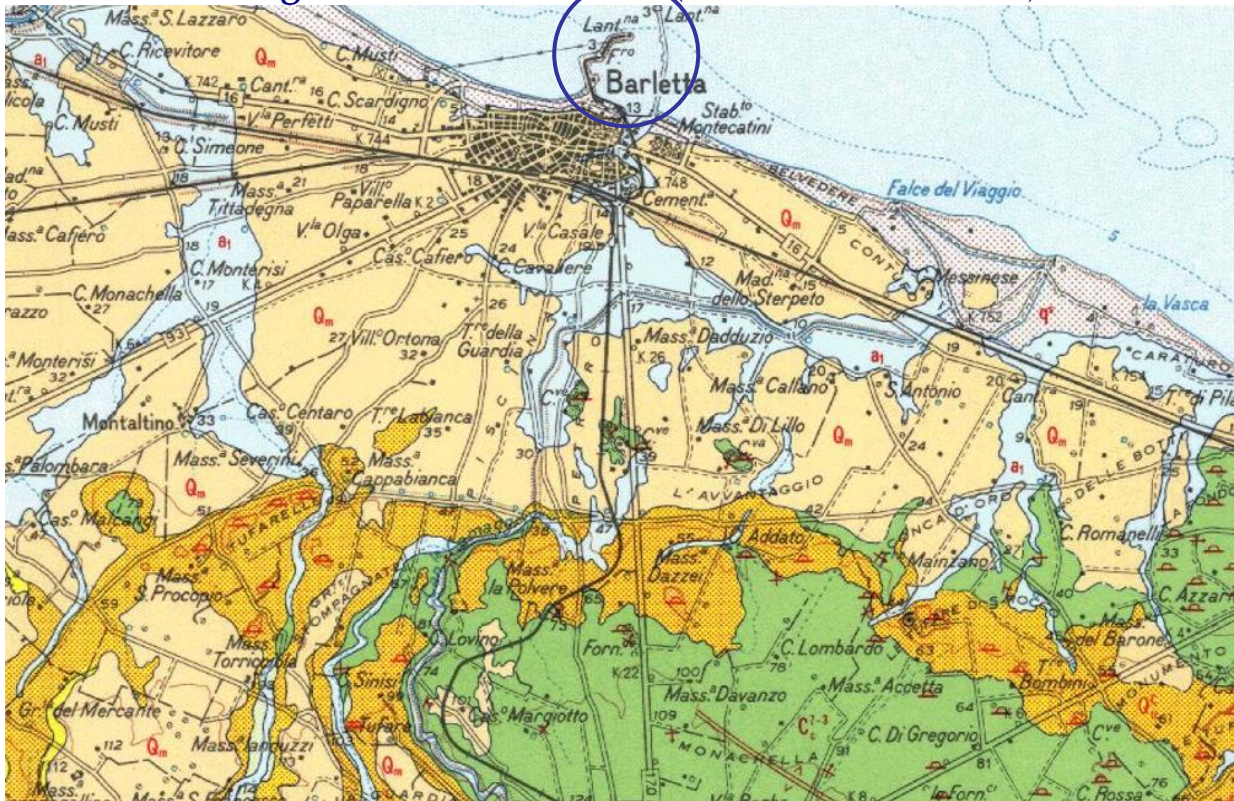


Figura 4a - Carta Geologica

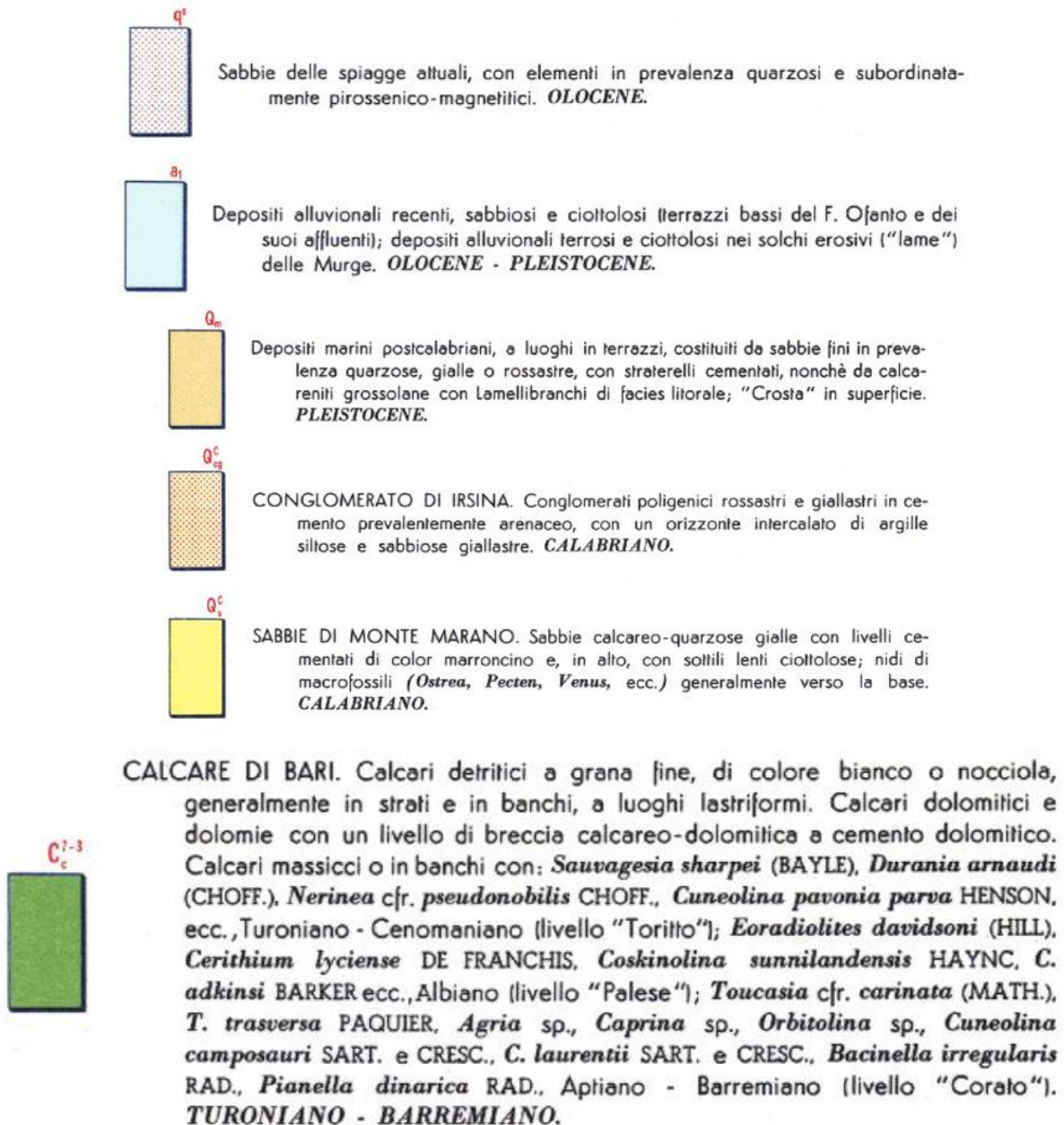


Figura 4b - Legenda della Carta Geologica

Schema Geologico-Strutturale della Puglia

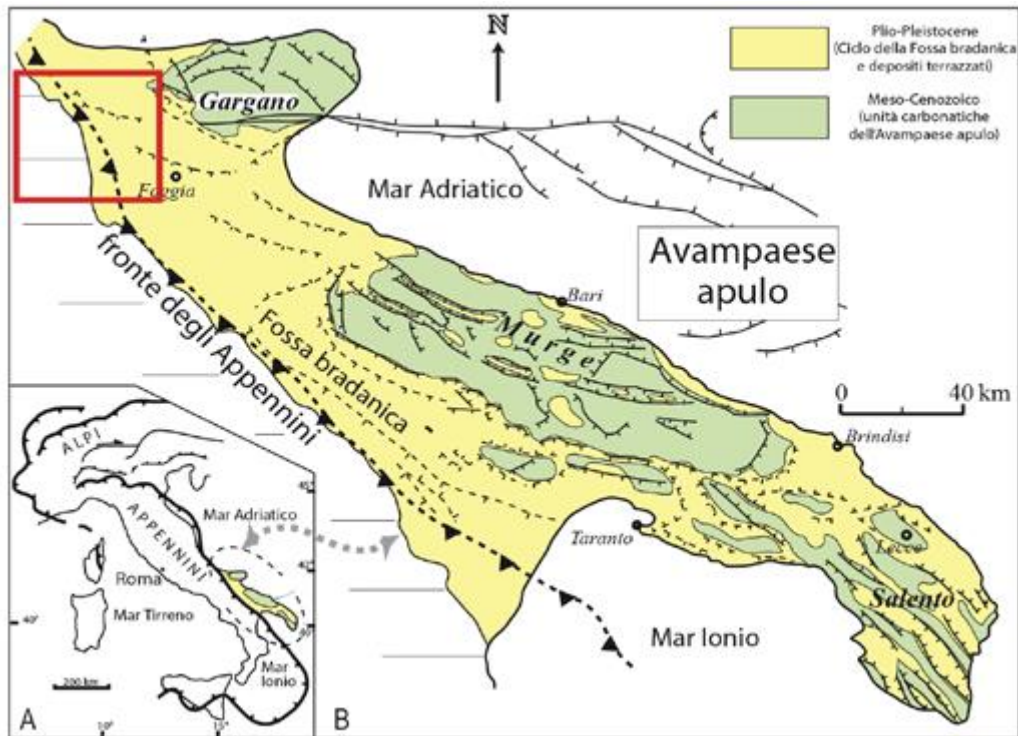


Figura 5 - Schema strutturale della Puglia

Stralcio della Tavoleta Topografica TAV. 176 I NO Barletta (Scala chilometrica 1 a 25.000)

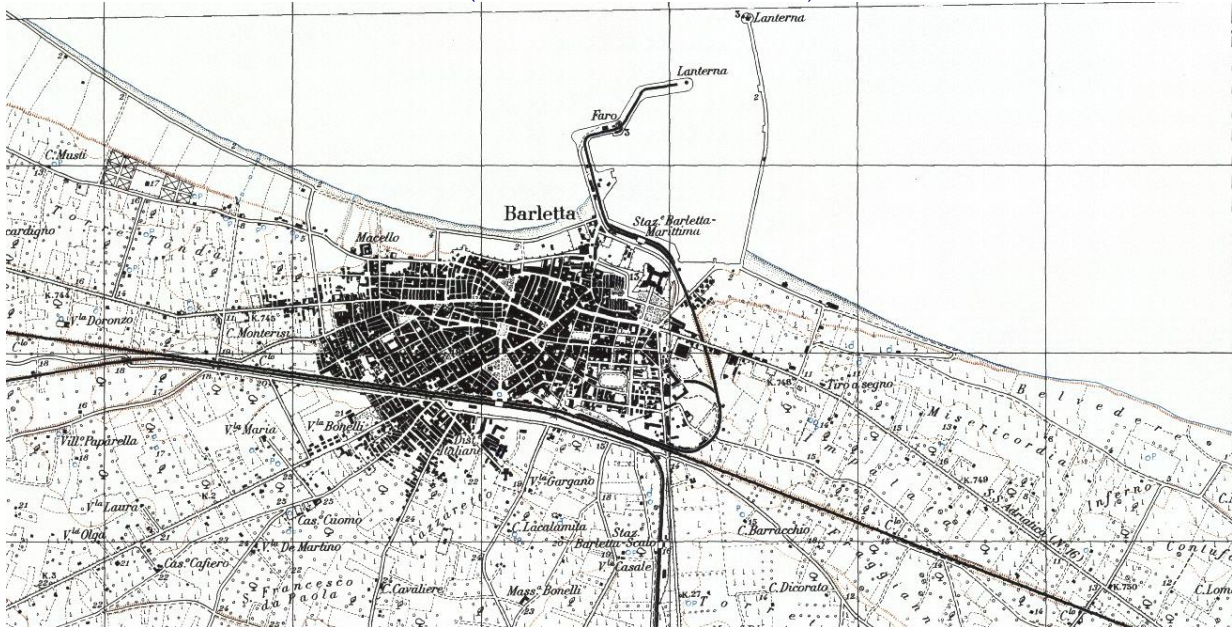


Figura 6 - Carta Topografica

Carta Idrogeologica

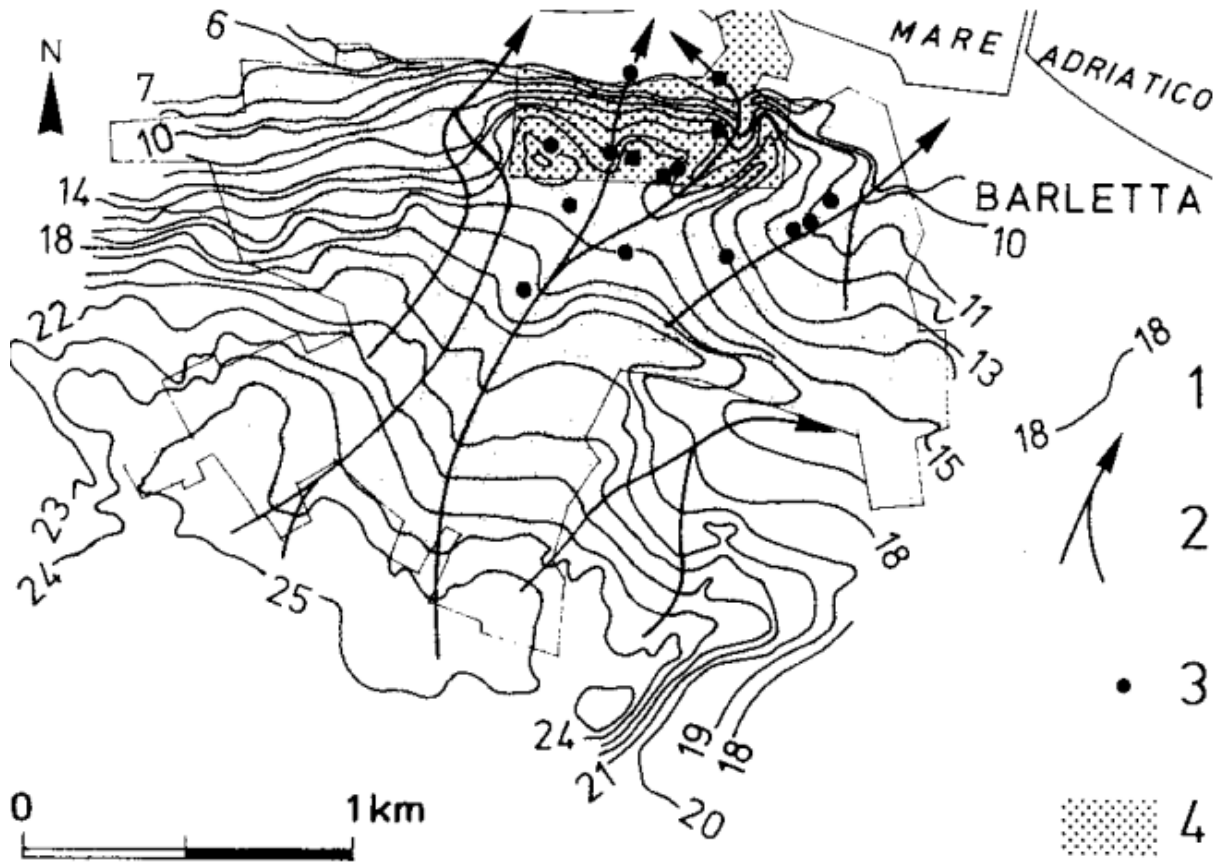


Figura 7a - Carta delle Isopiezometriche della falda superficiale

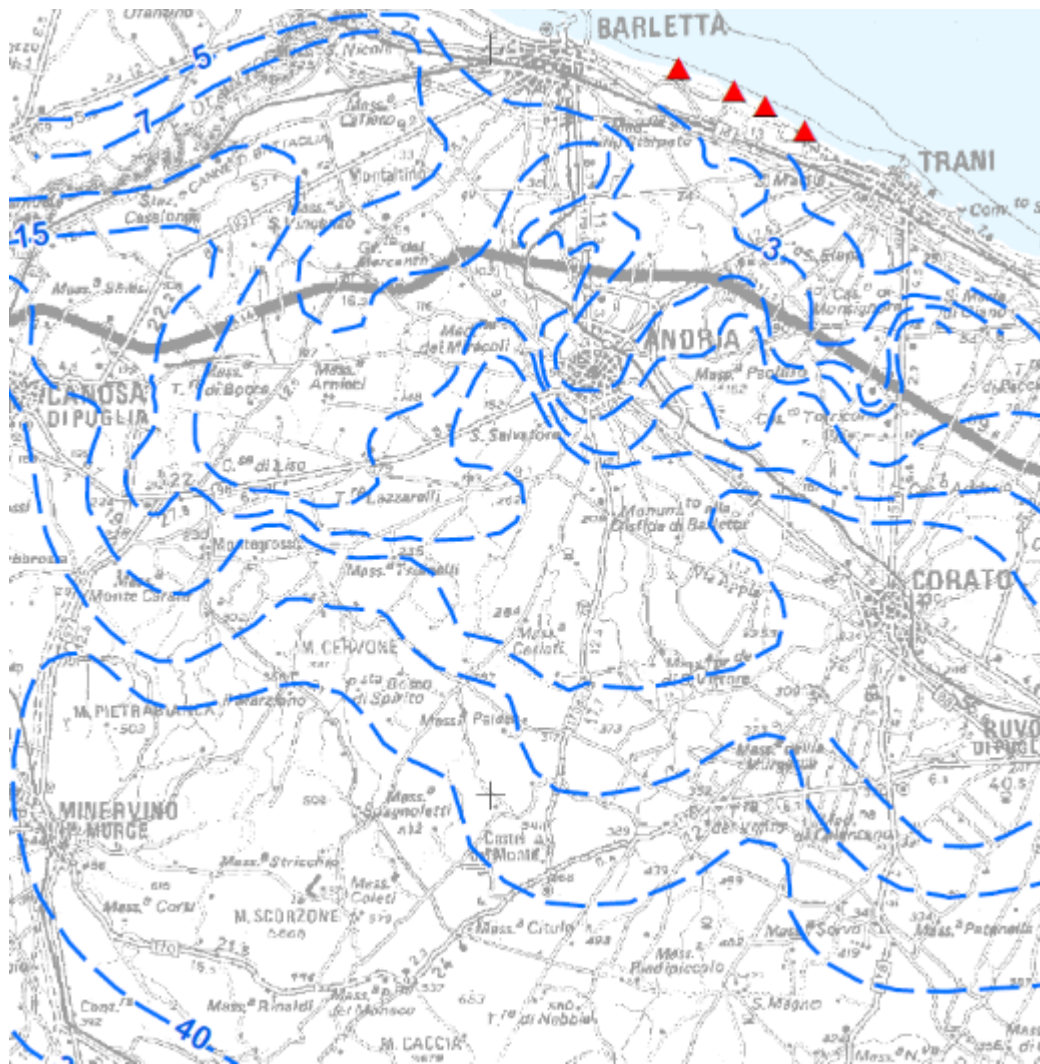


Figura 7b - Carta delle Isopiezometriche della falda profonda

Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale Piano stralcio per il dissesto idrogeologico Tav. 466021



- Pericolosità e Rischio**
- Peric. Geomorf.
 - Peric. Idraulica**
 - bassa (BP)
 - media (MP)
 - alta (AP)

Figura 8 - Carta della Pericolosità Idraulica

Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale Piano stralcio per il dissesto idrogeologico Tav. 466021



- Rischio
- R1
 - R2
 - R3
 - R4

Figura 9 - Carta del Rischio Idraulico

Foto da Satellite

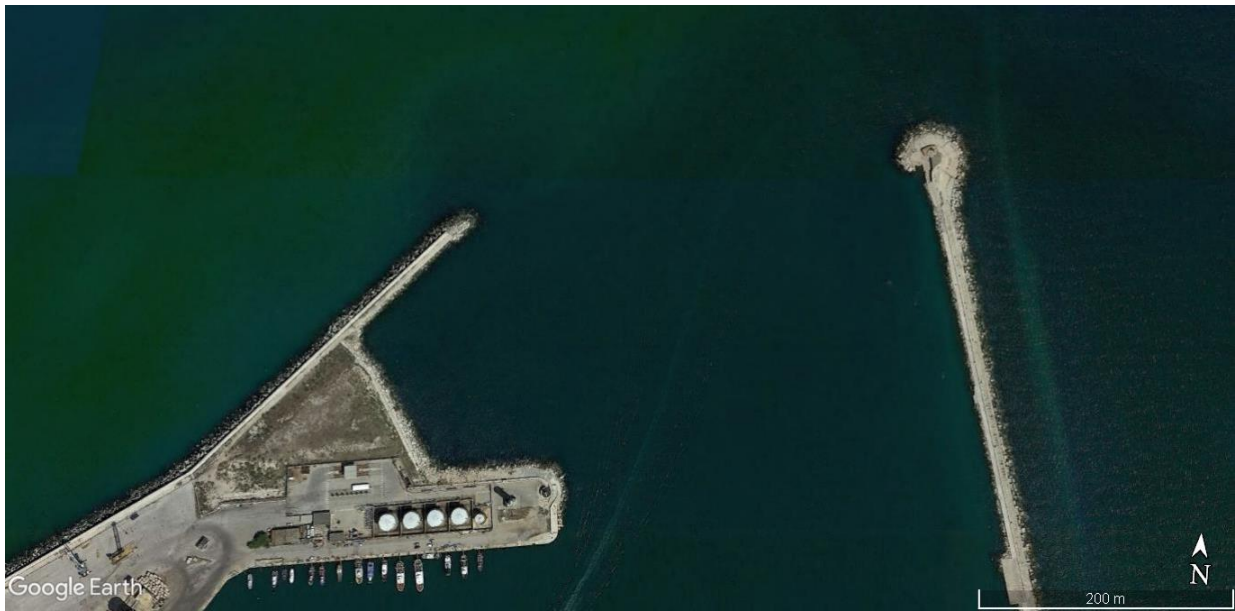


Figura 10a- Foto satellitare dell'area (h=864m)



Figura 10b- Foto satellitare dell'area (h=2420m)

Allegato II

Caratteristiche Sismogenetiche e Spettri

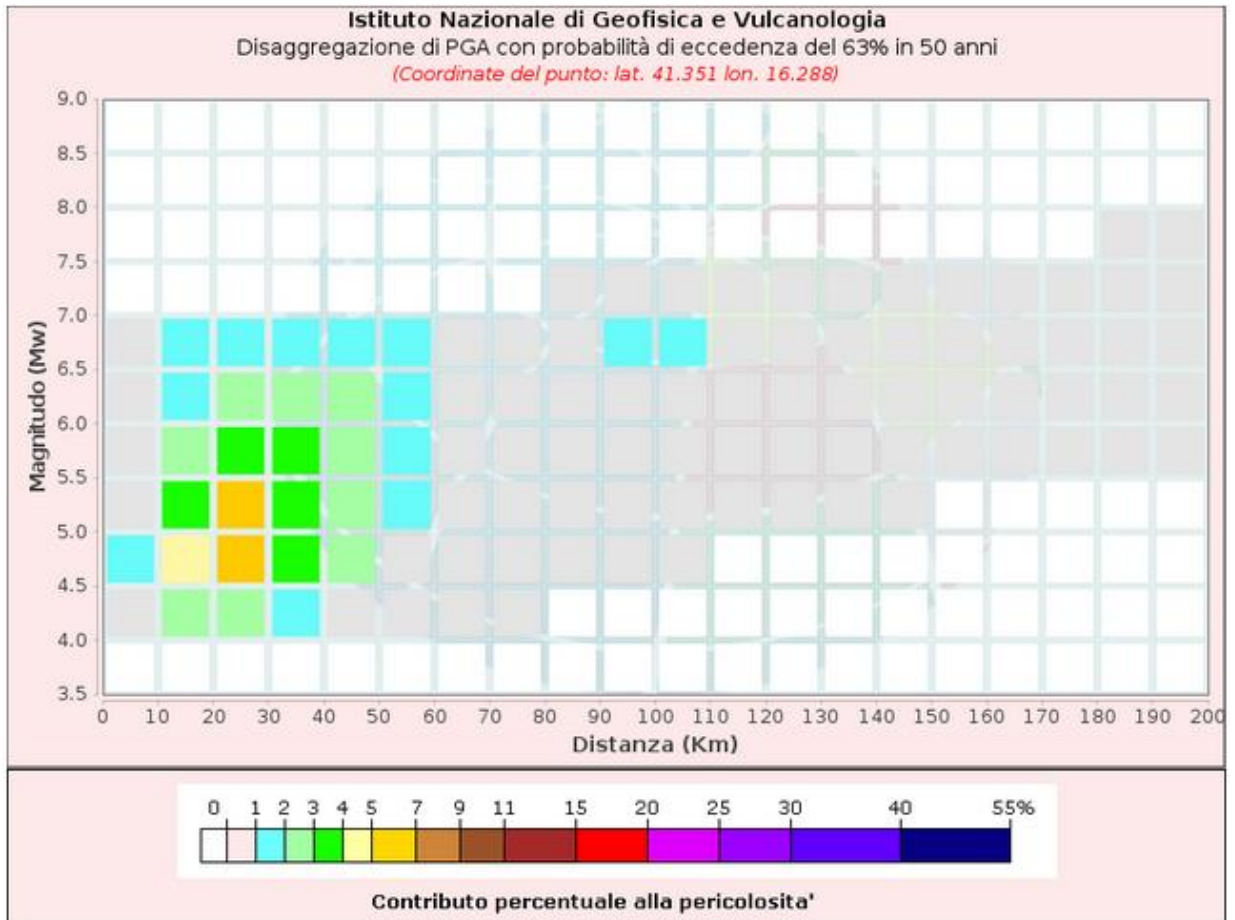


Tabella 7 - Grafico di disaggregazione (SLD). Tabella valori di disaggregazione (SLD).

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 41.351 lon. 16.288)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.6060	1.1900	0.7710	0.4610	0.2640	0.1480	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	2.0800	4.9100	3.9600	2.7700	1.7500	1.0300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	2.2700	5.7600	5.1400	3.9600	2.6900	1.6600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	1.3400	3.8300	3.9900	3.5300	2.7100	1.8400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.6380	2.1100	2.5700	2.6000	2.2400	1.6700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.2510	0.9690	1.3100	1.4200	1.3000	1.0200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0897	0.4890	0.7850	0.9450	0.9400	0.7980	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0106	0.2040	0.4260	0.5580	0.5750	0.5520	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.1160	0.3880	0.5570	0.5950	0.6650	0.2000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0384	0.3100	0.6080	0.8460	1.0600	0.6430	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0036	0.1690	0.4810	0.8220	1.1200	0.8050	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0713	0.2970	0.5730	0.8380	0.6520	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0213	0.1500	0.3270	0.5100	0.4130	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0061	0.0920	0.2270	0.3800	0.3230	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0534	0.1600	0.2890	0.2610	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0288	0.1140	0.2230	0.2150	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0141	0.0788	0.1690	0.1730	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0067	0.0552	0.1250	0.1310	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0052	0.0456	0.0801	0.0873	0.0076	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0035	0.0431	0.0712	0.0821	0.0106	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.64	46.3	0.515

Tabella 8 - Tabella valori di disaggregazione (SLD).

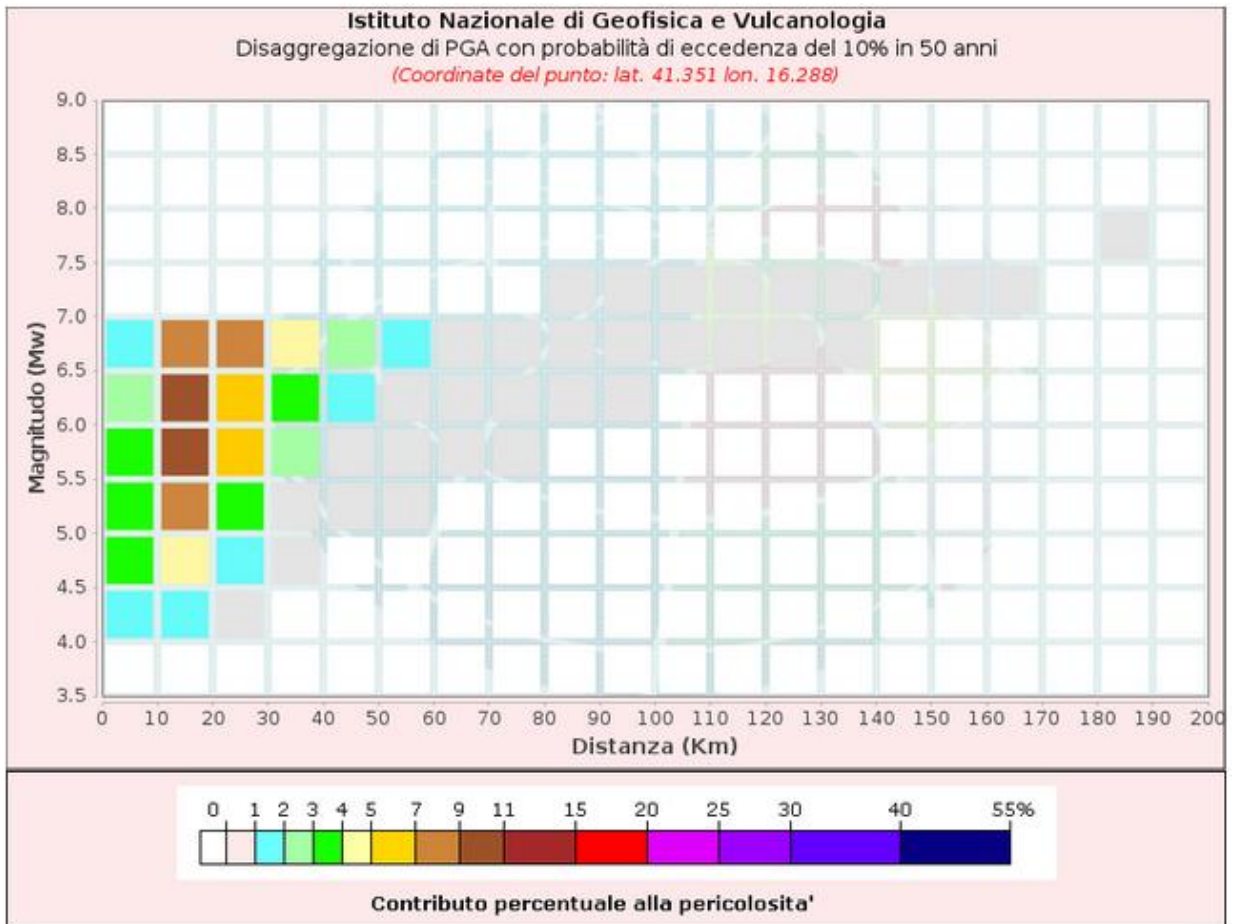


Tabella 9 - Grafico di disaggregazione (SLV).

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 41.351 lon. 16.288)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	1.0900	3.2800	3.5600	3.1900	2.4200	1.6100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	1.2000	4.8400	7.4700	9.1900	9.2600	7.8100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.1140	1.3000	3.2200	5.2700	6.8200	7.2300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0774	0.9030	2.2000	3.5800	4.6400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.1180	0.8020	1.7100	2.6500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.1690	0.5830	1.0400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0248	0.2480	0.5490	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0782	0.2630	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0233	0.1940	0.1120	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0033	0.1840	0.2890	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1020	0.2700	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0349	0.1630	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0058	0.0703	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0337	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0136	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0042	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.95	22.4	0.896

Tabella 10 - Tabella valori di disaggregazione (SLV).

SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER PERIODI DI RITORNO DI RIFERIMENTO PER CATEGORIA DI SUOLO A PUNTO DI COORDINATE LONG. 16,290712 E - LAT. 41,333634 N

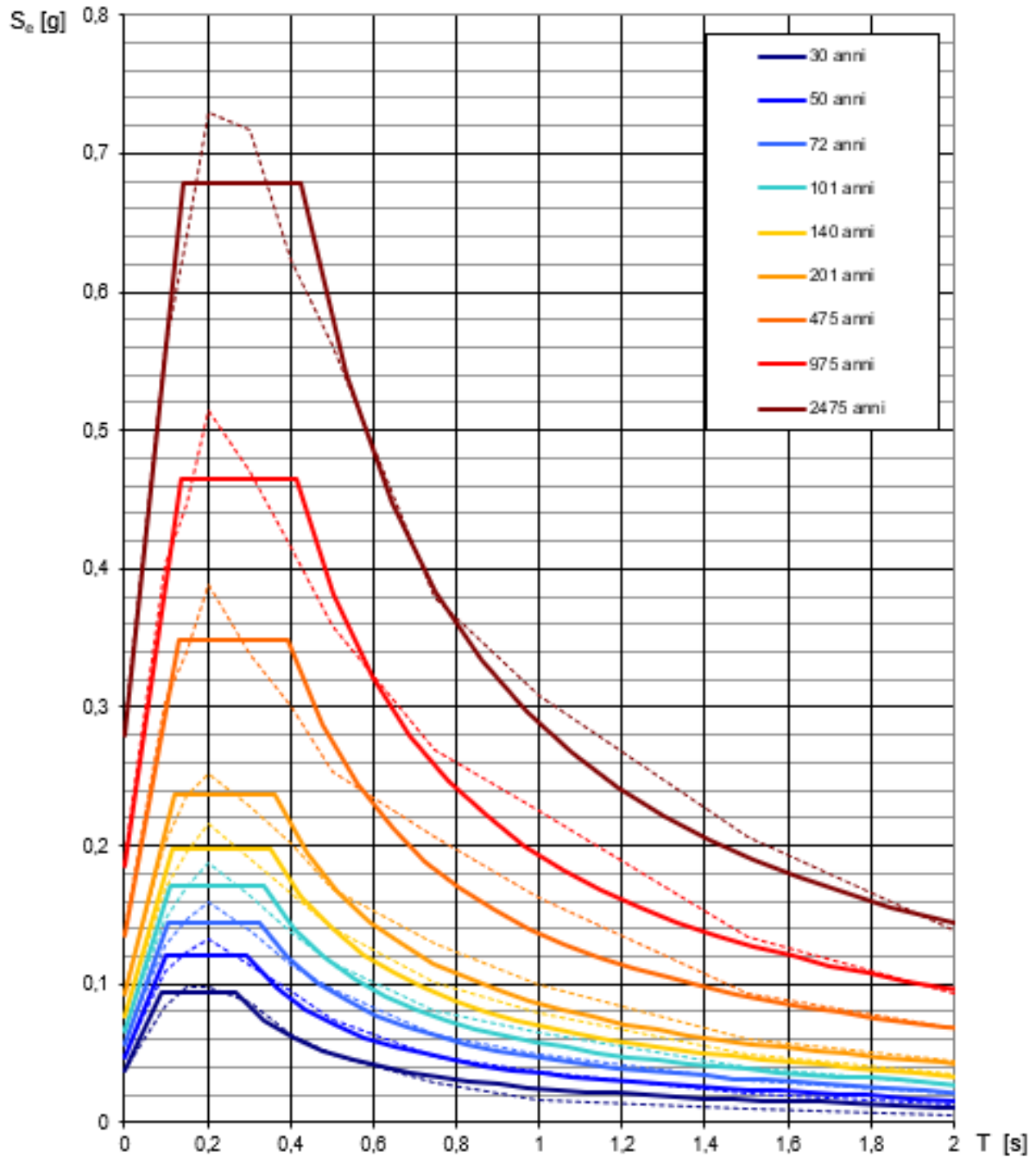


Figura 11 - Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_r di riferimento per cat. di suolo A.

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER CATEGORIA DI SUOLO C E PER
CATEGORIA TOPOGRAFICA T1
PUNTO DI COORDINATE LONG. 16,290712 E - LAT. 41,333634 N
Verifica SLE-SLD**

Parametri indipendenti

STATOLIMITE	SLD
a_s	0,058 g
F_a	2,545
T_c	0,326 s
S_s	1,500
C_c	1,521
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,500
η	1,000
T_B	0,165 s
T_C	0,435 s
T_D	1,833 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_s / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,087
$T_B \leftarrow$	0,165	0,222
$T_C \leftarrow$	0,435	0,222
	0,559	0,197
	0,622	0,177
	0,686	0,160
	0,750	0,147
	0,814	0,135
	0,877	0,125
	0,941	0,117
	1,005	0,109
	1,068	0,103
	1,132	0,097
	1,196	0,092
	1,259	0,087
	1,323	0,083
	1,387	0,079
	1,451	0,076
	1,514	0,073
	1,578	0,070
	1,642	0,067
	1,705	0,064
	1,769	0,062
$T_D \leftarrow$	1,833	0,060
	1,936	0,054
	2,039	0,048
	2,142	0,044
	2,246	0,040
	2,349	0,037
	2,452	0,034
	2,555	0,031
	2,658	0,029
	2,762	0,026
	2,865	0,025
	2,968	0,023
	3,071	0,021
	3,174	0,020
	3,278	0,019
	3,381	0,018
	3,484	0,017
	3,587	0,016
	3,690	0,015
	3,794	0,014
	3,897	0,013
	4,000	0,013

Tabella 12 - Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD. Categ. suolo C Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; - $C_U = 1$ - Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATOLIMITE	SLD
a_{su}	0,019 g
S_s	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_u	0,829
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_u = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_{su}}{10g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.1)

$$0 \leq T < T_B \quad S_d(T) = a_{su} \cdot S \cdot \eta \cdot F_u \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_u} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_{su} \cdot S \cdot \eta \cdot F_u$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_{su} \cdot S \cdot \eta \cdot F_u \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_{su} \cdot S \cdot \eta \cdot F_u \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,019
T_B	0,050	0,032
T_C	0,150	0,032
	0,235	0,021
	0,320	0,015
	0,405	0,012
	0,490	0,010
	0,575	0,008
	0,660	0,007
	0,745	0,006
	0,830	0,006
	0,915	0,005
T_D	1,000	0,005
	1,034	0,004
	1,188	0,003
	1,281	0,003
	1,375	0,003
	1,469	0,002
	1,563	0,002
	1,656	0,002
	1,750	0,002
	1,844	0,001
	1,938	0,001
	2,031	0,001
	2,125	0,001
	2,219	0,001
	2,313	0,001
	2,406	0,001
	2,500	0,001
	2,594	0,001
	2,688	0,001
	2,781	0,001
	2,875	0,001
	2,969	0,001
	3,063	0,001
	3,156	0,000
	3,250	0,000
	3,344	0,000
	3,438	0,000
	3,531	0,000
	3,625	0,000
	3,719	0,000
	3,813	0,000
	3,906	0,000
	4,000	0,000

Tabella 13 - Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD. Categ. suolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; - $C_U = 1$ - Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

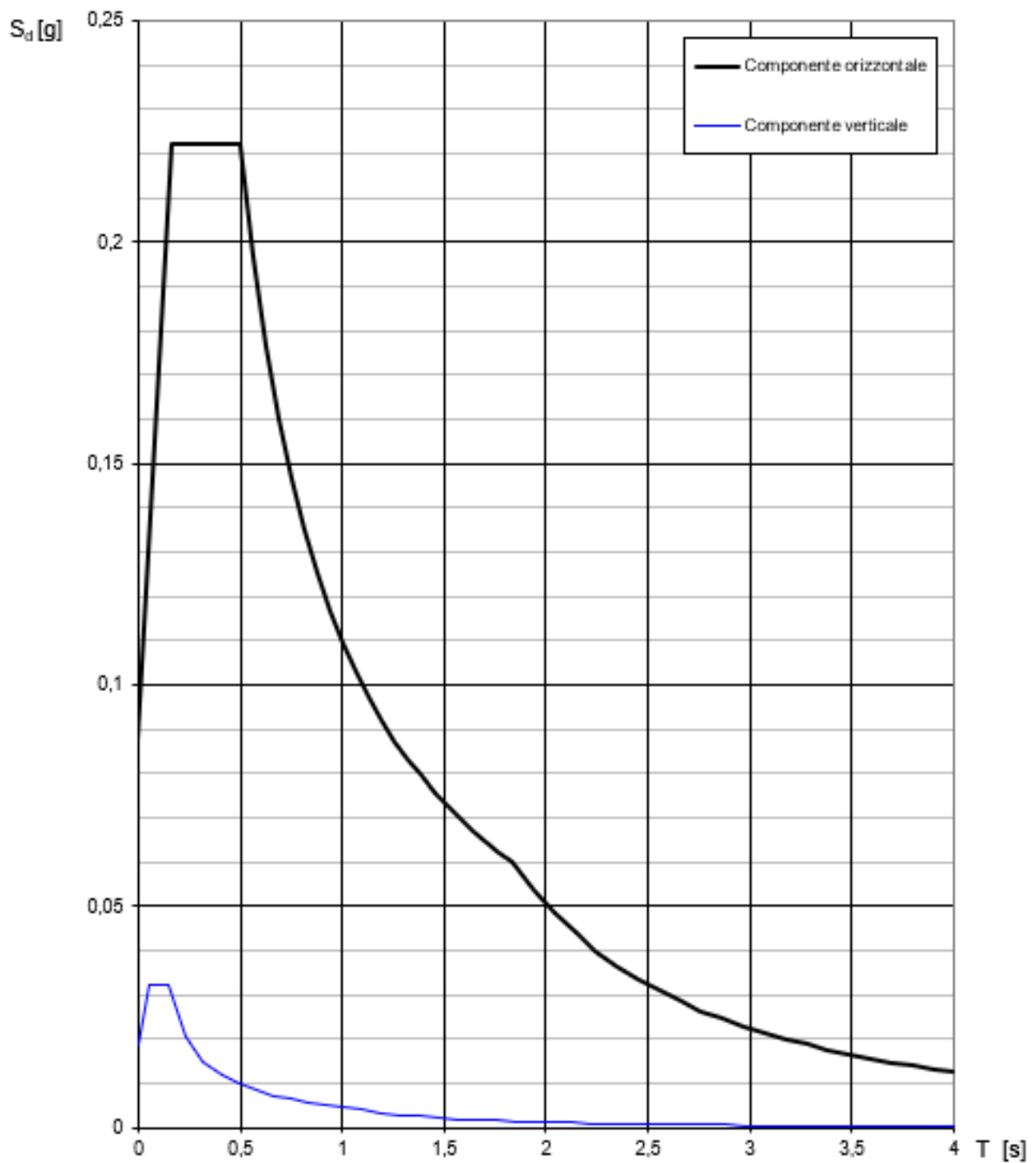


Figura 12 - Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLD - Categ. suolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; - $C_U = 1$ - Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER CATEGORIA DI SUOLO C E PER CATEGORIA TOPOGRAFICA T1
PUNTO DI COORDINATE LONG. 16,290712 E - LAT. 41,333634 N
Verifica SLE-SLV

Parametri indipendenti	
STATO LIMITE	SLV
a_s	0,162 g
F_v	2,536
T_c	0,405 s
S_s	1,454
C_U	1,415
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti	
S	1,454
η	1,000
T_B	0,191 s
T_C	0,573 s
T_D	2,247 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_U \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_s / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	S_e [g]
	0,000	0,235
T_B	0,191	0,536
T_C	0,573	0,536
	0,653	0,523
	0,733	0,466
	0,812	0,421
	0,892	0,383
	0,972	0,352
	1,051	0,325
	1,131	0,302
	1,211	0,282
	1,290	0,265
	1,370	0,249
	1,450	0,236
	1,529	0,223
	1,609	0,212
	1,689	0,202
	1,769	0,193
	1,848	0,185
	1,928	0,177
	2,008	0,170
	2,087	0,164
	2,167	0,158
T_D	2,247	0,152
	2,330	0,141
	2,414	0,132
	2,497	0,123
	2,581	0,115
	2,664	0,108
	2,748	0,102
	2,831	0,096
	2,915	0,090
	2,998	0,085
	3,082	0,081
	3,165	0,077
	3,249	0,073
	3,332	0,069
	3,416	0,066
	3,499	0,063
	3,583	0,060
	3,666	0,057
	3,750	0,055
	3,833	0,052
	3,917	0,050
	4,000	0,048

Tabella 14 - Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV. Categ. suolo C Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; - $C_U = 1,5$ - Classe d'uso della costruzione III; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATOLIMITE	SLV
a_{au}	0,088 g
S_s	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_u	1,377
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_u = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_u}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.1)

$$0 \leq T < T_B \quad S_d(T) = a_u \cdot S \cdot \eta \cdot F_u \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_u} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_u \cdot S \cdot \eta \cdot F_u$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_u \cdot S \cdot \eta \cdot F_u \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_u \cdot S \cdot \eta \cdot F_u \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,088
T_{inf}	0,050	0,148
T_c	0,150	0,148
	0,235	0,095
	0,320	0,070
	0,405	0,055
	0,490	0,045
	0,575	0,039
	0,660	0,034
	0,745	0,030
	0,830	0,027
	0,915	0,024
T_{sup}	1,000	0,022
	1,094	0,019
	1,188	0,016
	1,281	0,014
	1,375	0,012
	1,469	0,010
	1,563	0,009
	1,656	0,008
	1,750	0,007
	1,844	0,007
	1,938	0,006
	2,031	0,005
	2,125	0,005
	2,219	0,005
	2,313	0,004
	2,406	0,004
	2,500	0,004
	2,594	0,003
	2,688	0,003
	2,781	0,003
	2,875	0,003
	2,969	0,003
	3,063	0,002
	3,156	0,002
	3,250	0,002
	3,344	0,002
	3,438	0,002
	3,531	0,002
	3,625	0,002
	3,719	0,002
	3,813	0,002
	3,906	0,001
	4,000	0,001

Tabella 15 - Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV. Categ. suolo C Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; - $C_U = 1,5$ - Classe d'uso della costruzione III; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

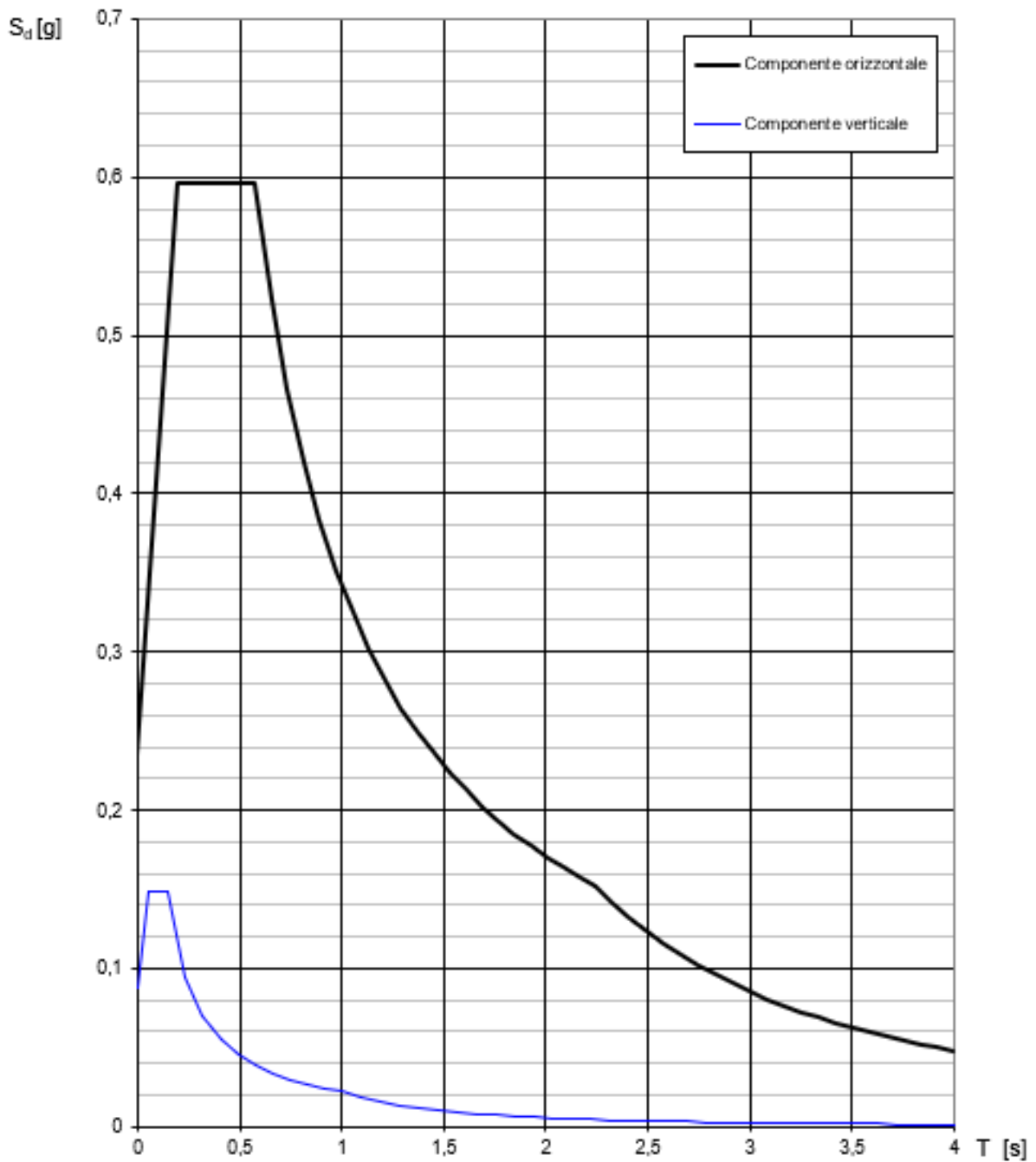


Figura 13 - Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLV - Categ. suolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; - $C_U = 1,5$ - Classe d'uso della costruzione III; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.