

# Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Meridionale

## Porti di Bari, Brindisi, Manfredonia, Barletta, Monopoli

### Porto di Brindisi



**COMPLETAMENTO DELLA INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE  
MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE  
COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST**

**ELABORATI TECNICI A CORREDO DELL'ISTANZA DI REVISIONE DEL PAI**

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. F. DI LEVERANO

Progettisti incaricati:

**ACQUA  
TECNO**

**ACQUATECNO S.r.l.**  
Via Ajaccio, 14 - ROMA  
(Ing. Paolo Turbolente)

**MODIMAR**

**MODIMAR S.r.l.**  
Via Monte Zebio, 40 - ROMA  
(Ing. Paolo Contini)

TITOLO ELABORATO:

**COMPATIBILITA' GEOLOGICA-GEOTECNICA**

Dott. Geo. Vittorio STOCCHI

ELABORATO N° :

**AdB R02**

CODICE ELABORATO:

		ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO			
SIGLA							
REVISIONE	N.	DATA	DESCRIZIONE	RED.	VER.	APP.	
	2	Ottobre 2021	MITE - DECRETO VIA DM n° 254/2021				
	3	Giugno 2022	ISTANZA REVISIONE PAI				

DATA:

**Giugno 2022**

SCALA :



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare Adriatico Meridionale

Bari, Brindisi, Manfredonia, Barletta, Monopoli

PORTO DI BRINDISI

## LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST

ELABORATI TECNICI A CORREDO DELL'ISTANZA DI REVISIONE DEL PAI

### Relazione di compatibilità geologica-geotecnica



Dr. Geol. Vittorio Stocchi

PROGETTAZIONE:



MODIMAR S.r.l.  
VIA MONTE ZEBIO, 40 ROMA



ACQUA TECNO S.r.l.  
VIA GAETA, 15 ROMA

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>					
		09	017	DR	31	2	GEO

## Indice

<b>Capitolo 1</b>	<b>Premessa e localizzazione</b> .....	<b>2</b>
<b>Capitolo 2</b>	<b>Normativa di riferimento e metodo d'indagine</b> .....	<b>6</b>
<b>Capitolo 3</b>	<b>Inquadramento geologico generale</b> .....	<b>7</b>
<b>Capitolo 4</b>	<b>Assetto geologico - stratigrafico</b> .....	<b>10</b>
<b>Capitolo 5</b>	<b>Assetto geomorfologico</b> .....	<b>17</b>
<b>Capitolo 6</b>	<b>Assetto idraulico ed idrogeologico</b> .....	<b>22</b>
<b>Capitolo 7</b>	<b>Sismicità e tettonica</b> .....	<b>30</b>
<b>Capitolo 8</b>	<b>Modello geotecnico</b> .....	<b>40</b>
<b>Capitolo 9</b>	<b>Compatibilità geologica – geotecnica Classificazione P.A.I.</b> .....	<b>50</b>
<b>Capitolo 10</b>	<b>Verifiche di stabilità geotecniche</b> .....	<b>60</b>
	10.1 Zona spiaggia - tra il molo polimeri ed il canale di scarico ex Montedison del Fiume Grande	61
	10.2 Zona promontorio - parte occidentale della baia nella configurazione in cui il progetto prevede la sistemazione dell'argine sinistro del nuovo canale .....	64
	10.3 Stratigrafia di calcolo e parametri geotecnici di modello.....	65
	10.4 Criteri di verifica .....	66
	10.5 calcolo e verifica della sezione di progetto .....	68
<b>Capitolo 11</b>	<b>Bibliografia</b> .....	<b>78</b>

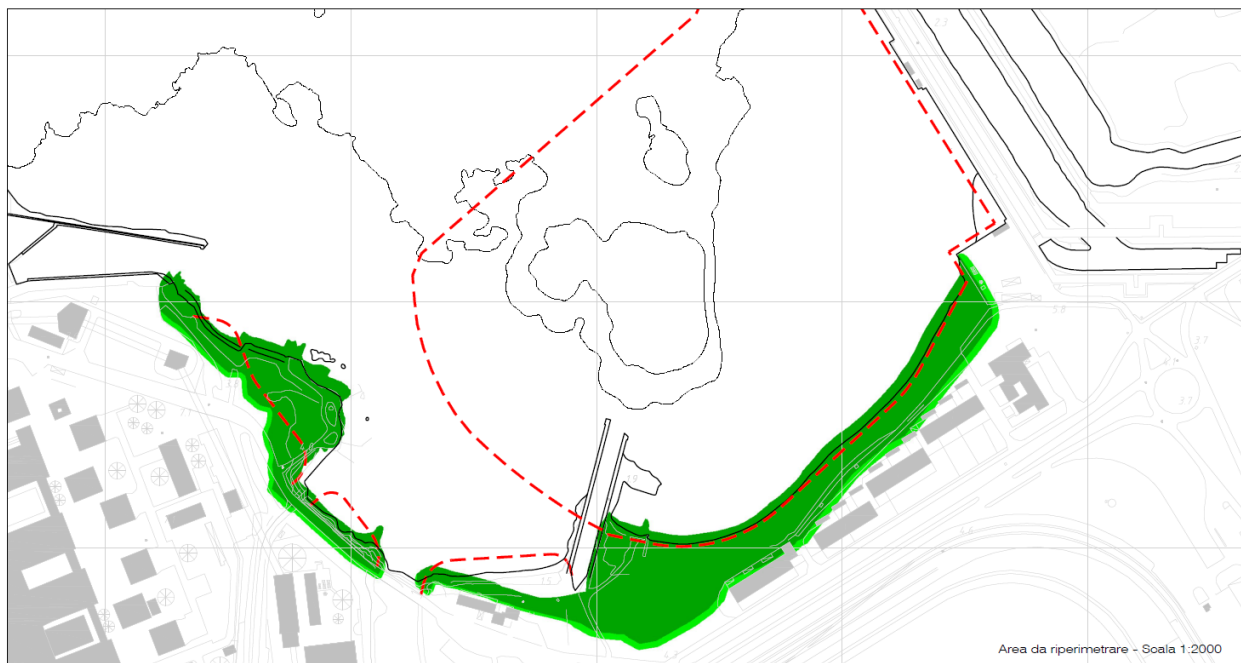
Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

## Capitolo 1 Premessa e localizzazione

Il presente studio di compatibilità geologia-geotecnica, redatto ai sensi dell'art 25 delle NTA del Piano Stralcio di Assetto Idrologico redatto dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia oggi confluito nell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, è finalizzato alla nuova perimetrazione dell'aree di pericolo geomorfologico e/o alla riduzione del livello di pericolo nella zona di Costa Morena est all'interno del Porto di Brindisi, nella baia delimitata ad est dal Molo Polimeri ed a Ovest dallo scarico (oggi non più in uso) della centrale elettrica dell'Enel.

In tale area, l'AdSP intende realizzare inoltre una vasca di contenimento per la gestione dei sedimenti marini, costituita da una paratia metallica (pali – palancole e palancole), diaframma plastico di calcestruzzo (lato costa) profondi circa 27,50 metri dal livello del mare, alla quale si aggiungono la sistemazione dell'argine del nuovo canale e la protezione di un breve tratto di costa (tra l'ex canale Montecatini e la foce del fiume Grande). Il progetto ha svolto con esito positivo la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale presso il MITE.

Attualmente nell'area sono presenti zone classificate a pericolosità geomorfologica alta (PG2) e molto alta (PG3).



**figura 1-1 – Zone a Pericolosità Geomorfologica molto elevata PG3 e PG2 (verde scuro e verde chiaro) – AdB**

Con tale studio oltre a verificare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, sismiche e geotecniche del terreno della zona di interesse, si riportano le indagini topobatimetriche, geologiche, fotografiche e le verifiche geotecniche che consentano la nuova perimetrazione dei livelli di pericolosità geomorfologica, come meglio rappresentato nella figura seguente.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica				
		09	017	DR	31	2



figura 1-2 – Zone a Pericolosità Geomorfológica – proposta di nuova perimetrazione PG1 (verde molto chiaro)

L'area oggetto d'indagine è situata nel Comune di Brindisi (Costa Morena Est), località Pedagne, posta ad est del vecchio porto cittadino, in zona industriale, profondamente modificata nel corso dell'ultimo secolo.

Il territorio è compreso nel foglio IGM 204 IV NO Brindisi, C.T.R. 476161 Casa Rubini e l'area d'indagine ha un'estensione totale di circa 1,5 ha (fig. 1-1,1-2,1-3).

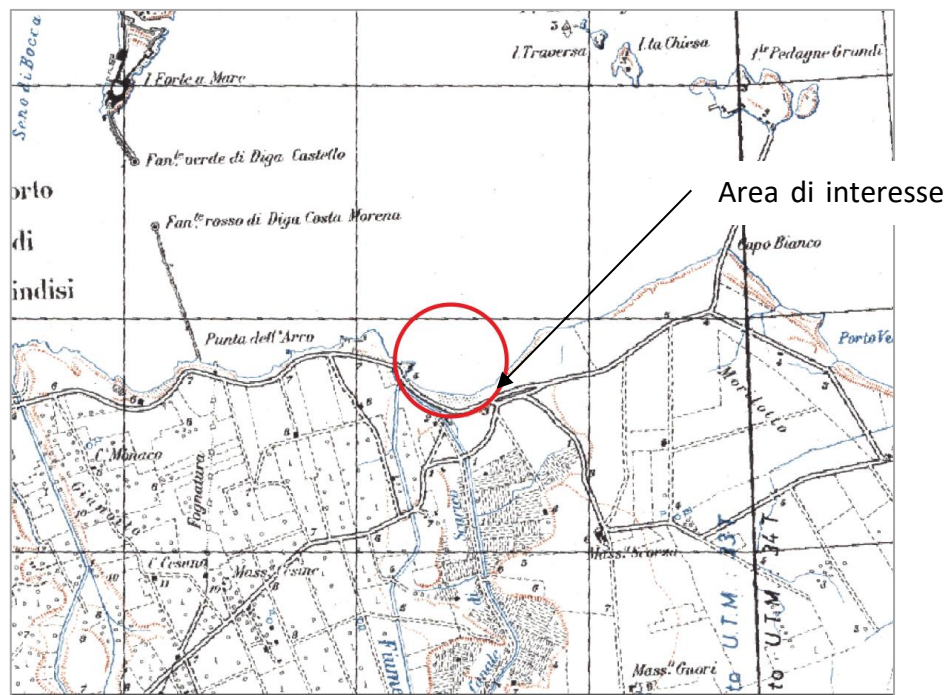
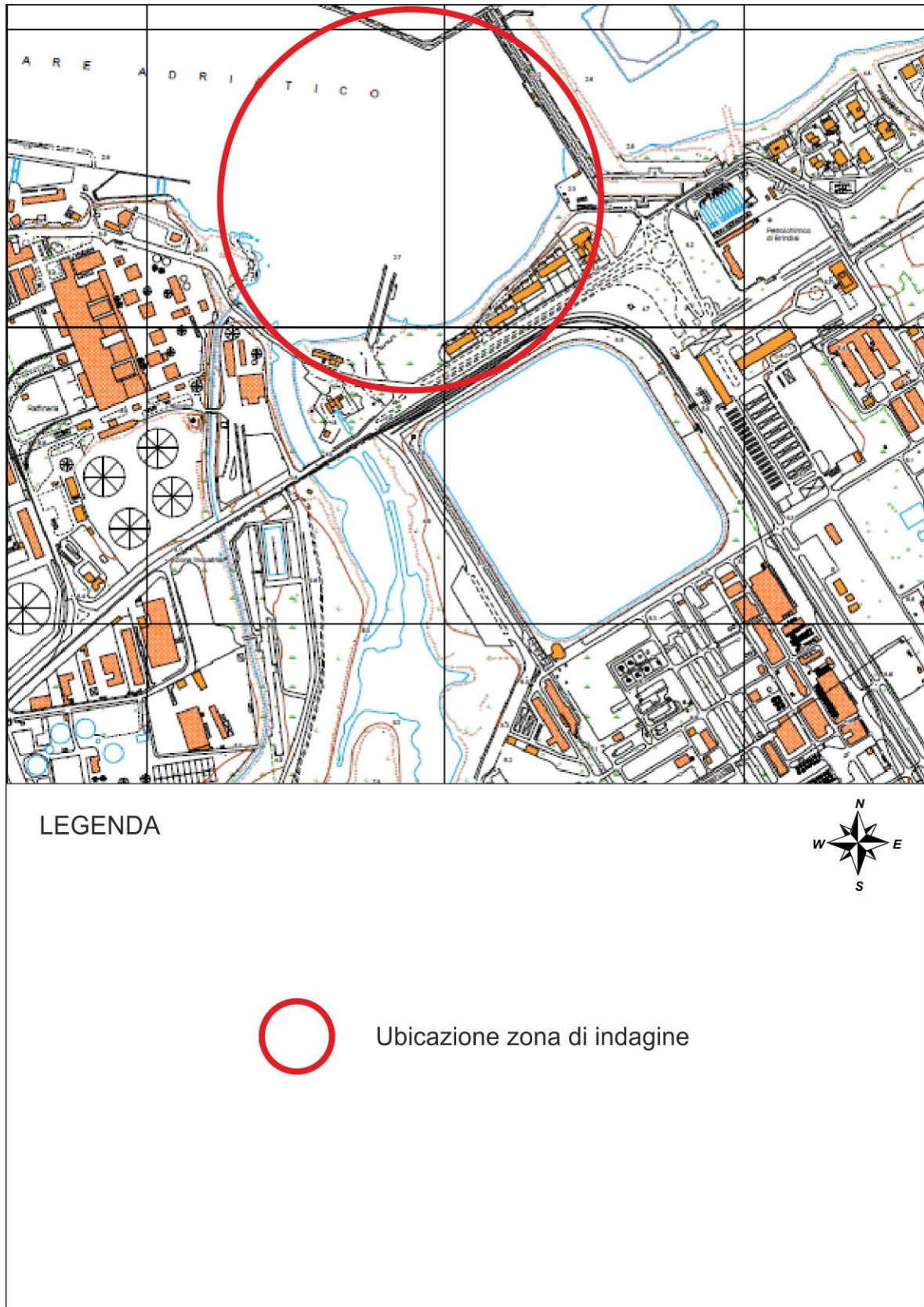


Figura 1-3- IGM F° 204 IV NO Brindisi scala 1:25.000

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> <b>LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST</b> Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>					
		09	017	DR	31	2	GEO

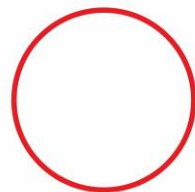


**Figura 1-4 - CTR 476161 Casa Rubini scala 1:10.000**

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>					
		09	017	DR	31	2	GEO



LEGENDA



Ubicazione zona di indagine

Figura 1-5 - ortofoto con ubicazione (da: google earth)

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

## Capitolo 2 Normativa di riferimento e metodo d'indagine

Lo studio è stato condotto secondo quanto previsto dalla normativa vigente in materia edilizia:

**Legge 02 febbraio 1974, n. 64.** Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

**Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988.** Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Coordinato con la Circolare del Ministero Lavori Pubblici, 24 settembre 1988, n. 30483 - Istruzioni per l'applicazione.

**D.P.R. 328 5 giugno 2001, art. 41.** Modifiche ed integrazioni della disciplina dei requisiti per l'ammissione all'esame di stato e delle relative prove per l'esercizio di talune professioni nonché della disciplina dei relativi ordinamenti (art.41 – attività professionali del geologo)

**DPR 6 giugno 2001, n.380.** Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia (Testo A)

**Ord.P.C.M. del 20 marzo 2003 n. 3274.** Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. e documenti correlati.

**D.M. 14/01/2008** – Norme tecniche per le costruzioni - NTC2008.

**D.M. 17/1/2018** – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni". – NTC2018

**Circ. 21/1/2019 n. 7** – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”»

**P.A.I. 12/2004 - 2005 Regione Puglia** Norme tecniche di attuazione.

La relazione è basata, oltre che sul sopralluogo eseguito, su un'indagine geognostica svolta dalla soc. Cesub nel 2019 (4 sondaggi c.c. e 2 prove CPTU – Vedere elaborato B11 - Relazione indagini geognostiche integrative), la quale è venuta ad aggiungersi ad una notevole mole di dati geologici e geotecnici relativi a studi svolti in aree limitrofe e ad un rilievo topografico di dettaglio con tecnologia LIDAR; si è quindi proceduto ad un'analisi critica dei suddetti dati.

L'elaborazione delle informazioni disponibili ha permesso la creazione di un modello litostratigrafico e geotecnico affidabile e comparabile con i dati geofisici ottenuti dalla campagna sismica eseguita sul sito nel novembre 2015, dall'università di Bari (Geprosys).



Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica				
		09	017	DR	31	2

## Capitolo 3 Inquadramento geologico generale

La Regione Puglia costituisce un ampio settore del vasto avampaese adriatico ed in particolare può essere inquadrata all'interno dell'evoluzione orogenetica dell'Appennino meridionale.

L'orogenesi appenninica si è sviluppata a partire dall'Olocene Superiore - Miocene Inferiore, con il progressivo accavallamento, da Ovest verso Est, di unità stratigrafico – strutturali, mesozoico - paleogeniche e di unità sinorogenetiche di avanfossa (fig. 3-1).

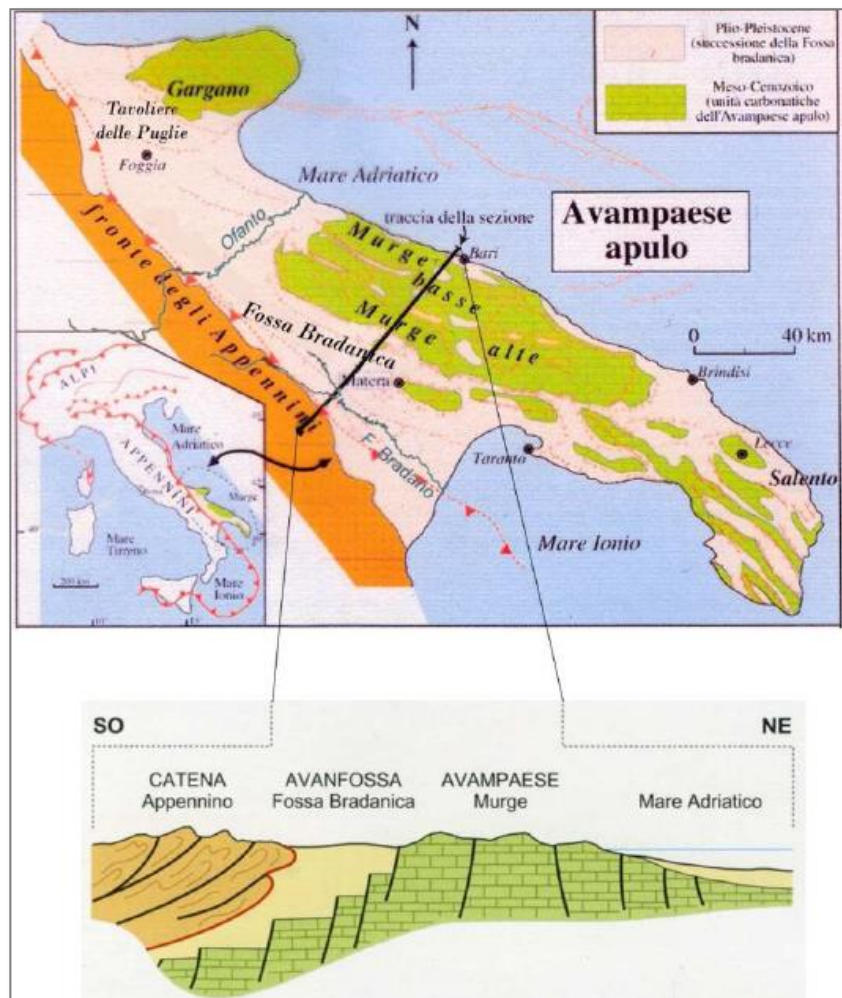


Figura 3-1 - schema geologico Puglia (da: Pieri et al.1997)

Un ruolo primario nella tettonogenesi appenninica è riconosciuto proprio alla placca Apula, che durante l'orogenesi ha svolto, come già accennato, il ruolo di avampaese, subendo un abbassamento attraverso sistemi di faglie dirette e leggere deformazioni plicative.

L'evoluzione tettonica della zona può essere suddivisa in due fasi principali: la prima avrebbe causato la formazione di blande pieghe, dovute all'innalzamento dell'Appennino meridionale mentre la seconda, di tipo distensivo, avrebbe interessato le pieghe con faglie normali e sub-verticali, entrambe con direzione nord ovest - sud est.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

L'area in esame è posta al limite tra l'altopiano delle Murge e la penisola salentina ed è caratterizzata da una serie di horst e graben, di varie dimensioni, generalmente orientati in direzione appenninica, nord ovest - sud est e legati alla tettonica distensiva sopra descritta.

La differenza degli orientamenti strutturali tra la zona delle Murge e la penisola salentina ha fatto ipotizzare una rotazione della zona salentina di circa 25° in direzione oraria, con una certa componente trascorrente e conseguente apertura di una fascia compresa tra Brindisi e Taranto, che avrebbe permesso la deposizione di sedimenti argillosi (fig. 3-2).

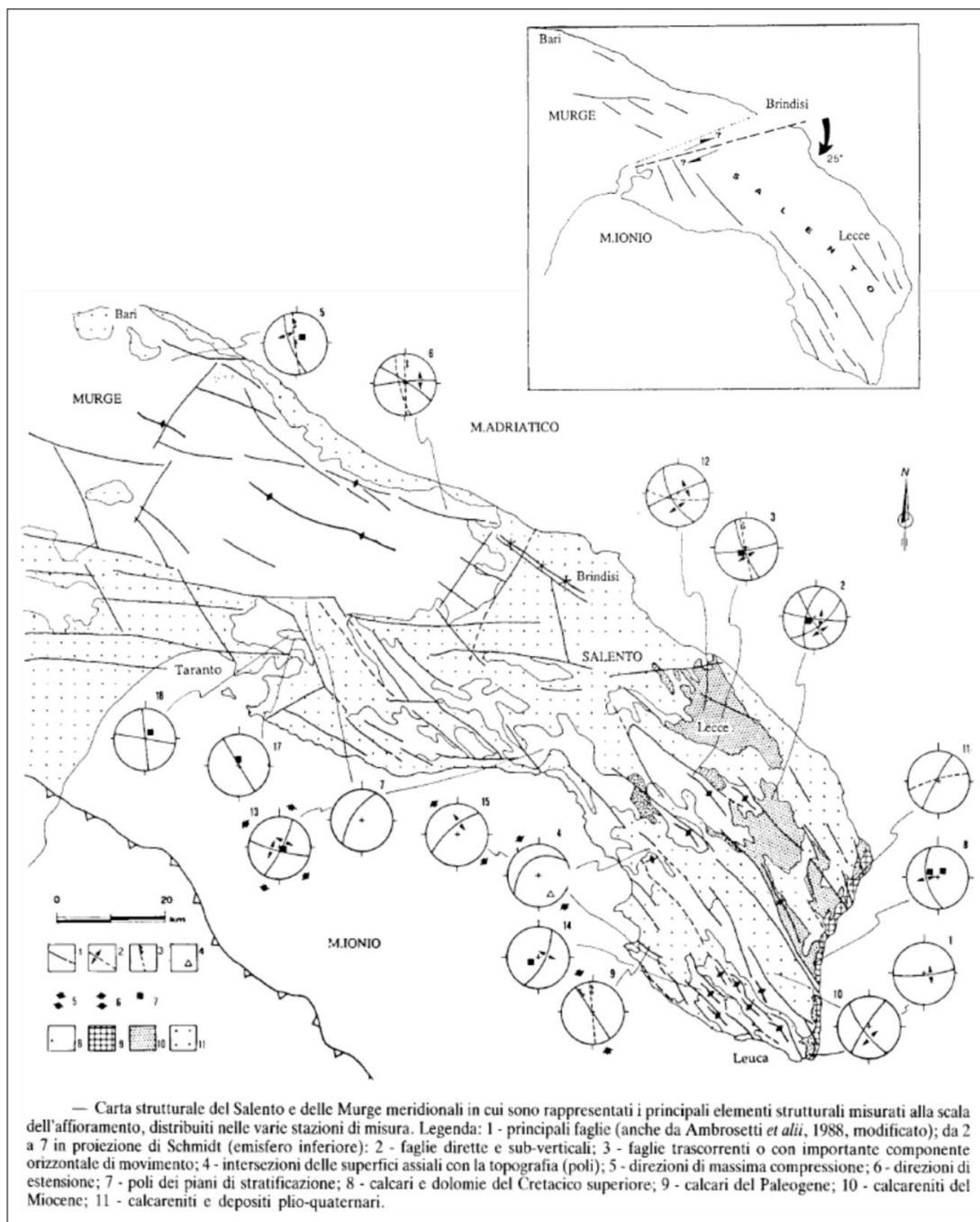
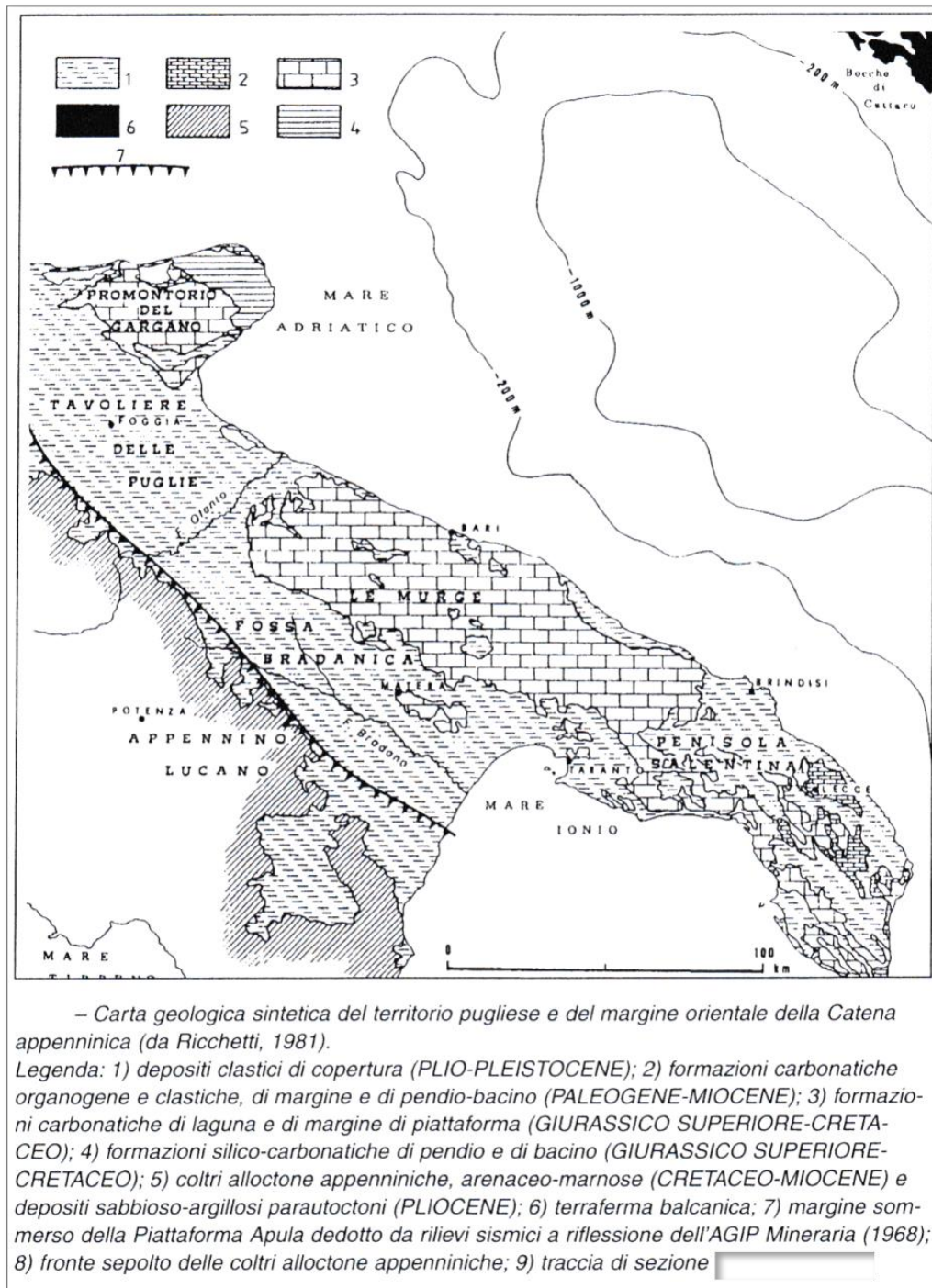


Figura 3-2 - carta geologico strutturale Puglia (da: Tozzi, 1993)

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

La stratigrafia di questa porzione di Puglia consiste, in massima parte, di una serie carbonatico – dolomitica, mesozoica, di circa 6000 metri di spessore, poggiante sul basamento paleozoico indisturbato.

Quindi la serie stratigrafica locale comprende, sopra il potente complesso calcareo mesozoico, i depositi del ciclo sedimentario plio - pleistocenico della Fossa Bradanica coperti, in trasgressione, da depositi bioclastici, terrazzati, di ambiente litorale e continentali, olocenici ed attuali (fig.3-3).



**Figura 3-3 - carta geologica generale Puglia  
(da: guida geologica Puglia e Monte Vulture, 1999)**

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

## Capitolo 4 Assetto geologico - stratigrafico

Dal punto di vista geologico, la zona di Brindisi è stata interessata, come già accennato, a partire dal Mesozoico ed in particolare dal Giurassico (220-160 Ma), dalla presenza di un mare epicontinentale sul quale si instaurò un basso fondale, costellato di piccoli bacini evaporitici.

I terreni depositi in quest'ambiente sono costituiti da calcari e calcari dolomitici che danno vita all'impalcatura geologica della penisola salentina e sono il risultato dell'evoluzione della piattaforma carbonatica apula.

Durante la sedimentazione vi furono numerose oscillazioni del livello marino, con cicli regressivi, trasgressivi e brevi emersioni, testimoniate da lacune stratigrafiche e tipici depositi continentali (terre rosse argillose e bauxiti).

In trasgressione sulle formazioni carbonatiche cretacee, si sovrappongono sedimenti marini pliocenici e quaternari, spesso rappresentati da tufi (Calcari di Gravina e Depositi Marini Terrazzati); si tratta di depositi marini spesso caratterizzati da un'alternanza di gradini e terrazzi digradanti verso mare, testimoni di antiche linee di costa e di superfici di abrasione.

Infine, lungo alcuni tratti di costa, si hanno depositi continentali di natura alluvionale, fluvio lacustri e palustri, composti di sabbie, sabbie argillo sabbiose, limi e depositi dunari.

In sintesi, le formazioni affioranti all'interno della provincia di Brindisi, facendo riferimento alle "Note alla Carta Geologica delle Murge e del Salento" di Ciaranfi et alii (1992), procedendo dal basso verso l'alto, sono distinti in due macro-gruppi: Depositi Marini, più antichi e Depositi Continentali più recenti.

I depositi sono così suddivisi:

### DEPOSITI MARINI

- Calcari d'Altamura (Cretaceo sup.)
- Calcareniti di Gravina (Pliocene sup. – Pleistocene inf.)
- Argille subappenniniche (Pleistocene inf.)
- Depositi marini terrazzati (Pleistocene medio – sup.)

### DEPOSITI CONTINENTALI

- Depositi alluvionali ed eluvio-colluviali (Olocene)

In particolare, nell'area in esame, gli affioramenti sono costituiti esclusivamente da Depositi Marini Terrazzati (Q1s e Q1c) (formazione di Gallipoli) e Depositi Alluvionali (S e de), come indicato nella Carta Geologica d'Italia F° 204 – Lecce (fig.4-1).

Nei depositi marini terrazzati, con spessore locale di alcune decine di metri, è compreso un basamento marnoso argilloso, limo argilloso e sabbio limoso, di età pleistocenica.

Le argille marnose sono di colore grigio azzurrognolo, generalmente plastiche e poco stratificate, con percentuali variabili di quarzo a spigoli vivi.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

Verso l'alto, la componente marnoso - argillosa diminuisce e si passa gradualmente a limi argillosi e sabbiosi, fino a vere e proprie sabbie grigio - giallastre, aventi ancora un certo contenuto di argilla.

Sopra questo banco più fine si ritrovano sabbie e sabbie argillose e limose di colore giallo rossastro, con intercalati banchi e noduli arenacei e calcarenitici ben cementati, tipo "Panchina", con inclusione di ciottoli calcarei e calcarenitici.

Le sabbie sono costituite prevalentemente da frammenti di quarzo con grana da media a fine e si presentano stratificate e talora debolmente cementate in strati centimetrici.

La successione stratigrafica inerente la Formazione di Gallipoli può essere riassunta, per chiarezza, nel seguente elenco:

- Sabbie con noduli calcarenitici  
(Formazione Gallipoli - Unità superiore - Unità B - Panchina)
- Limi sabbiosi e sabbie limose grigio azzurre  
(Formazione di Gallipoli - Unità inferiore - Unità C1 - Limi Calabriani)
- Argille limoso sabbiose grigio azzurre  
(Formazione di Gallipoli - Unità inferiore, parte basale - Unità C2 - Argille Calabriane)

In ultimo, la formazione di Gallipoli, sulle aree emerse, vede la presenza di coperture di solito poco potenti, di depositi di ambiente continentale e lagunare (Olocene), quindi composti da materiali fluvio palustri e lacustri.

Questi rappresentano il riempimento, generalmente parziale, di depressioni costiere e sono costituiti da ripetute intercalazioni di sabbie calcaree, sabbie argillose e di argille sabbiose e limi, di colore generalmente grigiastro.

A mare questi terreni sono diversi (depositi marini recenti) e sono composti da miscele di residui organici, sabbie, sabbie limose e sabbie ghiaiose, prodotti dall'erosione costiera dovuta all'azione del mare ed all'erosione delle valli dei diversi corsi d'acqua che sfociano lungo la costa.

I sondaggi eseguiti, quindi, hanno attraversato i litotipi sopra descritti, relativi alla formazione di Gallipoli (sabbie con concrezioni calcarenitiche, limi sabbiosi e sabbie limose grigio azzurre, argille limo sabbiose entrambi appartenenti all'unità litologica delle argille grigio azzurre di base); al tetto della suddetta formazione i sondaggi hanno attraversato i depositi marini recenti, mentre alla base hanno intercettato in alcuni casi, il substrato calcareo mesozoico (fig. da 4-3 a 4-7).

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> <b>LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST</b> Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>				
		09	017	DR	31	2

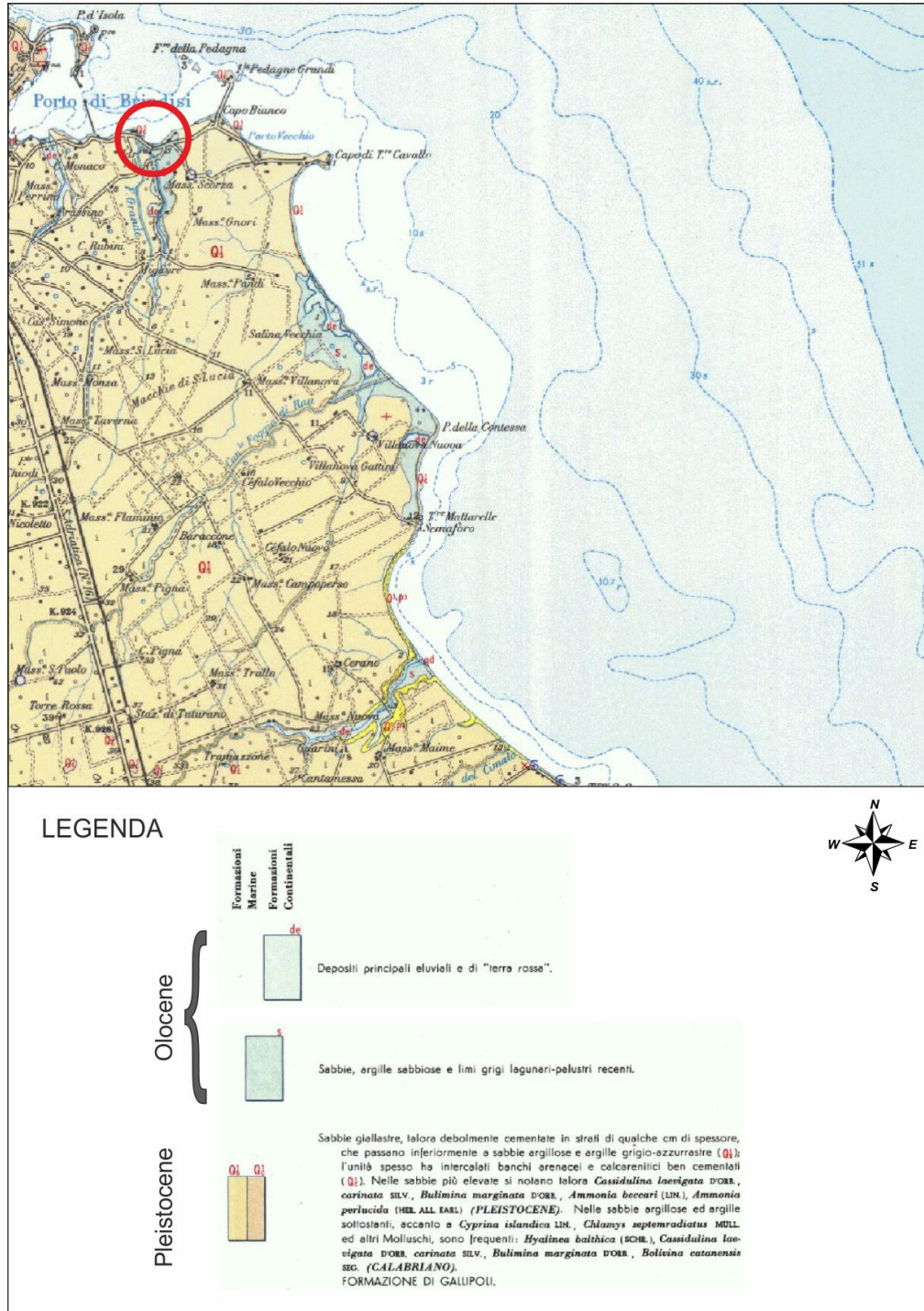


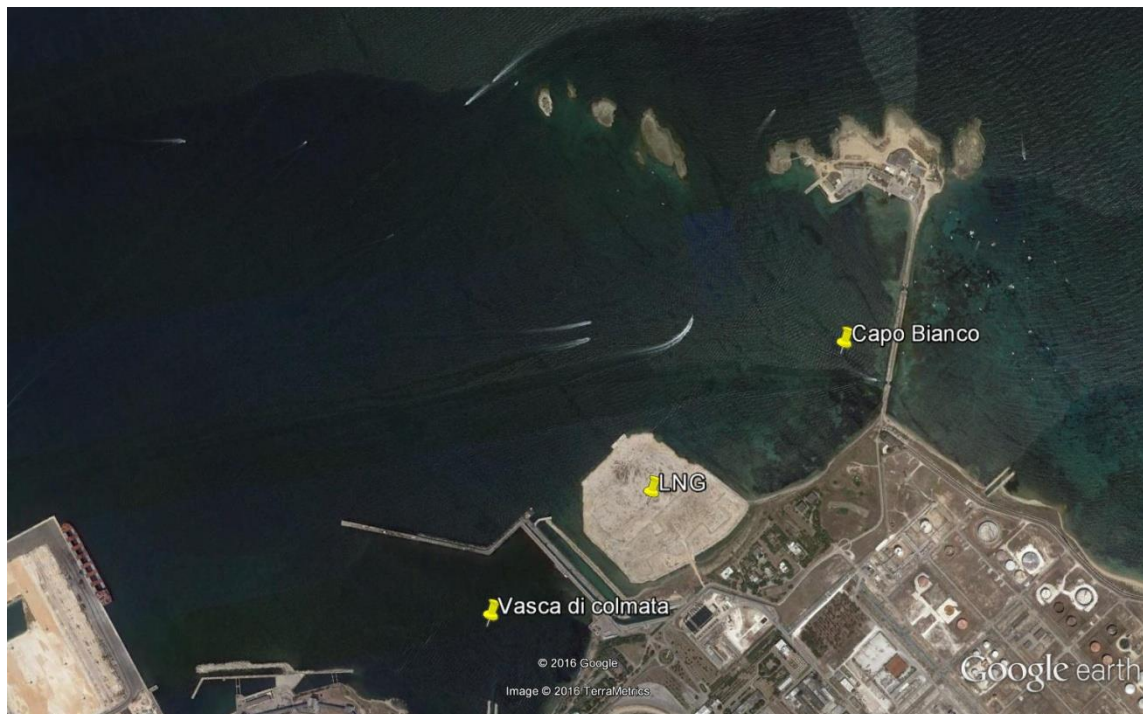
Figura 4-1 - stralcio F°204 Lecce Carta Geologica d'Italia fuori scala

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

Le indagini geognostiche, eseguite nel passato nelle aree limitrofe e quelle integrative del 2019 (Cesub), hanno permesso di definire la quota del tetto delle argille azzurre (Unità C2), precedentemente non individuata con certezza e le caratteristiche geotecniche delle varie unità litologiche.

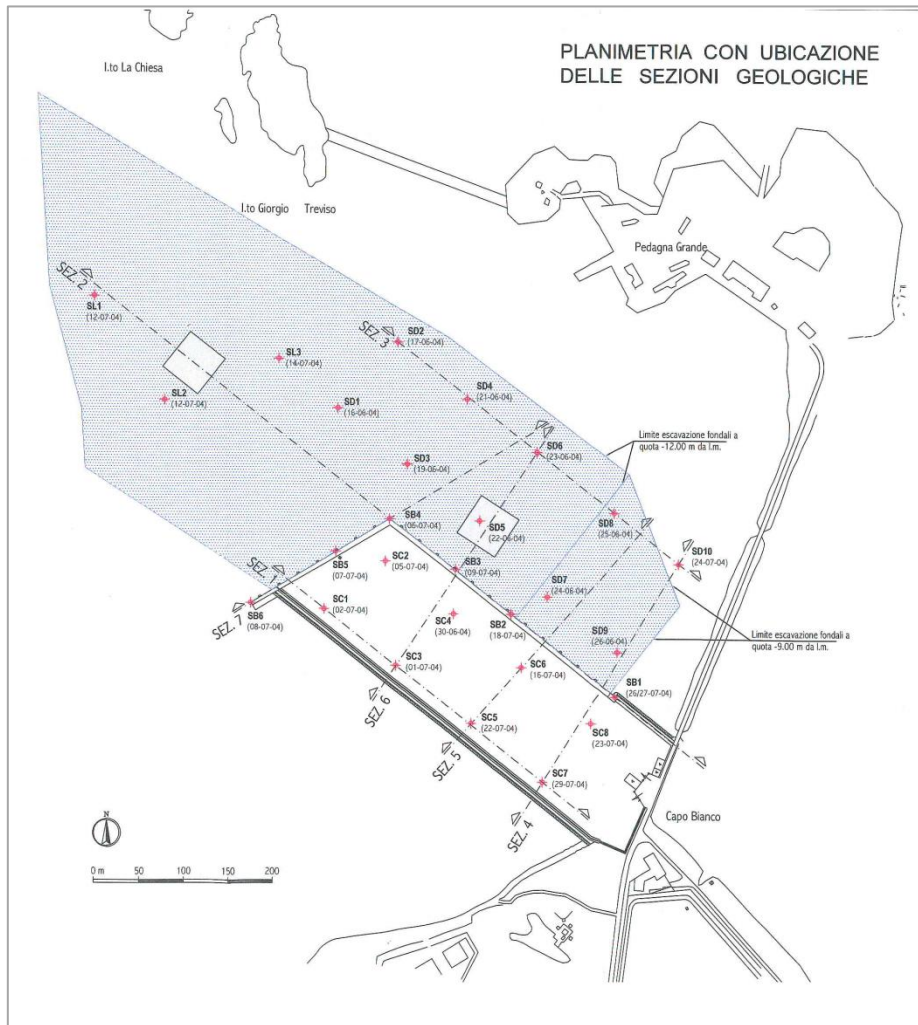
Le indagini geognostiche precedenti al 2019 hanno riguardato (figura 4-2):

1. i lavori di banchinamento in località Capo Bianco (Relazione geologica e geotecnica, redatta dal Prof. Vincenzo Cotecchia) posta a circa 1 km di distanza dal sito in esame (28 sondaggi con prove SPT ed indagini di laboratorio) - Autorità Portuale di Brindisi (2004) – figure 8, 9, 10, 11 e 12.
2. la realizzazione del terminale LNG in adiacenza all'area in esame -Brindisi LNG (2003).



**Figura 4-2- Localizzazione indagini geognostiche pregresse (LNG e Capo Bianco) e opera da realizzare ((Vasca di colmata) - (fonte : google Earth)**

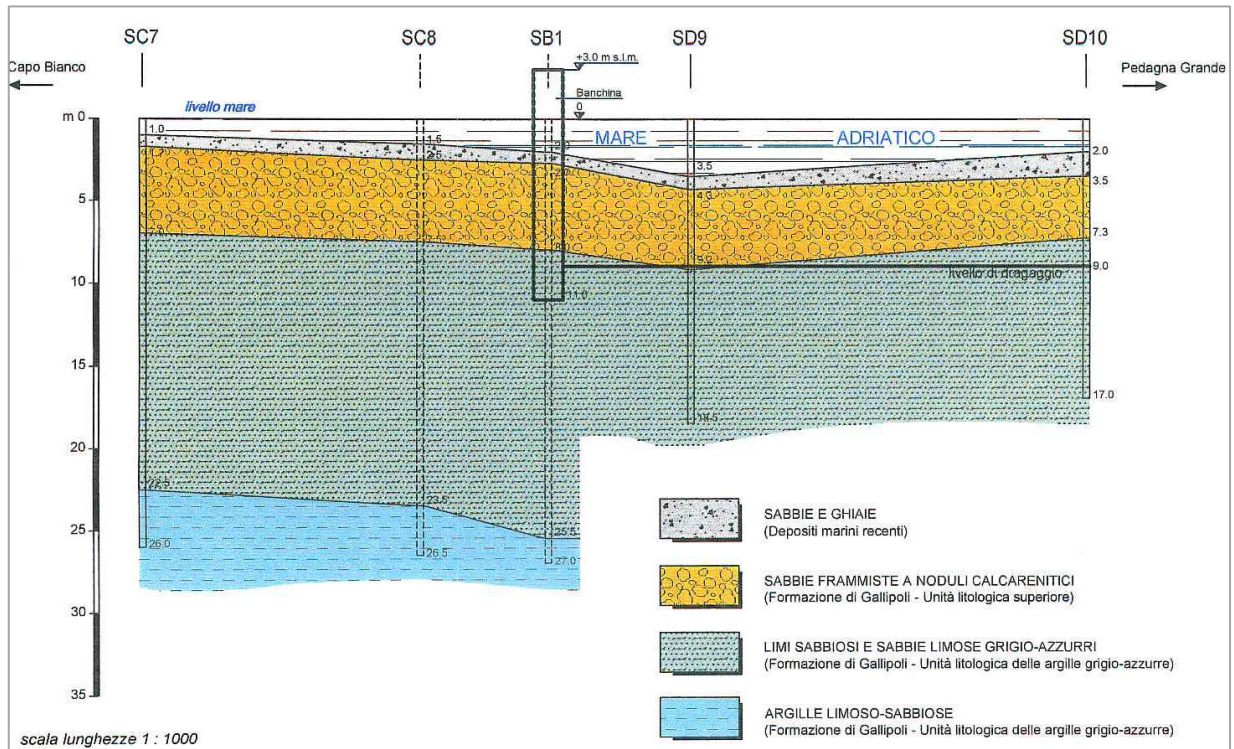
<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> <b>LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST</b> Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>					
		09	017	DR	31	2	GEO



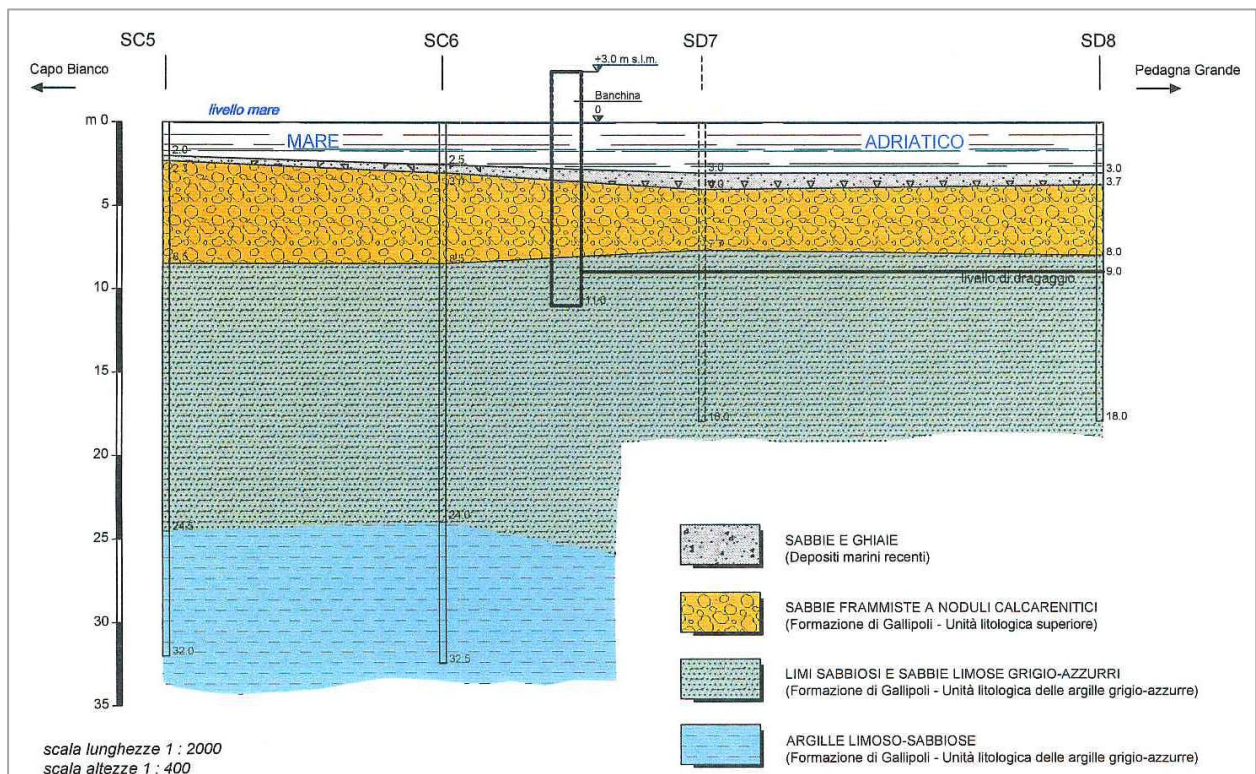
**Figura 4-3 - Ubicazione sezioni stratigrafiche - Capo Bianco - prof. Cotecchia (2004)**



<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> <b>LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST</b> Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>				
		09	017	DR	31	2

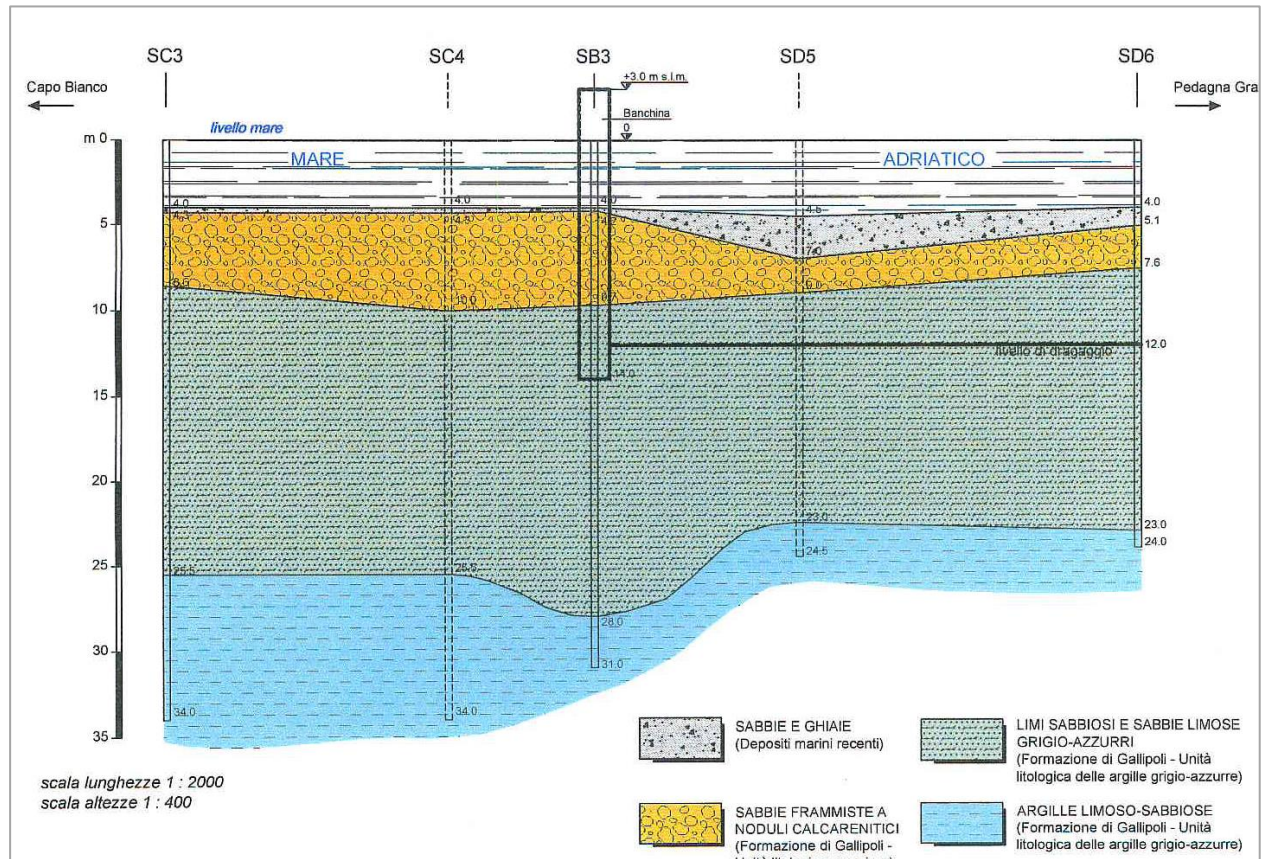


**Figura 4-4 - Sezione stratigrafica n.4 - Capo Bianco - prof. Cotecchia – 2004**

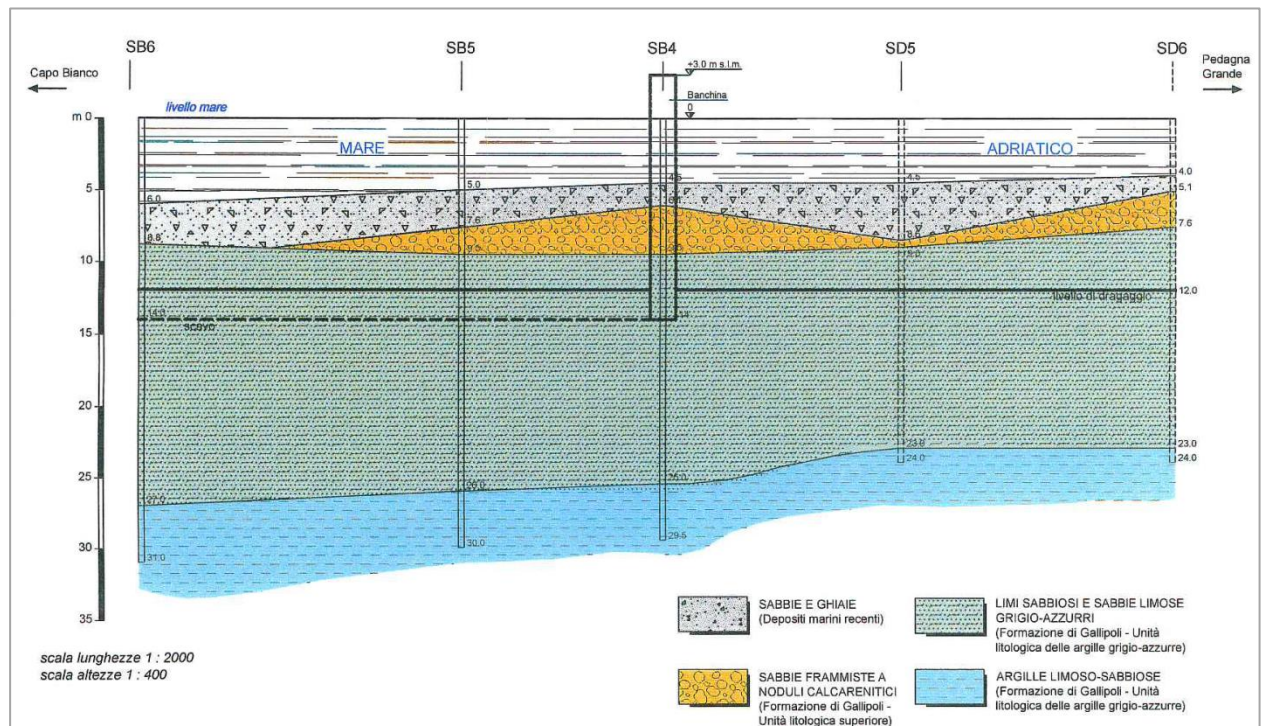


**Figura 4-5 - Sezione stratigrafica n.5 - Capo Bianco - prof. Cotecchia - 2004**

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> <b>LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST</b> Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>					
		09	017	DR	31	2	GEO



**Figura 4-6- Sezione stratigrafica n.6 - Capo Bianco - prof. Cotecchia - 2004**



**Figura 4-7 - Sezione stratigrafica n.7 - Capo Bianco - prof. Cotecchia - 2004**

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

## Capitolo 5 Assetto geomorfologico

L'area d'intervento e di cui è oggetto la presente richiesta di nuova perimetrazione è posta all'interno del porto di Brindisi, in adiacenza ad una zona industriale profondamente modificata dall'azione antropica.

La costa in questo tratto è bassa, con quota media di circa 4 metri sul livello del mare e bassa pendenza.

In alcuni tratti la riva si presenta sabbiosa, con piccole scogliere intercalate, la cui altezza non supera i due metri.

L'analisi della cartografia meno recente mostra come la costa della zona meridionale di Brindisi fosse costituita da calette sabbiose poco estese, intervallate a piccole falesie di altezza ridotta e da cordoni dunari, con stagni e paludi in corrispondenza delle foci dei corsi d'acqua.

La scarsa inclinazione del territorio in direzione del mare si mantiene per diversi chilometri, senza che si possano notare caratteri geomorfologici di rilievo.

Le uniche evidenze rilevabili sono costituite dal reticolo idrografico, di tipo sub parallelo, che si sviluppa perpendicolarmente alla linea di costa e da alcuni terrazzamenti, più o meno evidenti, che testimoniano le diverse fasi di ingressione e regressione marina che hanno interessato la costa pugliese.

A causa dell'assetto tabulare gli spartiacque non sono ben marcati e sono frequenti alcune modeste aree depresse, anche a carattere endoreico, soggette a fenomeni di alluvionamento durante le precipitazioni più intense.

La zona a monte è caratterizzata dalla presenza della valle del Fiume Grande, il cui corso è stato parzialmente rettificato e deviato all'interno di un canale artificiale di scarico che sfocia a circa 100 metri, in direzione est, dalla foce attuale.

Il letto del canale di scarico è abbastanza ampio e incassato, rispetto alla pianura circostante, di circa 5 - 6 metri, con larghezza media intorno ai 150 metri.

Il canale di scolo del Fiume Grande (canale ex Montedison) e il Fiume Grande sfociano all'interno del nuovo canale laterale, in adiacenza della vasca prevista in progetto.

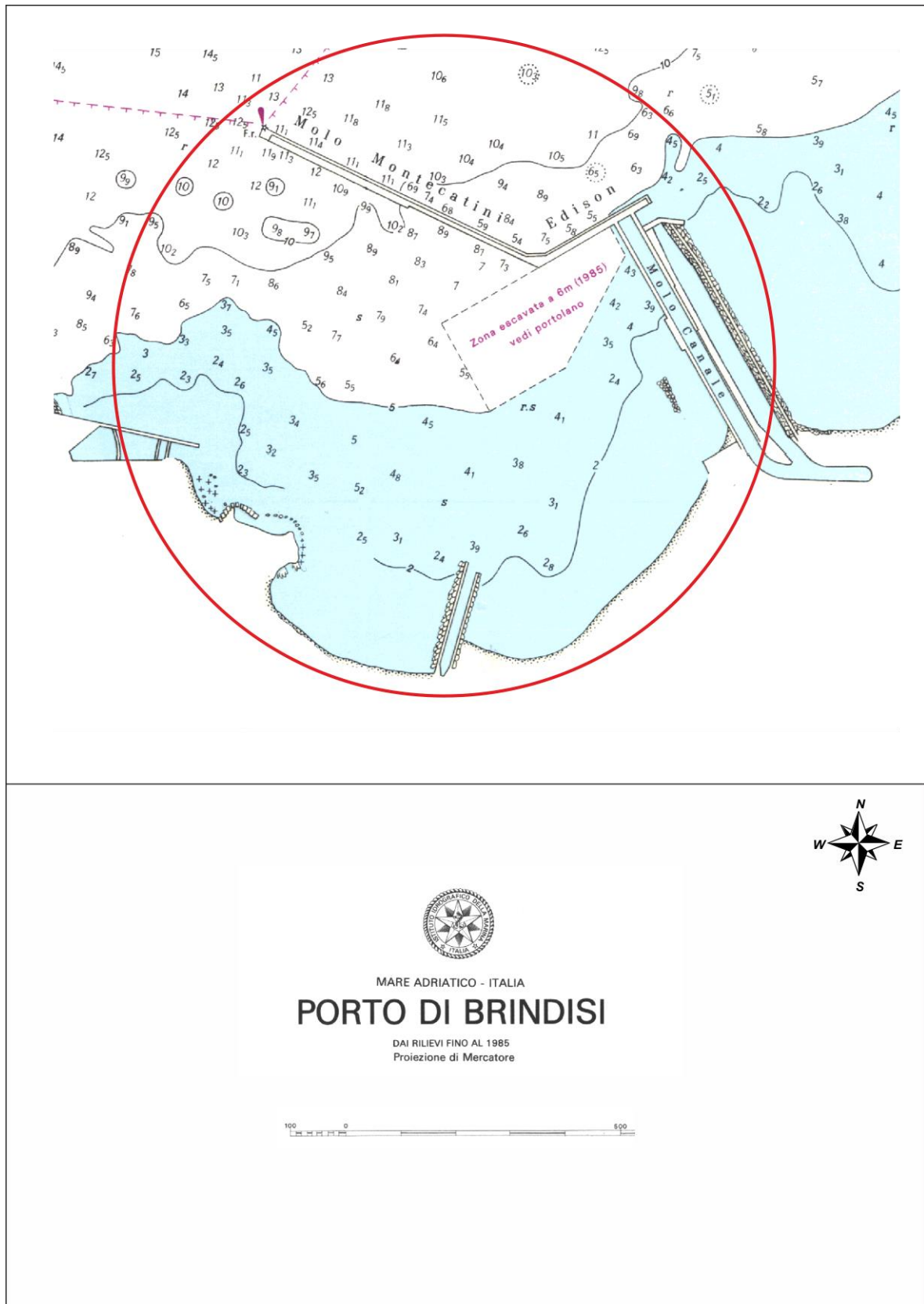
Le batimetrie disponibili mostrano che la costa, sotto il livello del mare, prosegue con una pendenza molto ridotta e quindi con profondità modesta, se si escludono due piccole fosse, di natura probabilmente artificiale, poste nella parte centrale e orientale della futura vasca, profonde circa 10 metri e dalle pareti molto ripide.

Dallo stralcio della carta nautica del 1985, appare che la zona di costa immediatamente a monte dell'opera in progetto è caratterizzata da una riva sabbiosa, priva di scarpate (falesie) (Figura 5-1- stralcio carta nautica porto di Brindisi - 1985).

Attualmente, non sono stati rilevati elementi che indichino la presenza di movimenti gravitativi o stress tensionali in atto ed il sito risulta assolutamente stabile; questa situazione è ben visibile

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>					
		09	017	DR	31	2	GEO

anche dalle foto riprese lungo la strada costiera e dalle foto aeree del 19/07/2015 da google earth (Figura 5-2 e foto da 1 a 4).



**Figura 5-1- stralcio carta nautica porto di Brindisi - 1985**

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>					
		09	017	DR	31	2	GEO



**Figura 5-2 - stralcio googleearth con punti di ripresa fotografici**

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>					
		09	017	DR	31	2	GEO



**Foto 1**



**Foto 2**

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>					
		09	017	DR	31	2	GEO



**Foto 3**



**Foto 4**

Per quanto attiene le valutazioni presenti sul P.A.I. e riguardanti la zona a rischio elevato e molto elevato (PG2-PG3), riportata in corrispondenza dell'area di progetto, si rimanda al capitolo dedicato.

Le acque meteoriche, seguendo la pendenza naturale del terreno, drenano verso l'alveo del Fiume Grande o verso la riva, a meno di infiltrazione nel sottosuolo.

In conclusione, non si rilevano sul terreno e nelle aree limitrofe, fenomeni gravitativi e d'instabilità in grado di rappresentare un potenziale rischio per l'opera né situazioni inverse, per le quali la vasca possa peggiorare lo stato attuale.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

## Capitolo 6 Assetto idraulico ed idrogeologico

### 6.1 IDROGEOLOGIA GENERALE

L'idrogeologia della piana di Brindisi è strettamente correlata alle successioni litostratigrafiche della zona, contraddistinta da due acquiferi ben distinti e separati da un orizzonte impermeabile argilloso.

La prima falda superficiale (fig. 6.1-1) è di tipo freatico ed è contenuta nella facies calcarenitico sabbiosa, appartenente alla porzione superiore dei depositi marini terrazzati della formazione di Gallipoli.

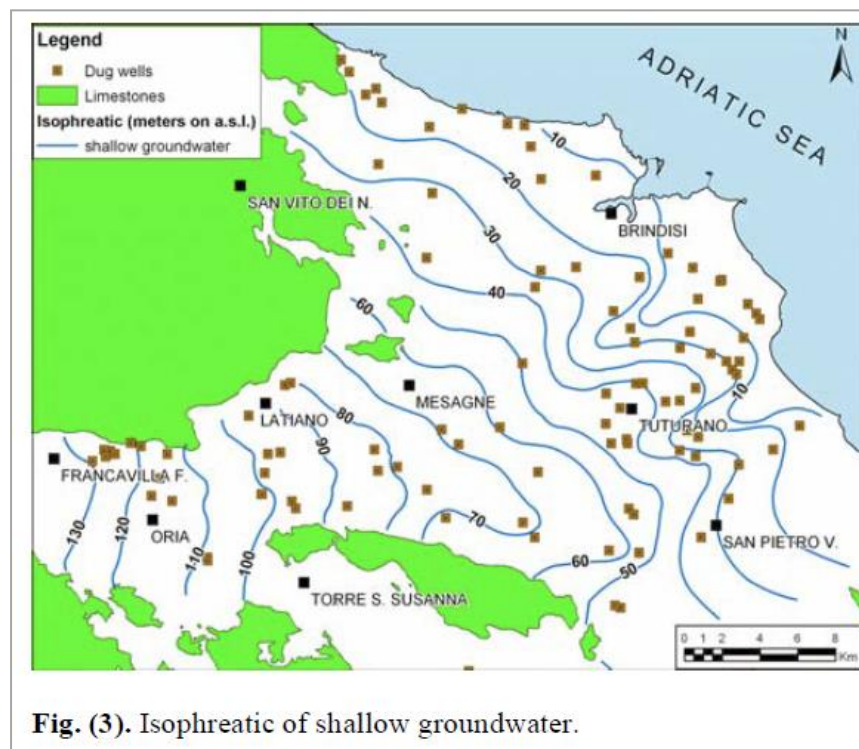


Fig.6.1-1 - Carte delle isofreatiche dell'acquifero superficiale (da. Lopez et al. 2008)

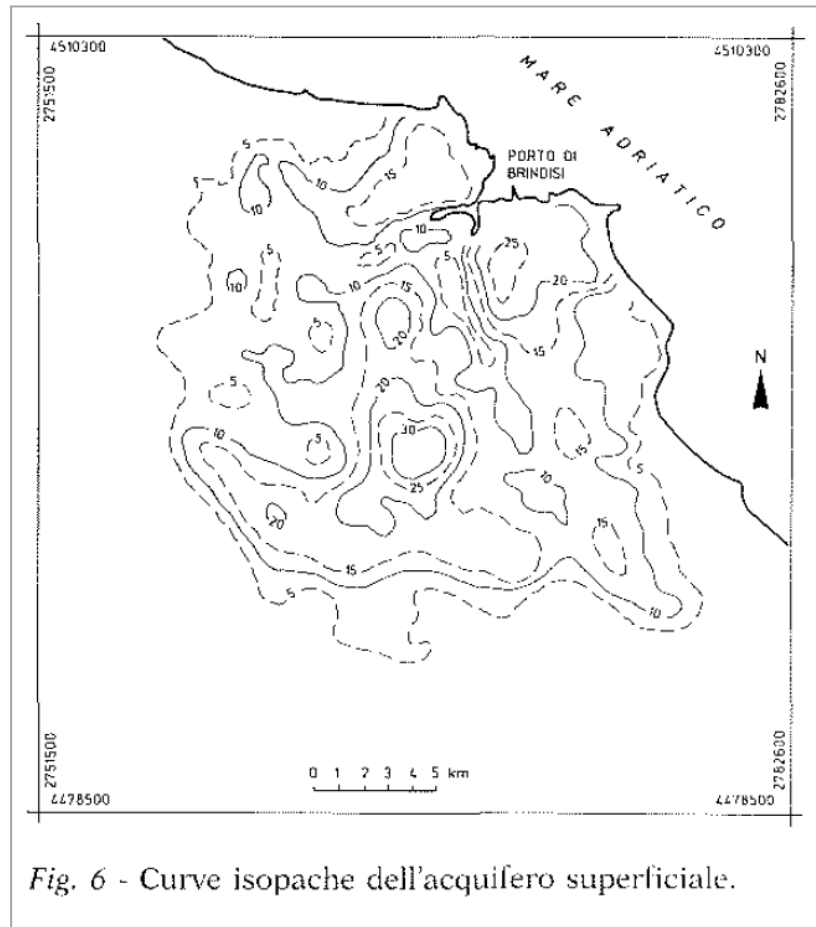
Questa copertura superficiale, a matrice prevalente sabbiosa, ha una potenza variabile, stimata intorno ai 15 - 20 metri nella zona di interesse ed è sede della falda sospesa come indicato in bibliografia ( Ricchetti & Polemio, 1996) (fig.6.1-2).

La falda è stata intercettata in vari pozzi segnalati dall'Ispra, a circa 400 m in direzione sud occidentale dall'area in esame e mostra un livello statico pari a quello del mare; la falda è alimentata dalle piogge, ha ciclo stagionale e valenza economica locale.

La falda, con direzione di flusso locale da sud verso nord, alimenta i corsi d'acqua prossimi alla costa e risente poco dell'intrusione del cuneo salino.



Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO



**Fig.6.1-2 - Isopache (spessore m) dell'acquifero freatico superficiale (da: Ricchetti & Polemio, 1996)**

Il coefficiente di permeabilità medio nell'acquifero superficiale è segnalato in bibliografia intorno a  $5 \cdot 10^{-6} < K < 1 \cdot 10^{-4}$  cm/s (Spizzico et al. 2006).

La falda sospesa è separata da quella profonda, contenuta nel substrato calcareo cretaco, tramite un livello impermeabile (acquicluda con permeabilità media di circa  $3 \cdot 10^{-9}$  cm/s) costituito da depositi argillosi azzurri dotati di una potenza media di 30-40 metri, entro i quali viene infissa la palancolata in progetto, al fine di garantire l'impermeabilità della nuova struttura.

Questo livello impermeabile digrada dolcemente in direzione del mare, passando da 130 m s.l.m. nell'entroterra fino a raggiungere la quota di circa - 20 m s.l.m. in prossimità di Brindisi e si estende con continuità alla base dell'acquifero sospeso, impedendo quindi alle acque superficiali di raggiungere la falda profonda.

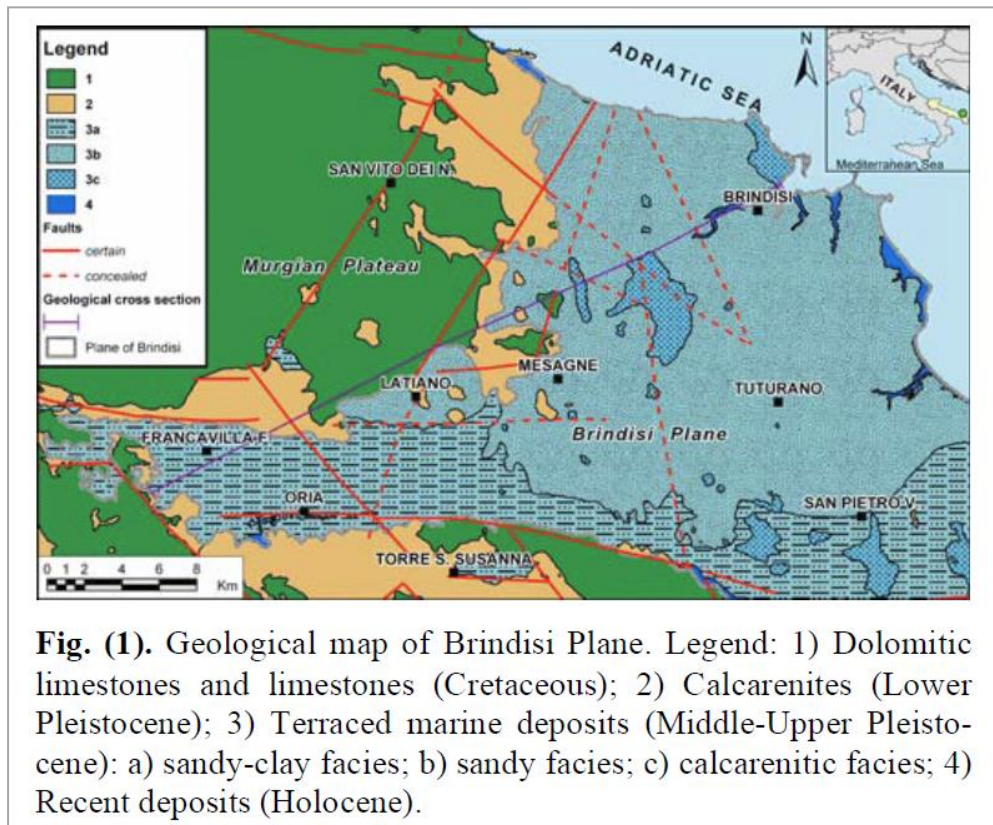
La falda profonda è stata rinvenuta in zona alla quota di circa - 60 m s.l.m., all'interno della potente formazione carbonatica, mesozoica ed ha proprietà artesiane (fig.6.1-3).

Quest'ultima ha una zona di ricarica molto estesa a monte, laddove affiorano diffusamente le formazioni calcaree e drena in direzione del mare, dove emerge a notevole distanza dalla costa, in numerose polle sottomarine al largo di Brindisi.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

La falda basale mostra un basso gradiente idraulico con orientamento del flusso in direzione nord orientale, verso il mare, compreso tra lo 0.05 - 0.5 %, con valori di salinità che rimangono bassi anche vicino alla costa, intorno a 0.30 g/l.

I valori di permeabilità della falda, dotata di grandi potenzialità, sono in questo caso molto elevati grazie anche alla permeabilità secondaria per fratturazione e per carsismo, pari a  $1 \cdot 10^2 < K < 1 \cdot 10^1$  cm/s (Spizzico et al. 2006).



**Fig.6.1-3 - Isopache geologico generale Brindisi (da: Lopez et al., 2008)**

Il sito, come già accennato, ricade tra la foce del fiume Grande e quella del "canale di scarico", che costituisce una deviazione artificiale del fiume.

Il bacino imbrifero del fiume Grande è esteso a monte per circa 33 chilometri quadrati ed ha un reticolo idrografico subparallelo, orientato all'incirca in direzione sud - nord, con varie diramazioni e rettificazioni di origine antropica, in prossimità della città di Brindisi.

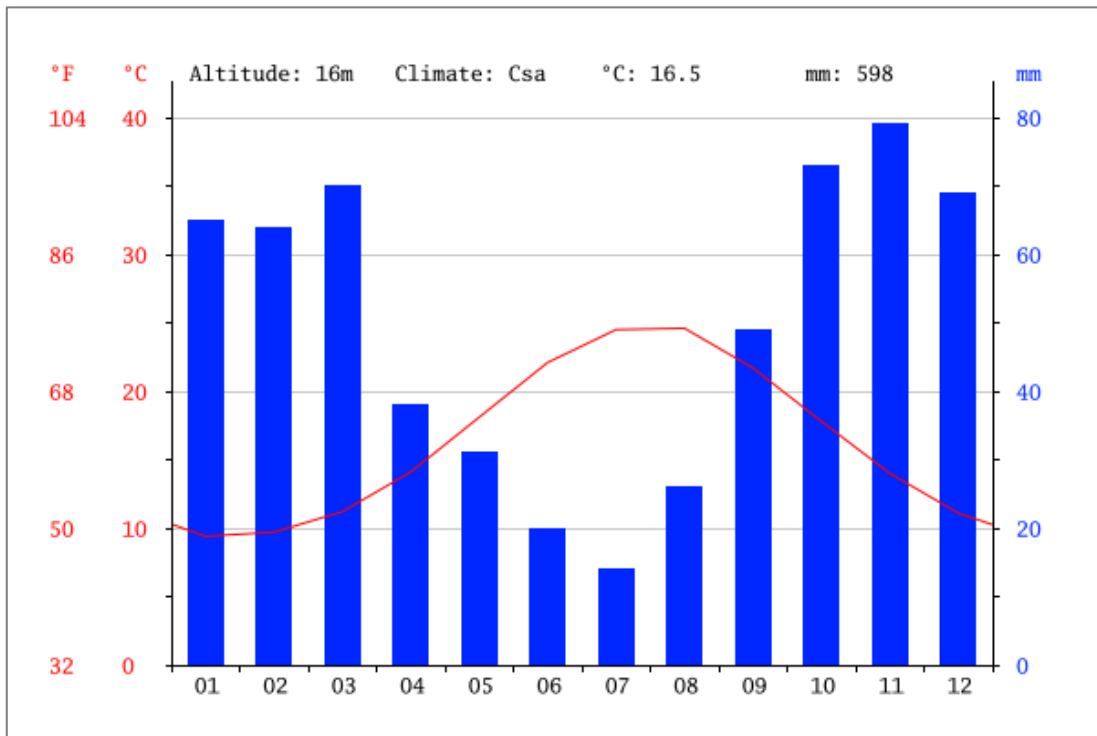
A monte della foce del canale di scarico è presente un'estesa area paludosa, pianeggiante, dove molto probabilmente emergono anche le acque della falda superficiale.

La piovosità media dell'area di Brindisi è di circa 600 mm/anni, mentre la temperatura media è di 16,5°C con il mese più secco a luglio e quello più piovoso a novembre, con un clima quindi caldo e temperato (fig. 6.1-4).

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>					
		09	017	DR	31	2	GEO

Il clima dell'area è compreso tra il sub-litoraneo appenninico ed il marittimo, con una forte azione mitigatrice del mare adriatico.

Per quanto attiene le valutazioni presenti sul P.A.I. e riguardanti la zona a rischio elevato (AP), riportata in prossimità dell'area di progetto, si rimanda al capitolo dedicato.



**Figura 6.1-4 - Grafico precipitazioni - temperature Brindisi**  
(da: <http://it.climate-data.org/location/1159/>)

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

## 6.2 IDROGEOLOGIA DI DETTAGLIO PIANA BRINDISI

Al fine di ricostruire una carta idrogeologica di dettaglio e quindi di esaminare la presenza e distribuzione delle due falde acquifere ed eventuali interazioni con l'assetto tettonico della zona, sono stati esaminati 33 pozzi, un piezometro della banca dati ISPRA e 5 piezometri dello studio ICRAM-SIAP 2008, riportati nella Carta Idrogeologica di dettaglio realizzata sulla base cartografica dell'ISPRA (fig. 6.2-1).

E' stata quindi redatta una sezione idrogeologica rappresentativa della piana di Brindisi, orientata in direzione sud ovest – nord est, per una lunghezza di 11 km, dall'entroterra fino alla linea di costa (fig. 6.2-2).

In tale carta idrogeologica sono riportati in rosso (es: P18) i pozzi della banca dati Ispra utilizzati per la ricostruzione dell'andamento delle isopieze delle falde acquifere presenti.

La falda acquifera profonda (linee in blu) mostra che la direzione di flusso è orientata da sud ovest verso nord est, in direzione del mare, con quote variabili tra 2 m s.l.m. fino a 0 m s.l.m. in prossimità del centro abitato.

Un elemento tettonico molto importante, la cui ubicazione è stata desunta dalle differenze di stratigrafie nei pozzi, è la presenza di una linea tettonica posta a circa 3 km dal centro abitato di Brindisi in direzione sud.

Questa linea tettonica, vista la notevole distanza, non potrà interferire con l'opera in progetto.

La faglia è di tipo normale ed ha ribassato verso il mare sia il substrato calcareo sia parte del livello di copertura argilloso; questo effetto, ben visibile nella sezione idrogeologica, determina una variazione netta delle proprietà dell'acquifero basale, da freatico a sud della faglia ad artesiano a nord della faglia.

La falda acquifera sospesa è invece contenuta nei depositi terrazzati, sabbiosi ed ha anch'essa un livello statico prossimo a quello del mare lungo la linea di costa, con quote delle isopieze pari a 0 metri s.l.m. (linea celeste chiaro).

Non si prevede un innalzamento della falda acquifera sospesa nei pressi della costa, poiché livella a circa 0 m s.l.m.

Non sono attesi, quindi, effetti negativi sugli scantinati degli edifici ubicati in prossimità dell'opera.

Dalle stratigrafie dei pozzi censiti, la falda acquifera superficiale sembra essere continua e priva di orizzonti impermeabili intercalati, fino al substrato argilloso che funge da base.

I numerosi pozzi, prevalentemente ad uso agricolo, hanno messo in comunicazione l'acquifero superficiale con quello profondo, attraversando il setto impermeabile argilloso; questo fatto determina una sorta di "cattura con drenaggio in profondità" delle acque superficiali in quelle della falda profonda, fatto indicato da livelli statici intorno a pochi metri s.l.m., riferibili sempre all'acquifero profondo e mai a quello sospeso.

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>					
		09	017	DR	31	2	GEO

Dalla sezione idrogeologica si possono riassumere le seguenti caratteristiche:

- La coltre sabbiosa dei terrazzi alluvionali, sede dell'acquifero sospeso, ha una potenza variabile tra i 10-20 metri, di circa 15 metri nella zona costiera. Tale acquifero mostra isopieze pari a quelle del livello del mare (0 m s.l.m.); tale falda sembra non essere più presente ad una distanza di circa 2 km dalla costa, a causa della risalita del substrato argilloso impermeabile.
- Sotto la falda sospesa è presente un livello impermeabile, delle argille grigie calabriane, dotato di una potenza, nell'area in esame, di circa 30 - 40 metri, fino a circa -40/-50 metri s.l.m. Questo setto impermeabile sarà in parte interessato dalla palancoata in progetto. La potenza di tale livello, come è segnalato in bibliografia e nella sezione idrogeologica, tende ad aumentare dall'entroterra verso il mare, con varie oscillazioni, risalendo nettamente di quota, fino a raggiungere il piano di campagna in prossimità della linea tettonica segnalata in carta a circa 8 - 10 km a sud del porto.
- Il tetto del substrato calcarenitico e carbonatico, sede della falda basale, è segnalato ad una profondità elevata, intorno a - 50 metri s.l.m., con proprietà artesiane. Tale substrato è ben isolato dalla falda superficiale dal potente setto impermeabile sopra descritto. La falda basale ha una zona di ricarica a monte, molto estesa, ove affiorano diffusamente le formazioni calcaree e drena in direzione del mare, dove emerge a notevole distanza dalla costa, in numerose polle sottomarine al largo di Brindisi.
- Da quanto sopra riportato, non si ritiene possibile che l'opera possa interferire con la falda acquifera basale; è invece possibile che il manufatto possa interferire con quella superficiale il cui livello statico è prossimo al livello del mare.

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> <b>LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST</b> Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>				
		09	017	DR	31	2

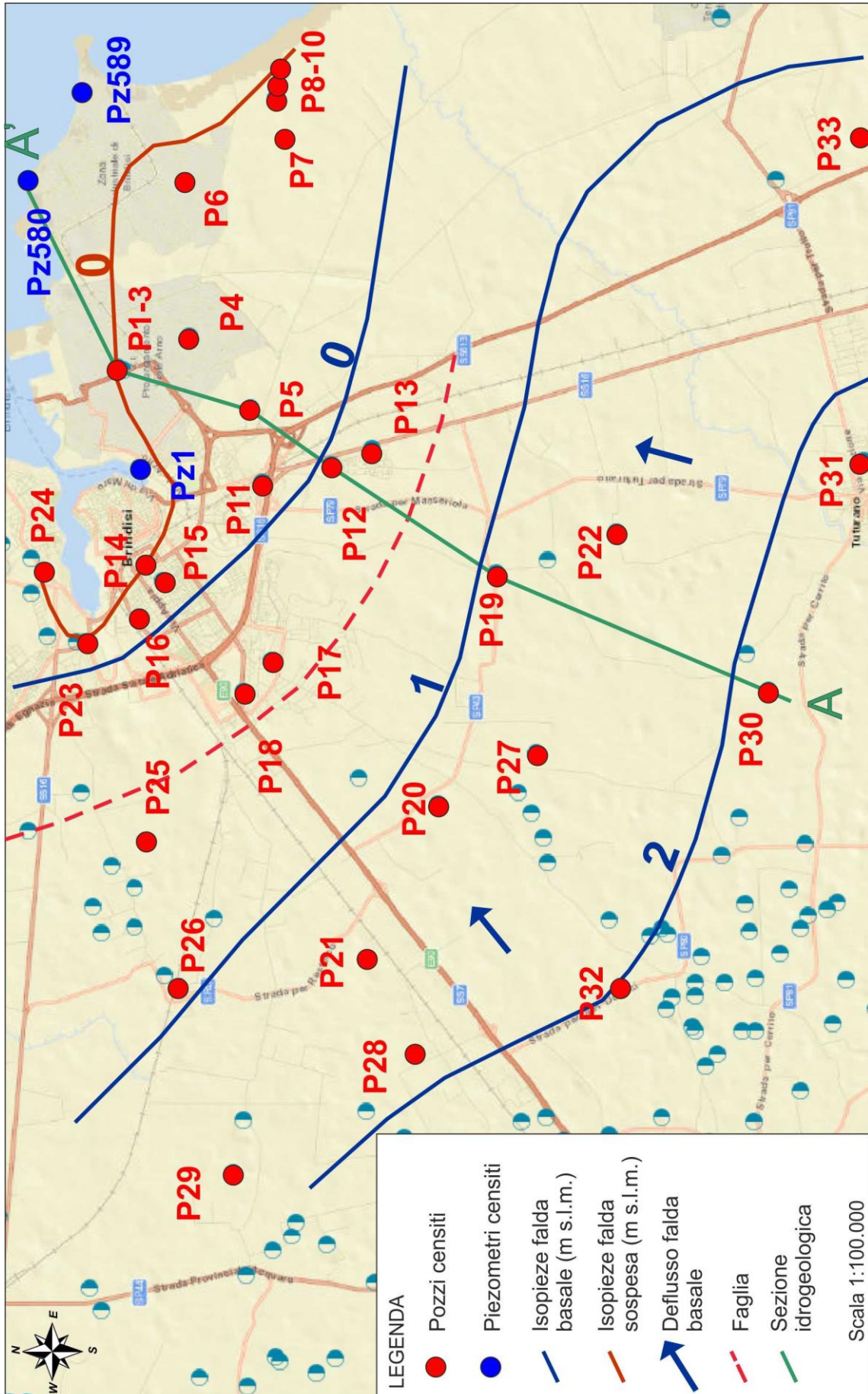


Fig. 6.2-1 – Carta Idrogeologica di dettaglio

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica				
		09	017	DR	31	2

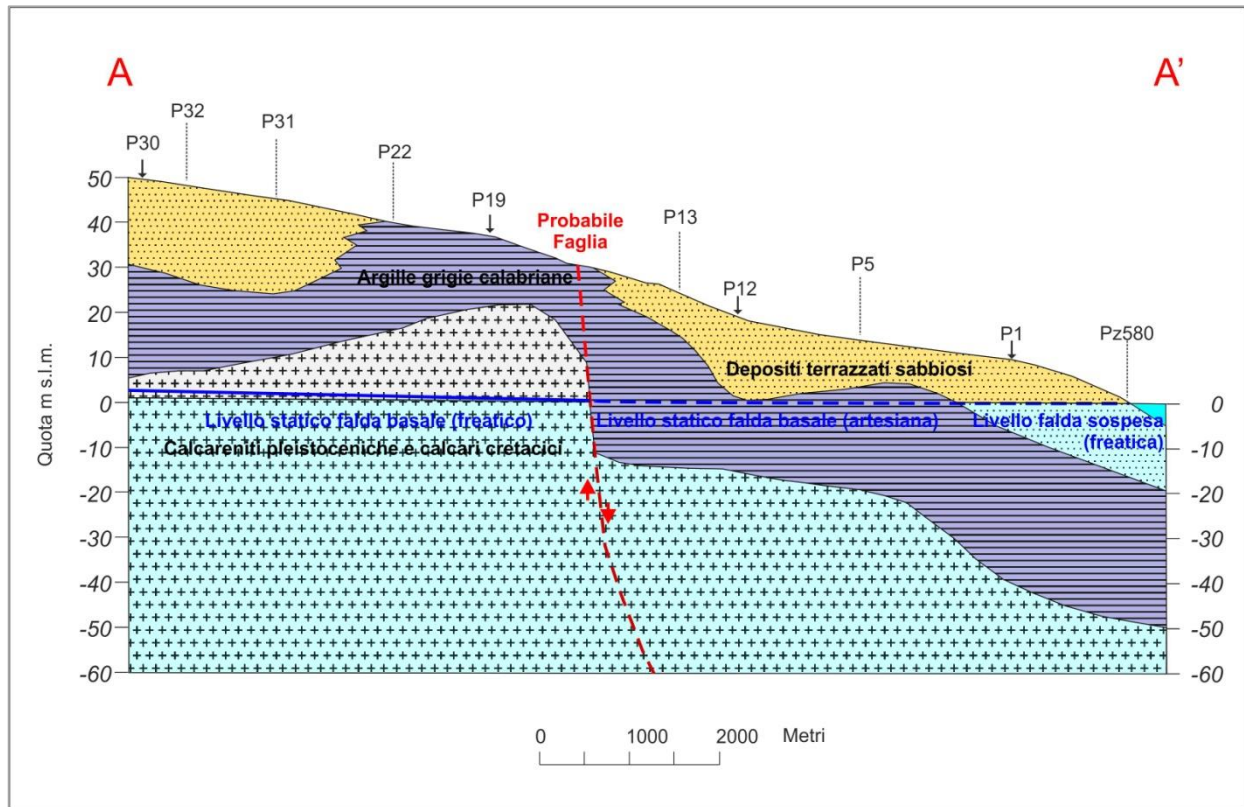


Fig. 6.2-2 – Sezione idrogeologica

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

## Capitolo 7 Sismicità e tettonica

Il comune di Brindisi, in base all'O.P.C.M. n° 3274/03 ed alla sua parziale modifica da parte della Regione Puglia (D.G.R. n. 153 del 02/03/2004) è stato classificato in zona 4, area a bassa sismicità.

Questo basso grado di sismicità sembra essere sottostimato, come indicato nella recente bibliografia e sembra non tenere conto del terremoto avvenuto nel 1743, che ha colpito con violenza tutta l'area (Del Gaudio, 2017; Nappi et al., 2017).

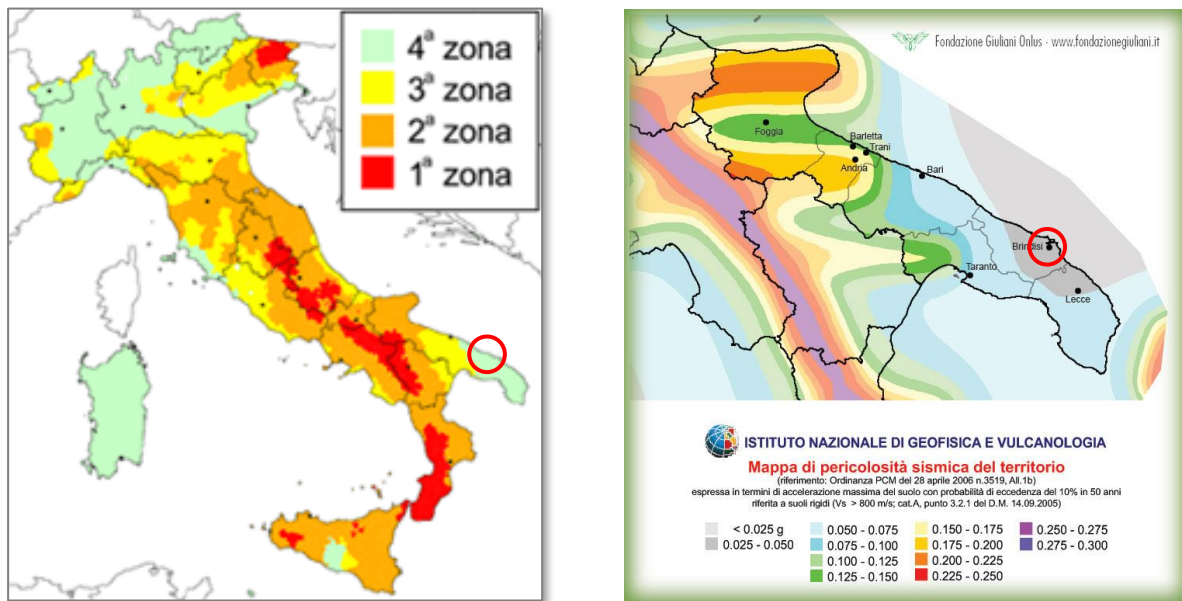


Fig. 7-1 - Mappa zone sismiche in Italia e massima accelerazione al suolo g

Dal punto di vista sismico, il territorio comunale è stato interessato da diversi terremoti, con epicentri localizzati prevalentemente lungo la fascia appenninica.

Le zone più attive sismicamente sono localizzate lungo la catena appenninica e nella zona balcanica; in Puglia si segnalano faglie attive prevalentemente orientate in direzione est-ovest, concentrate a sud del Gargano.

Si segnala anche una faglia attiva orientata in direzione est-ovest, che dalla Basilicata raggiunge la provincia di Taranto, mentre nella zona di Brindisi non si segnalano sorgenti sismogenetiche di alcun genere (fig.7-2).

Al fine di evidenziare gli eventi sismici che hanno raggiunto il sito, sono stati estratti i terremoti dal Catalogo INGV - CPTI04, dove si riportano tutti i principali eventi catalogati, per i quali vengono indicati l'anno, l'area epicentrale, le intensità sismiche all'epicentro  $I_0$  e quelle nel comune Is.



Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

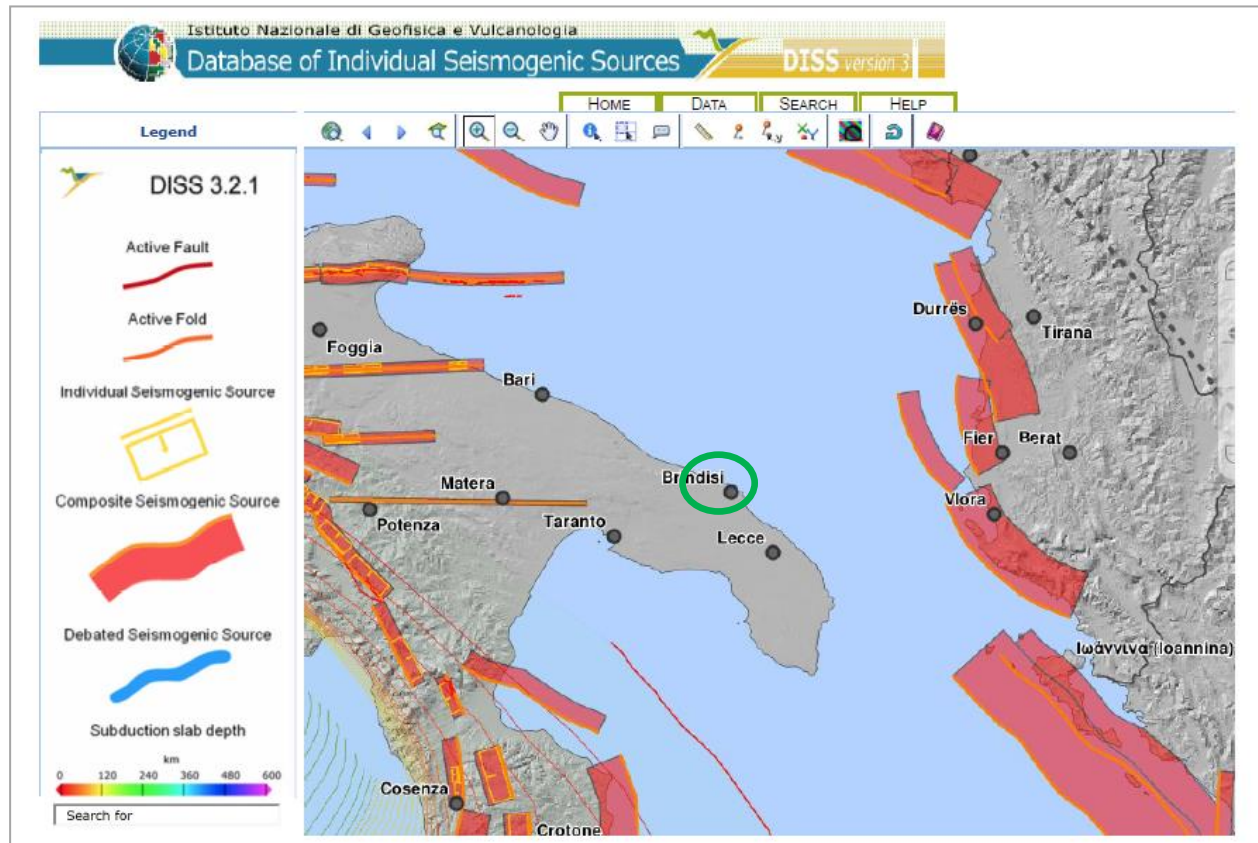


Figura 7-2 - mappa faglie sismogenetiche da INGV con area indagine

In bibliografia si segnalano alcune faglie (linee tratteggiate in rosso) di cui quella più prossima alla città di Brindisi ha un orientamento in direzione NO-SE, come riportato in fig. 7-3; una faglia ad andamento all'incirca parallelo a questa è stata rinvenuta mediante l'analisi litostratigrafica dei pozzi Ispra (vedi capitolo 1).

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica				
		09	017	DR	31	2

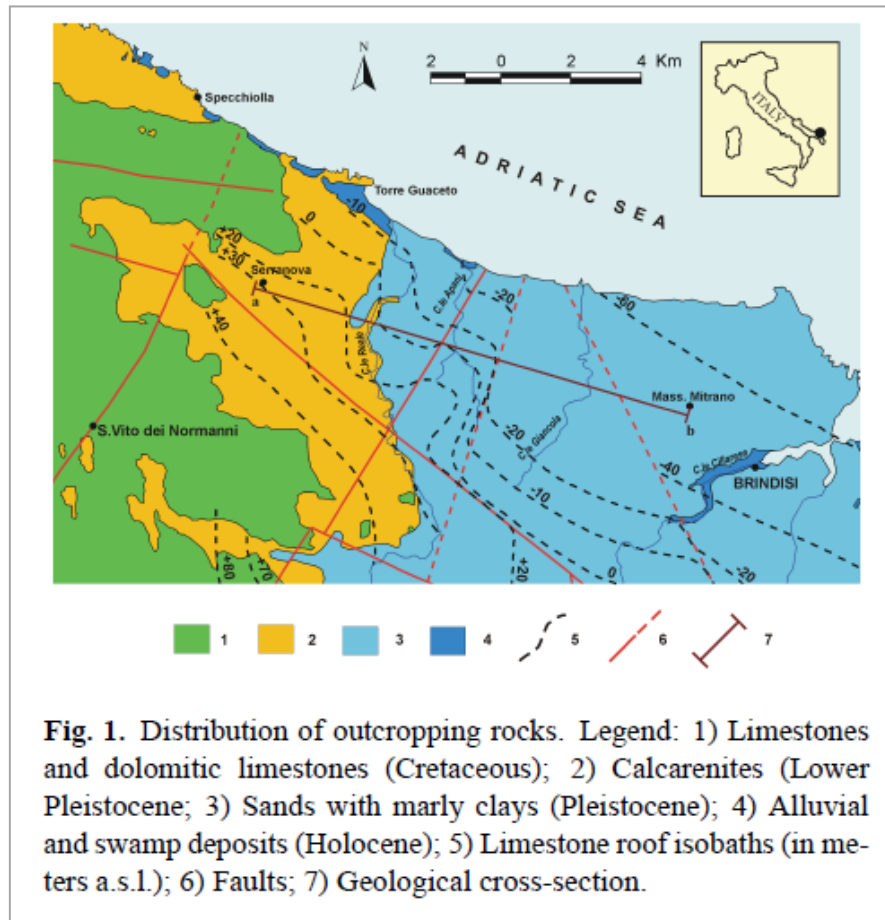


Fig.7-3 - Carta geologica con principali linee tettoniche (da: Spizzico et al., 2005)

In base a prove sismiche tipo Down Hole, eseguite in aree limitrofe con stratigrafia generale assimilabile a quella del sito in oggetto, è stata ipotizzata una categoria di suolo in classe C.

Data la pendenza locale estremamente ridotta, il terreno è classificabile nella categoria topografica T1 (tabella 7-1).

Il terremoto che ha colpito la zona con maggiore intensità (Is 8° MCS) fu quello con epicentro nell'area del basso Ionio nel 1743 (Mw 6.9), come indicato dalla banca dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ed in bibliografia (Nappi et al., 2017) (fig. 7-4).

Questo terremoto è stato percepito come una sequenza di tre violenti scosse, prodotte probabilmente dall'attivazione di diversi segmenti di faglia, con epicentro in mare, ad est di S. Maria di Leuca.

A Brindisi l'intensità del terremoto fu MCS = VIII° ; il paese più colpito fu quello di Nardò con 150 dei 180 morti totali (fig. 7-5); (De Lucia et al., 2014).

Questi studi più recenti potrebbero far rivedere la classificazione sismica del Salento che sembra essere sottostimata (categoria IV).

A Brindisi la ricerca degli archivi storici ha indicato quanto riportato in corsivo (*....fu così terribile che danneggiò case e palazzi, molti dei quali crollarono mentre altri non furono più abitabili e tutte le case in generale furono danneggiate e generalmente fortemente compromesse* - Nappi et al. 2017; *...il livello*

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

*del mare si ritirò* – Scalese 1743). Il ritiro del mare potrebbe essere legato a una frana sottomarina piuttosto che a una deformazione cosismica del fondo del mare (Galli and Naso, 2008).

Tabella 7-1 - Classificazione sismica suoli – NTC 2018

Classe	Descrizione	$S_s$
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \times F_0 / a_{bedrock} \leq 1,50$

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera	$S_t$
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ .	-	1,00
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ .	Sommità del pendio	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ .	Cresta del rilievo	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ .	Cresta del rilievo	1,40

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

## Storia sismica di Brindisi [40.637, 17.945]

Numero totale di terremoti: 21

Effetti		Terremoti:				
Is	Data	Ax	Np	IO	Mw	
6	1456 12 05	MOLISE	199	11	7.22 ±0.13	
5	1694 09 08 11:40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.79 ±0.10	
6-7	1731 03 20 03:00	Foggiano	50	9	6.53 ±0.25	
8	1743 02 20 16:30	Basso Ionio	77	9	7.13 ±0.19	
5	1777 06 06 16:15	CALABRIA	9			
2-3	1857 12 16 21:15	Basilicata	340	11	7.03 ±0.08	
5	1875 12 06	S.MARCO IN LAMIS	97	8	5.98 ±0.16	
4	1889 12 08	APRICENA	122	7	5.69 ±0.13	
3	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895		7.04 ±0.16	
EE	1908 12 28 04:20:24	Calabria meridionale-Messina	800	11	7.10 ±0.15	
4	1909 01 20 19:58	Salento	32			
NF	1910 06 07 02:04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.73 ±0.09	
NF	1913 06 28 08:52:42	Calabria settentrionale	151	8	5.66 ±0.14	
NF	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11	7.00 ±0.09	
F	1930 07 23 00:08:43	Irpinia	547	10	6.62 ±0.09	
NF	1947 05 11 06:32:17	Calabria centrale	254	8	5.70 ±0.13	
NF	1951 01 16 01:11:48	Gargano	73	7	5.35 ±0.20	
2	1978 09 25 10:08	Matera	120	6	4.88 ±0.13	
5	1980 11 23 18:34:52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.89 ±0.09	
NF	1984 04 29 05:02:60	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 ±0.09	
3-4	1990 05 05 07:21:22	Potentino	1374		5.80 ±0.09	

## LEGENDA

Is = Intensità sismica locale (scala MCS)  
IO = Intensità sismica epicentrale (scala MCS)  
Mw = Magnitudo momento

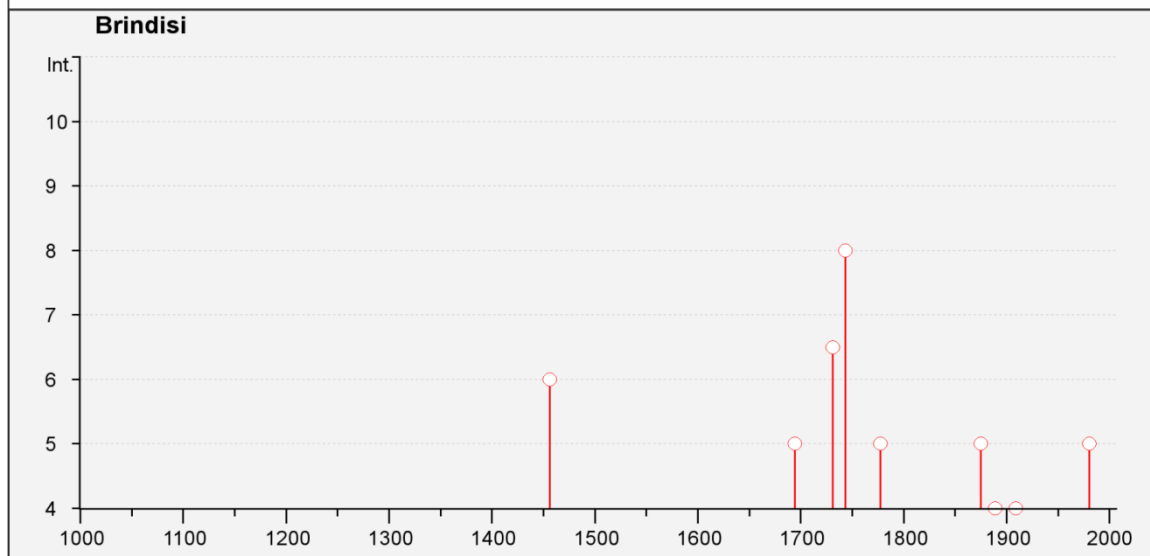


Figura 7-4- sismicità del comune di Brindisi

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

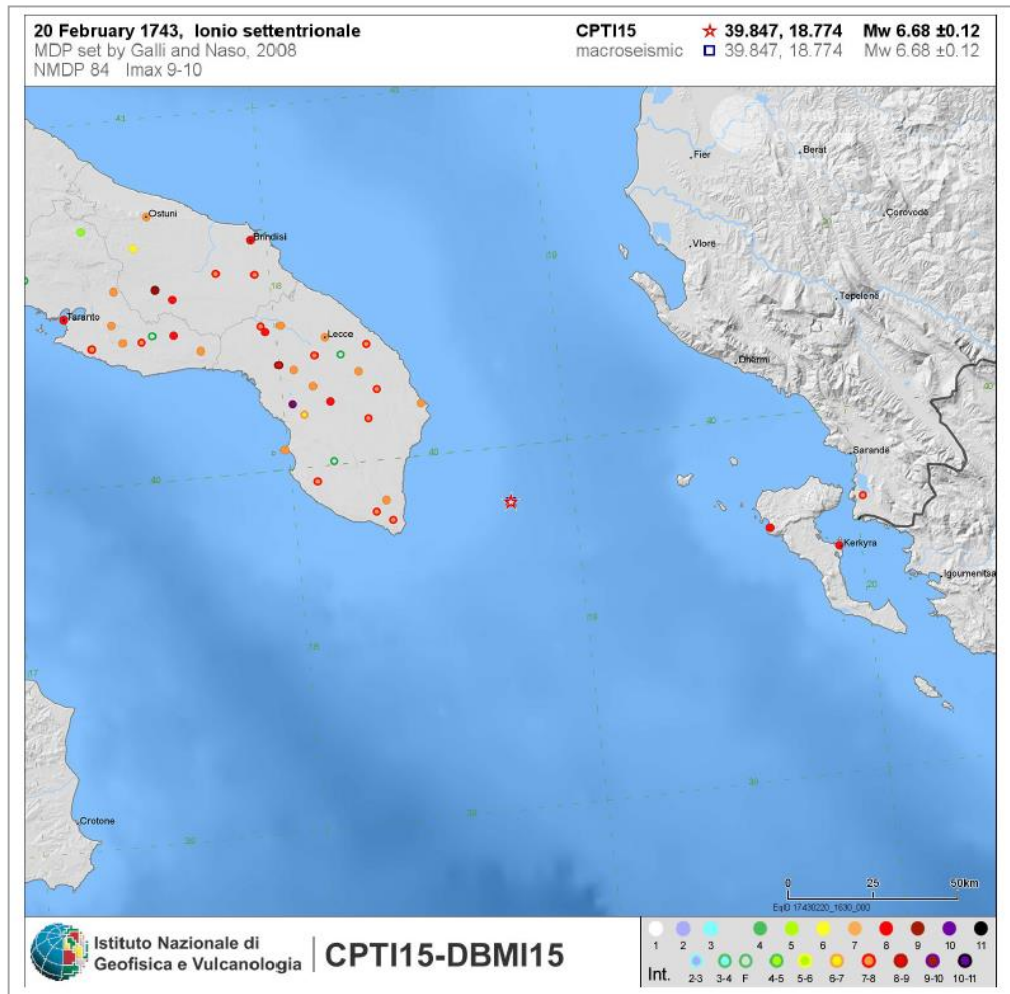


Fig. 7-5 - Dettaglio intensità sismiche indotte dal terremoto del 1745 nel Salento

Per la valutazione della pericolosità sismica, sono stati considerati i dati del progetto S1-INGV, variabili in funzione delle coordinate geografiche, interpolate con la griglia realizzata per tutto il territorio nazionale in base al D.M. 14-01-2008.

In funzione delle coordinate geografiche specifiche del sito (Lat N 40,645725° – Long E 17,985272°) sono stati quindi calcolati i coefficienti  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$ ,  $k_h$ ,  $k_v$  ed  $a_{max}$  per i diversi tempi di ritorno  $T_R$  (da 45 a 1462 anni) (fig. 7-6).

In accordo con quanto previsto dalla delibera regionale n. 1214 del 31/05/2011, per la determinazione delle classi d'uso, nel calcolo dei coefficienti è stata ipotizzata un'opera di classe d'uso Cu III, un suolo in classe C, un assetto topografico in categoria T1 ed una vita nominale  $V_n$  pari a 50 anni.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO



Figura 7-6 interpolazione del sito sulla griglia allegata al D.M. 14-01-2008

Nelle seguenti tabelle sono riportati in grassetto i valori per lo SLV corrispondente ad un tempo di ritorno ( $T_r$ ) di 712 anni (tabella 2)

Tabella 7-2 - Parametri sismici di sito

STATO LIMITE	$T_r$ (Anni)	$\alpha_g$ (g)	$F_0$	$T_c^*$ (s)	$C_c$	$T_b$ (s)	$T_c$ (s)	$T_d$ (s)	$S_s$	$S_T$	$S$
SLO	45	0,016	2,310	0,160	1,923	0,103	0,308	1,663	1,500	1,000	1,500
SLD	75	0,021	2,332	0,239	1,683	0,134	0,403	1,683	1,500	1,000	1,500
<b>SLV</b>	<b>712</b>	<b>0,048</b>	<b>2,563</b>	<b>0,480</b>	<b>1,338</b>	<b>0,214</b>	<b>0,642</b>	<b>1,793</b>	<b>1,500</b>	<b>1,000</b>	<b>1,500</b>
SLC	1462	0,059	2,664	0,522	1,302	0,226	0,679	1,836	1,500	1,000	1,500

Per quanto riguarda il potenziale di liquefazione nel sito è attesa una magnitudo massima  $M_w=6,45$  (fig. 7-7).

Si è proceduto ad una verifica di liquefazione seditiva, considerando i dati delle stratigrafie di perforazioni limitrofe, poiché il rischio non è trascurabile sia per la magnitudo massima attesa sia per la presenza di depositi incoerenti superficiali e saturi.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica				
		09	017	DR	31	2

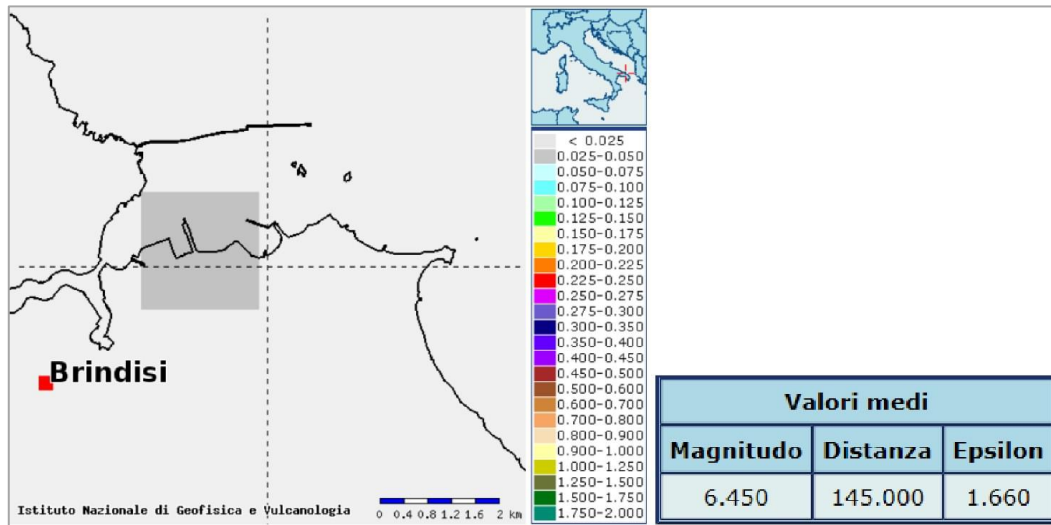


Fig. 7-7 - Magnitudo media attesa a Brindisi

Da tale verifica risulta che il sito non è liquefacibile, come da allegata relazione ottenuta con programma LAN (Aztec).

**Progetto:** Verifica a Liquefazione  
Ditta: Modimar  
Comune: Brindisi  
Progettista: Geol. Ass.ti Fantucci e Stocchi

### Normative di riferimento

- Normativa sismica del GRUPPO NAZIONALE di Difesa dei Terremoti.
- Raccomandazioni del National Center for Earthquake Reserch (NCEER)
- Eurocodice 8, Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture
- Norme Tecniche D.M. del 14 Gennaio 2018

### Metodo di calcolo della domanda di resistenza a liquefazione *CSR*

Il carico sismico, *CSR*, dipende dalla magnitudo *M* e dalla massima accelerazione in superficie, *a<sub>max</sub>*. Per una magnitudo *M*=7.5 *CSR* è espresso dalla seguente relazione

$$CSR=0.65*(a_{max}/g)(\sigma_{v0}/\sigma'_{v0})*r_d$$

essendo

- a<sub>max</sub>* picco di accelerazione orizzontale in superficie prodotto dal terremoto
- g* accelerazione di gravità
- $\sigma_{v0}$  e  $\sigma'_{v0}$  tensione verticale geostatica totale ed efficace
- r<sub>d</sub>* coefficiente riduttivo delle tensioni

Per il coefficiente *r<sub>d</sub>* si assumono i seguenti valori

- $r_d = 1.0 - 0.00765z$  per  $z \leq 9.15$  m
- $r_d = 1.174 - 0.0267z$  per  $9.15 \leq z \leq 23$  m
- $r_d = 0.774 - 0.008z$  per  $23 < z < 30$  m
- $r_d = 0.5$  per  $z > 30$  m

Per terremoti con magnitudo diversa da 7.5 si applica un fattore correttivo, *MSF*, al valore di *CSR* precedentemente calcolato. L'equazione utilizzata per il calcolo di *MSF* viene di seguito riportata:

$$MSF = (M/7.5)^{-3.3} \text{ per } M \leq 7.5$$

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

$$MSF=10^{2.24}/M^{2.56} \text{ per } M<7.5$$

### Metodo Monaco - Marchetti (2005) S.P.T.

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR) viene stimata attraverso la seguente espressione:

$$CRR = 0.0107 * K_D^3 - 0.0741 * K_D^2 - 0.2169 * K_D - 0.1306$$

dove  $K_D$  rappresenta il coefficiente di spinta orizzontale ed è calcolato come segue:

$$K_D = -3E-06 * D_r^3 + 0.001 * D_r^2 - 0.036 * D_r + 1.585 \text{ (correlazione di Reyna e Chameau 1991)}$$

$D_r$  è la densità relativa e viene determinata con la correlazione di Gibbs e Holtz secondo la seguente espressione:

$$D_r = ((N_1)_{60} / (17 + 24 * \sigma'_v / P_a))^{0.5}$$

dove  $\sigma'_v$  è la tensione verticale efficace,  $P_a$  è la pressione atmosferica e  $(N_1)_{60}$  assume la seguente relazione:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_B C_R C_S.$$

I vari fattori sono esplicitati di seguito

$N_{SPT}$  numero di colpi misurati

Pressione litostatica

$$C_N = (1/\sigma'_v)^{0.5} \leq 2$$

Rapporto energetico

$C_E = 0.5-1$  (maglio di Donut);  $0.7-1$  (maglio di Safety);  $0.8-1.3$  (maglio a rilascio automatico)

Diametro foro

$C_B = 1$  ( $65 < d < 115$  mm);  $1.05$  ( $d = 150$  mm);  $1.15$  ( $d = 200$  mm)

Lunghezza aste

$C_R = 0.75$  ( $3 < L < 4$  m);  $0.85$  ( $4 < L < 6$  m);  $0.95$  ( $6 < L < 10$  m);  $1.0$  ( $10 < L < 30$  m);  $> 1.0$  ( $L > 30$  m);

Metodo campionamento

$C_S = 1$  (standard);  $1.1-1.3$  (senza astuccio)

Contenuto di fine in percento (FC)

$A = 0$  per  $FC < 5$ ;  $A = \exp(1.76 - 190/FC^2)$  per  $5 < FC < 35$ ;  $A = 5$  per  $FC > 35$ ;

$B = 1$  per  $FC < 5$ ;  $B = 0.99 + FC^{1.5}/1000$  per  $5 < FC < 35$ ;  $B = 1.2$  per  $FC > 35$ ;

Il metodo si basa sulla determinazione del fattore di sicurezza espresso da:

$$F_s = CRR / CSR$$

Quest'ultimo è indicativo della propensione o meno del terreno a liquefare.

Il deposito sabbioso saturo è potenzialmente liquefacibile se risulta  $F_s < 1.00$

## Dati Situ

### Simbologia adottata

$M$	: Magnitudo dell'evento sismico;
$a_g$	: Accelerazione massima su sito di riferimento rigido;
$F_0$	: Fattore di amplificazione spettrale;
$CdS$	: Categoria di sottosuolo;
$Ss$	: Coefficiente amplificazione stratigrafica;
$p_0$	: Presenza di sovraccarico al piano campagna espresso in [kg/mq];
$z_w$	: Profondità della falda dal piano campagna espressa in [m].

M	$a_g$	$F_0$	$CdS$	$Ss$	$p_0$	$z_w$
	[m/sec <sup>2</sup> ]				[kg/mq]	[m]
6,45	0,048	2,563	C	1,500	0,00	0,0

$$a_{max} / g = 0,007$$

## Dati Stratigrafia

### Simbologia adottata

$N_r$	: Indice dello strato;
Descrizione	: Descrizione strato;
$h$	: Spessore dello strato espresso in [m];
$\gamma$	: Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc];
$\gamma_s$	: Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc];
$C_u$	: Coefficiente di Uniformità;
$d_{50}$	: Diametro della curva granulometrica del passante al 50 per cento espresso in [mm];
fine	: Contenuto di fine presente nello strato espressa in [%].

Nr.	Descrizione	$h$	$\gamma$	$\gamma_s$	$C_u$	$d_{50}$	fine
		[m]	[kg/mc]	[kg/mc]		[mm]	[%]
1	sabbie	15,00	1900	2000	2,500	0,250	68,00



Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

## Dati Prove Penetrometriche

### PROVA SPT

#### Simbologia adottata

$N_r$ : Numero d'ordine dei valori delle misure della prova;  
 $z_i$ : Profondità alla quale viene effettuata la misura della prova espressa in [m];  
 $N_{SPT}$ : Numero di colpi della prova SPT.

Nr.	$z_i$ [m]	$N_{SPT}$
1	5,00	25

## Controlli Normativa

### Controllo magnitudo

Magnitudo Sito: 6.45

Magnitudo Minima NTC 2018: 5.00

### Controllo accelerazione massima

Accelerazione al suolo Sito (g): 0.01

Accelerazione al suolo minima NTC 2018: 0.07

### Controllo profondità media della falda

Profondità media della falda sito: 0.00 [m]

Profondità minima per le verifiche NTC 2018: 0.00 [m]

### Controllo numero di colpi prova S.P.T.

$(N)_{60}$  minimo ottenuto dalla prova: 26.52

$(N)_{60}$  minimo richiesto dalla norma: 32.00

Verifiche non richieste

## Risultati Analisi

### Calcolo fattore di sicurezza

#### Simbologia adottata

$N_r$ : Numero d'ordine del risultato;  
 $z_i$ : Profondità alla quale viene calcolato il fattore di sicurezza espressa in [m];  
 $\sigma'_v$ : tensione verticale efficace calcolata alla profondità  $z_i$  espressa in [kg/cmq];  
 $\sigma_v$ : tensione verticale totale calcolata alla profondità  $z_i$  espressa in [kg/cmq];  
 $r_d$ : coefficiente correttivo di riduzione delle tensioni con la profondità  $z_i$ ;  
 $MSF$ : coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma;  
 $CSR$ : resistenza a taglio mobilitata espressa in termini di rapporto di tensione ciclica;  
 $CRR$ : sforzo di taglio indotto dal sisma espresso in termini di rapporto di resistenza ciclica;  
 $F_s$ : Fattore di sicurezza espresso come rapporto tra CRR e CSR;

### Medoto MONACO SPT

Nr.	$z_i$ [m]	$\sigma'_v$ [kg/cmq]	$\sigma_v$ [kg/cmq]	$r_d$	MSF	CSR	CRR	$F_s$
1	5,00	0,50	1,00	0,96	1,64	0,006	0,355	63,554

**Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.)**

**: 0.00**

**Rischio di liquefazione**

**: molto basso**

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

## Capitolo 8 Modello geotecnico

Il modello litostratigrafico del sito ed il modello geotecnico sono stati ricostruiti mediante l'analisi comparata della banca dati fornita dal committente, relativa ad indagini geognostiche di dettaglio eseguite in siti limitrofi ed integrate con le informazioni della campagna geofisica (Geoprosys 2015) e con la campagna geognostica del 2019.

In particolare, durante l'indagine geofisica sono stati eseguiti 24 rilievi sismici marini di cui quattro lunghi 1100 m, orientati in direzione NO-SE, con interasse di 50 metri (fig. 8-1).

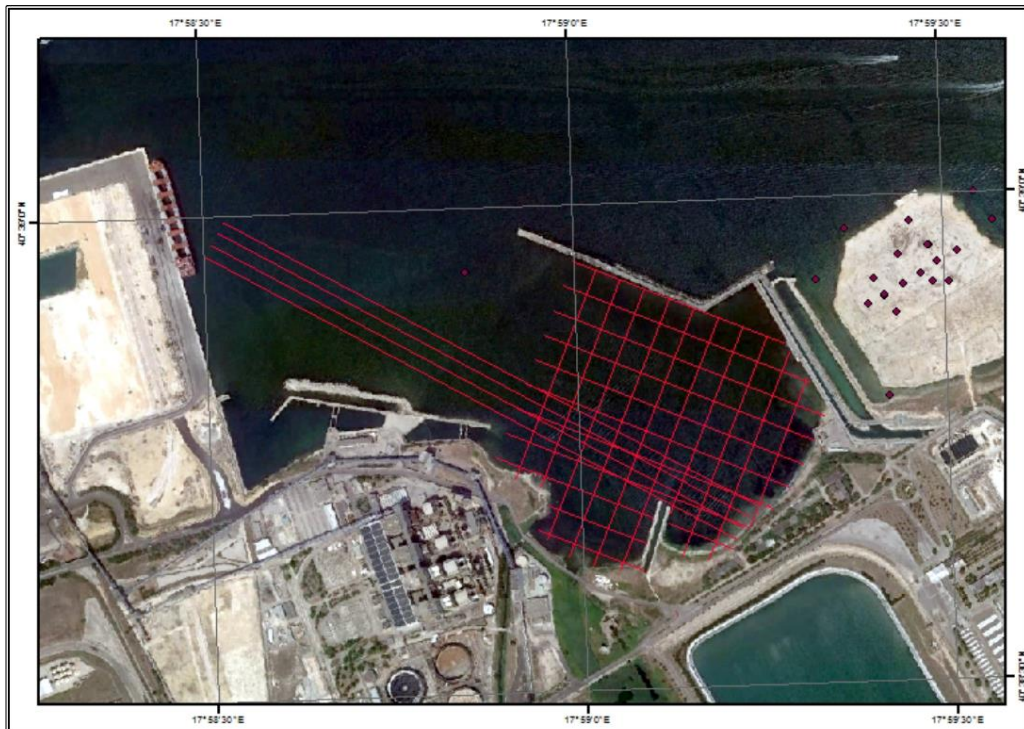


Figura 8-1 - tracce rilievi sismici Geoprosys 2015 (da: google earth)

In generale, in gran parte dell'area, si è rilevata una scarsa penetrazione del segnale sismico a causa dei materiali che occupano la porzione più superficiale del fondo marino, costituito da sedimenti medio - fini, compatti; dove invece questi sono risultati più sciolti, la penetrazione del segnale sismico è risultata migliore. Le indagini in mare hanno individuato alcune "Unità sismiche" correlabili a litotipi geologici noti nell'area.

Questi sono stati riportati in cinque sezioni stratigrafiche dedotte dai rilievi geofisici riportate in Figura 8-1.

Le sezioni mostrano tre unità: l'unità A è molto probabilmente riconducibile ad una coltre di sedimenti medio - fini (sabbie fini variamente limose ed argillose), densi o molto densi, che costituiscono i depositi marini recenti.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica				
		09	017	DR	31	2

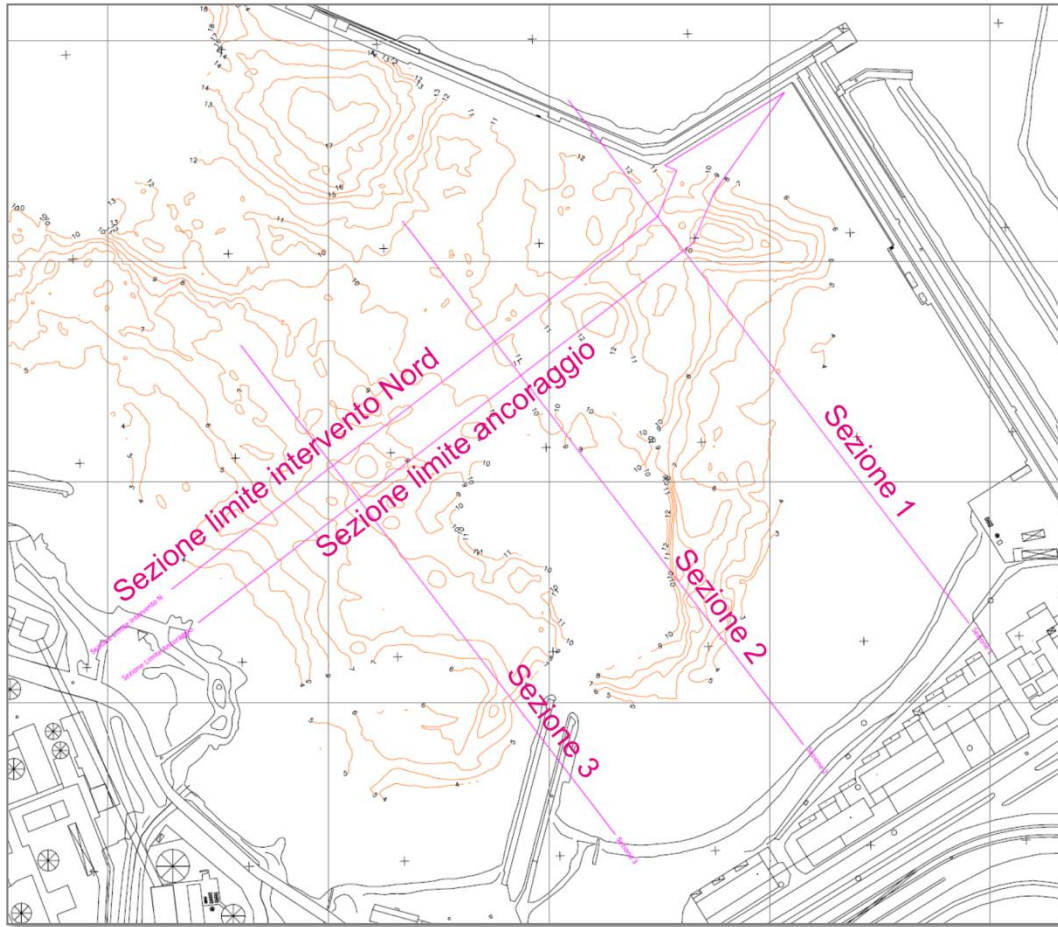


Figura 8-2 - - tracce sezioni sismiche Geoprosys 2015 fuori scala

Questi terreni hanno spessori molto variabili da 2 metri a circa 6 metri; questo strato è assente in prossimità delle opere di scarico della centrale ENEL molto probabilmente a causa di effetti di correnti locali in uscita/entrata da tale opera (Figura 8-3).

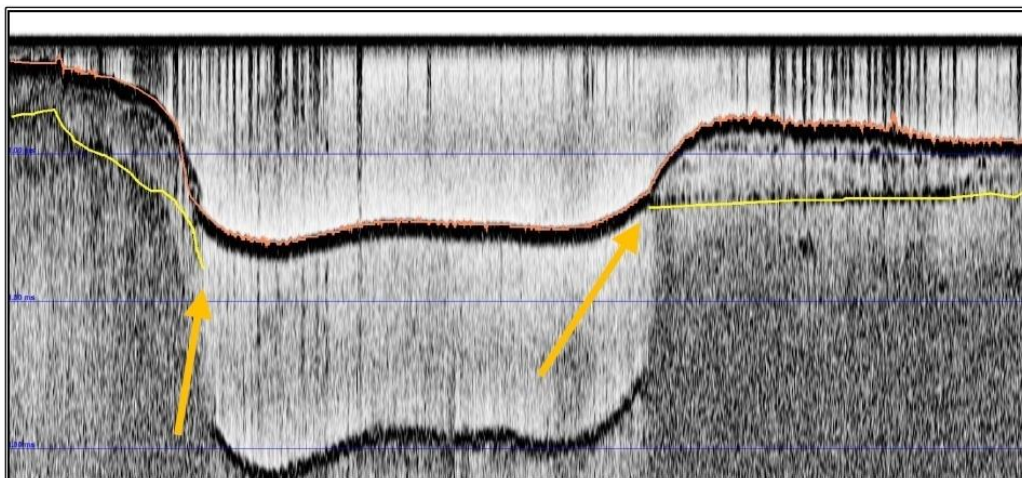


Figura 8-3- assenza livello A (base - linea gialla) di fronte canale Enel

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

L'unità B è assimilabile ad un deposito marino sabbioso grossolano, denso, a tratti caotico e cementato (panchina), dato confermato dal segnale sismico confuso, scarsa penetrazione delle onde ed alta variabilità laterale.

La potenza è anche in questo caso variabile da 1-2 metri sino a circa 12 metri massimi, con valori medi intorno ai 5-6 metri; anche l'unità B è assente di fronte al canale di scarico ENEL.

L'unità C, fa da letto alla serie stratigrafica rilevata dalla geofisica; dalle sue caratteristiche di scarsa penetrazione del segnale sembra essere riconducibile ad un substrato argilloso (facies limoso argillosa di Gallipoli); di seguito vengono allegati i grafici delle sezioni sismiche (fig. 8-4 – 8-7).

In generale queste unità litostratigrafiche hanno una giacitura sub orizzontale, con una leggerissima inclinazione verso NE con piccole variazioni negli spessori; di seguito sono descritte in dettaglio le sezioni litostratigrafiche ricostruite dalle indagini geofisiche.

La sezione 1, riguarda il lato nord orientale dell'opera e mostra le prime due unità, dove è visibile lo spessore della prima (depositi marini recenti) variabile tra i 3 – 5 metri, sovrastante la seconda unità (panchina) (Figura 8-4)

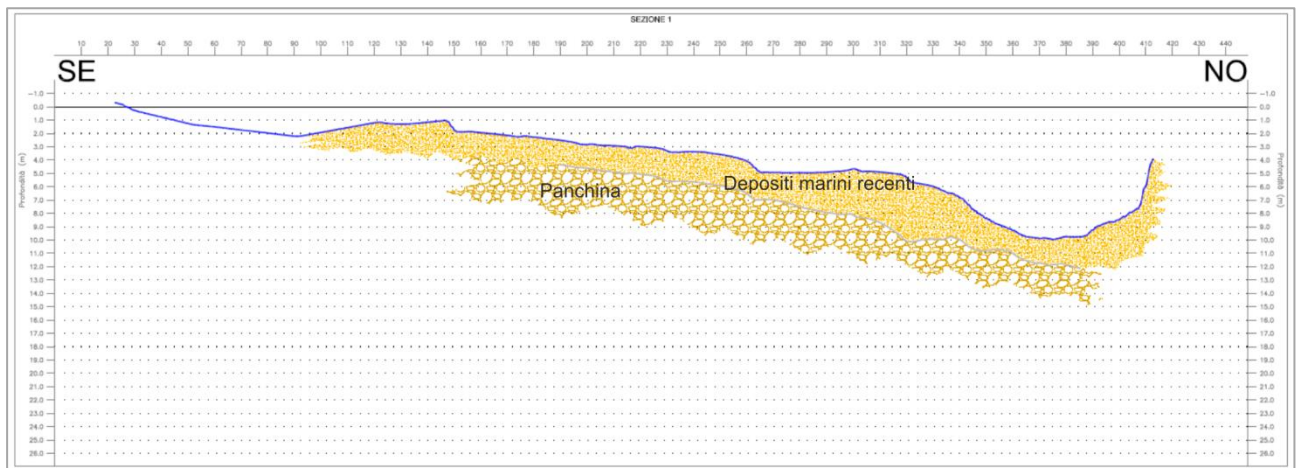
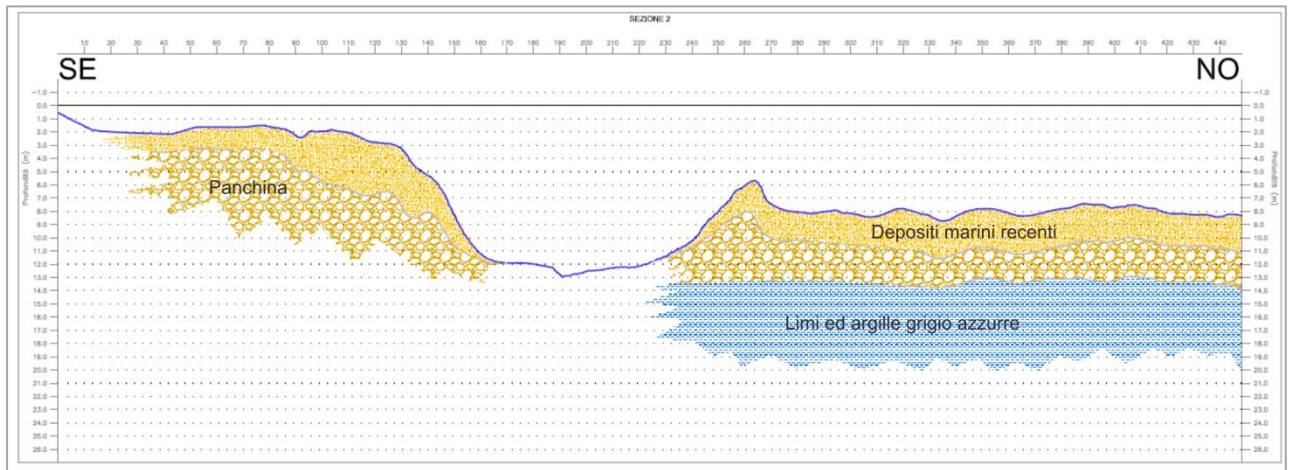


Figura 8-4 - sezione sismica 1

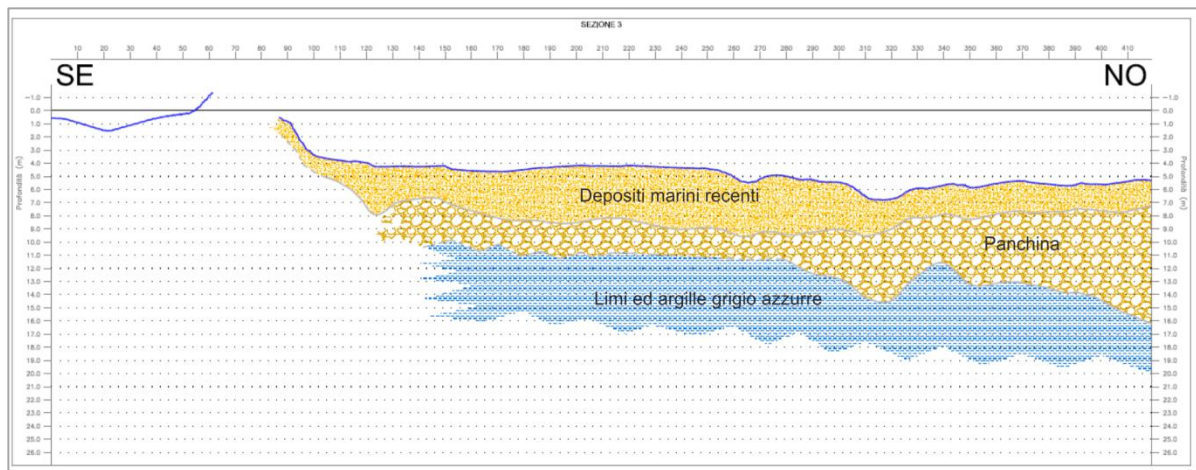
La sezione 2, nella zona centrale evidenzia una copertura di depositi marini recenti, di potenza tra i 3 – 4 metri che si assottiglia fino a scomparire nella depressione morfologica antistante lo scarico Enel e sovrasta la panchina, di potenza media di 3 metri che raggiunge i 6 metri verso la costa. Sul lato NO è stata rilevata alla base l'unità argillosa di Gallipoli (Figura 8-5).

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> <b>LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST</b> Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>				
		09	017	DR	31	2



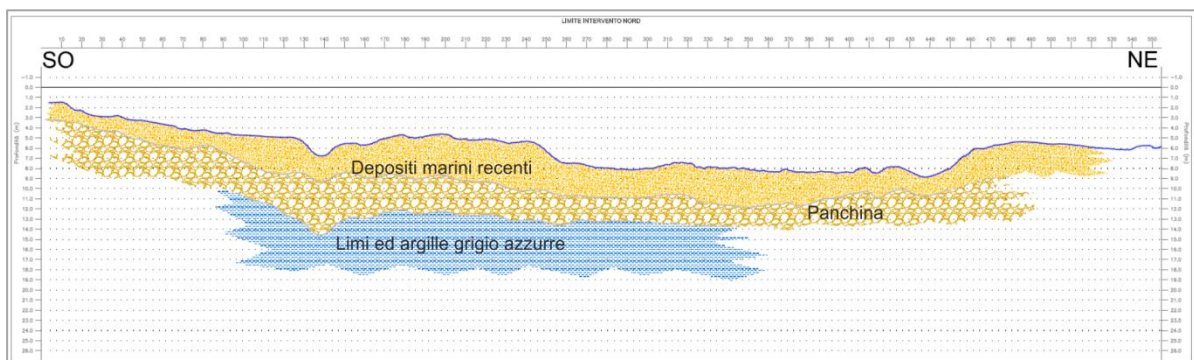
**Figura 8-5 - sezione sismica 2**

La sezione 3, relativa alla zona occidentale, mostra una coltre di depositi marini recenti, di potenza costante intorno ai 4-5 metri, sovrastante la panchina, di potenza media di 3 metri, in aumento fino a 8,5 metri al largo. La giacitura di entrambe i depositi è sub orizzontale e sovrasta i livelli argillo limosi (Figura 8-6).



**Figura 8-6 – sezione sismica 3**

Il limite settentrionale dell'opera è rappresentato dalla coltre sedimentaria marina recente di potenza variabile da 2 m sul lato SO fino a 5 metri, sovrastante la panchina, di potenza media di 3 metri, in aumento verso la costa sino a 5 metri, sempre sovrastanti il substrato argillo limoso; tutti gli strati hanno una blanda inclinazione verso NE (fig. 8-7).



**Figura 8-7– sezione sismica limite lato nord**

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>					
		09	017	DR	31	2	GEO

La successione litostratigrafica, desunta quindi sia dalle indagini geofisiche sia dalla banca dati geotecnica è rappresentata dai seguenti litotipi, di seguito descritti a partire dall'alto, ad esclusione della copertura di tout – venant (spessore variabile da 6 a 12 m) che verrà riportata sul sito sino alla quota di tre metri sul livello del mare:

- Depositi marini recenti
- Sabbie con noduli calcarenitici (Formazione Gallipoli - Unità superiore)
- Limi sabbiosi e sabbie limose grigio azzurre (Formazione di Gallipoli - Unità inferiore)
- Argille limoso sabbiose grigio azzurre (Formazione di Gallipoli - Unità inferiore, parte basale)

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

### **Depositi marini recenti (Livello A)**

Questi terreni sono stati rinvenuti nella campagna geofisica del 2015, del 2019 ed in numerosi sondaggi in mare.

Le litologie sono costituite da alternanze di sabbie, sabbie limose e sabbie ghiaiose, con spessore variabile e possibili inclusi di materia organica in superficie.

La potenza di questo livello, nel tratto di mare in oggetto, è compresa tra i 2-5 metri, come rilevato dall'indagine geofisica, anche se non si escludono possibili variazioni locali.

I parametri geotecnici medi di questo livello sono riportati in Tabella 8-1:

**Tabella 8-1 - parametri geotecnici livello A**

<b>LIVELLO A – Sabbie, sabbie limose e ghiaiose</b>	
Spessore medio	2-5 m
Angolo di attrito interno	$\varphi'_{\kappa} = 26-30^{\circ}$
Coesione drenata	$c'_{\kappa} = 0$ kPa
Peso di volume naturale	$\gamma = 1,9-2,0$ kN/m <sup>3</sup>

### **Sabbie con noduli calcarenitici (Panchina - Formazione Gallipoli) - Livello B**

Sabbie miste a sabbie limose, giallastre, con frequenti noduli o livelli cementati di calcareniti; queste sabbie possono includere anche dei ciottoli ghiaiosi arrotondati, di natura sempre calcarenitica.

La potenza di questo livello è abbastanza variabile, con uno spessore medio di circa 5 metri, che tende ad assottigliarsi in corrispondenza della foce del canale policentrico nord.

La consistenza di questo livello sembra essere minore in mare che sulla terraferma, a causa della diversa efficacia dei processi di litificazione e fenomeni di alterazione.

I parametri geotecnici medi di questo livello sono riportati in Tabella 8-2

**Tabella 8-2- parametri geotecnici livello B**

<b>LIVELLO B – Sabbie limose con livelli cementati</b>	
Spessore medio	5 m
Angolo di attrito interno	$\varphi'_{\kappa} = 38-41^{\circ}$
Coesione drenata	$c'_{\kappa} = 0$ kPa
Peso di volume naturale	$\gamma = 2,0-2,1$ kN/m <sup>3</sup>

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

### **Limi sabbiosi e sabbie limose argillose grigio azzurre (Formazione Gallipoli) - Livello C 1**

Limi sabbiosi e sabbie limose nella parte superiore che in profondità passano a limi argillosi e che contengono strati sottili di argilla e strati di limo lievemente cementato.

Questo terreno ha un colore grigio azzurro, presenta frammenti di conchiglie; costituisce una facies di transizione, all'interno della formazione di Gallipoli, tra la facies superficiale sabbiosa calcarenitica e quella basale tipicamente argillosa.

La potenza di questo livello è abbastanza variabile (tra i 9 ed i 15 metri), con uno spessore medio di circa 12 metri; il tetto di questo livello C è stato rilevato dalle indagini sismiche.

I parametri geotecnici medi di questo livello sono riportati in Tabella 8-3:

**Tabella 8-3 - parametri geotecnici livello C**

<b>LIVELLO C1 – Limi sabbiosi e sabbie limose argillose</b>	
Spessore medio	12 m
Angolo di attrito interno	$\varphi'_{\kappa} = 25-26^{\circ}$
Coesione drenata	$c'_{\kappa} = 15-30$ kPa
Peso di volume naturale	$\gamma = 2,0$ kN/m <sup>3</sup>

### **Argille limoso sabbiose grigio azzurre (Formazione Gallipoli) Livello C2**

Alla base della successione litostratigrafica e geotecnica sono presenti delle argille limoso sabbiose, grigio azzurre, rinvenute ad una profondità media di circa 20 - 25 metri dal livello del mare.

Questo terreno ha un colore grigio azzurro ed una componente sabbioso limosa che diminuisce gradatamente verso il basso, all'aumentare del grado di sovraconsolidazione.

Il terreno costituisce la facies basale della formazione di Gallipoli ed ha una potenza elevata, come testimoniato dai sondaggi più profondi della zona industriale, laddove raggiunge i 40 metri.

Di seguito vengono riportati i parametri geotecnici medi in Tabella 8-4:

**Tabella 8-4 - parametri geotecnici livello D**

<b>LIVELLO D – Argille limoso sabbiose grigio azzurre</b>	
Spessore medio	> 30 m
Angolo di attrito interno	$\varphi'_{\kappa} = 20-24^{\circ}$
Coesione drenata	$c'_{\kappa} = 30-40$ kPa
Peso di volume naturale	$\gamma = 2,0-2,1$ kN/m <sup>3</sup>



Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

Di seguito viene allegata una stratigrafia media dell'area di intervento (fig. 8-8).

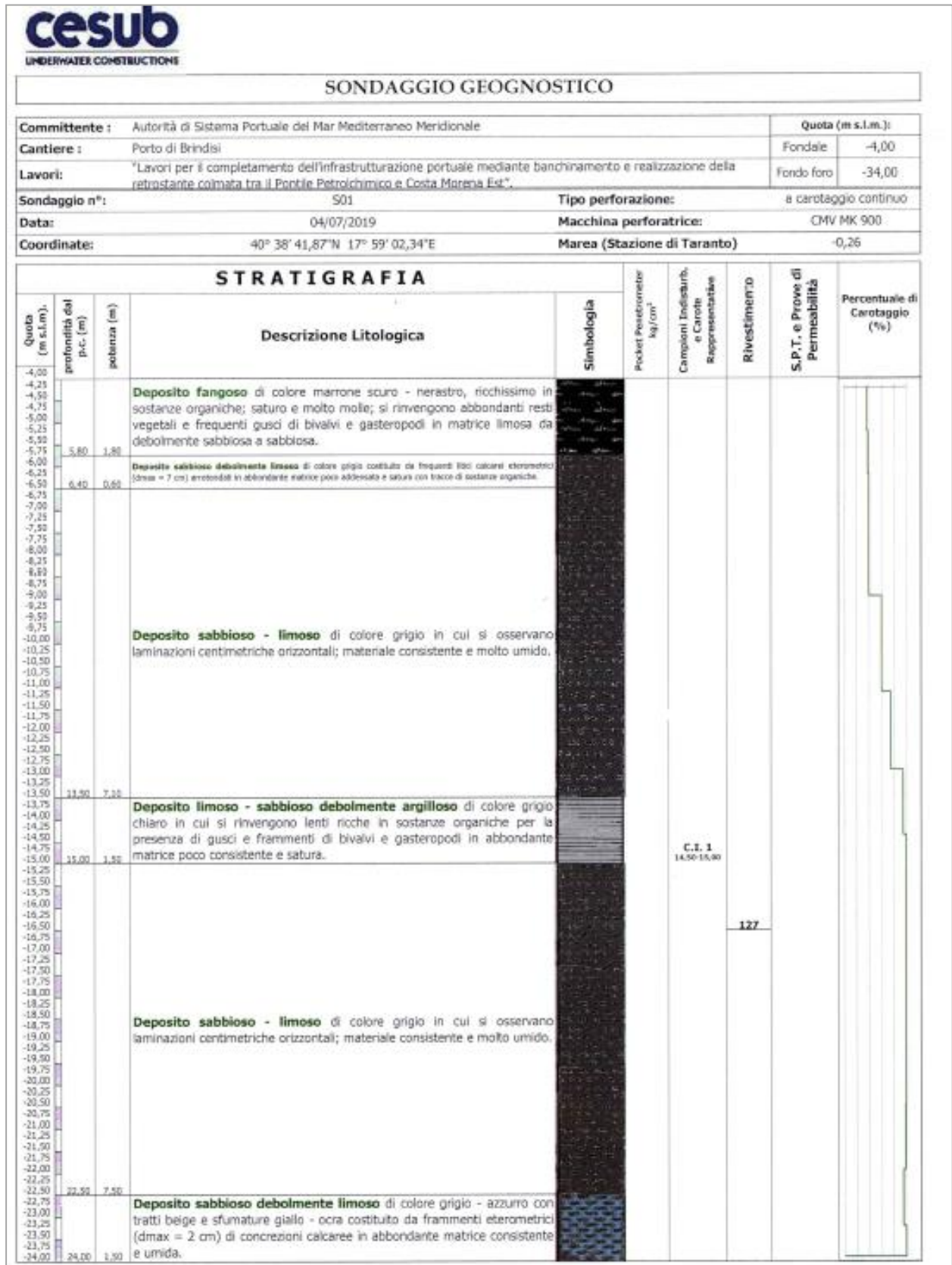


Figura 8-8 - stratigrafia dell'area

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

Dal punto di vista idrogeologico, i due livelli a matrice sabbiosa sono permeabili, mentre i due livelli più fini, in particolare le argille di base, sono dotati di permeabilità nulla o molto bassa (limi). Queste argille costituiscono l'acquicluda di separazione con la falda profonda, contenuta nei calcari mesozoici è segnalata, sulla terra ferma, a circa 60 metri dal piano di campagna.

Nelle tabelle seguenti sono riportate le successioni stratigrafie dei terreni, assumendo nell'ambito di ciascuna tipologia di opere, le situazioni più cautelative sia ai fini del loro dimensionamento geotecnico e strutturale che per quello di tipo ambientale dovendo garantire una permeabilità della vasca, verso l'esterno, equivalente a quella di un materiale di spessore pari a 1.00 m e con un coefficiente di permeabilità (k) di  $10^{-9}$  m/s.

Il tetto dello strato relativo alle argille Azzurre (Calabriane), avendo un coefficiente di permeabilità stimato inferiore a  $10^{-9}$  m/s, è stato indicato in tutta la vasca a quota -25.00 m s.l.m. (la maggiore profondità prevista nel suo range di oscillazione).

Lo spessore dello strato superficiale, relativo a ciascuna tipologia di opera, è stato desunto dalle prospezioni geofisiche eseguite nel 2015 dalla Geoprosys e dalle indagini integrative eseguite nel 2019 dalla Cesub.

Nella Tabella 8-5 vengono sinteticamente riportati i parametri geotecnici di modello utilizzati per le varie unità geotecniche.

**Tabella 8-5 - Parametri geotecnici caratteristici**

Formazione	Tipo terreno	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	c' (kPa)	$\phi'$ (°)	$E_{vc}$ (kPa)	$E_{ur}$ (kPa)	$\nu$
Superficiale Unità "A"	Sabbia limosa	21	0	28	5000	15000	0.35
"Panchina" Unità "B"	Sabbia grossolana cementata	21	0	38	58000	92800	0.30
Limi Calabriani Unità "C1"	Limo compatto	20	17	26	58000	92800	0.30
Argille Calabriane Unità "C2"	Argilla compatta	20	25	25	R = 12000 n = 0.6	40000	0.30

Limite nord Vasca			
Formazione	Quota sommità m s.l.m.	Quota fondo m s.l.m.	Spessore (m)
Superficiale - Unità "A"	-9.00	-11.00	2.00
"Panchina" - Unità "B"	-11.00	-16.00	5.00
Limi Calabriani - Unità "C1"	-16.00	-25.00	9.00
Argille Calabriane - Unità "C2"	-25.00	-	-

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>				
		09	017	DR	31	2

Zona promontorio			
Formazione	Quota sommità m s.l.m.	Quota fondo m s.l.m.	Spessore (m)
Superficiale - Unità "A"	-3.00	-5.00	2.00
"Panchina" - Unità "B"	-5.00	-6.00	1.00
Limi Calabriani - Unità "C1"	-6.00	-25.00	19.00
Argille Calabriane - Unità "C2"	-25.00	-	-

linea di costa			
Formazione	Quota sommità m s.l.m.	Quota fondo m s.l.m.	Spessore (m)
Superficiale - Unità "A"	0.0	-6.50	6.50
"Panchina" - Unità "B"	-6.50	-7.50	1.00
Limi Calabriani - Unità "C1"	-7.50	-25.00	17.50
Argille Calabriane - Unità "C2"	-25.00	-	-

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

## Capitolo 9 Compatibilità geologica – geotecnica Classificazione P.A.I.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino meridionale (ex Autorità di Bacino della Regione Puglia) ha le seguenti finalità:

- la sistemazione, la conservazione ed il recupero del suolo nei bacini idrografici, con interventi idrogeologici, idraulici, idraulico-forestali, idraulico-agrari compatibili con i criteri di recupero naturalistico;
- la difesa ed il consolidamento dei versanti e delle aree instabili, nonché la difesa degli abitati e delle infrastrutture contro i movimenti franosi e gli altri fenomeni di dissesto;
- il riordino del vincolo idrogeologico;
- la difesa, la sistemazione e la regolazione dei corsi d'acqua;
- lo svolgimento funzionale dei servizi di polizia idraulica, di piena e di pronto intervento idraulico, nonché della gestione degli impianti.

Le finalità suddette sono perseguite mediante:

- la definizione del quadro del rischio idraulico ed idrogeologico in relazione ai fenomeni di dissesto evidenziati;
- l'adeguamento degli strumenti urbanistico - territoriali;
- l'apposizione di vincoli, l'indicazione di prescrizioni, l'erogazione di incentivi e l'individuazione delle destinazioni d'uso del suolo più idonee in relazione al diverso grado di rischio;
- l'individuazione di interventi finalizzati al recupero naturalistico ed ambientale, nonché alla tutela ed al recupero dei valori monumentali ed ambientali presenti;
- l'individuazione di interventi su infrastrutture e manufatti di ogni tipo, anche edilizi, che determinino rischi idrogeologici, anche con finalità di rilocalizzazione;
- la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture con modalità di intervento che privilegino la conservazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del terreno;
- la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua, con specifica attenzione alla valorizzazione della naturalità dei bacini idrografici;
- il monitoraggio dello stato dei dissesti.

Pertanto, il territorio pugliese è contraddistinto da specifiche cartografie relative al rischio geomorfologico ed al rischio idraulico per esondazione.

In particolare, per la *pericolosità geomorfologica*, il P.A.I. definisce le seguenti zone:

- PG3 (AREE A PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA MOLTO ELEVATA)
- PG2 (AREE A PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA ELEVATA)

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

- PG1 (AREE A PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA MEDIA O MODERATA)

Per la *pericolosità idraulica* il P.A.I. definisce le seguenti zone:

- AP (AREE AD ALTA PERICOLOSITA' IDRAULICA)
- MP (AREE A MEDIA PERICOLOSITA' IDRAULICA)
- BP (AREE A BASSA PERICOLOSITA' IDRAULICA)

Per le aree a rischio:

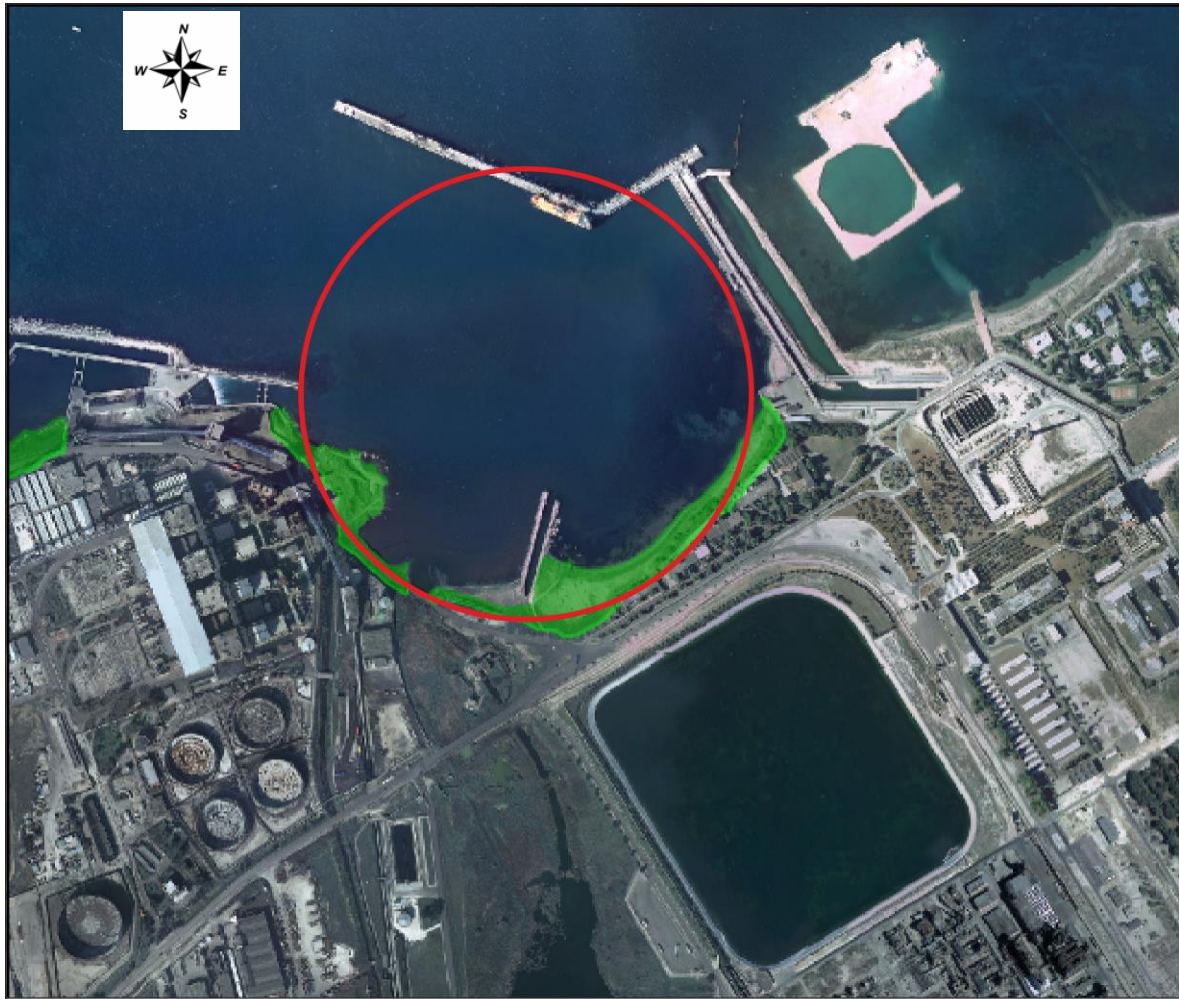
- R4 (AREE A RISCHIO MOLTO ELEVATO)
- R3 (AREE A RISCHIO ELEVATO)
- R2 (AREE A RISCHIO MEDIO)
- R1 (AREE A RISCHIO MODERATO)

Dal sito dell'ex Autorità di Bacino è stata stralciata per l'area di interesse la carta della pericolosità geomorfologica (Figura 9-1) di seguito allegata, da cui risultano fasce classificate a pericolosità elevata (PG2) e molto elevate (PG3) (Figura 9-1).

Questa classificazione ("Atto di indirizzo per la definizione e perimetrazione delle aree a pericolosità geomorfologica in ambito costiero") è frequente lungo la costa pugliese ed è dovuta, essenzialmente, alla presenza di due fattori: grotte carsiche o altre forme significative di dissoluzione carsica, zone con debolezza geologica strutturale con crolli o ribaltamenti di antiche falesie.

La presenza del vincolo PG2 e PG3 è quindi associabile, lungo il tratto di costa esaminato, alla possibile presenza di crolli lungo le falesie.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO




LEGENDA




Ubicazione zona di indagine

**Pericolosità e Rischio**

**Peric. Geomorf.**

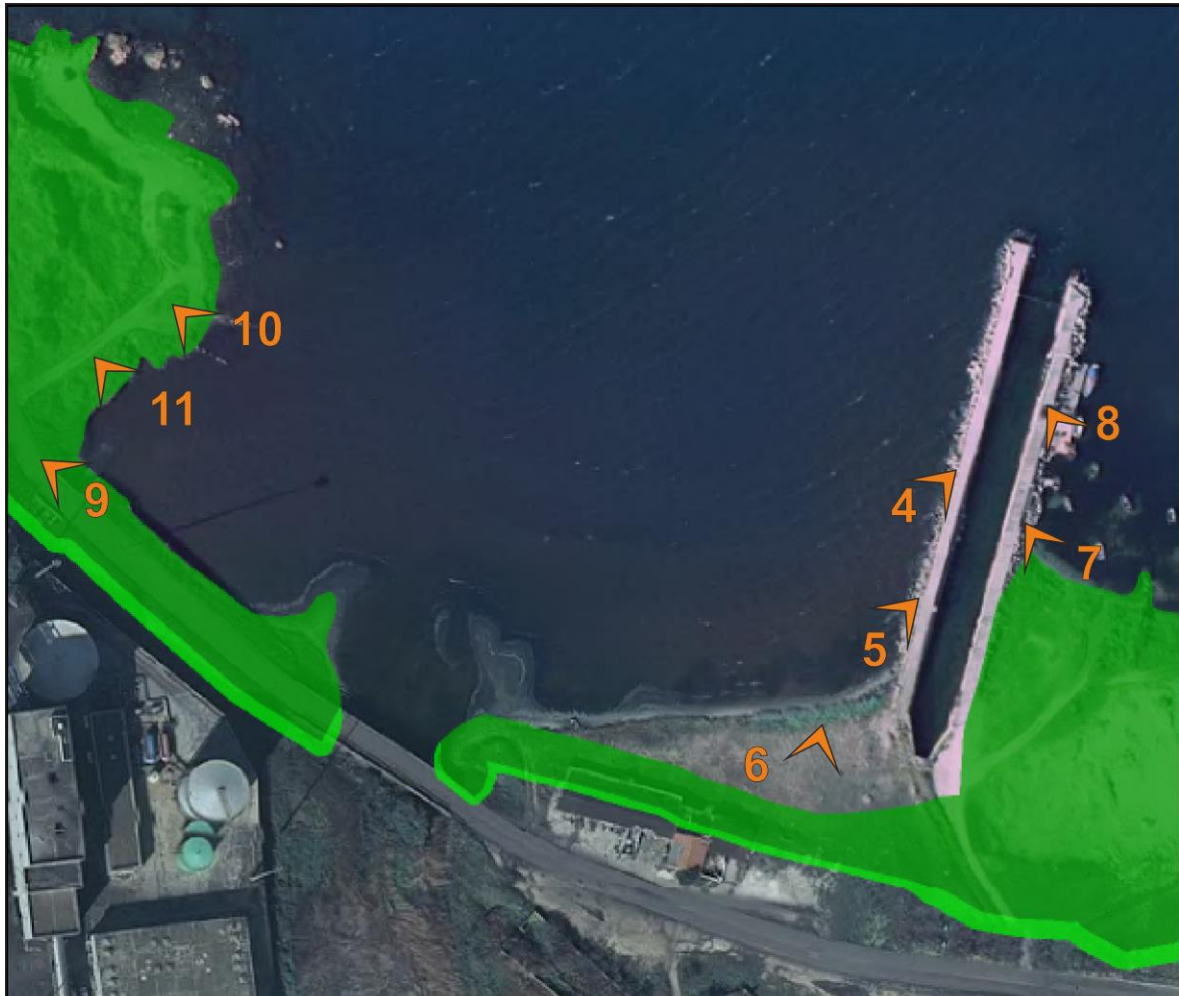
 media e moderata (PG1)

 elevata (PG3)

 elevata (PG2)

Figura 9-1 - stralcio P.A.I. pericolosità geomorfologica - scala 1.10.000

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO



LEGENDA



Punto di ripresa fotografico

Figura 9-2 dettaglio P.A.I. con punti ripresa fotografici – scala 1:2.000

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

Le Norme Tecniche di Attuazione del P.A.I. specificano (Titolo V - Art.25) le modalità di modifica delle perimetrazioni di aree a pericolosità geomorfologica:

#### ARTICOLO 25

##### Istruttoria e valutazione delle istanze di modifica della perimetrazione di aree a pericolosità idraulica e geomorfologica

1. Le amministrazioni e gli enti pubblici, nonché i soggetti privati interessati, possono presentare istanza di modifica alla perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica e geomorfologica sulla scorta di conoscenze e/o di studi di dettaglio sulle condizioni effettive di pericolo delle aree di interesse
2. L'istanza di modifica di perimetrazione deve essere inoltrata all'Autorità di Bacino. Copia della domanda deve essere inviata per conoscenza anche alle amministrazioni provinciale e comunale competenti che, entro 30 giorni dalla data di presentazione dell'istanza, possono inoltrare osservazioni all'Autorità di Bacino.
3. All'istanza deve essere allegata la documentazione tecnica essenziale, di seguito elencata, necessaria ad illustrare le motivazioni della richiesta di modifica e a fornire gli elementi utili per la valutazione preliminare sullo stato dell'area:
  - a) per le aree soggette a pericolosità idraulica, studio di compatibilità idrologica ed idraulica;
  - b) per le aree soggette a pericolosità da frana, studio di compatibilità geologica e geotecnica;
  - c) planimetrie dello stato dei luoghi in scala 1:10.000, stralcio del PAI in scala 1:10.000, particolare dell'area in scala 1:2.000 e per alvei incassati in scale di maggior dettaglio;
  - d) relazione tecnico-illustrativa della trasformazione che si intende realizzare sull'area, contenente informazioni circa le volumetrie, le superfici e le destinazioni d'uso.
4. Entro 60 giorni dalla data di presentazione dell'istanza, l'Autorità di Bacino esprime una valutazione preliminare sulla possibilità di modifica del vincolo apposto. La valutazione preliminare contiene, inoltre, indicazioni sulla documentazione tecnica da produrre al fine dell'ottenimento del parere definitivo.
5. Entro 90 giorni dalla data di presentazione da parte del richiedente della documentazione di cui al precedente comma 4, l'Autorità di Bacino esprime parere definitivo. Durante tale periodo l'Autorità di Bacino potrà richiedere eventuali integrazioni. In tal caso il parere sarà dato entro 90 giorni dalla data di presentazione delle integrazioni.
6. Ai fini dell'istruttoria delle richieste di modifica di perimetrazione sono istituite presso l'Autorità di Bacino apposite commissioni composte da propri tecnici e da un tecnico designato dalla amministrazione provinciale. Le commissioni sono costituite con provvedimento del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino e possono essere integrate da uno o più componenti del Comitato Tecnico e/o da consulenti esterni e/o da un tecnico designato dall'amministrazione comunale interessata con funzioni consultive e senza diritto di voto
7. Le istanze che si concludono con parere definitivo positivo vengono recepite con le procedure di cui all'art. 24 comma 4 e notificate agli interessati

Nel caso specifico, la zona in cui si richiede la nuova perimetrazione non presenta scarpate e/o di falesie in prossimità dell'opera, come dimostrato dalle foto di seguito allegate.

Le foto evidenziano la presenza di una riva sabbiosa, a tratti paludosa, senza alcuna traccia di falesia, alle cui spalle è presente una morfologia pianeggiante, senza alcuna evidenza morfologica di rilievo (foto 4-11).



Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

Tale situazione implica la totale assenza di rischi di carattere geomorfologico per la quale, la zonazione riportata in cartografia (PG2 e PG3) è oggetto della presente richieste di ripermimetrazione. In particolare, come tra l'altro evidenziato dall'AdB con verbale dell'incontro del 28/02/2022, si richiede che:

1. le aree prossime alla nuova vasca di colmata (dal molo Polimeri sino al canale di scarico del Fiume Grande) siano escluse da qualsiasi vincolo geomorfologico.
2. Le aree in corrispondenza del "promontorio" di chiusura della baia posto lungo il limite occidentale della stessa baia siano oggetto di una riduzione del vincolo di pericolosità geomorfologica da PG3, PG2 a PG1.

Gli interventi consentiti in zona di pericolosità PG1 sono riportati nell'art.15;

**ARTICOLO 15 Aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1)**

1. Nelle aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1) sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio purché l'intervento garantisca la sicurezza, non determini condizioni di instabilità e non modifichi negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera e dalle sue pertinenze.
2. Per tutti gli interventi di cui al comma 1 l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità geologica e geotecnica che ne analizzi compiutamente gli effetti sulla stabilità dell'area interessata.
3. In tali aree, nel rispetto delle condizioni fissate dagli strumenti di governo del territorio, il PAI persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni mediante la predisposizione prioritaria da parte degli enti competenti, ai sensi della legge 225/92, di programmi di previsione e prevenzione.

Nella zona del promontorio, nell'ambito del progetto *“lavori per il completamento dell'infrastrutturazione portuale mediante banchinamento e realizzazione della retrostante colmata tra il pontile petrolchimico e costa morena est”* l'AdSP prevede di intervenire con una riprofilatura della costa e la realizzazione di una scogliera in massi naturali di protezione finalizzata alla formazione del canale laterale che raccoglie le acque provenienti dal Fiume Grande e da suo canale di scolo e dal canale delle acque meteoriche dell'area polimeri. Tale intervento risulta perfettamente compatibile con quanto previsto dall'art.15 delle NTA.

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>					
		09	017	DR	31	2	GEO



**FOTO 4**



**FOTO 5**

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>					
		09	017	DR	31	2	GEO



**FOTO 6**



**FOTO 7**

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>					
		09	017	DR	31	2	GEO



**FOTO 8**



**FOTO 9**

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>					
		09	017	DR	31	2	GEO



**FOTO 10**



**FOTO 11**

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica				
		09	017	DR	31	2

## Capitolo 10 Verifiche di stabilità geotecniche

Nel presente capitolo si riportano le verifiche di stabilità geotecniche della:

- Zona spiaggia - compresa tra il molo polimeri ed il canale di scarico del Fiume Grande (fig. 10-1);
- Zona promontorio - parte occidentale della baia nella configurazione in cui il progetto prevede la sistemazione dell'argine sinistro del nuovo canale (fig. 10-2).



figura 10-1 – Zone a Pericolosità Geomorfológica molto elevata PG3 e PG2 (verde scuro e verde chiaro) – AdB WebGIS

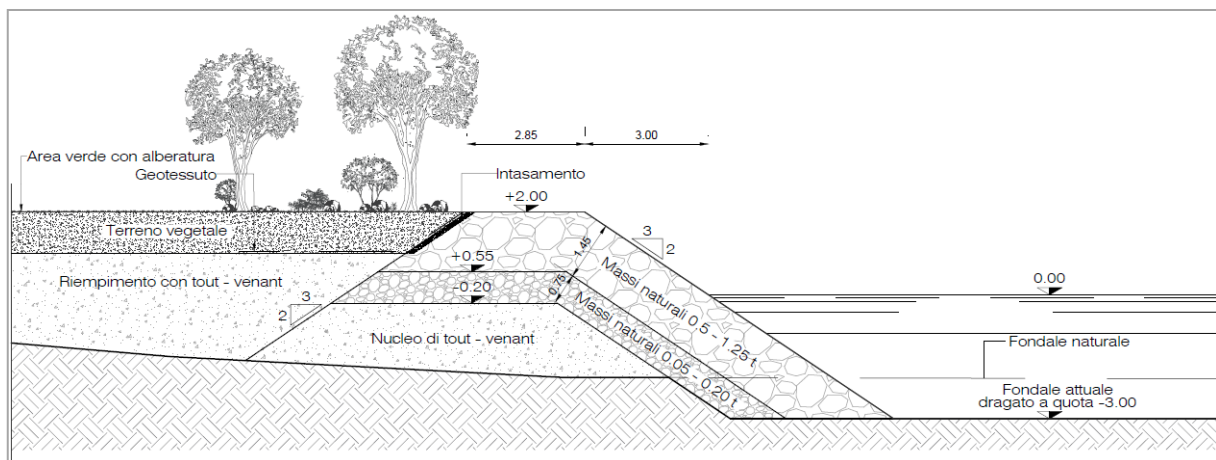


figura 10-2 – Sezione tipologica sistemazione argine in sinistra idraulica

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica				
		09	017	DR	31	2

I profili del terreno nelle zone di interesse sono stati ricavati integrando il rilievo batimetrico, eseguito dall'AdsP con la campagna di rilievo topografico (1m x 1m), eseguita nel 2009 dal Ministero dell'Ambiente con la tecnologia LIDAR. Sono state ricostruite n.5 sezioni trasversali rappresentative del tratto di costa interessato dalla richiesta di nuova perimetrazione.

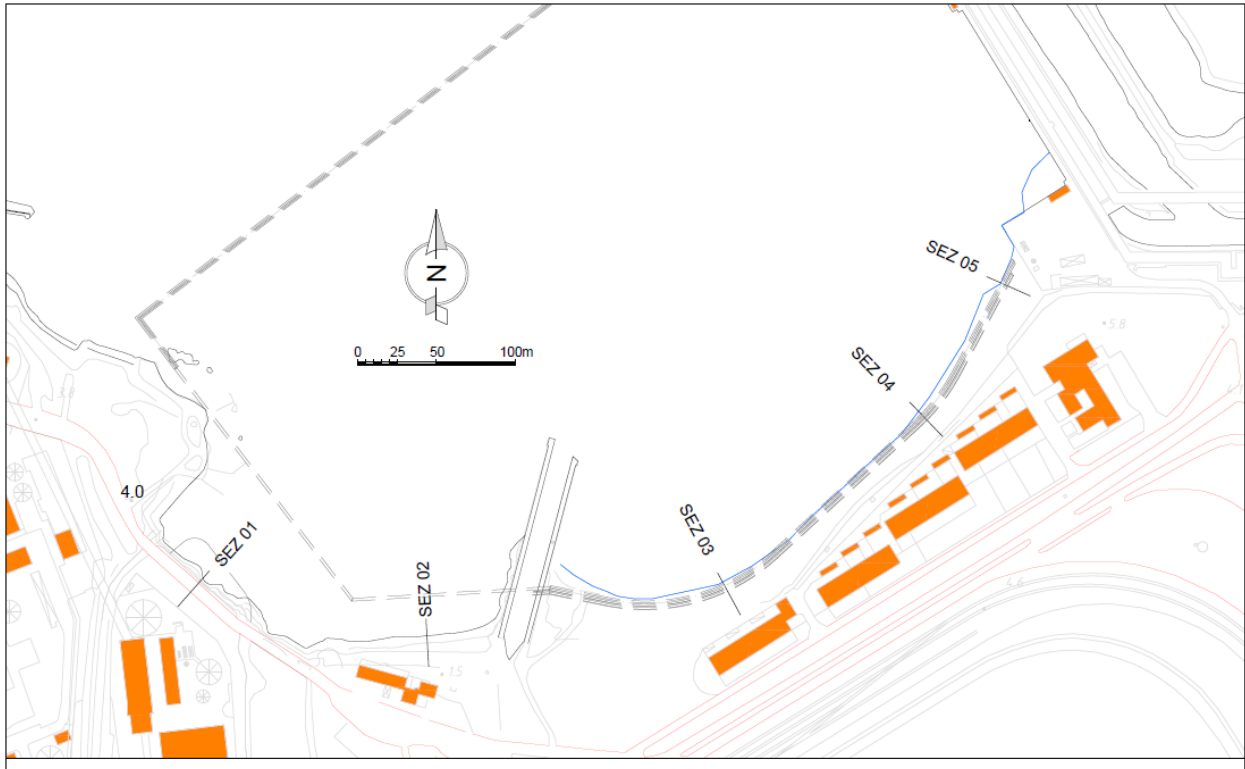
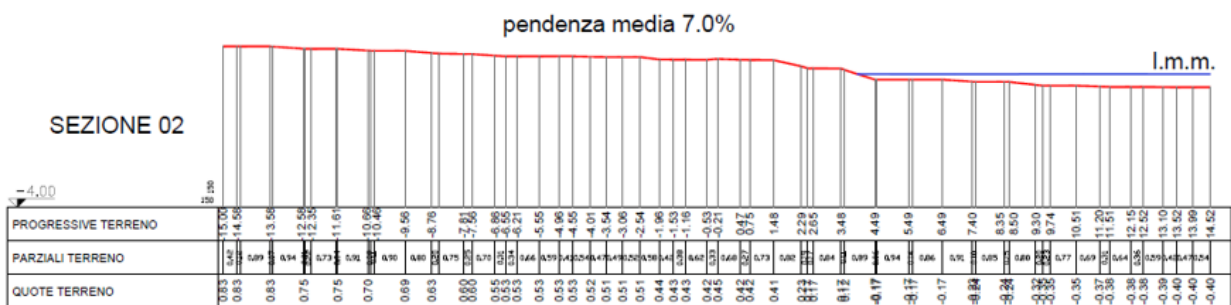


Figura 10-3 - Ubicazione planimetrica delle sezioni di rilievo

### 10.1 Zona spiaggia - tra il molo polimeri ed il canale di scarico ex Montedison del Fiume Grande

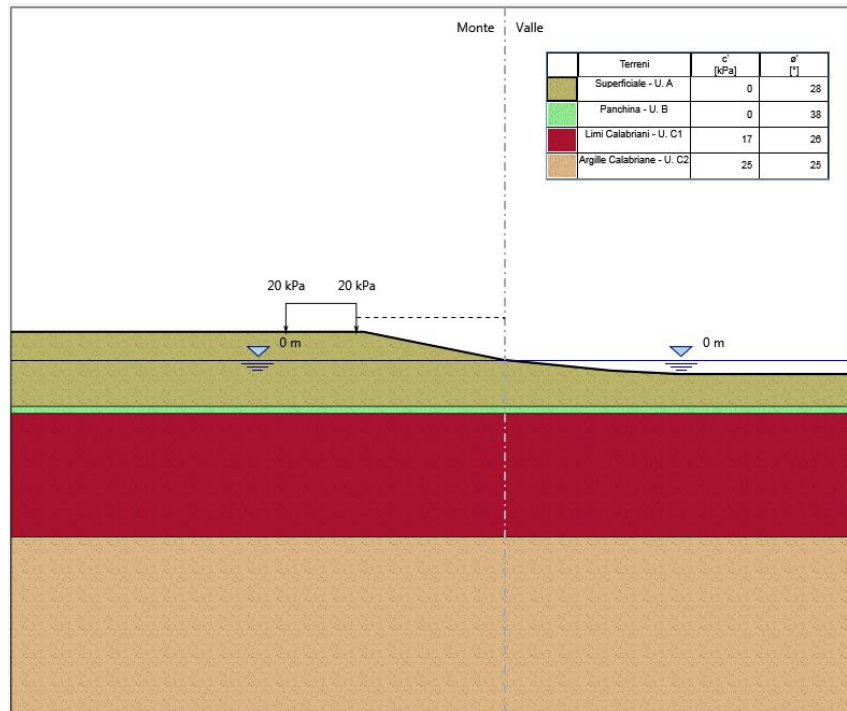
Le sezioni interessate sono le n.2 n°3, n°4 e n°5, di cui si riportano nelle figure seguenti i relativi profili di rilievo.



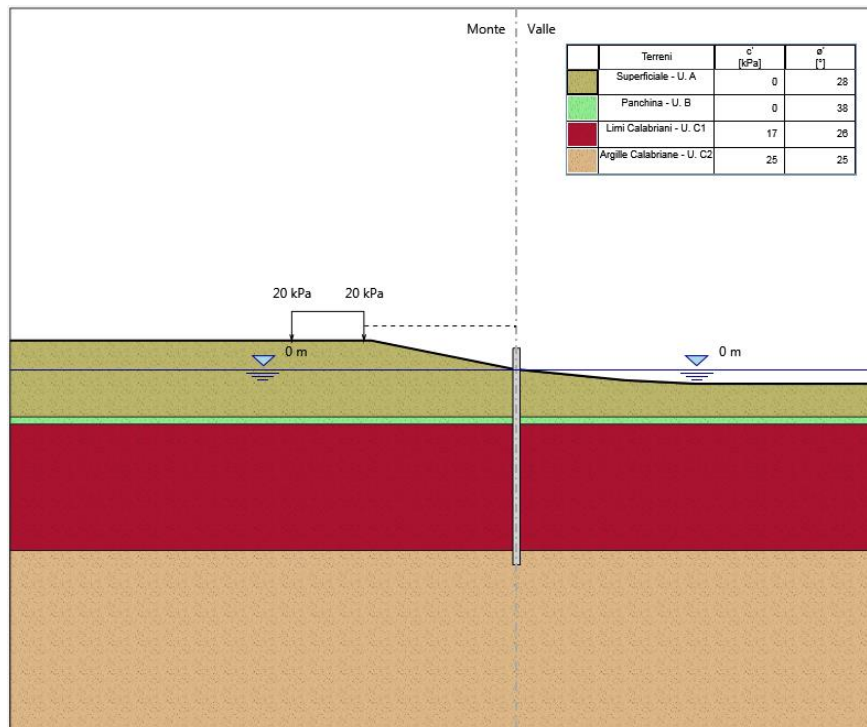




<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> <b>LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST</b> Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>				
		09	017	DR	31	2



**Figura 10-5 - Situazione attuale**



**Figura 10-6 - Fase 1 - realizzazione del conterminamento della vasca**

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica				
		09	017	DR	31	2

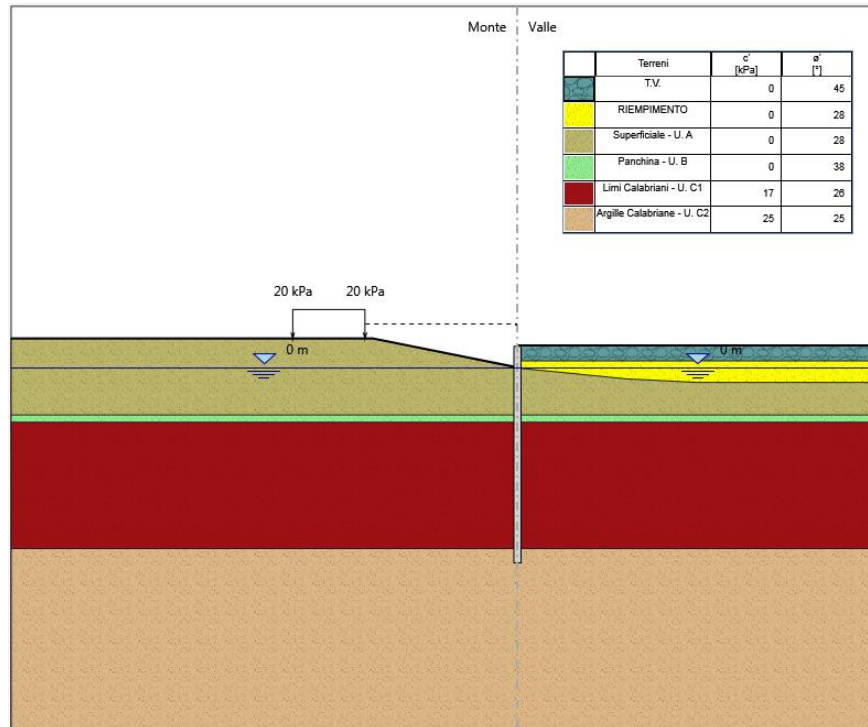
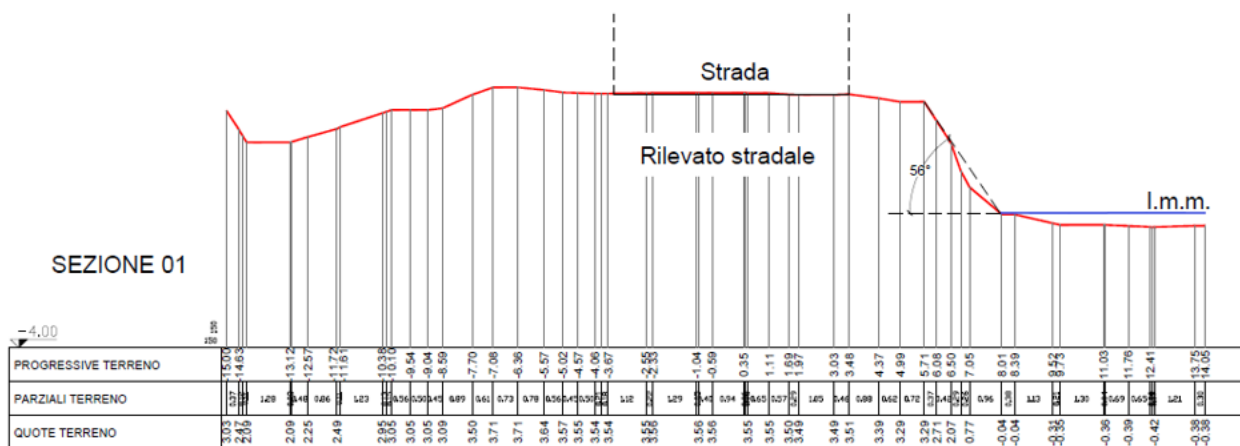


Figura 10-7 - fase 2 - Vasca completata e riempita

## 10.2 Zona promontorio - parte occidentale della baia nella configurazione in cui il progetto prevede la sistemazione dell'argine sinistro del nuovo canale

Nella figura seguente si riporta il profilo di rilievo della sezione n1, rappresentativa del tratto tra l'ex canale Montecatini e la foce del fiume Grande; il litorale presenta una inclinazione della scarpata dell'ordine del 50-60°, tipica di scarpate di rilevati stradali. Tra l'altro la scarpata risulta protetta al piede da un muro di calcestruzzo (foto 11).



Il progetto della nuova cassa di colmata prevede di proteggere tale tratto con una scogliera di massi naturali (500÷1250 kg), riempiendo con materiale arido (tout-venant) la parte compresa tra il rilevato stradale e la scogliera. Tale soluzione, anche in considerazione delle ottime caratteristiche dei terreni di fondazione "panchina", determina (se fosse necessario) una azione stabilizzante contro eventuali fenomeni franosi del rilevato stradale.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica				
		09	017	DR	31	2

### 10.3 Stratigrafia di calcolo e parametri geotecnici di modello

Di seguito si riportano in sintesi i parametri relativi alle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni interessati dai versanti e dall'opera assunti in accordo con il modello geotecnico delle opere della vasca.

a) linea di costa dove si realizzerà la paratia semiplastica.

Vasca - lato linea di costa			
Formazione	Quota sommità m s.l.m.	Quota fondo m s.l.m.	Spessore (m)
Rilevato in Tout Venat o sabbia e limo	+1.00/+3.00	+0.00	4.00/6.00
Superficiale - Unità "A"	0.0	-6.50	6.50
"Panchina" - Unità "B"	-6.50	-7.50	1.00
Limi Calabriani - Unità "C1"	-7.50	-25.00	17.50
Argille Calabriane - Unità "C2"	-25.00	-	-

b) linea di costa dove si realizzerà l'argine in sinistra idraulica

Argine			
Formazione	Quota sommità m s.l.m.	Quota fondo m s.l.m.	Spessore (m)
Superficiale - Unità "A"	-3.00	-5.00	2.00
"Panchina" - Unità "B"	-5.00	-6.00	1.00
Limi Calabriani - Unità "C1"	-6.00	-25.00	19.00
Argille Calabriane - Unità "C2"	-25.00	-	-

#### Massi naturali e Tout-venant (massi naturali e T-V da q.tasommitale fino a q.ta fondale.):

$$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3 \quad \phi' = 45^\circ \quad c' = 0 \text{ kPa}$$

$$v = 0.30 \quad K_a \text{ e } K_p \text{ (Met. Rankine)}$$

$$E_{vc}' = 7 \text{ Mpa} \quad E_{ur}' = 21 \text{ Mpa}$$

#### Strato Superficiale U. A (sabbia limosa da q. ta fondale/versante aq.ta -6.50 m s.l.m.):

$$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3 \quad \phi' = 28^\circ \quad c' = 0 \text{ kPa}$$

$$v = 0.35 \quad K_a \text{ e } K_p \text{ (Met. Rankine)}$$

$$E_{vc}' = 5 \text{ Mpa} \quad E_{ur}' = 15 \text{ Mpa}$$

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

**Panchina (sabbie grossolana leggermente cementata - da q. ta-6.50 a q.ta -7.50 m s.l.m.) - Unità B:**

$$\begin{aligned} \gamma &= 21 \text{ kN/m}^3 & \phi' &= 38^\circ & c' &= 0 \text{ kPa} \\ \nu &= 0.3 & & & & & K_a \text{ e } K_p \text{ (Met. Rankine)} \\ E_{vc} &= 58 \text{ MPa} & & & & & E_{ur}' = 93 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

**Limi Calabriani (argilla limosa compatta da q. ta-7.50 a q.ta -25.00 m s.l.m.) - Unità C1:**

$$\begin{aligned} \gamma &= 20 \text{ kN/m}^3 & \phi' &= 26^\circ & c' &= 17 \text{ kPa} \\ \nu &= 0.3 & & & & & K_a \text{ e } K_p \text{ (Met. Rankine)} \\ E_{vc} &= 58 \text{ MPa} & & & & & E_{ur}' = 93 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

**Argille Calabriani (argilla compatta da q.ta -25.00 m s.l.m.) - Unità C2:**

$$\begin{aligned} \gamma &= 20 \text{ kN/m}^3 & \phi' &= 25^\circ & c' &= 25 \text{ kPa} \\ \nu &= 0.3 & & & & & K_a \text{ e } K_p \text{ (Met. Rankine)} & K_0 = 0.398 \\ E_{vc} &= 12 \cdot (p' / p_a)^{0.5} & & & & & & E_{ur}' = 40 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

#### 10.4 Criteri di verifica

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) sono state effettuate in ottemperanza alla normativa nazionale "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17/1/2018, secondo i criteri sotto riportati.

Per le sezioni di calcolo sono stati considerati i seguenti stati limite:

**SLU di tipo geotecnico (GEO):** Instabilità globale del sistema terreno-opera (A2+M2+R2)

Nelle **verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)** deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto delle azioni o dell'effetto delle azioni e  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza.

In condizioni statiche, i valori di progetto degli effetti delle azioni ( $E_d$ ) devono essere determinati combinando il valore di azioni che si verificano simultaneamente nel modo seguente:

- Combinazioni per situazioni persistenti e transitorie: valori di progetto delle azioni permanenti  $G_i$  e contemporanea presenza delle azioni variabili  $Q_j$

$$E_d = \sum_i \gamma_{G_i} G_{ik} + \gamma_{Q_k} (Q_{1k} + \sum_j \psi_{0j} Q_{jk})$$

assumendo per i coefficienti parziali  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$  e per i coefficienti di combinazione  $\psi_{0j}$  i valori in seguito indicati.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica				
		09	017	DR	31	2

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_\varphi$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
$\gamma_R$	1,1

Per quanto riguarda il caso in esame non sono presenti sovraccarichi accidentali.

In condizioni sismiche, i valori di progetto degli effetti delle azioni ( $E_d$ ) devono essere determinati combinando il valore di azioni che si verificano simultaneamente nel modo seguente:

- combinazioni per situazioni di progetto sismiche (SLU -EQK): valori caratteristici delle azioni permanenti  $G_i$  con i valori frequenti delle azioni variabili  $Q_j$  e con il valore di progetto dell'azione sismica  $A_{Ed}$

$$F_d = \sum_i G_{ik} + \gamma_1 A_{Ed} + \sum_j \psi_{2j} Q_{jk}$$

assumendo per i coefficienti parziali  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$  il valore pari a 1.

Per le verifiche sismiche i coefficienti parziali A ed M sono posti uguali a 1.

Per la presenza di acqua libera è necessario tenere in conto della sovrappressione dell'acqua dovuta all'effetto idrodinamico, avente risultante pari a:

$$E_{d,w} = \mp \frac{7}{12} k_h \gamma_w h^2$$

essendo h l'altezza del pelo libero dalla quota del fondale.

Per le verifiche di stabilità globale in condizioni sismiche sono stati applicati i seguenti coefficienti:

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

dove

$\beta_s$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = accelerazione di gravità.

dove

$\beta_s = 0.38$  nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)

$\gamma_R = 1.2$ .

(§ 7.11.4)

## 10.5 calcolo e verifica della sezione di progetto

Per i calcoli di stabilità globale è stato utilizzato il software specialistico PARATIE PLUS di Harpaceas Srl, applicando il metodo dell'equilibrio limite attraverso il metodo dei conci. Benché il grado di stabilità di un pendio sia legato alle deformazioni che esso manifesta, le analisi di stabilità sono basate su metodi che considerano solo l'equilibrio delle forze in gioco. Il metodo si basa sul confronto tra forze resistenti e forze agenti e sulla definizione di un fattore di sicurezza dato dal loro rapporto. Il corpo è considerato rigido, senza tener conto di deformazioni o spostamenti, la superficie di rottura è nota a priori. Il metodo richiede soltanto di determinare i criteri di resistenza del materiale lungo la superficie di rottura. I metodi dell'equilibrio limite si basano sul presupposto che è necessario che siano soddisfatte le condizioni di equilibrio e il criterio di resistenza (che determina le condizioni di collasso), ma che le condizioni di congruenza e di compatibilità degli spostamenti possano essere ignorate. Esistono diverse applicazioni di questo metodo ma tutte hanno in comune le seguenti assunzioni:

- le superfici di rottura sono delle superfici di scivolamento predefinite; quindi, l'analisi di stabilità è effettuata considerando l'equilibrio della massa di terreno individuata da tale superficie sottoposta alle forze di contorno;
- la legge costitutiva lungo la superficie di rottura è assunta rigida – perfettamente plastica mentre quella del materiale è rigida.
- la resistenza al taglio lungo la superficie di scivolamento è calcolata attraverso le equazioni della statica;
- quando il pendio non è omogeneo ed esistono condizioni di flusso difficilmente schematizzabili, si ricorre a metodi che suddividono la massa interessata in conci per ogni concio valgono le assunzioni precedenti.

In particolare, è stato applicato, a favore della sicurezza, il metodo di Bishop semplificato in cui, nelle equazioni di equilibrio, vengono trascurate le forze di taglio tra i conci.

Al metodo di Bishop semplificato è stato applicato l'Approccio di progetto A2+M2+R2 con R2 = 1.1 in condizioni statiche e l'Approccio di progetto 1.0+1.0+R2 con R2 = 1.2 in condizioni sismiche (vedi i criteri di verifica indicati nel §10.4 della relazione).

Nelle figure seguenti si riportano gli esiti delle verifiche svolte per la condizione statica e per la condizione sismica, rappresentate dal valore del coefficiente di sicurezza  $F_s$  minimo riferito alla superficie di scorrimento critica ottenuto dal modello di calcolo. Il modello di calcolo considera un valore unitario del coefficiente parziale applicato alla resistenza (R1), per tale motivo per

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

ottenere il valore del coefficiente di sicurezza secondo le NTC basta applicare il coefficiente R2 al valore di  $F_s$  ottenuto.

Nella tabella riassuntiva si riporta, per le verifiche svolte, nella prima colonna il coefficiente di sicurezza  $F_s$  sopra descritto che risulta dal modello di calcolo senza applicare il coefficiente di riduzione delle resistenze offerte, mentre nella seconda colonna si riportata il corrispondente valore del coefficiente di sicurezza ottenuto applicando alla resistenza del terreno il coefficiente R2 della Normativa vigente.

**Dai risultati delle analisi, le condizioni di stabilità del versante risultano tutte soddisfatte.**

Si evidenzia come il coefficiente di stabilità del versante aumenta con la realizzazione della vasca.

**Tabella 10-1 - Risultati delle verifiche di tipo stabilità di insieme (GEO) agli stati limite ultimi  
Zona spiaggia**

	$F_s$ minimo	Rd/Ed SLU (GEO): (A2+M2+R2) SLU-EQK (GEO): (1.0+1.0+R2)
<b>STATO ATTUALE</b>		
Verifica SLU (GEO) Condizione statica	1.956	1.778
Verifica SLU-EQK (GEO) Condizione sismica	2.150	1.792
<b>FASE 1</b>		
Verifica SLU (GEO) Condizione statica	5.682	5.165
Verifica SLU-EQK (GEO) Condizione sismica	5.801	4.834
<b>FASE 2</b>		
Verifica SLU (GEO) Condizione statica	20.181	18.346
Verifica SLU-EQK (GEO) Condizione sismica	17.734	14.778

**Tabella 10-2 - Risultati delle verifiche di tipo stabilità di insieme (GEO) agli stati limite ultimi  
Zona promontorio – argine sinistro.**

	$F_s$ minimo	Rd/Ed SLU (GEO): (A2+M2+R2) SLU-EQK (GEO): (1.0+1.0+R2)
Verifica SLU (GEO) Condizione statica	1.223	1.112
Verifica SLU-EQK (GEO) Condizione sismica	1.390	1.158

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica				
		09	017	DR	31	2

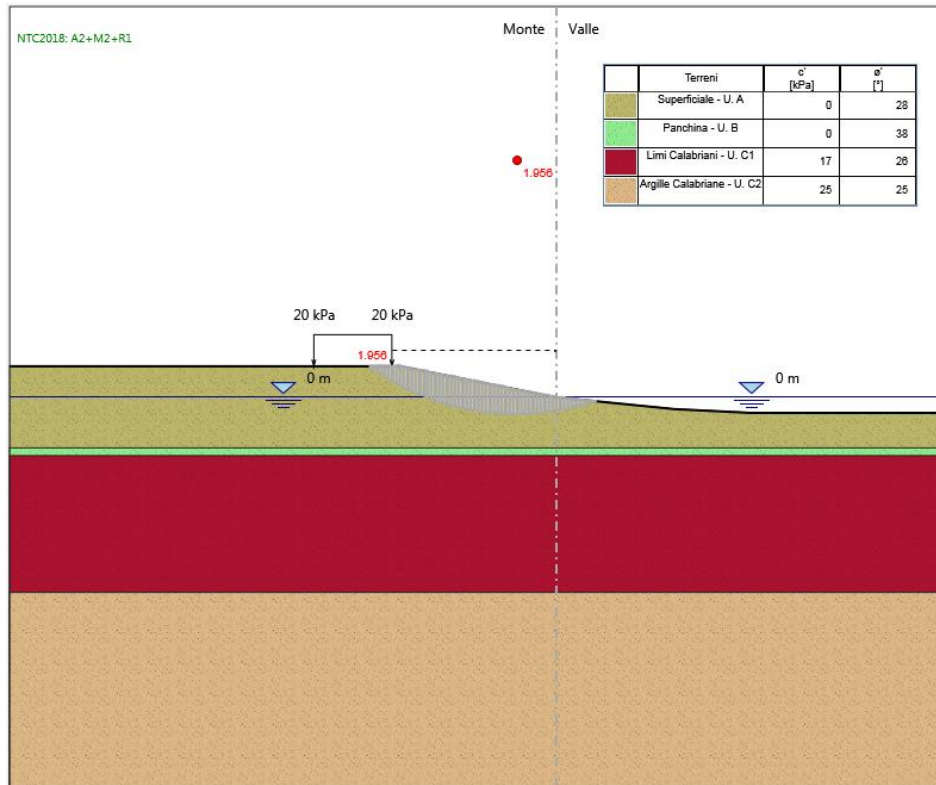


figura 10-8 – Valore del coefficiente di sicurezza minimo ( $F_s$ ) ottenuto in riferimento alla superficie di scorrimento critica per la verifica di stabilità di globale in condizioni statiche – stato attuale – zona spiaggia

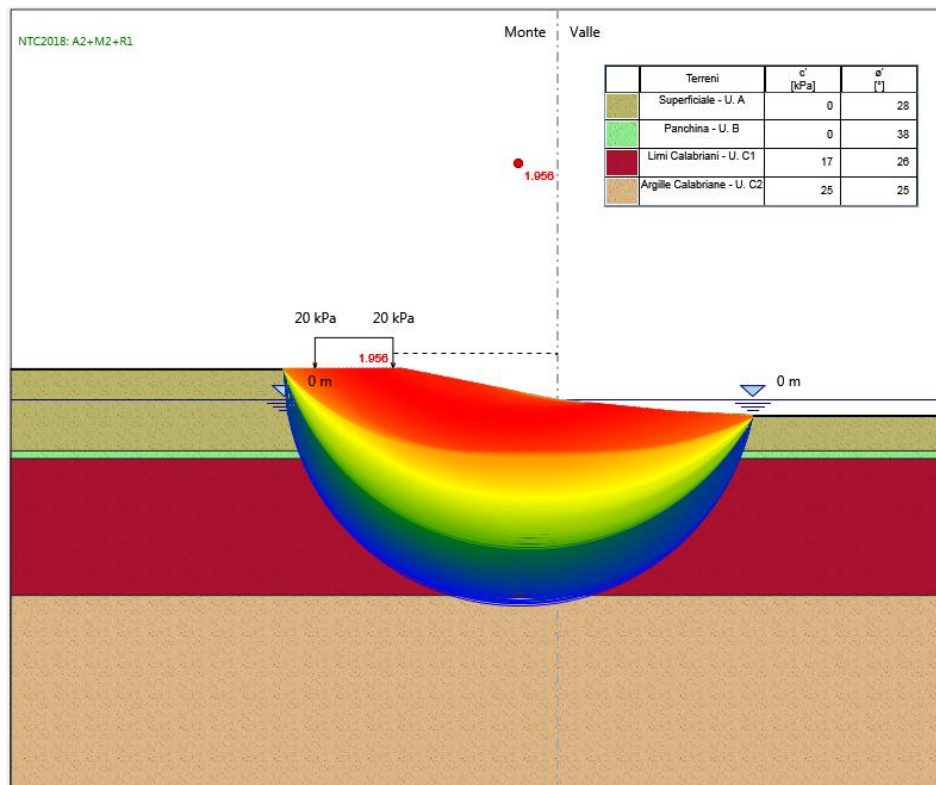


figura 10-9 – Valore del coefficiente di sicurezza minimo ( $F_s$ ) ottenuto in riferimento alla superficie di scorrimento critica e superfici critiche analizzate per la verifica di stabilità di globale in condizioni statiche – stato attuale – zona spiaggia



Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica				
		09	017	DR	31	2

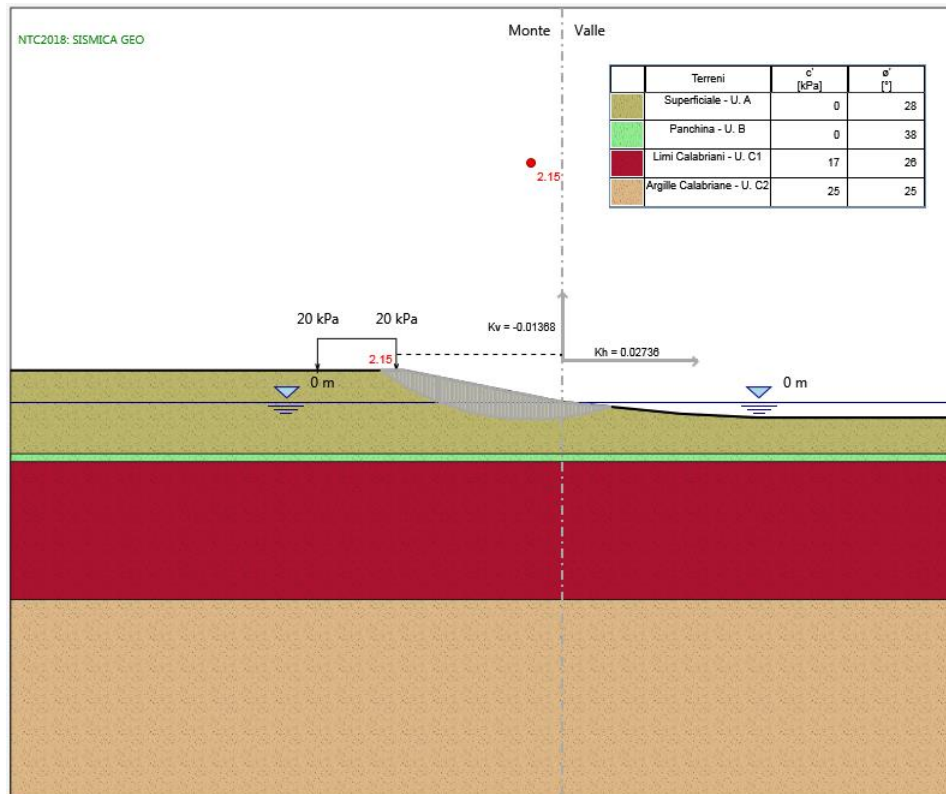


figura 10-10 – Valore del coefficiente di sicurezza minimo ( $F_s$ ) ottenuto in riferimento alla superficie di scorrimento critica per la verifica di stabilità di globale in condizioni sismiche stato attuale – zona spiaggia

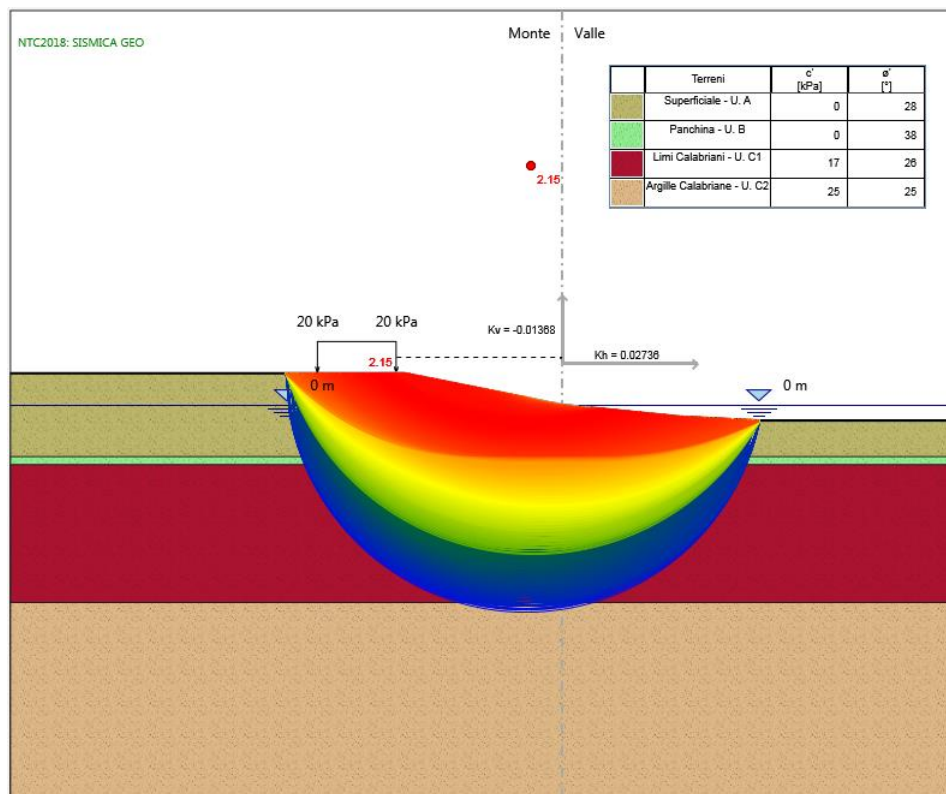
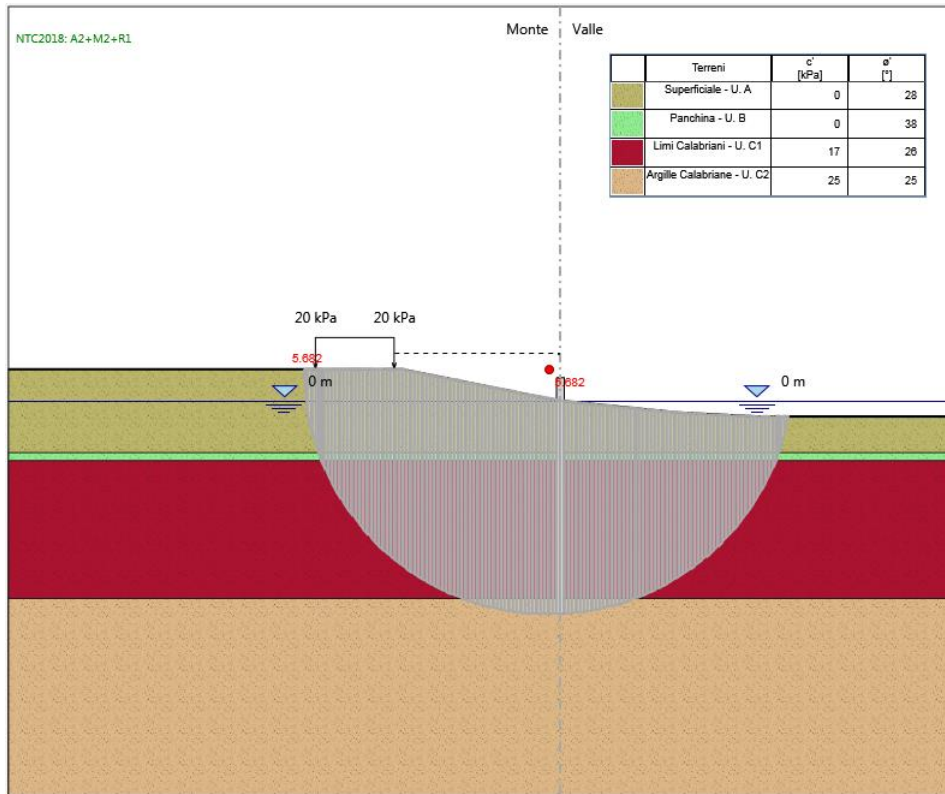
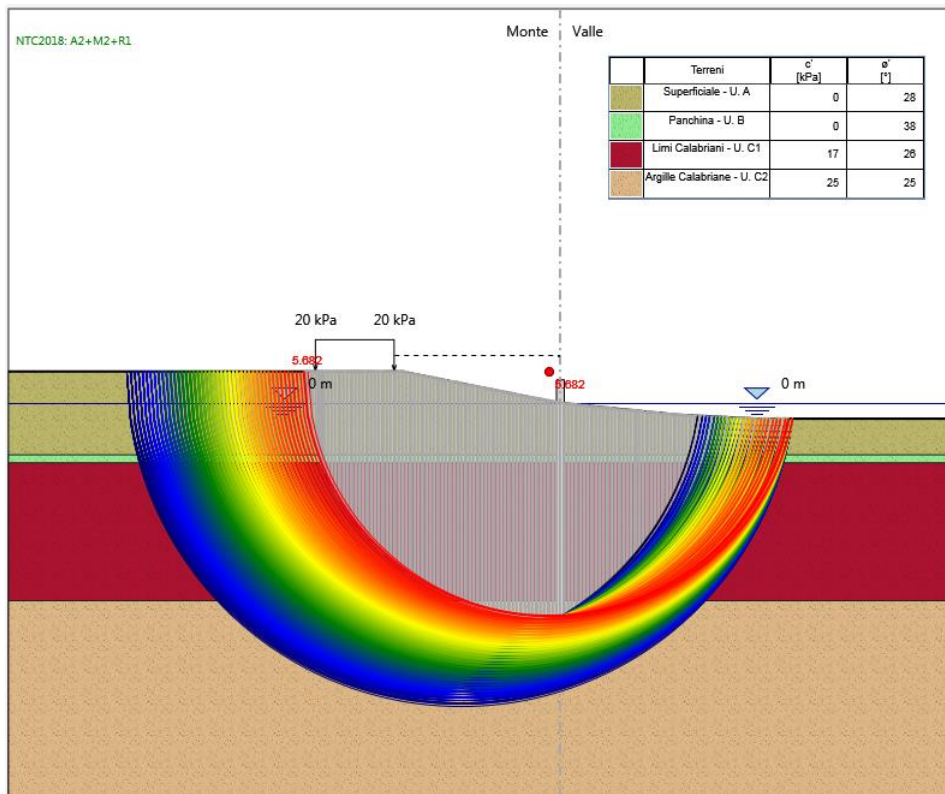


figura 10-11 – Valore del coefficiente di sicurezza minimo ( $F_s$ ) ottenuto in riferimento alla superficie di scorrimento critica e superfici critiche analizzate per la verifica di stabilità di globale in condizioni sismiche stato attuale – zona spiaggia

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>					
		09	017	DR	31	2	GEO



**figura 10-12 – Valore del coefficiente di sicurezza minimo ( $F_s$ ) ottenuto in riferimento alla superficie di scorrimento critica per la verifica di stabilità di globale in condizioni statiche**  
**Fase 1 – zona spiaggia**



**figura 10-13 – Valore del coefficiente di sicurezza minimo ( $F_s$ ) ottenuto in riferimento alla superficie di scorrimento critica e superfici critiche analizzate per la verifica di stabilità di globale in condizioni statiche**  
**Fase 1– zona spiaggia**

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>				
		09	017	DR	31	2

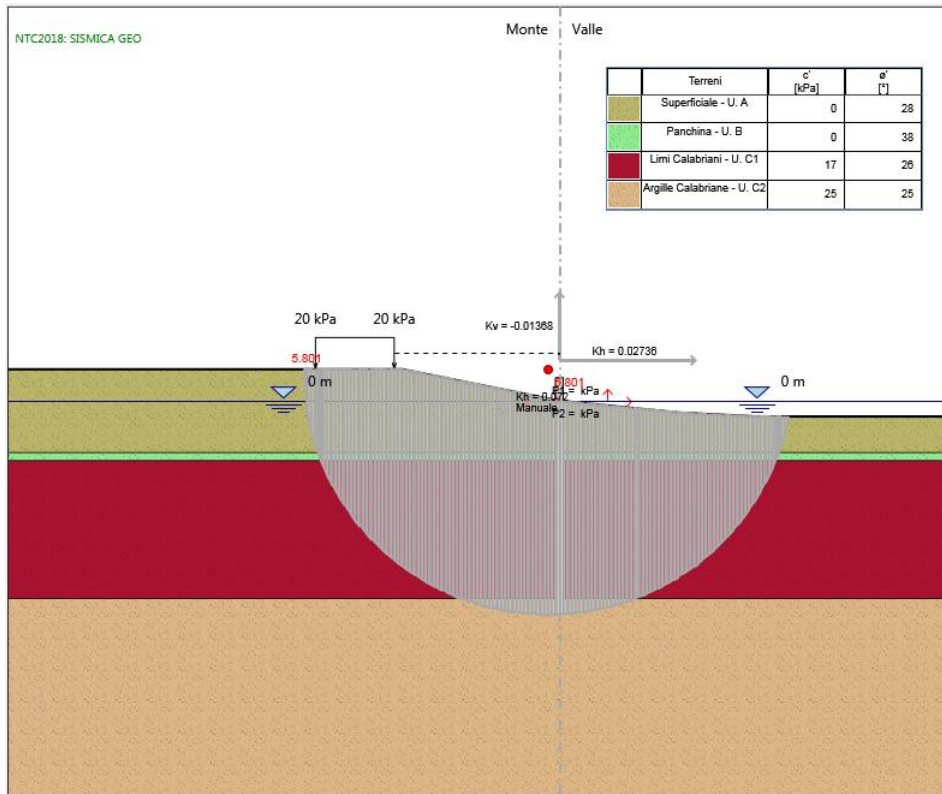


figura 10-14 – Valore del coefficiente di sicurezza minimo ( $F_s$ ) ottenuto in riferimento alla superficie di scorrimento critica per la verifica di stabilità di globale in condizioni sismiche – Fase 1– zona spiaggia

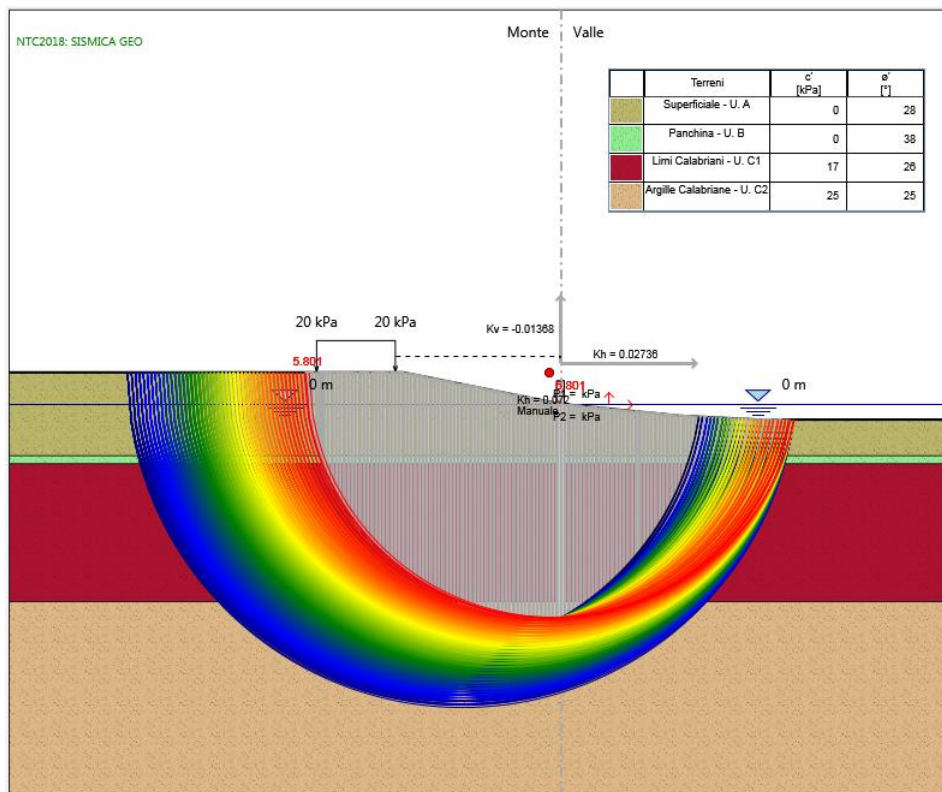
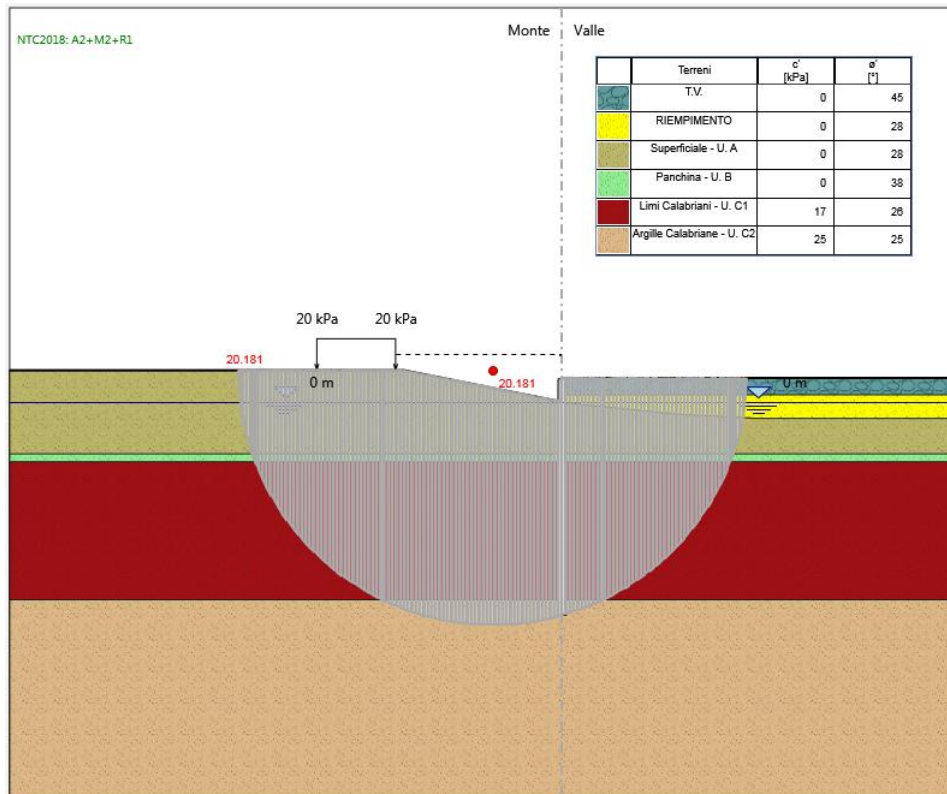
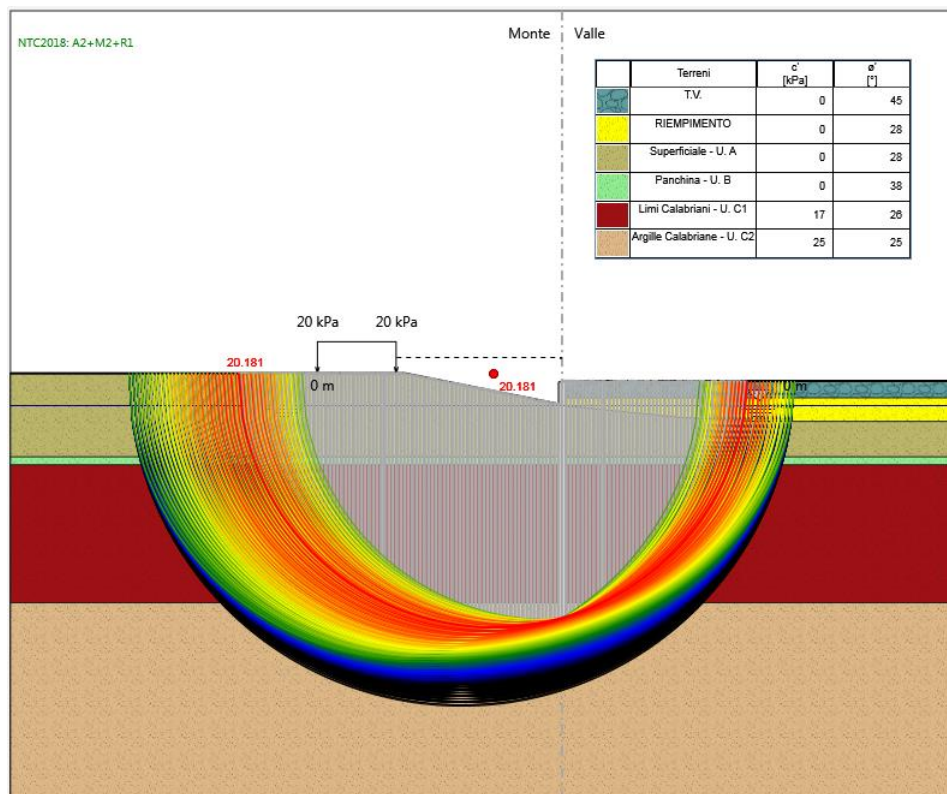


figura 10-15 – Valore del coefficiente di sicurezza minimo ( $F_s$ ) ottenuto in riferimento alla superficie di scorrimento critica e superfici critiche analizzate per la verifica di stabilità di globale in condizioni sismiche Fase 1– zona spiaggia

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Porto di BRINDISI</b> <b>LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST</b> Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>				
		09	017	DR	31	2



**figura 10-16 – Valore del coefficiente di sicurezza minimo ( $F_s$ ) ottenuto in riferimento alla superficie di scorrimento critica per la verifica di stabilità di globale in condizioni statiche**  
**Fase 2– zona spiaggia**



**figura 10-17 – Valore del coefficiente di sicurezza minimo ( $F_s$ ) ottenuto in riferimento alla superficie di scorrimento critica e superfici critiche analizzate per la verifica di stabilità di globale in condizioni statiche**  
**Fase 2– zona spiaggia**



Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica				
		09	017	DR	31	2

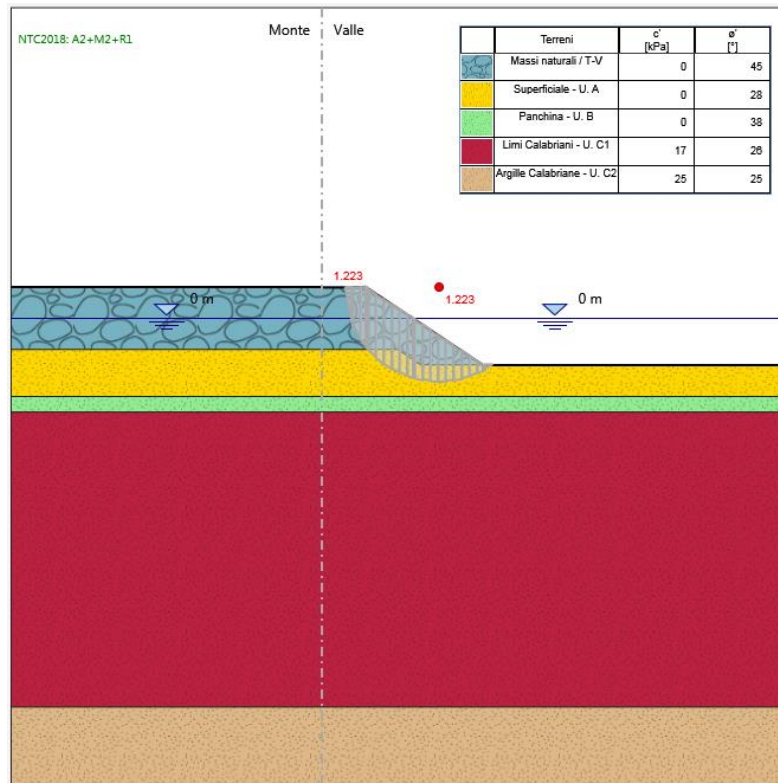


figura 10-20 – Valore del coefficiente di sicurezza minimo ( $F_s$ ) ottenuto in riferimento alla superficie di scorrimento critica per la verifica di stabilità di globale in condizioni statiche – zona Argine

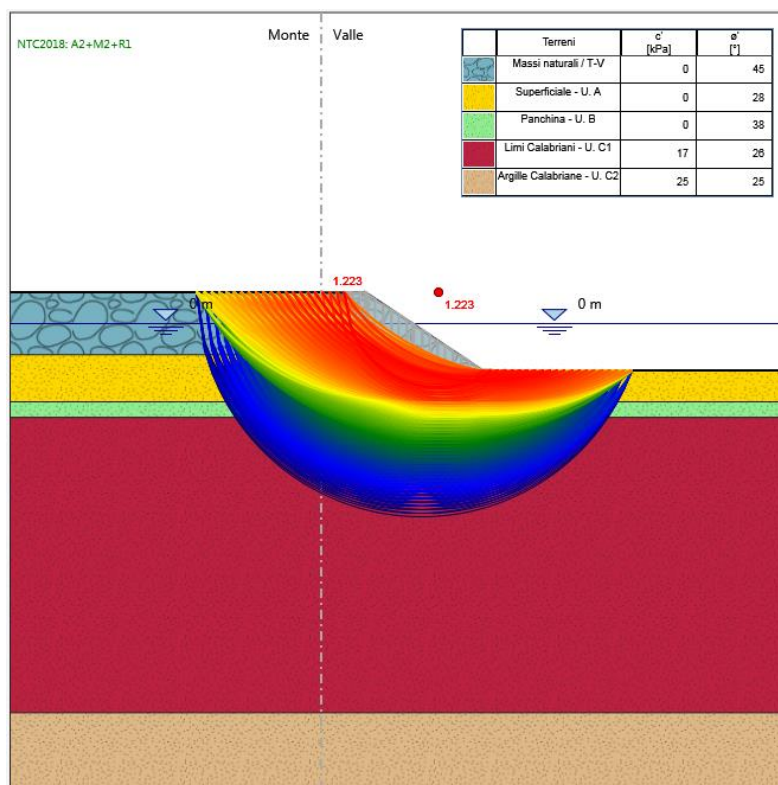


figura 10-21 – Valore del coefficiente di sicurezza minimo ( $F_s$ ) ottenuto in riferimento alla superficie di scorrimento critica e superfici critiche analizzate per la verifica di stabilità di globale in condizioni statiche – zona Argine

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica				
		09	017	DR	31	2

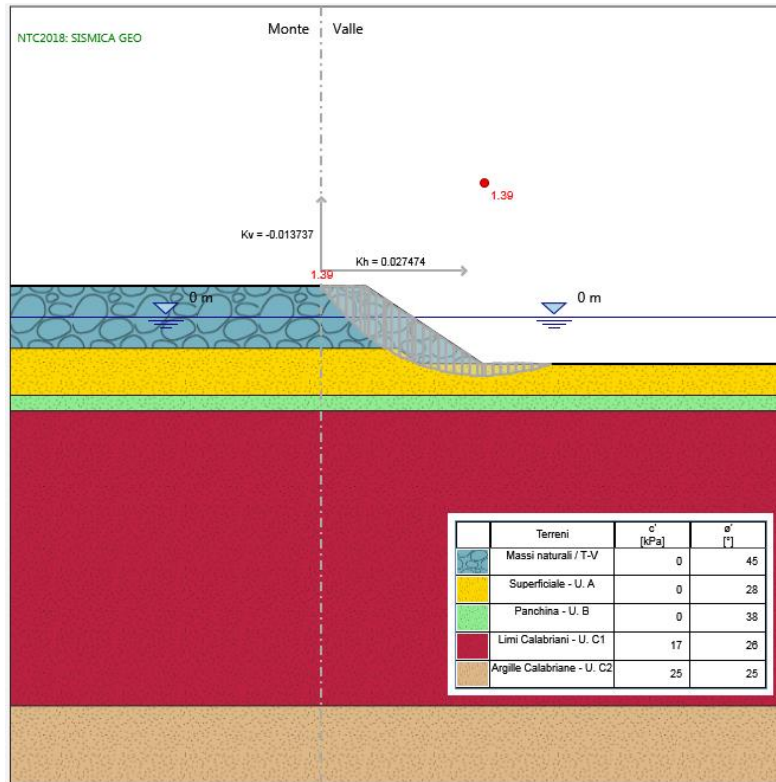


figura 10-22 – Valore del coefficiente di sicurezza minimo ( $F_s$ ) ottenuto in riferimento alla superficie di scorrimento critica per la verifica di stabilità di globale in condizioni sismiche– zona Argine

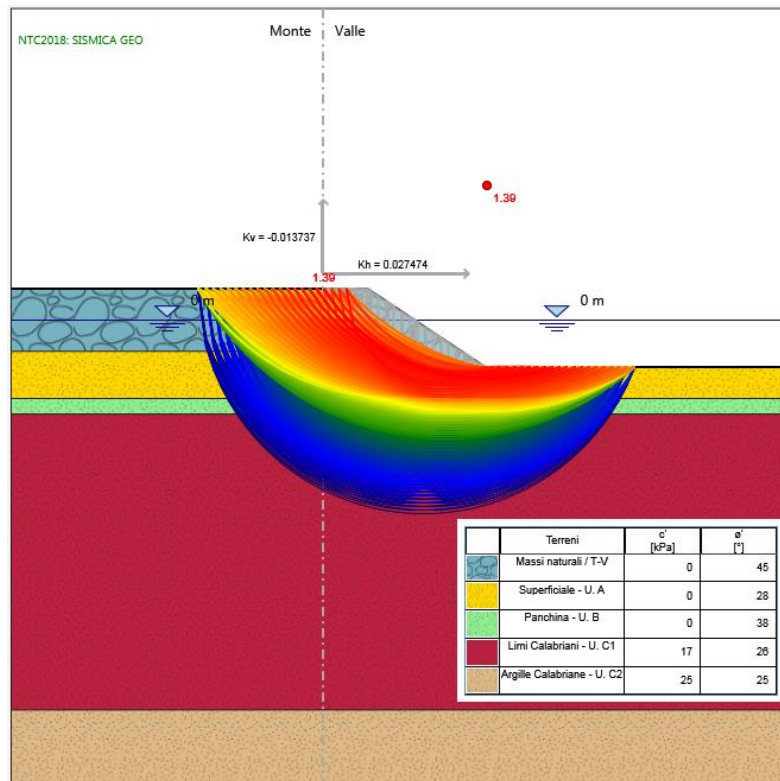


figura 10-23 – Valore del coefficiente di sicurezza minimo ( $F_s$ ) ottenuto in riferimento alla superficie di scorrimento critica e superfici critiche analizzate per la verifica di stabilità di globale in condizioni sismiche– zona Argine

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Porto di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	Relazione di compatibilità geologica e geotecnica					
		09	017	DR	31	2	GEO

## Capitolo 11 Bibliografia

- ICRAM E SIAP: Caratterizzazione dell'area marino - costiera prospiciente il sito di bonifica di interesse nazionale di Brindisi" - nel marzo 2008.
- De Lucia M., Alessio G., Gaudiosi G., Nappi R., Porfido S.: A review of the intensity values for the 1743 Salento earthquake. Rendiconti online Società Geologica Italiana (2014), 31 (Suppl.1): 608.
- Del Gaudio V.: Criticità nelle stime della pericolosità sismica per la regione Puglia (2017). Geologi e Territorio 2-2017 Periodico di Scienze della Terra dell'Ordine dei Geologi della Puglia.
- Galli P. and Naso G.: The taranta" effect of the 1743 earthquake in Salento (Apulia, southern Italy). Bollettino di geofisica e vulcanologia (2008), 49:177-204.
- Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia - banca dati faglie attive (<http://diss.rm.ingv.it/diss/>)
- Lopez N., Sciannamblo D., Spizzico M., Spizzico V., Tinelli R.: Intrinsic vulnerabilità assesment of a confined carbonatic aquifer: the Brindisi Plain Case (Southern Italy). The open Environmental Engineering Journal (2008), 1:9-16.
- Nappi R., Gaudiosi G., Alessio G., De Lucia M., Porfido S.: The environmental effects of the 1743 Salento earthquakes (Apulia, southern Italy): a contribution to seismic hazard assesment of the Salento Peninsula. (2017). Nat. Hazards, 56:S295-S324.
- Ricchetti E., Polemio M.: L'aquifero superficiale del territorio di brindisi: dati geoidrologici diretti e immagini radar da satellite. Mem. Soc. geol. It. 51 (1996), 1059-1074.
- Scalese N. Annotazioni di Don Nicola Scalese all'epistola apologetica Joannis Baptistae Casimirii. (1743). Biblioteca Arcivescovile A. di Loe, Brindisi.
- Spizzico M., Lopez N., Sciannamblo D.: Analysis of the potential contamination risk of groundwater resources circulating in areas with anthropogenic activities. Natural Hazards and Earth System Science (2005), 5(1):109-116.
- Autorità di Bacino della Puglia (<http://www.adb.puglia.it/public/news.php>)
- Carta Geologica d'Italia - F° 204 Lecce e relative note illustrative
- Ciaranfi N., Pieri P. & Ricchetti G.: Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centro-meridionale). Mem. Soc. Geol. It. (1992), 41: 449-460.
- Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia - banca dati faglie attive (<http://diss.rm.ingv.it/diss/>)
- Spizzico M., Lopez N., Sciannambolo D., Tinelli R.: La piana di brindisi: fenomeni di interazione tra le falde idriche sotterranee presenti nell'area. Giornale di geologia applicata, 3 (2006), 17.24.



<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<u>Porto di BRINDISI</u> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST Elaborati tecnici a corredo dell'istanza di revisione del PAI	<b>Relazione di compatibilità geologica e geotecnica</b>					
		09	017	DR	31	2	GEO

- Tozzi M.: Assetto tettonico dell'avampaese apulo meridionale (Murge meridionali - Salento) sulla base dei dati strutturali. *Geologica Romana* (1993), 95-112.

**Dott. Geol. Vittorio Stocchi**

