



**Finanziato  
dall'Unione europea**  
NextGenerationEU



## Città di Trani

*Medaglia d'argento al merito civile*  
Provincia Barletta-Andria-Trani

AREA IV - URBANISTICA, DEMANIO E AMBIENTE



RUP	TIMBRI E FIRME
Arch. Francesco PATRUNO	
SUPPORTO AL RUP	
Geol. Antonio DE NAPOLI	
PROGETTISTI	
Arch. Francesco GIANFERRINI Arch. Francesco VITAGLIANO Ing. Elisabetta Viviana CRACA	

ELABORATO	ARGOMENTO	PROGRESSIVO	REVISIONE
<b>RELAZIONE GEOLOGICA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA PAI</b>	<b>R</b>	<b>5</b>	<b>0</b>
	RAPPORTO GRAFICO		
	❖		

REVISIONE	NOTE DI REVISIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	Progetto Definitivo	Dicembre 2022		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1					
2					
3					
4					

NUOVO PARCO ATTREZZATO DELLA "COSTA NORD" - CUP: C71B21001070001  
 PISTA CICLABILE ADRIATICA - CUP: C71B21001090001  
 COMPLETAMENTO DEL RECUPERO EDILIZIO DELL'IMMOBILE PUBBLICO GIA' MACELLO COMUNALE,  
 PER REALIZZARE ALLOGGI DI COHOUSING IN VIA ROMITO - CUP: C77H21000310001

## **INDICE**

	<b>Pag.</b>
◆ <b>1. Introduzione</b>	<b>2</b>
◆ <b>2. Stato di fatto</b>	<b>4</b>
◆ <b>3. Interventi di progetto</b>	<b>6</b>
◆ <b>4. Rischi geomorfologici</b>	<b>9</b>
4.1 – P.T.A.	<b>12</b>
4.2 – Parchi e Aree Protette	<b>13</b>
4.3 – Piano coste	<b>15</b>
4.4 – P.A,I,	<b>16</b>
◆ <b>5. Morfologia e Geologia</b>	<b>25</b>
5.1 – Caratteri litologici	<b>27</b>
◆ <b>6. Piano indagini</b>	<b>30</b>
6.1 – Trivellazioni a carotaggio	<b>32</b>
6.2 – Indagine geofisica	<b>35</b>
◆ <b>7. Inquadramento idrogeologico</b>	<b>43</b>
◆ <b>8. Sismicità</b>	<b>44</b>
◆ <b>9. Pericolosità sismica di base</b>	<b>53</b>
◆ <b>10. Parametri geotecnici</b>	<b>58</b>
10.1 - Edifici residenziali	<b>61</b>
10.2 - Valutazione rischio geomorfologico	<b>71</b>
◆ <b>11. Conclusioni</b>	<b>83</b>
◆ <b>Elaborati</b>	<b>85</b>
Sismica a rifrazione	<b>86</b>
Sismica M.A.S.W.	<b>90</b>
Report stabilità falesia	<b>94</b>

## 1. INTRODUZIONE

Utilizzando i fondi PINQuA, il progetto prevede la riqualificazione della costa nord del comune di Trani, attraverso la realizzazione di un nuovo parco attrezzato fronte mare “Villa Comunale della Costa Nord”, la sistemazione a verde di via Lionelli e l’edificazione di servizi alla residenza.

Il progetto infatti, ha come obiettivo quello di riqualificare l’area industriale dell’ex distilleria Angelini, caratterizzata prevalentemente da edifici industriali dismessi. Gli edifici facenti parte di quest’area verranno demoliti, per lasciare spazio ad una nuova e funzionale area verde; essa permetterà ai cittadini di usufruire di ampi spazi sociali, utili per praticare sport all’aperto, per il gioco dei più piccoli, ma anche che garantire un importante servizio ecologico e un’ampia veduta dello splendido Castello Svevo e della Basilica Cattedrale Beata Maria Vergine Assunta del Comune di Trani.

Inoltre, l’intervento prevede il recupero e trasformazione funzionale in “cittadella dei giovani” dell’ex macello comunale (p.lla 159) che potrà ospitare 12 alloggi e servizi di co-housing, distribuiti su due livelli.

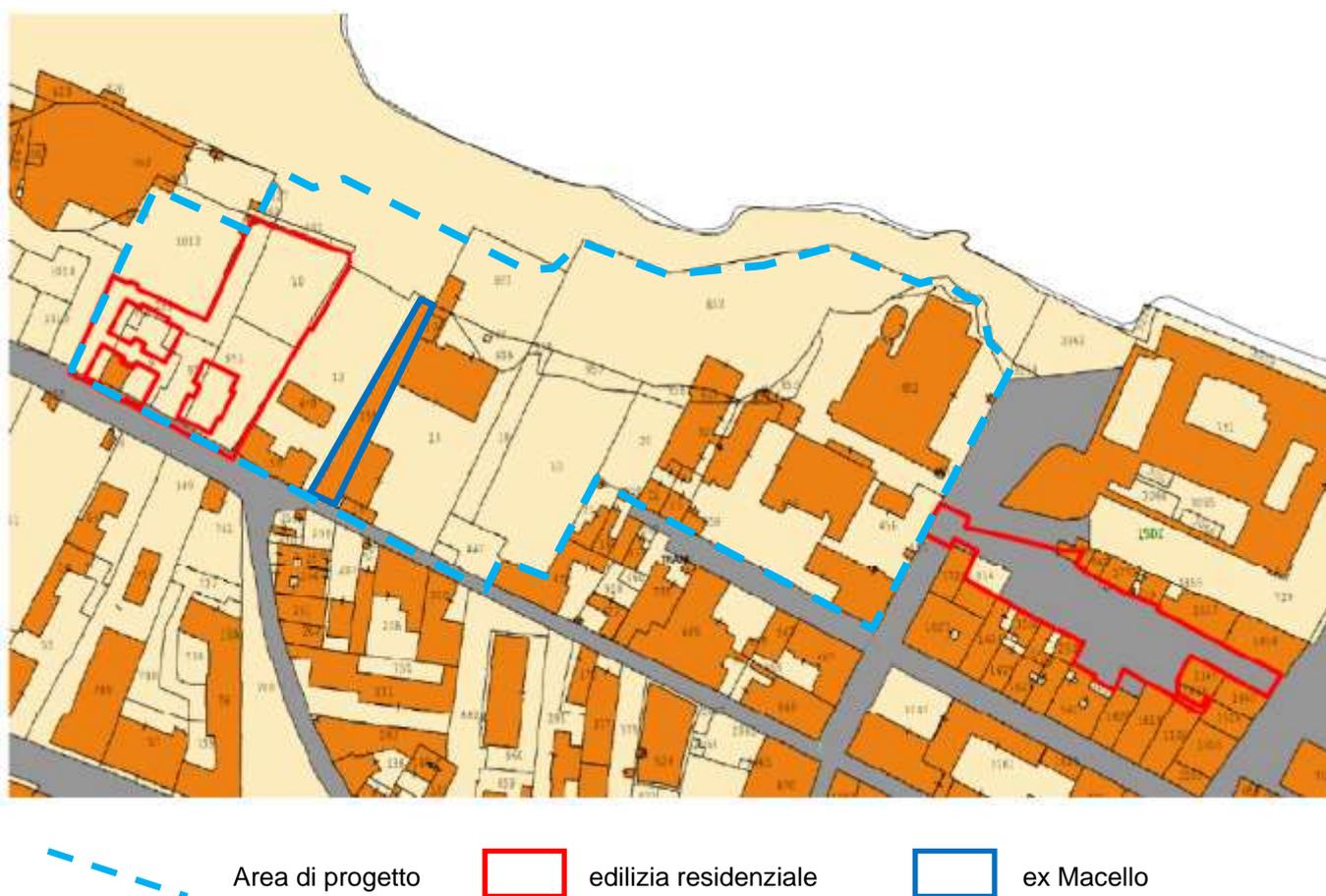


Fig. 1 – Inquadramento ortofoto

L'area oggetto di intervento è ubicata sulla costa nord della città di Trani, collocata ad ovest del castello Normanno Svevo.

La superficie dell'area oggetto di intervento ricade interamente nelle aree dell'ex stabilimento Angelini, oggi di proprietà "Guastamacchia" che saranno espropriate grazie a finanziamenti comunali a valere sul progetto di bonifica dell'intera area.

Le particelle interessate dal presente intervento ricadono tutte nel foglio 13 del comune di Trani e sono: 9, 10, 12, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 159, 236, 248, 326, 447, 448, 451, 452, 454, 455, 456, 457, 458, 466, 821, 822, 827, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 961, 960, 975, 977, 1012.



**Fig. 2 – Inquadramento catastale**

## 2. STATO DI FATTO

L'area oggetto dell'intervento è fortemente segnata dalla presenza degli ex stabilimenti industriali, che compromettono il valore paesaggistico della costa e la tutela del paesaggio, quale ad esempio il prospiciente Castello Svevo, inoltre tale area risulta contaminata dai resti dell'attività di decantazione.

Oltre alle zone interessate direttamente dalla presenza degli stabilimenti dell'ex Distilleria Angelini c'è da annoverare la condizione disastrosa in cui versa la costa, attualmente inquinata da rifiuti di ogni genere, anche derivanti dalle attività ivi collocate.



Fig. 3 – Foto aeree zona Villa “Costa Nord”

Gli edifici dell'ex stabilimento Angelini risultano completamente fatiscenti considerata la totale assenza di interventi manutentivi e spogli di qualsiasi impianto o struttura interna, lasciando in essere solo gli involucri esterni.

Anche l'area esterna risulta compromessa impedendo di fatto ogni qualsiasi intervento di recupero.



**Fig. 4 – Foto aeree zona Edilizia residenziale ed Ex Macello**

### 3. INTERVENTI DI PROGETTO

Il progetto di riqualificazione prevede:

- completa demolizione degli edifici esistenti mediante l'utilizzo di tecniche di demolizione selettiva;
- Pavimentazione Architettonica;
- Realizzazioni di aree a verde;
- Panchine in cemento armato;
- Realizzazione di recinzione in muretto a secco e ringhiere;
- Realizzazione di muratura a secco di pietrame calcareo o arenario sbizzato a martello sul fronte mare ("bel vedere") con ringhiere metalliche architettoniche realizzate mediante taglio al laser di lamiere in acciaio e seguendo il disegno delle ringhiere già presenti nelle altre zone del lungomare;
- Impianto di Pubblica Illuminazione;
- Realizzazione pista ciclabile;
- Realizzazione di n° 2 blocchi residenziali;
- Riqualificazione funzionale ex Macello.

Nella seguente indagine si è così proceduto:

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

I dati di campagna sono stati integrati con le notizie reperite nell'ampia bibliografia specialistica esistente sulla zona. La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alla vigente normativa, art. 89 DPR 308/201, DM 11.03.88, DM 14.01.08 DM 17.01.18 tenendo conto dell'O.P.C.M. n° 3274 del 20.03.03 e la DGR 02.03.04 n° 153, che inserisce il territorio di Trani in zona sismica Z3.



**Fig. 5 – Planimetria stato attuale e di progetto della zona edilizia ed ex Macello**

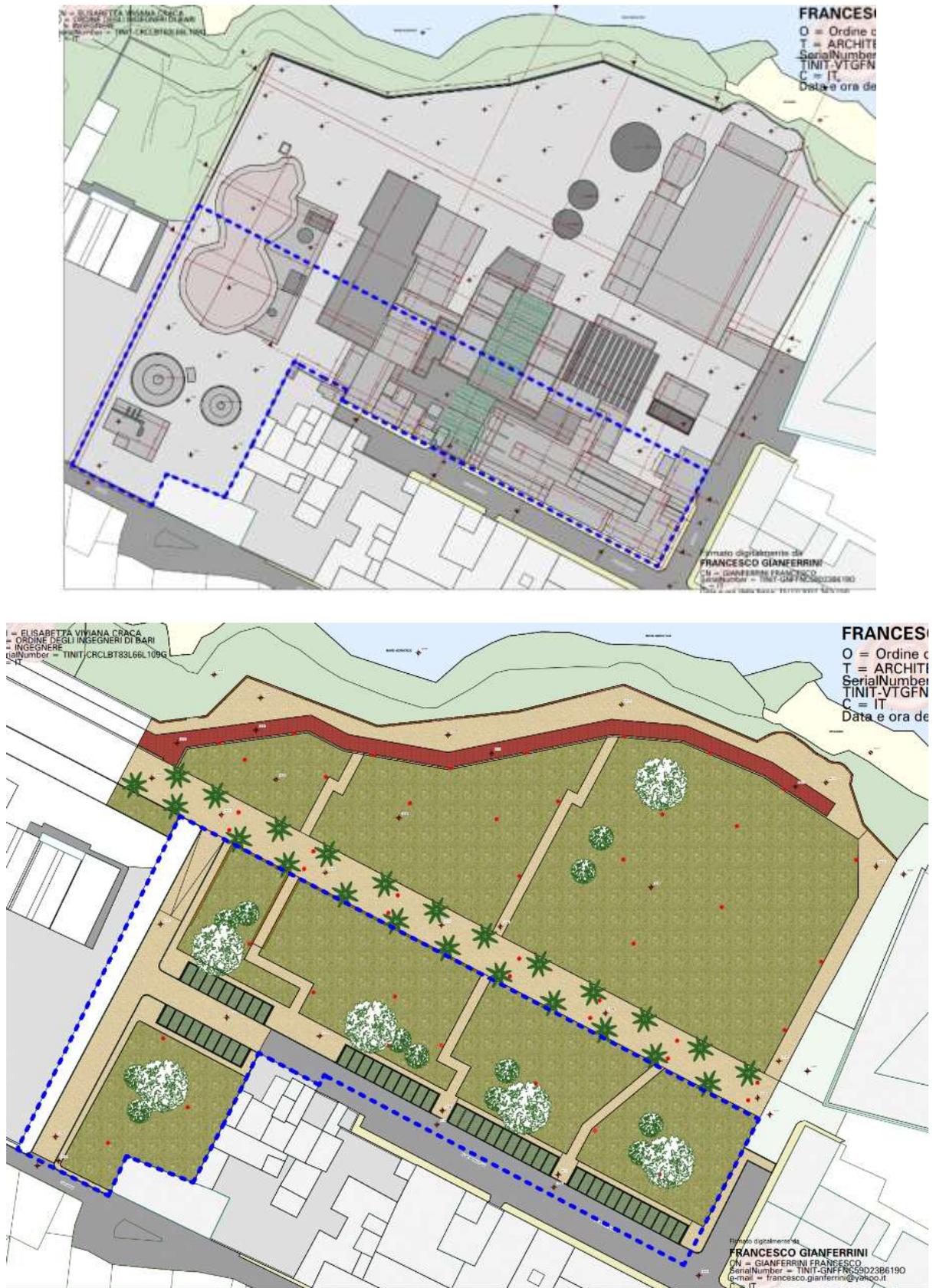


Fig. 6 – Planimetria stato attuale e di progetto zona “Villa Costa Nord”

## 4. RISCHI GEOMORFOLOGICI

Lo studio geomorfologico è stato eseguito secondo la seguente metodologia:

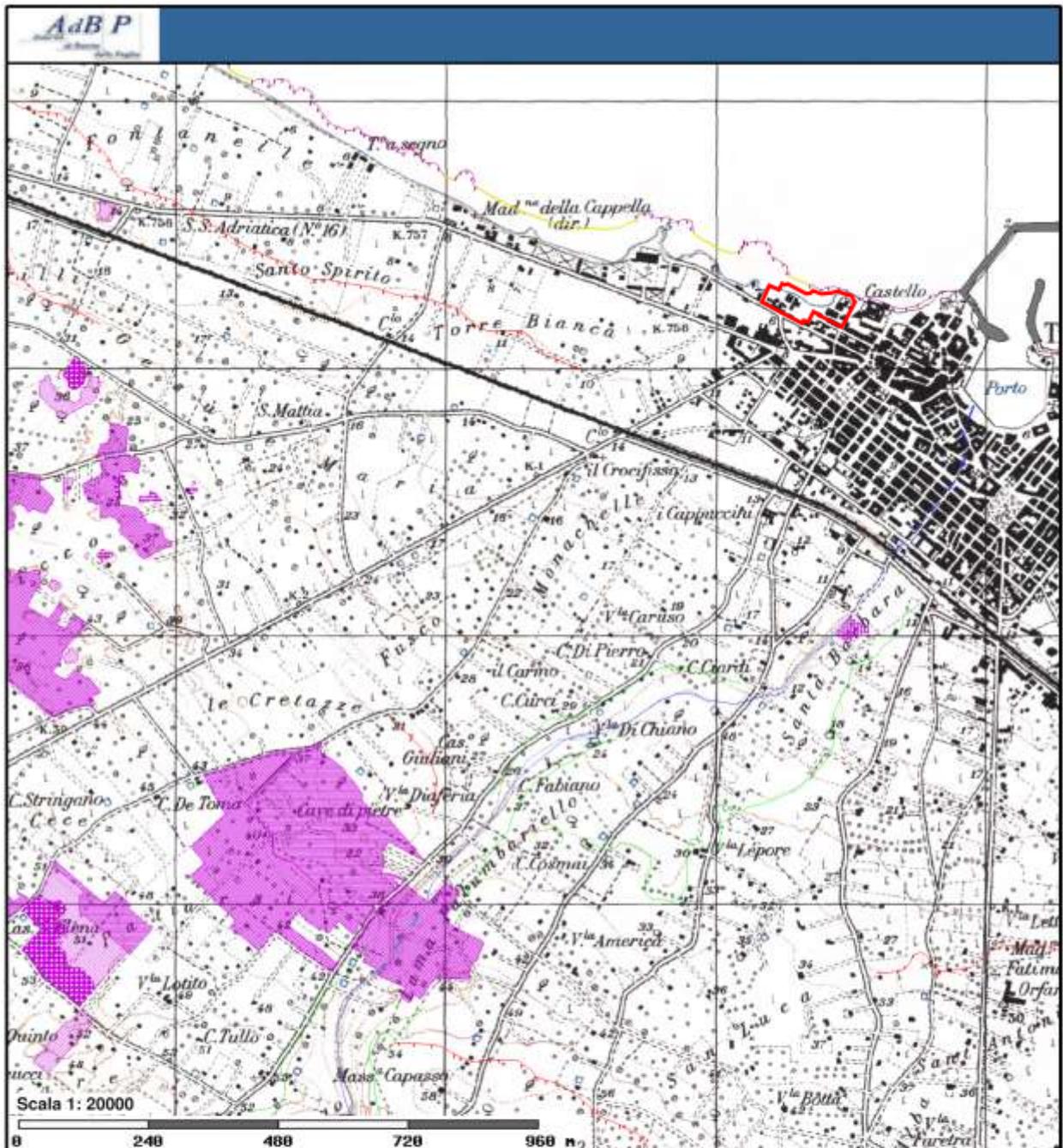
- rilevamento geomorfologico dell'area;
- analisi carta idrogeomorfologica (AdB Puglia);
- cartografia PAI (AdB Puglia);
- Piano Coste (SIT Puglia);
- consultazione della cartografia *catasto grotte* (SIT Puglia);
- WebGIS Federazione Speleologica Pugliese;
- Elenco grotte (FSP).

Lo studio eseguito ha permesso di escludere la presenza di grotte, inghiottitoi, cavità naturali o antropiche, doline e voragini nell'area oggetto di studio.



 Area di progetto

**Fig. 7 – Stralcio Carta catasto grotte e cavità artificiali (FSP)**



### FORME DI VERSANTE

#### Linee

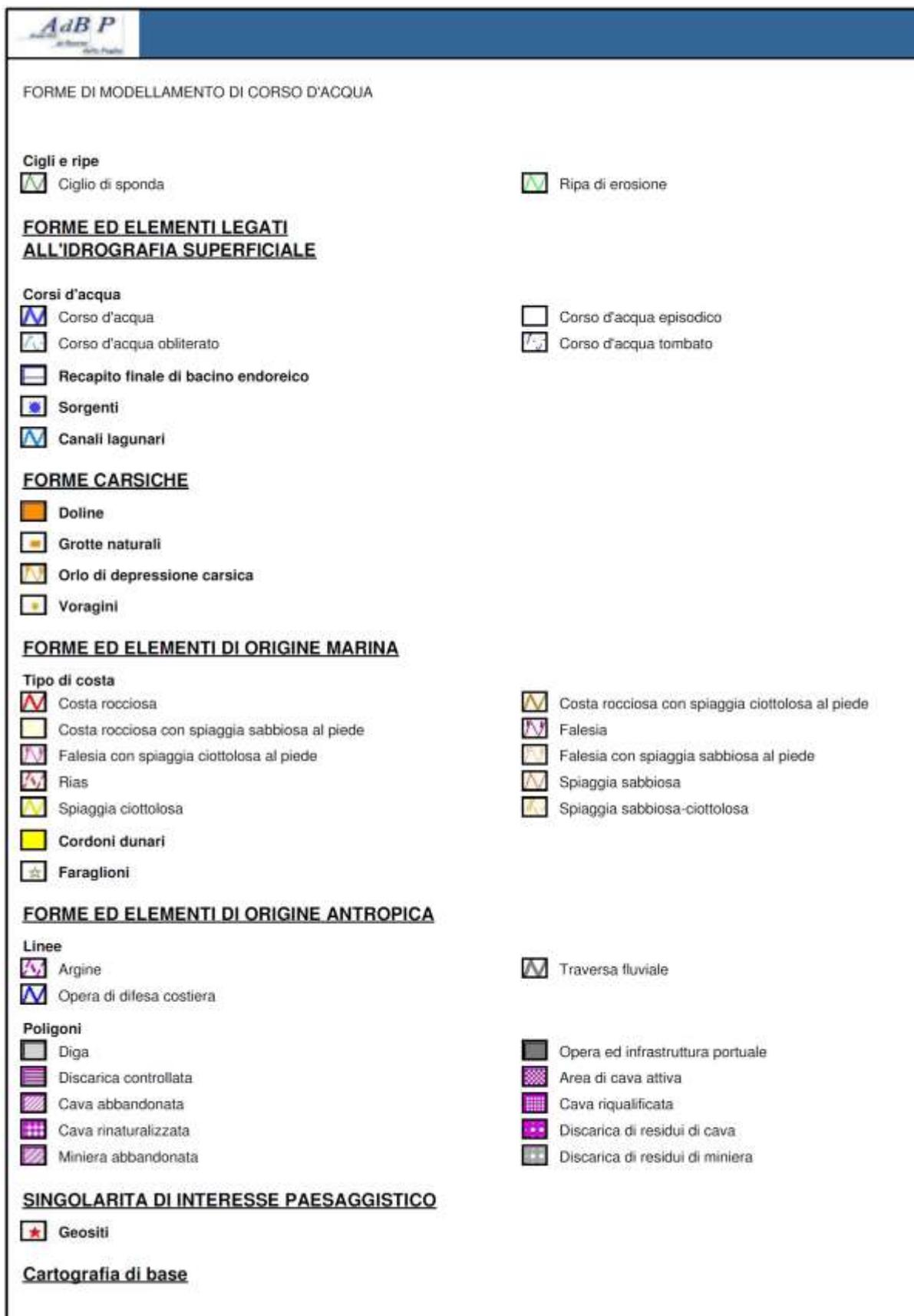
-  Orlo di scarpata delimitante forme semispianate
-  Cresta smussata
-  Nicchia di distacco

-  Cresta affilata
-  Asse di dislivello

#### Poligoni

-  Corpo di frana
-  Area interessata da dissesto diffuso

-  Cono di detrito
-  Area a calanchi e forme similari



**Fig. 8 – Stralcio carta idrogeomorfologica su base I.G.M. – F° 176, tav. I NE “Trani” (AdB)**

ELEMENTO	PRESENZA
forme di modellamento di corso d'acqua	Assente
idrografia superficiale	Assente
rischio idraulico	Assente
bacini idrici (laghi, lagune, paludi, ecc.)	Assente
forme carsiche (doline, inghiottitoi, grotte, ecc)	Assente

#### 4.1 PTA

Con DCR 20 ottobre 2009 n. 230 è stato approvato il *“Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia”* che riporta come vigenti le *“Prime norme di salvaguardia”*, adottate con deliberazione della Giunta regionale n. 883 del 19/06/2007, fino all'adozione dei regolamenti di attuazione. Con delibera di Giunta Regionale n. 1333 del 16.07.2019 è stata adottata la proposta di aggiornamento 2015-2021.

Le *“Prime Misure di Salvaguardia”* riportano:

- Misure di Tutela quali-quantitativa dei corpi idrici sotterranei:
  - Aree interessate da contaminazione salina;
  - Aree di tutela quali-quantitativa.
- Misure di salvaguardia per le zone di protezione speciale idrogeologica:
  - Tipo A;
  - Tipo B;
  - Tipo C.
- Misure integrative (tracciato canale principale dell'AQP).

Dal momento che il foglio 13 del comune di Trani non rientra nè tra le zone di protezione speciale idrogeologica nè tra quelle sottoposte alle misure integrative, **è possibile affermare che l'area in oggetto, non è soggetta alle prescrizioni di cui il Piano di Tutela Acque.**

## Consultazione Piano Tutela Acque 2019 Adottato

Sistema Informativo Territoriale - Regione Puglia - 08/06/2020

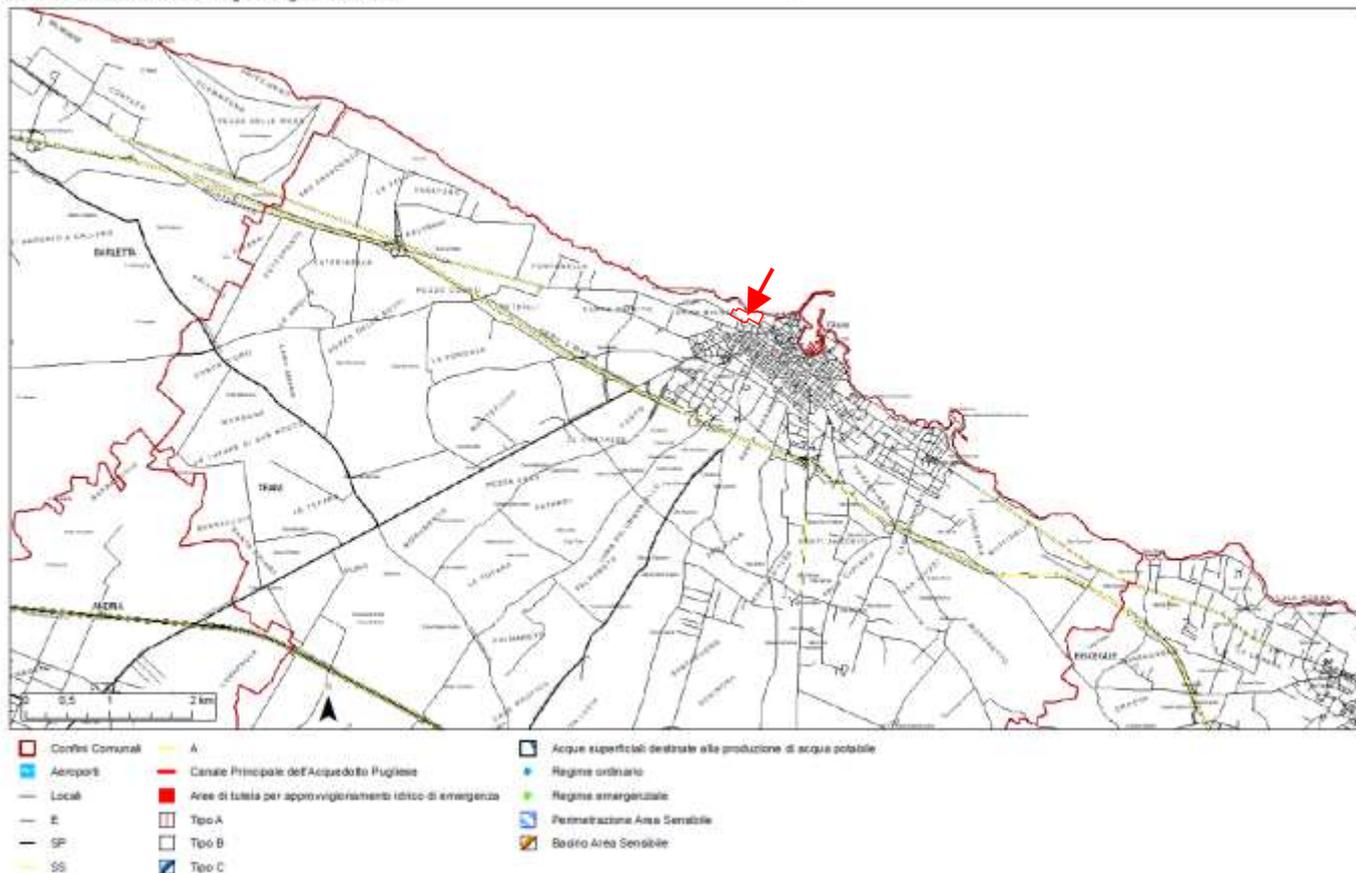


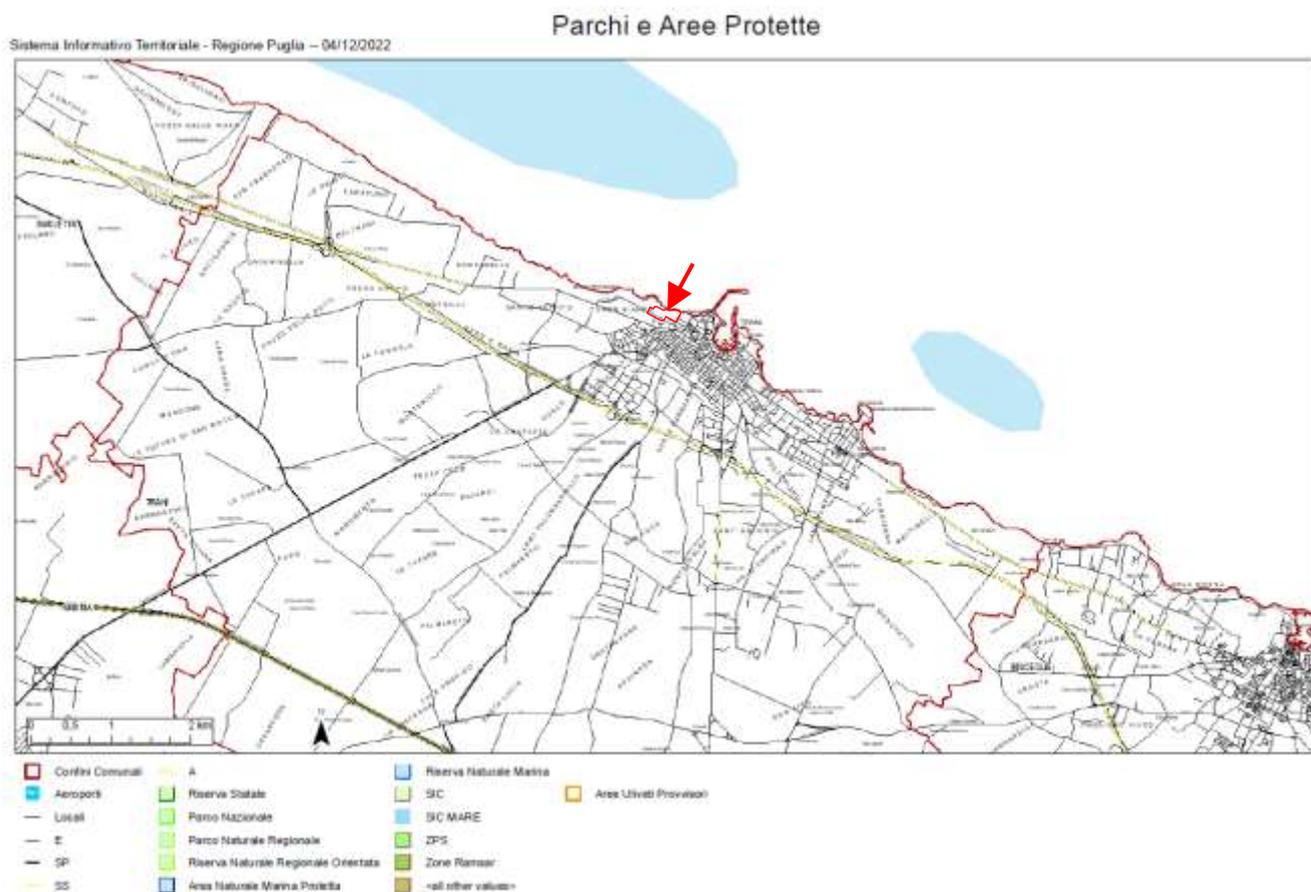
Fig. 9 – Zone di protezione speciale idrogeologica (SIT Puglia)

#### 4.2 Parchi e Aree Protette - ulivi monumentali

La LR 4.6.2007, n. 14 tutela e valorizza gli ulivi monumentali della Puglia. Dalla consultazione della cartografia e dell'elenco, riportati sul portale ambientale della Regione Puglia, si evince che nell'area non sono presenti alberi vincolati.

Infine, anche dal sopralluogo effettuato è stato possibile riscontrare **l'assenza di qualunque albero di ulivo monumentale e/o essenze protette.**

Per quanto riguarda le aree protette, il manufatto in oggetto non rientra tra le aree I.B.A., SIC, ZPS o altre aree protette.



**Fig. 10 – Stralcio cartografia SIC-ZPS – Aree protette, ulivi monumentali (SIT Puglia)**

### 4.3 PIANO COSTE

Con DCR 13 ottobre 2011 n. 2273 è stato approvato il “*Piano Regionale delle Coste*”, strumento che disciplina l'utilizzo delle aree del Demanio Marittimo, con le finalità di garantire il corretto equilibrio fra la salvaguardia degli aspetti ambientali e paesaggistici del litorale pugliese, la libera fruizione e lo sviluppo delle attività turistico ricreative.

Come evidenziato dalla cartografia riportata di seguito, la costa è classificata C3S3, bassa criticità e bassa sensibilità.

Nelle zone classificate C3S3, l'art. 6.2.9 delle NTA del Piano Coste prevede: “*Nelle zone classificate C3.S3 non sono previste particolari restrizioni d'uso se non l'attività di monitoraggio che avvalori a livello locale la classificazione effettuata su base regionale. Possono essere rilasciate - per la stessa classe di criticità - concessioni demaniali, senza particolari prescrizioni rivenienti dalla classificazione dei diversi livelli di criticità e sensibilità ambientale*”.

## Consultazione Piano Regionale delle Coste

Sistema Informativo Territoriale - Regione Puglia - 11/06/2020



Fig. 11 – Piano Coste (SIT Puglia)

## 4.4 PAI

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

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

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



Fig. 12 – Stralcio cartografia P.A.I. (AdB)

Lo studio eseguito e l'analisi della "Carta Idrogeomorfologica" e della "Carta di Rischio e della Pericolosità Idraulica e Geomorfologica", ha permesso di escludere situazioni di pericolosità idraulica. Infatti, in riferimento a quanto prescritto dalle N.T.A. del Piano di Bacino (PAI), si precisa che l'area oggetto d'intervento è esterna all'area di rischio idraulico e, dato che dista oltre 150 m dai reticoli idrografici presenti in zona, non rientra tra le aree di rischio di cui gli art. 6 e 10 delle NTA del PAI.

Per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica, questa è presente solo lungo la costa, nella zona prevista per la realizzazione della "Villa Comunale della Costa Nord" e riguarda la stabilità della falesia.

La fascia presenta una lunghezza di circa 200 m ed una larghezza di circa 20 m a pericolosità molto elevata PG3 e, nella parte verso terra, una fascia larga circa 4-5 m a pericolosità elevata PG2.

L'area di progetto è interessata per una larghezza di 7-10 m dalla PG3 e per l'intera larghezza della fascia PG2.

### ***Pericolosità geomorfologica***

Per quel che attiene le aree a pericolosità geomorfologica, caratterizzate da tutte le forme di dissesto superficiale, nella porzione settentrionale dell'area in oggetto il PAI individua:

- area a pericolosità geomorfologica PG2: porzione di territorio caratterizzata dalla presenza di due o più fattori geomorfologici predisponenti l'occorrenza di instabilità di versante e/o sede di frana;
- area a pericolosità geomorfologica PG3: porzione di territorio interessata da fenomeni franosi attivi o quiescenti.

Come illustrato di seguito, l'intervento rientra tra quelli consentiti dalle NTA del PAI e nello specifico dai seguenti art.li:

- art.lo 11 – disposizioni generali;
- art.lo 13 – interventi consentiti nelle aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (PG3);
- art.lo 14 – interventi consentiti nelle aree a pericolosità geomorfologica elevata (PG2);
- art.lo 16 – finalità delle azioni;



Fig. 13 – Fascia di pericolosità geomorfologica P.A.I.



Fig. 14 – Vista aerea della zona interessata dalla pericolosità geomorfologica

## ARTICOLO 11 Disposizioni generali

1. In relazione alle specifiche condizioni geomorfologiche ed idrogeologiche, alla tutela dell'ambiente ed alla prevenzione contro presumibili effetti dannosi di interventi antropici, così come risultanti dallo stato delle conoscenze, sono soggetti alle norme del presente capo le aree di cui agli artt. 13, 14 e 15.
2. In tutte le aree a pericolosità geomorfologica si applicano, oltre a quelle del presente Titolo III, le disposizioni dei Titoli IV, V e VI.
3. Nelle aree a pericolosità geomorfologica, tutte le nuove attività e i nuovi interventi devono essere tali da:
  - a) migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di sicurezza del territorio e di difesa del suolo;
  - b) non costituire in nessun caso un fattore di aumento della pericolosità geomorfologica;
  - c) non compromettere la stabilità del territorio;
  - d) non costituire elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione definitiva della pericolosità geomorfologica esistente;
  - e) non pregiudicare la sistemazione geomorfologica definitiva né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;
  - f) garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza di cantieri mobili, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di pericolosità;
  - g) limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo impiegando tipologie costruttive e materiali tali da controllare la ritenzione temporanea delle acque anche attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio;
  - h) rispondere a criteri di basso impatto ambientale facendo ricorso, laddove possibile, all'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.
4. La realizzazione di tutti gli interventi previsti nelle aree di cui al comma 1, salvo gli interventi di cui all'art. 12 punto c), sono sottoposti al parere vincolante dell'Autorità di Bacino.
5. Nessun intervento può essere approvato da parte della competente autorità di livello regionale, provinciale o comunale senza il preventivo o contestuale parere vincolante da parte dell'Autorità di Bacino.
6. Nelle aree di cui all'art. 4 comma 1 interessate anche da pericolosità geomorfologica, le prescrizioni relative si applicano contemporaneamente e si sommano ciascuna operando in funzione della rispettiva finalità.
7. I manufatti lambiti e/o attraversati dal limite di aree a differente livello di pericolosità sono ricompresi nell'area interessata dalle prescrizioni più restrittive.
8. I Comuni ricadenti nel territorio di applicazione del PAI introducono nei certificati di destinazione urbanistica informazioni sulla perimetrazione delle aree a pericolosità geomorfologica.
9. Tutti gli interventi e le opere destinate alla prevenzione ed alla protezione del territorio dal rischio geomorfologico devono essere sottoposti, dall'amministrazione territorialmente competente, ad un idoneo piano di azioni ordinarie di manutenzione tese a garantirne nel tempo la necessaria funzionalità.

10. Il monitoraggio della stabilità del territorio, degli spostamenti superficiali e profondi nonché la caratterizzazione dei fenomeni di instabilità vanno perseguiti da tutte le amministrazioni territorialmente competenti quali strumenti di prevenzione del rischio idrogeologico e di ottimizzazione degli interventi di mitigazione.
11. I vincoli e le prescrizioni di cui ai successivi artt. 13, 14 e 15 non si applicano per le opere pubbliche per le quali alla data di adozione del Piano siano iniziati i lavori. L'uso e la fruizione delle predette opere è comunque subordinata all'adozione dei Piani di Protezione Civile ai sensi della Legge 225/92 e del relativo sistema di monitoraggio e allerta.

### **ARTICOLO 13 Interventi consentiti nelle aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (P.G.3)**

1. Nelle aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (P.G.3), per le finalità di cui al presente PAI, oltre agli interventi di cui all'articolo precedente e con le modalità ivi previste, sono esclusivamente consentiti:

- a) interventi di consolidamento, sistemazione e mitigazione dei fenomeni franosi, nonché quelli atti a indagare e monitorare i processi geomorfologici che determinano le condizioni di pericolosità molto elevata, previo parere favorevole dell'Autorità di Bacino sulla conformità degli interventi con gli indirizzi dalla stessa fissati;
- b) interventi necessari per la manutenzione di opere pubbliche o di interesse pubblico;
- c) interventi di ristrutturazione delle opere e infrastrutture pubbliche nonché della viabilità e della rete dei servizi privati esistenti non delocalizzabili, purché siano realizzati senza aggravare le condizioni di instabilità e non compromettano la possibilità di realizzare il consolidamento dell'area e la manutenzione delle opere di consolidamento;
- d) interventi di demolizione senza ricostruzione, di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro, di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 3 del D.P.R. n.380/2001 e s.m.i. a condizione che non concorrano ad incrementare il carico urbanistico;
- e) adeguamenti necessari alla messa a norma delle strutture, degli edifici e degli impianti relativamente a quanto previsto dalle norme in materia igienico-sanitaria, sismica, di sicurezza ed igiene sul lavoro, di superamento delle barriere architettoniche;
- f) interventi sugli edifici esistenti, finalizzati a ridurre la vulnerabilità, a migliorare la tutela della pubblica incolumità, che non comportino aumenti di superficie, di volume e di carico urbanistico.

2. Per tutti gli interventi nelle aree 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. Detto studio è sempre richiesto per gli interventi di cui ai punti a), c) e f).

## **ARTICOLO 14 Interventi consentiti nelle aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2)**

1 Nelle aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2), oltre agli interventi di cui all'articolo precedente e con le modalità ivi previste, sono esclusivamente consentiti:

- a) gli ampliamenti volumetrici degli edifici esistenti esclusivamente finalizzati alla realizzazione di servizi igienici, volumi tecnici, autorimesse pertinenziali, rialzamento del sottotetto al fine di renderlo abitabile senza che si costituiscano nuove unità immobiliari nonché manufatti che non siano qualificabili quali volumi edilizi, purché corredati da un adeguato studio geologico e geotecnico da cui risulti la compatibilità con le condizioni di pericolosità che gravano sull'area.
- b) Ulteriori tipologie di intervento sono consentite a condizione che venga dimostrata da uno studio geologico e geotecnico la compatibilità dell'intervento con le condizioni di pericolosità dell'area ovvero che siano preventivamente realizzate le opere di consolidamento e di messa in sicurezza, con superamento delle condizioni di instabilità, relative al sito interessato. Detto studio e i progetti preliminari delle opere di consolidamento e di messa in sicurezza dell'area sono soggetti a parere vincolante da parte dell'Autorità di Bacino secondo quanto previsto agli artt. 12, 24, 25 e 26 in materia di aggiornamento dal PAI. Qualora le opere di consolidamento e messa in sicurezza siano elemento strutturale sostanziale della nuova edificazione, è ammessa la contestualità. In tal caso, nei provvedimenti autorizzativi ovvero in atti unilaterali d'obbligo, ovvero in appositi accordi laddove le Amministrazioni competenti lo ritengano necessario, dovranno essere indicate le prescrizioni necessarie (procedure di adempimento, tempi, modalità, ecc.) nonché le condizioni che possano pregiudicare l'abitabilità o l'agibilità.

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. Detto studio è sempre richiesto per gli interventi di cui ai punti a) e b) del presente articolo.

## ARTICOLO 16 Finalità delle azioni

1. Le azioni del PAI hanno l'obiettivo di promuovere la manutenzione del territorio e le opere di difesa, quali elementi essenziali per assicurare il progressivo miglioramento delle condizioni di sicurezza e della qualità ambientale. Tale obiettivo è perseguito mediante:
  - a) interventi strutturali volti a garantire la riduzione di pericolosità del territorio;
  - b) interventi non strutturali, volti a garantire adeguati sistemi di gestione degli eventi anche nelle more della realizzazione delle opere strutturali;
  - c) interventi di manutenzione, vigilanza e controllo, al fine di garantire l'efficienza e l'efficacia del sistema fisico esistente;
  - d) gli strumenti di governo del territorio, al fine di garantire l'attuazione delle strategie di risanamento e prevenzione.
2. Le finalità primarie da considerare sono quelle inerenti a:
  - a) mantenere il reticolo idrografico in buono stato idraulico ed ambientale, ivi compreso il trattenimento idrico ai fini della ottimizzazione del deflusso superficiale e dell'andamento dei tempi di corrivazione;
  - b) garantire buone condizioni di assetto idrogeologico del territorio, ivi compresa la protezione del suolo da fenomeni di erosione accelerata e instabilità;
  - c) garantire la piena funzionalità delle opere di difesa finalizzate alla sicurezza idraulica e geomorfologica;
  - d) privilegiare condizioni di uso del suolo, che favoriscano il miglioramento della stabilità dei versanti e delle condizioni di assetto idrogeologico;
  - e) favorire il perseguimento della sicurezza idrogeologica anche attraverso l'incentivazione delle rilocalizzazioni ai sensi dell'art. 1, comma 5, del D.L. 180/1998;
  - f) favorire l'informazione e la comunicazione alla popolazione in modo da renderla consapevole sui contenuti del PAI con particolare riguardo alle condizioni d'uso delle aree a pericolosità molto elevata e alla gestione del rischio residuo.
3. Le azioni di cui al presente articolo, oltre a perseguire la mitigazione della pericolosità idrogeologica del territorio, devono essere informate ai seguenti criteri generali:
  - a) *protezione e recupero dei biotopi locali e delle specie rare ed endemiche*, attraverso le opportune valutazioni in sede progettuale e ponendo in opera adeguate precauzioni durante la fase di cantiere;
  - b) *diversità morfologica* atta a preservare una biocenosi il più possibile ricca e diversificata, nella valutazione complessiva che l'eterogeneità morfologica dell'habitat costituisce il valore essenziale ai fini della biodiversità;
  - c) *conservazione e, ovunque possibile, miglioramento delle condizioni di naturalità dei corsi d'acqua*, previa analisi dei rapporti funzionali tra l'ecosistema ripario e quello terrestre, interventi di riqualificazione ambientale e di conservazione e messa a dimora di specie compatibili con la buona officiosità, la sicurezza e la manutenzione dell'alveo;
  - d) *conservazione e, ovunque possibile, miglioramento delle condizioni di naturalità dei versanti*;
  - e) *protezione e conservazione del suolo* mediante l'uso della buona pratica agricola e la limitazione dell'azione di spietramento inteso quale scarnificazione e macinazione del substrato calcareo;

- f) *conservazione e creazione di corridoi biologici* atti a garantire il libero movimento degli organismi ed evitare l'isolamento e la conseguente estinzione di popolazioni animali;
- g) *naturalità e compatibilità ambientale delle strutture e delle opere*, atta a mitigare l'impiego di elementi strutturali, anche non visibili, che perturbino sensibilmente la naturalità e il valore storico-architettonico dei siti;
- h) *conservazione e sviluppo dei processi autodepurativi*, attraverso la realizzazione di interventi di differenziazione degli alvei tali da incrementare la diversità idrobiologica, di "ecosistemi filtro" e sistemi di fitodepurazione nelle aree di golena e di fondovalle, conservazione e messa a dimora, ove opportuno e possibile, di adeguate piante con capacità fitodepurativa, specie lungo le fasce riparie.

## Compatibilità geomorfologica

Come prescritto dalle NTA del PAI, l'area di progetto interessata dal rischio geomorfologico PG2 e PG3 è stata oggetto di studio di compatibilità geologica e geotecnica, riportata nei capitoli successivi.

Il risultato dello studio ha evidenziato la stabilità geomorfologica dell'area interessata, in relazione alle tipologie di opere da eseguire per la realizzazione del "Nuovo Parco Attrezzato".

Il progetto non prevede la realizzazione di nuovi volumi edilizi o modifiche dell'attuale assetto morfologico, ma la demolizione degli edifici attualmente presenti e la realizzazione di una Villa Comunale con pista ciclabile, percorsi pedonali e ampie aree a verde.

Dal punto di vista statico si ha quindi la rimozione delle forze destabilizzanti e il miglioramento dell'assetto geomorfologico dell'intera area.

L'intervento rientra tra quelli consentiti dalle NTA del PAI ed in particolare:

Art.lo 11 (disposizioni generali):

- la demolizione dei fabbricati e gli interventi sul suolo migliorano le condizioni di sicurezza e la difesa del suolo, la pericolosità Geomorfologica e la stabilità del territorio;
- non pregiudica interventi futuri relativamente all'eliminazione definitiva della pericolosità geomorfologica esistente;
- garantisce la sicurezza dei cantieri mobili;
- riduce l'impermeabilizzazione superficiale del suolo.

Art.lo 13 (interventi consentiti nelle aree PG3):

- intervento di demolizione senza ricostruzione e di manutenzione straordinaria;
- intervento sugli edifici esistenti, finalizzato alla riduzione della vulnerabilità ed a migliorare la tutela della pubblica incolumità.

Art.lo 14 (interventi consentiti nelle aree PG2) :

- si tratta di opere non qualificate come volume edilizio compatibile con le condizioni di pericolosità;
- compatibilità dell'intervento con le condizioni di pericolosità dell'area.

Art.lo 16 (finalità delle azioni):

- si tratta di un intervento che riduce la pericolosità del territorio;
- è uno strumento di governo del territorio che garantisce il risanamento e la prevenzione
- migliora il valore storico-architettonico del sito.

In conclusione, il progetto rientra tra quelli consentiti dalle NTA del PAI sia dal punto di vista strutturale che di riqualificazione sociale ed è perfettamente allineato ai principi generali ed alle finalità del piano.

Infine, in base ai commi "e" ed "f" dell'art. 4 della L.R. 19.07.2013 n. 19 (delega di funzioni), la competenza è attribuita all'ufficio tecnico comunale, dato che le opere rientrano nel comma 1, lettere "d" ed "f" dell'art. 13 e nel comma 1 lettera "a" dell'art. 14 delle NTA del PAI.

## 5. MORFOLOGIA E GEOLOGIA

Geograficamente l'area è compresa nella **Tav. I NE "Trani"** del **Foglio 176**, la morfologia dell'area in esame non presenta fenomeni a carattere franoso e non sono state riscontrate morfologie e caratteri geomorfologici che possano compromettere la stabilità delle opere in progetto, le quote variano da 5 a 6 m slm.

L'evoluzione geomorfologica del territorio del Comune di Trani è stata influenzata sia dagli eventi tettonici sia dai fenomeni legati all'eustatismo, che hanno provocato nell'ultimo milione di anni variazioni del livello medio del mare anche dell'ordine di 100 m.

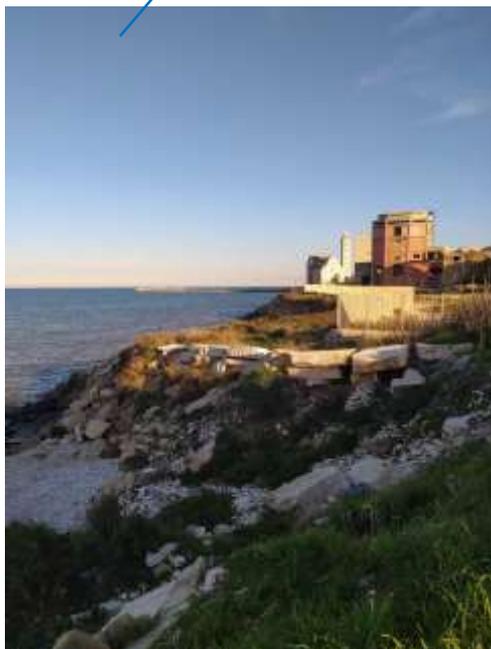
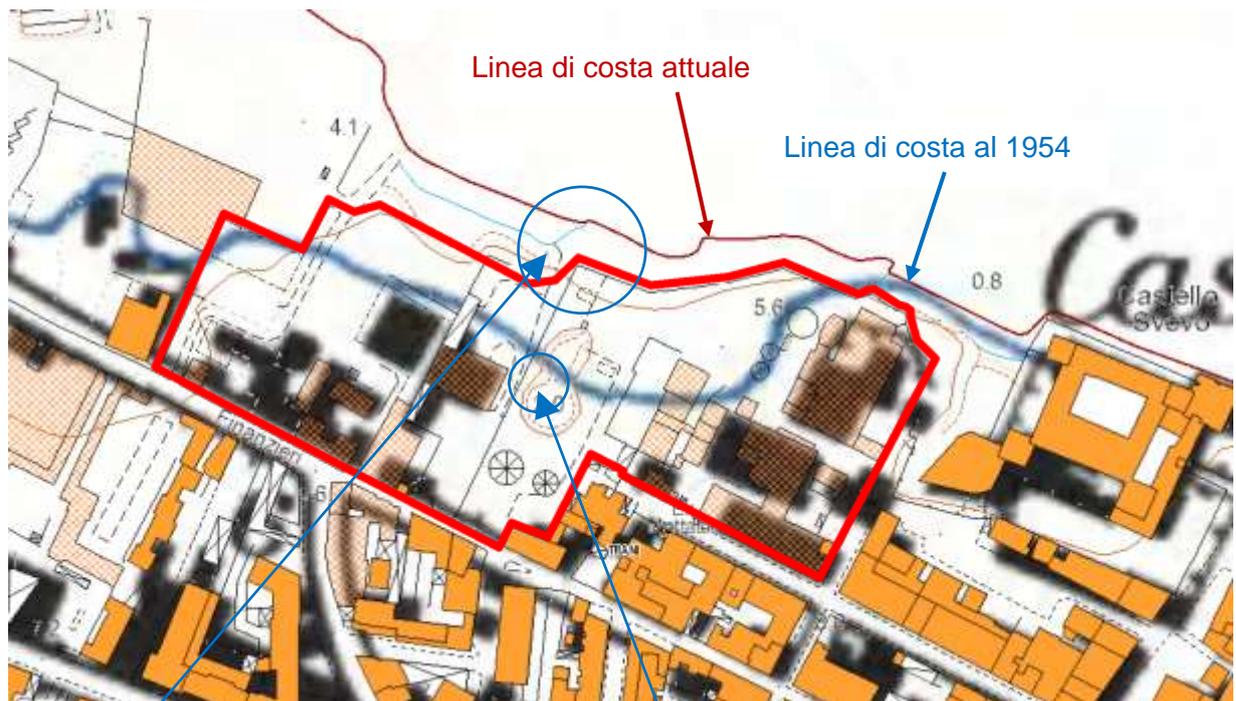
Il territorio è quindi caratterizzato da una serie di "terrazzi marini", dolcemente degradanti verso la costa adriatica; questi si raccordano tramite piccole scarpate sagomate dall'azione del mare e rappresentanti antiche linee di costa. La continuità di detti terrazzi viene a volte interrotta da solchi di incisioni paleotorrentizie ("lame") orientati verso mare.

I solchi erosivi si attivano idraulicamente solo in concomitanza con i principali eventi piovosi, convogliando in mare notevoli quantità d'acqua ("mene").

Nello specifico, il tratto di costa oggetto di studio delimita parte del ripiano più basso sollevato di circa 6.00 metri sul l.m.. Trattasi pertanto di una costa a falesia che si estende dal Castello verso Barletta, per circa 3,50 Km, sino alle ex paludi di Boccadoro.

Sovrapponendo la cartografia attuale (CTR) alla Cartografia I.G.M., con aerografia del 1954, è evidente come l'originale linea di costa sia avanzata dai 60 ai 110 m, allineandosi con il Castello.

Questo avanzamento della linea di costa è dovuto essenzialmente allo scarico a mare di scarti della lavorazione della pietra, compattati e livellati ad opera di interventi di viabilità di servizio alle segherie che dagli anni 50' si sono succedute su questo tratto di costa.



blocchi e detriti lapidei



depositi marini sabbiosi

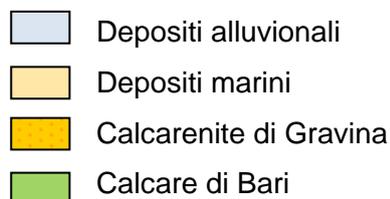
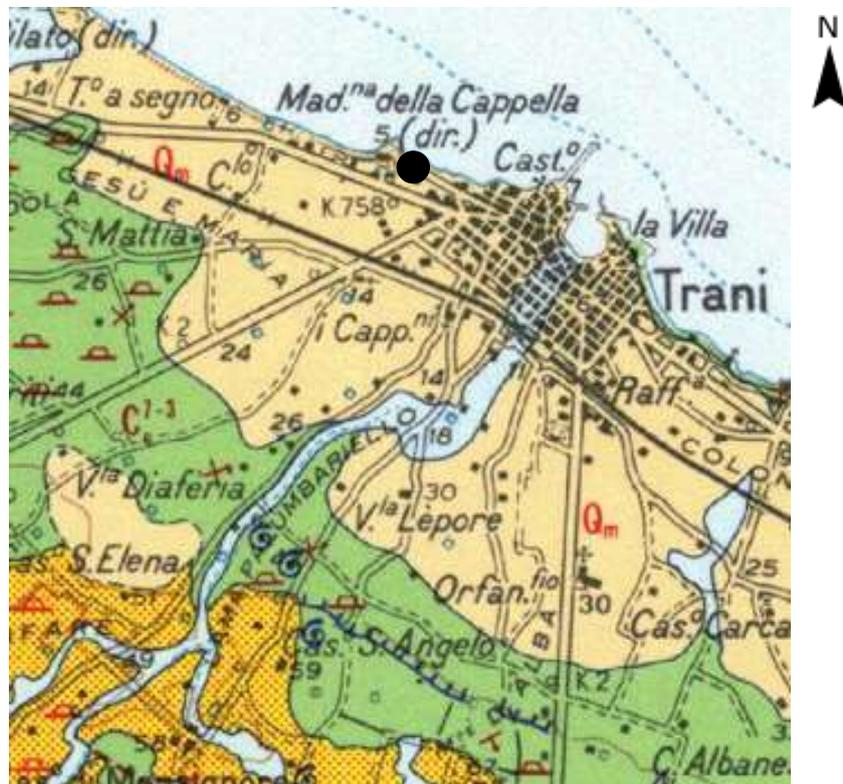
**Fig. 15 – Avanzamento linea di costa e affioramenti in posto**

## 5.1 Caratteri litologici

Dal punto di vista litologico la zona comprendente la città di Trani e il suo "hinterland" è caratterizzata da una potente serie carbonatica di età cretacea (Calcarea di Bari), costituita da calcari bioclastici, micritici e dolomitici ricoperta da depositi pleistocenici trasgressivi.

La successione stratigrafica, iniziando dal termine più antico, comprende:

- **Calcarea di Bari (Cretaceo);**
- **Calcarenite di Gravina o Tufi delle Murge (Pleistocene);**
- **Depositi marini (Pleistocene);**
- **Depositi alluvionali (Olocene, Pleistocene sup.).**



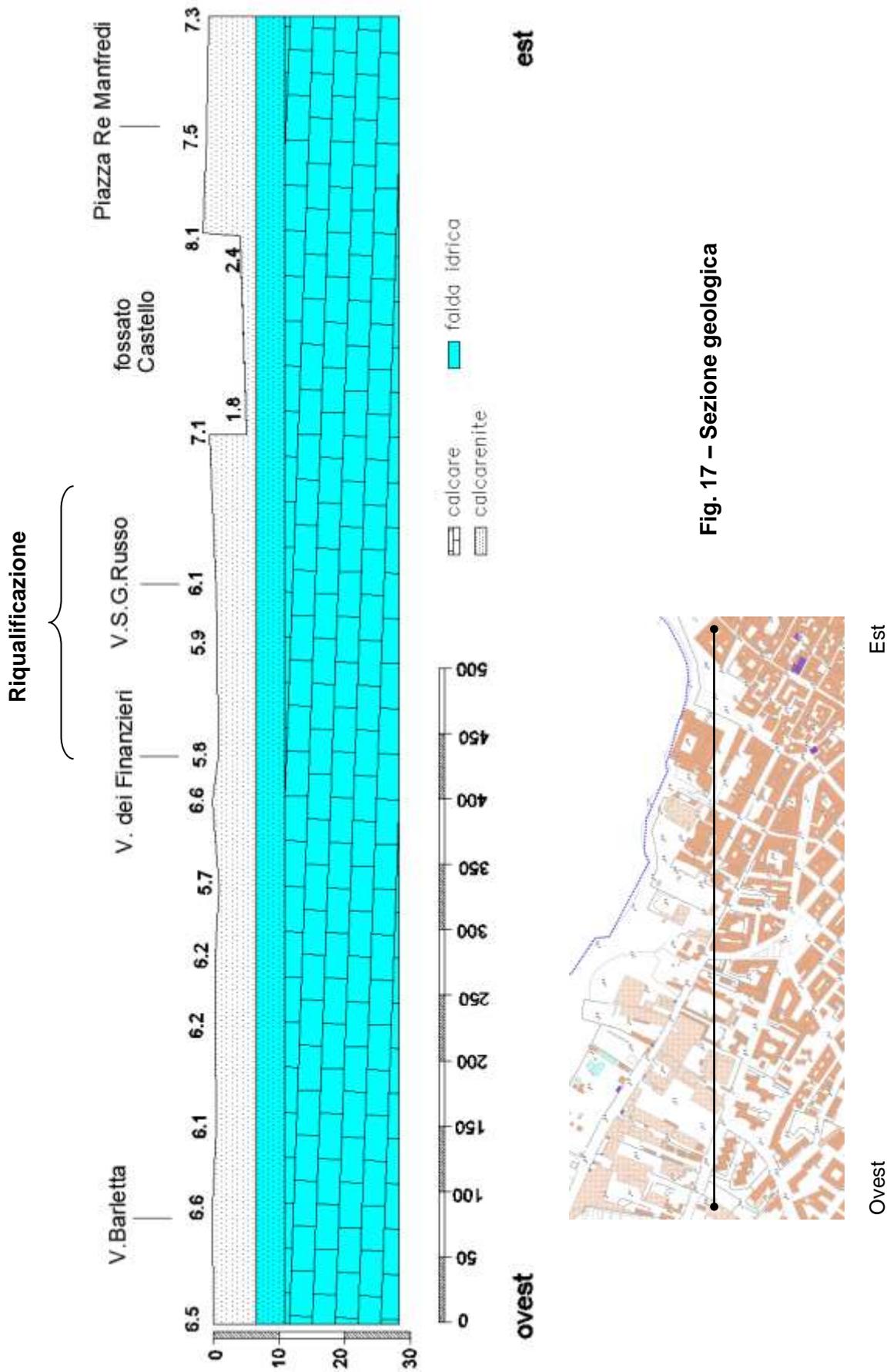
**Fig. 16 – Stralcio del Foglio 176 “Barletta” della Carta Geologica d’Italia**

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

La "**Calcarenite di Gravina**" è la litofacies che individua l'inizio della sedimentazione marina nell'Avanfossa Sudappenninica, pertanto il suo spessore si rastrema addentrandosi nelle zone di piattaforma. Nell'area in oggetto non affiora, ma in generale si tratta di calcareniti carbonatiche di colore giallastro, a grana e resistenza variabile, a giacitura suborizzontale con una netta stratificazione incrociata con strati a sviluppo tabulare la cui orientazione e pendenza confermano che l'accumulo dei depositi è dovuto al moto ondoso. Frequenti sono i fossili marini interi ed in frammenti; stratigraficamente sono trasgressivi e discordanti sul "Calcare di Bari".

I "**Depositi marini calcarenitici**" sono costituiti da sabbie fini in prevalenza quarzose, gialle e rossastre, con straterelli cementati, nonché da calcareniti grossolane di facies litorale. In quest'area affiorano con uno spessore di 13 m circa, l'età di formazione è il Pleistocene.

I "**Depositi Alluvionali**" si trovano a quasi 700 m di distanza dall'area di studio, in corrispondenza dell'antico tracciato di Lama Palumbariello. Si tratta di depositi terrosi e ciottolosi, antichi e recenti, che si dipartono dalle zone interne per raggiungere la linea di riva adriatica. Nei più importanti solchi erosivi del territorio, disposti tutti secondo SSW-NNE, si osservano sabbie ocracee, argille rossastre e blocchi del substrato mesozoico con strutture da dissoluzione carsica, provenienti dalle Murge nordoccidentali.



## 6. PIANO INDAGINI

Indagini geognostiche svolte:

- Saggi e affioramenti in zona;
- N° 2 trivellazioni a carotaggio continuo;
- n° 4 sismica a rifrazione;
- n° 4 sismica MASW,

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



**Fig. 18 – Piano indagini**



**Fig. 19 – Indagini geofisiche**



Saggio (1)

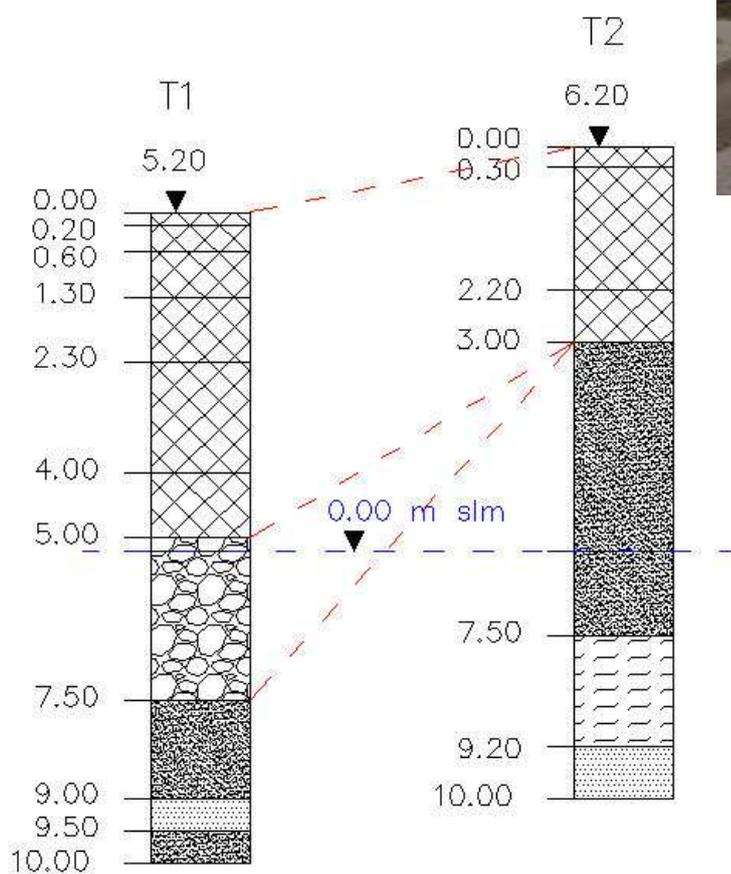
Affioramento (2)

**Fig. 20 – saggi**

### **6.1 Trivellazioni a carotaggio**

Nell'ambito delle indagini ambientali eseguite nell'area occupata dalla ex distilleria, sono state realizzate n° 2 trivellazioni a carotaggio continuo di diametro pari a 100 mm, con profondità di 10 m cadauno.

La prima perforazione (T1) è stata eseguita sul lato mare, a circa 12 m dalla linea di costa, all'interno dell'area di progetto; mentre la seconda perforazione (T2) è stata ubicata nella zona più interna, attualmente occupata dai fabbricati da demolire.



**Fig. 21 – Foto e ricostruzione stratigrafica trivellazioni eseguite**

-  riporto di sabbia e terra con ciottoli in % variabile da 15 al 30
-  ghiaia limosa grigiasta di natura antropica
-  depositi marini sabbiosi beige o grigiastri con ciottoli calcarenitici
-  sabbie limose
-  calcareniti litificate grigie

— — livello di falda marina

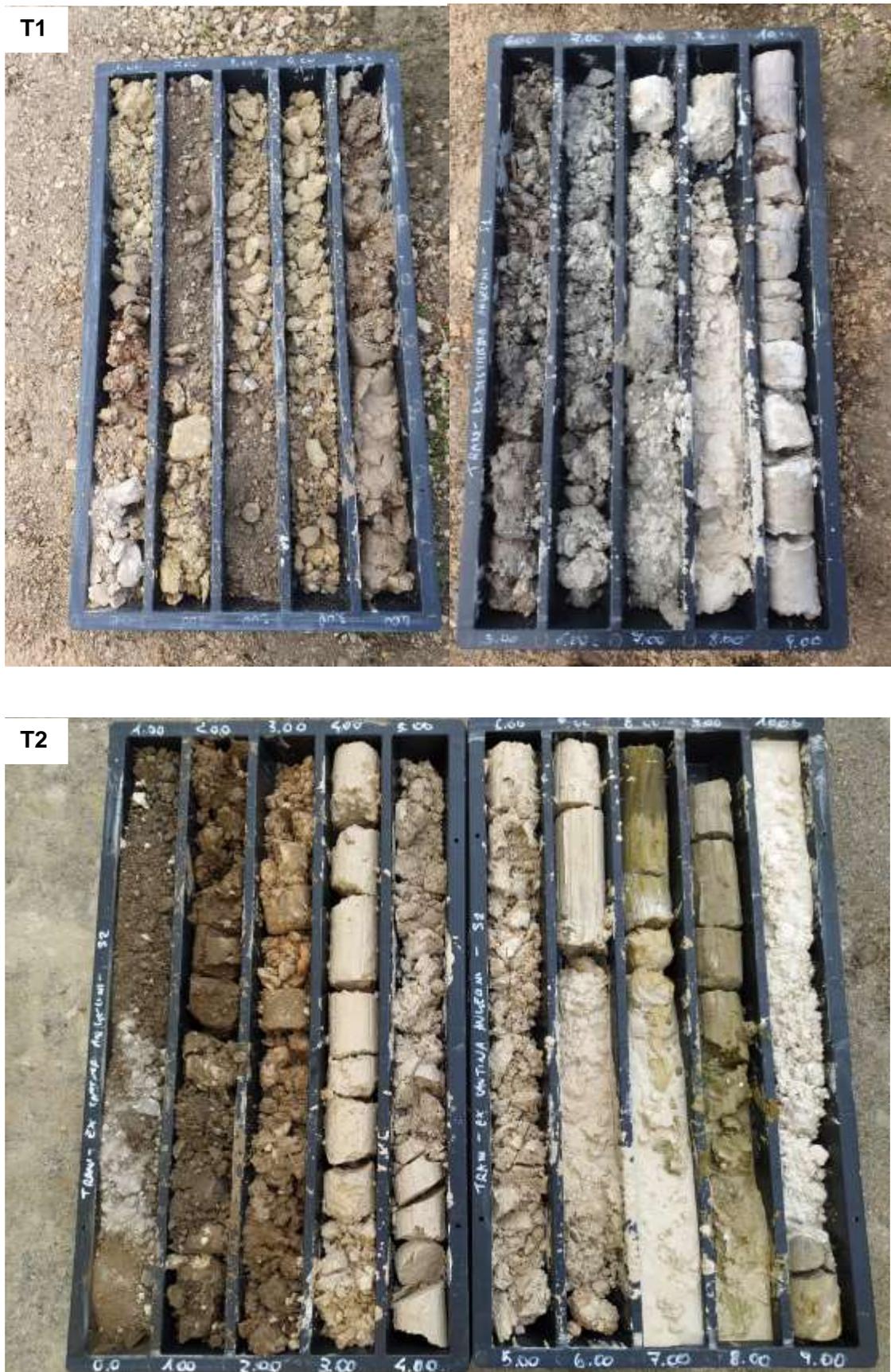


Fig. 22 – Campioni estratti

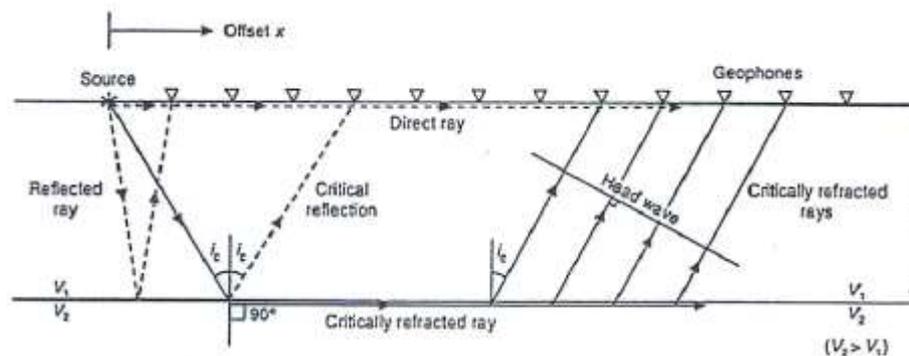
## 6.2 Indagine geofisica

### Sismica a rifrazione

#### Cenni metodologici

La tecnica della sismica a rifrazione permette di determinare le velocità di propagazione delle onde longitudinale o primarie P. È basata sulla bifrazione delle onde elastiche a seguito del formarsi di un fronte d'onda conico, che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica.

Ad ogni geofono arriveranno le onde generate dalla sorgente: onde dirette, onde riflesse e onde coniche o bifratte (head wave). Quelle analizzate sono quest'ultime, ovvero quelle che giungono sulla superficie di separazione (p.c.) con un angolo d'incidenza critico (secondo la legge di Snell) e che quindi vengono rifratte con un angolo di  $90^\circ$ , propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo d'incidenza.



Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde P e S è articolata nelle seguenti fasi:

- individuazione dei primi arrivi attraverso l'osservazione dei sismogrammi e l'operazione di picking, previa elaborazione dei segnali ed operazione di filtraggio anche consecutivo con diverse tipologie di filtro digitale;

- ricostruzione delle dromocrone (grafico distanza-tempo) e scelta del modello di sottosuolo da utilizzare nell'interpretazione;
- elaborazione dei dati

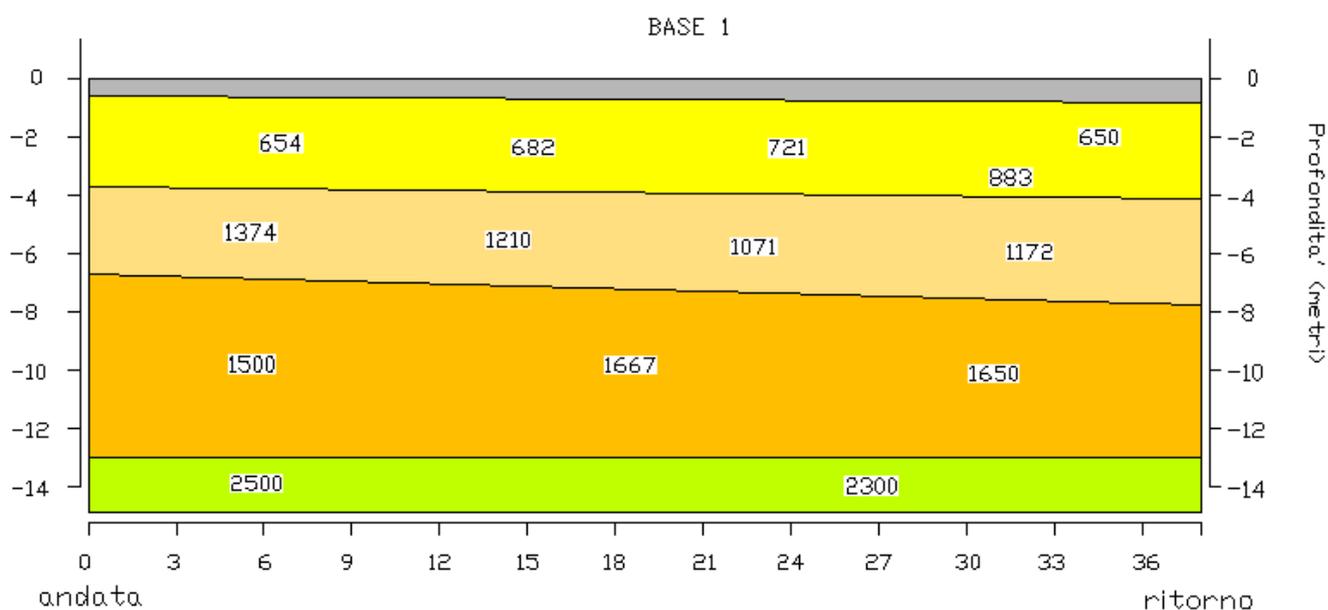
### Modalità esecutive

Nel caso in oggetto, l'indagine sono stati realizzati n° 4 stendimenti lungo i quali sono stati disposti e collegati in serie 23/24 geofoni con frequenza di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 1.50 m. Sono stati eseguiti n° 3 shots, mediante l'utilizzo di una massa battente del peso di 10 kg e l'energizzazione è avvenuta secondo il seguente modo:

- 2 shots esterni allo stendimento;
- 1 shot centrale, in corrispondenza del 12° geofono.

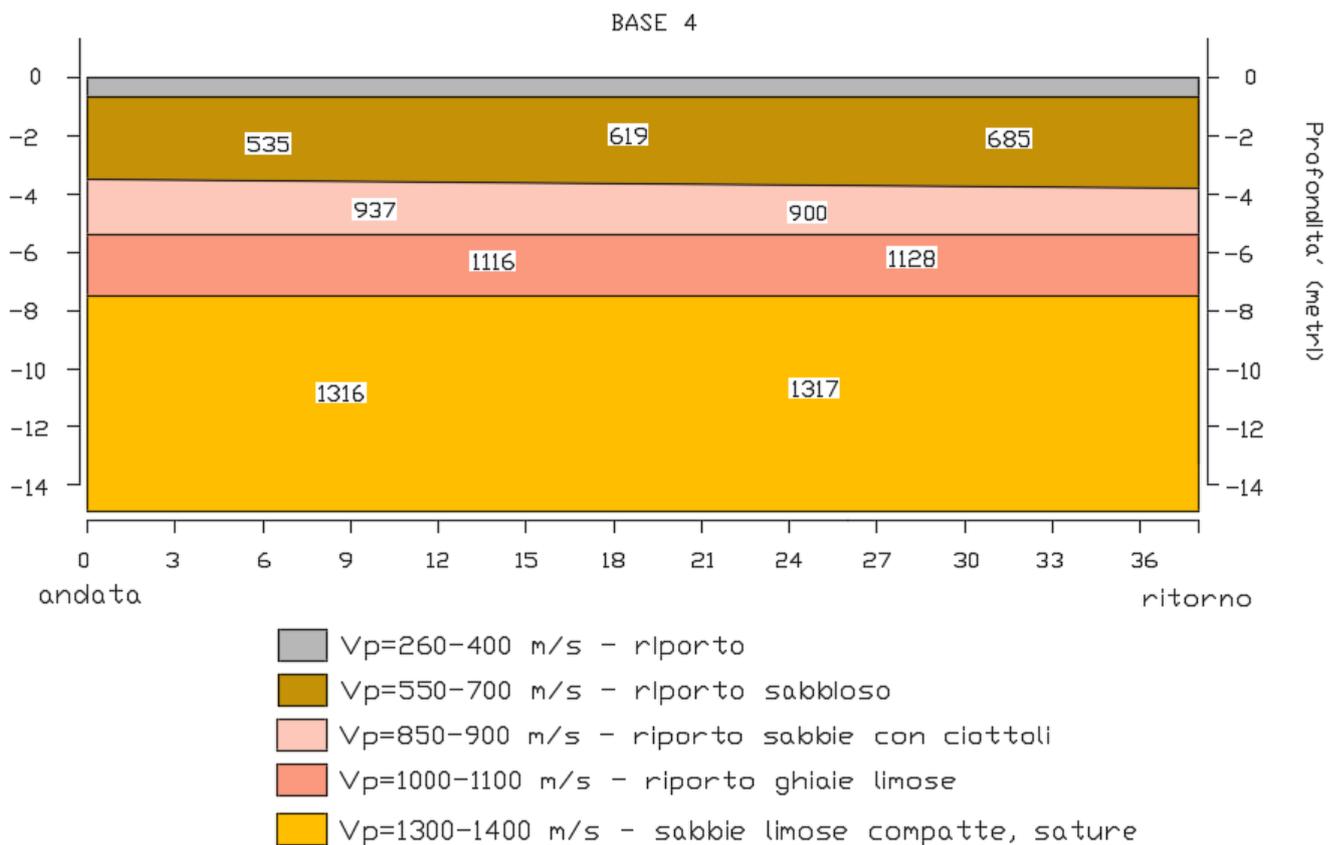
La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo DoReMi della "SARA e.i." a 16 bit.

L'elaborazione dei dati ottenuti ha permesso di definire la successione lito-stratigrafica e le anomalie strutturali nonché di realizzare il modello sismostratigrafico del sottosuolo



- Vp=260-400 m/s - riporto
- Vp=650-750 m/s - sabbie limose media compattezza
- Vp=750-1000 m/s - sabbie limose compatte
- Vp=1000-1400 m/s - sabbie limose compatte, umide
- Vp=1400-1700 m/s - sabbie limose compatte sature
- Vp=2300-2500 m/s - calcare saturo





**Fig. 24 – Interpretazioni sismo-stratigrafiche**

### Sismica “MASW”

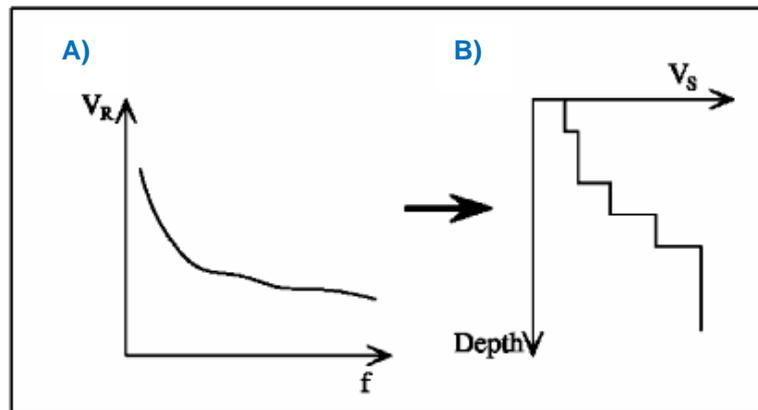
#### Cenni metodologici

Il metodo “MASW” è una tecnica d’indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.



La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle  $V_s$ , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.



**A) Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza; B) profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d'inversione.**

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 3 passi fondamentali:

1. calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
2. calcolo della velocità di fase apparente numerica;
3. individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$  (o in maniera alternativa alle velocità  $V_p$  è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due. Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson, la densità di massa e si variano lo spessore  $h$  e la velocità  $V_s$  degli strati.

Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità  $V_s$  e degli spessori  $h$ , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica, invece, la ricerca del profilo di velocità ottimale è

affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica. In genere quando l'errore relativo, tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

### **Modalità esecutive**

La modalità d'esecuzione è la stessa utilizzata per la sismica a rifrazione: uno stendimento di lunghezza di 24.5-26 metri, lungo i quali sono stati disposti alternativamente e collegati in serie 23/24 geofoni con frequenza di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 1,50 m. Gli shots realizzati, mediante l'utilizzo di una massa battente del peso di 10 kg sono stati disposti nel secondo seguente modo:

- 2 shot esterni allo stendimento (-10 m e 50 m);

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo DoReMi della "SARA e.i." a 16 bit.

L'elaborazione, eseguita con il software della GeoStru "Easy Masw", ha consentito di determinare un profilo di velocità delle onde "S" fino ad oltre 30 m dal p.c.

La velocità delle onde di taglio, essendo legata alle caratteristiche dello scheletro del materiale, costituisce un parametro di grande rilevanza per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei materiali.

Risulta evidente che a velocità elevate corrispondono materiali con buone caratteristiche geomeccaniche, viceversa a bassi valori corrispondono materiali con scadenti caratteristiche geotecniche.

Base 1			
strato	profondità (m)	spessore (m)	$V_s$ (m/s)
1	0.60	0.60	180
2	4.00	3.40	330
3	13.00	9.00	478
4	23.00	10.00	805
5	33.00	10.00	876
6	-	-	1550
profondità scavo		0.60	m
$V_{Seq}$		426	m/s
categoria sottosuolo			B

Base 2			
strato	profondità (m)	spessore (m)	$V_s$ (m/s)
1	0.50	0.50	342
2	10.50	10.00	338
3	14.00	3.50	355
4	17.50	3.50	394
5	19.70	2.20	709
6	-	-	1717
profondità scavo		0.50	m
$V_{Seq}$		373	m/s
categoria sottosuolo			B

Base 3				Base 4			
strato	profondità (m)	spessore (m)	Vs (m/s)	strato	profondità (m)	spessore (m)	Vs (m/s)
1	1.00	1.00	280	1	4.00	4.00	230
2	5.00	4.00	280	2	10.00	6.00	450
3	14.00	9.00	370	3	26.30	16.30	500
4	18.70	4.70	626	4	27.80	1.50	730
5	19.70	1.00	705	5	-	-	1300
6	-	-	1761	6	-	-	1600

profondità scavo	1.00 m	
V <sub>Seq</sub>	393 m/s	
categoria sottosuolo		B

profondità scavo	0.50 m	
V <sub>Seq</sub>	425 m/s	
categoria sottosuolo		B

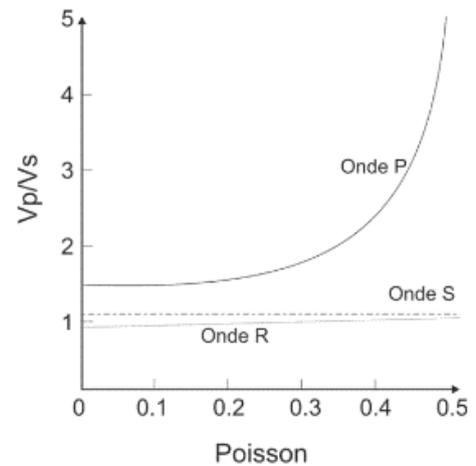
Fig. 24 – Sismostratigrafia Vs e Velocità equivalente

### Parametri geofisici

- $\mu$  Coeff. Poisson

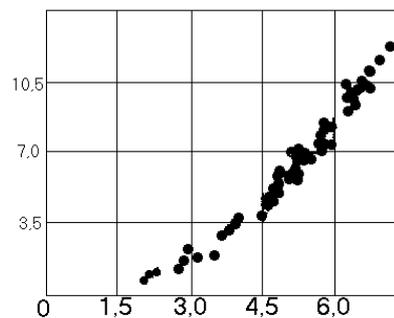
$$\mu = \frac{0,5\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 1}{\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2}$$

- **Ed** (modulo di Young dinamico)



Brown e Robertshaw

$$E = \gamma V_S^2 \frac{3V_P^2 - 4V_S^2}{V_P^2 - V_S^2}$$



- $\gamma$  (densità geofisica del terreno)

Nate-Drake

$$\gamma_{din} = 0,51 \cdot V_p^{0,19}$$

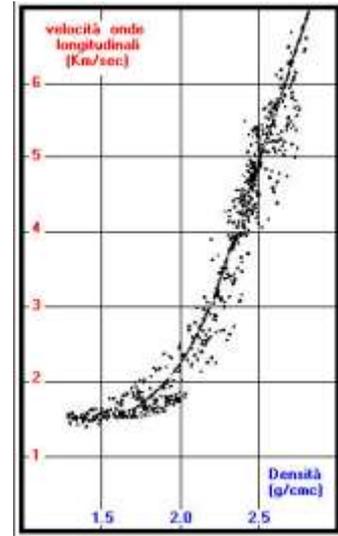
- $\lambda$  Coeff. Lamè  $\lambda = \gamma(V_p^2 - 2V_s^2)$

- Rapporto velocità sismiche  $V_R$   $V_R = \frac{V_p}{V_s}$

- $G$  (modulo di taglio) - Ohta & Goto

$$G = \gamma V_s^2$$

- $K$  Coeff. Bulk  $K = \gamma(V_p^2 - \frac{4}{3}V_s^2)$



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

$$x_k = \bar{x} \pm t_{n-1}^{0,95} \left( \frac{s}{\sqrt{n-1}} \right)$$

Valori caratteristici dei parametri sismici					
Parametri sismici		copertura	I orizzonte	II orizzonte	III orizzonte
spessore	m	0.70	1.40	11.90	>20
profondità	m	0.70	2.10	14.00	>20
velocità onde P	m/s	500	644	834	2367
velocità onde S	m/s	234	301	401	1218
rapporto velocità $V_R$	m/s	2.14	2.14	2.08	1.94
modulo di Poisson $\mu$	-	0.36	0.36	0.35	0.32
densità geofisica $\gamma$	g/cm <sup>3</sup>	1.66	1.74	1.83	2.23
mod. dinamico taglio G	MPa	33	158	294	3310
mod. dinamico Young Ed	MPa	89	430	794	8739
coeff. Bulk K	MPa	388	512	882	8092
coeff. Lamè $\lambda$	MPa	234	407	686	5885

## 7. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

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

Da qui le numerose depressioni lineari (lame) ed areali (doline, puli, piscine e pozzi) occupate raramente da acque, ma la cui intima organizzazione di superficie riflette sicuramente i sistemi di discontinuità presenti (faglie).

Nelle Murge nordoccidentali la circolazione di fondo della falda avviene in pressione e si esplica a grandi profondità (200-400 m sotto il livello mare), con carichi e gradienti idraulici spesso molto elevati (7-8%). Dalle colonne di perforazione si evince che quando la falda è confinata in prossimità di taluni livelli asfittici impermeabili, circola al di sotto del livello medio marino con valori di carico idraulico differenti da pozzo a pozzo e, una volta intercettata, risale, stabilizzandosi intorno a quote variabili da m +14 a m +30 s.l.m..

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

Trattandosi di un'area costiera la *falda profonda* si trova ad una quota coincidente con quella marina, ovvero variabile da 5 a 6 metri dal p.c., ed è composta da acque salmastre con *contenuto salino* superiore a 5 g/l.

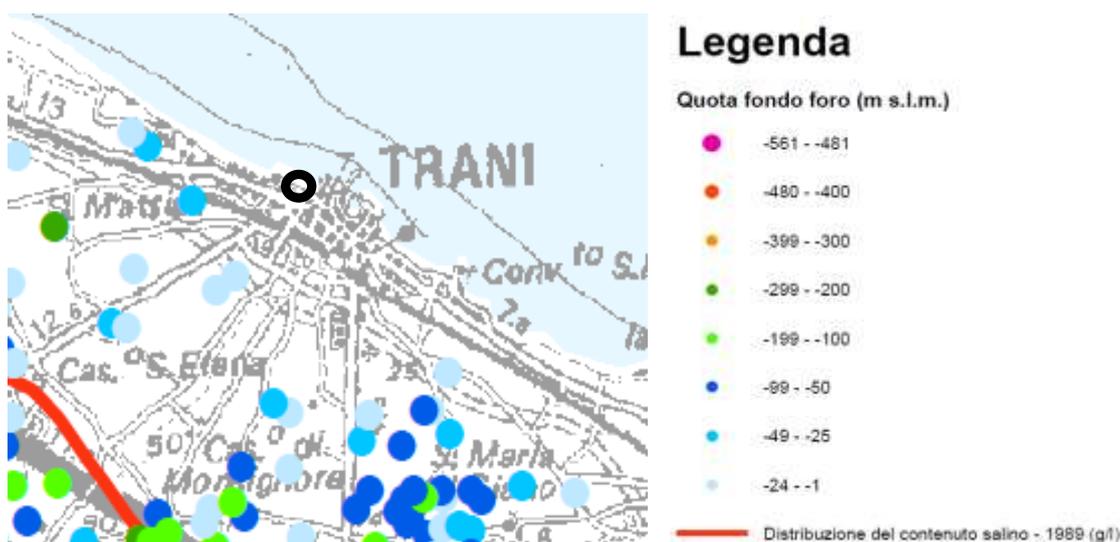


Fig. 25 – Quote di attestazione dei pozzi e contenuto salino (da PTA)

Indagini geofisiche e trivellazioni meccaniche, compiute nell'area in esame, escludono la presenza di falde acquifere superficiali che possono influire con le strutture fondali.

L'andamento generale delle isopieze mostra che le direzioni principali di deflusso idrico sono pressoché perpendicolari alla costa.



Fig. 26 – Carichi piezometrici (da PTA)

## 8. SISMICITÀ

### SISMOLOGIA

In generale il quadro sismotettonico di un territorio è caratterizzato da:

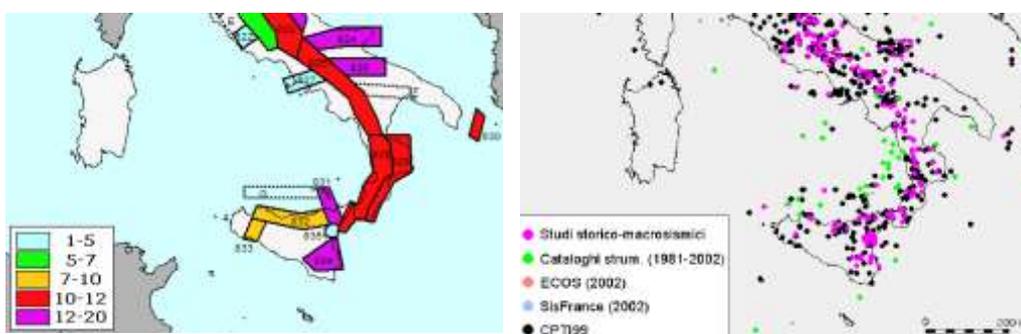
- grado di sismicità del territorio;
- grado di sismicità dei territori contigui.

Le province di Bari e BAT sono costituite da aree sismogenetiche (cioè i territori in cui sono state riconosciute strutture tettoniche attive) a “bassa energia” mentre i territori contigui (Capitanata, Gargano, Subappennino, Albania, Grecia) presentano aree ad “alta energia”. Nel complesso, nel territorio di Trani il rischio sismico è “medio-alto” in termini di sismicità risentita, cioè legata ad eventi sismici che hanno epicentro in altre aree. A questo proposito è doveroso ricordare il massimo evento sismico verificatosi nella regione, e cioè il terremoto del 30 Luglio 1627, con epicentro localizzato nei Comuni di San Paolo Civitate, San Severo,

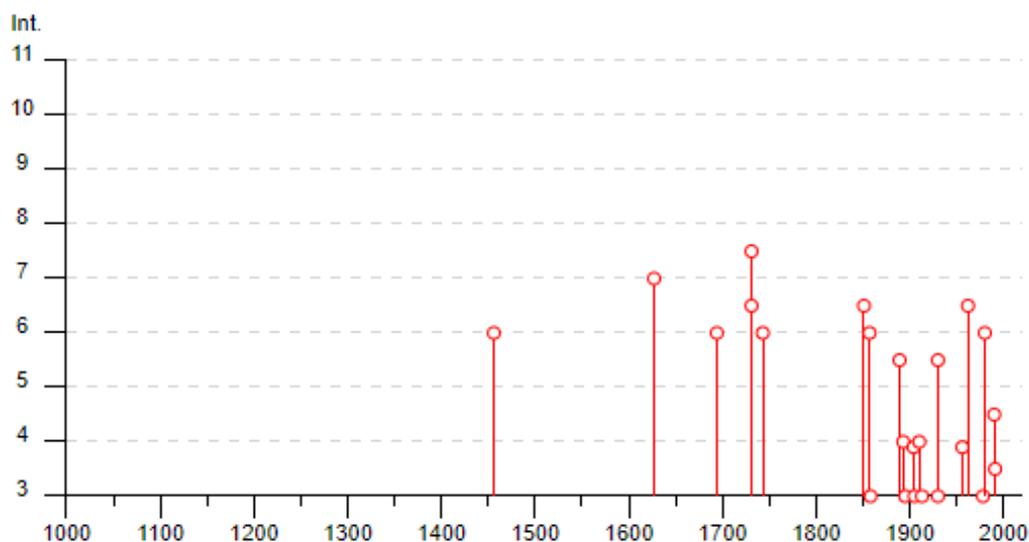
Serracapriola, Torremaggiore, Apricena e Lesina, il terremoto del 28 Settembre 1538 che colpì la Campania ed ebbe come epicentro Pozzuoli, il terremoto del 23 Novembre 1980 con epicentro nel territorio situato ai confini tra la Basilicata e la Campania ed il terremoto del 31 Ottobre 2002 con epicentro localizzato nei Comuni situati ai confini tra il Molise e la Puglia il quale fu nettamente avvertito dai cittadini tranesi a causa dell'intensità del risentimento macrosismico.

Di seguito si riporta l'elenco delle osservazioni macrosismiche di terremoti di aree italiane al di sopra della soglia del "danno" dall'anno 1456 al 2002 (GNDT DBMI 15).

La colonna "effetti" riporta l'intensità (I<sub>s</sub>) (scala Mercalli – MCS) con cui è stato avvertito il terremoto a Trani, nella colonna "in occasione del terremoto di:" il toponimo dell'area epicentrale, l'intensità (I<sub>x</sub>) e la magnitudo (M<sub>s</sub>) (scala Richter).



**Fig. 27 – a) Classe di profondità (in Km) della zonazione sismogenetica ZS8; b) Distribuzione dei terremoti, secondo l'origine dei dati di base**



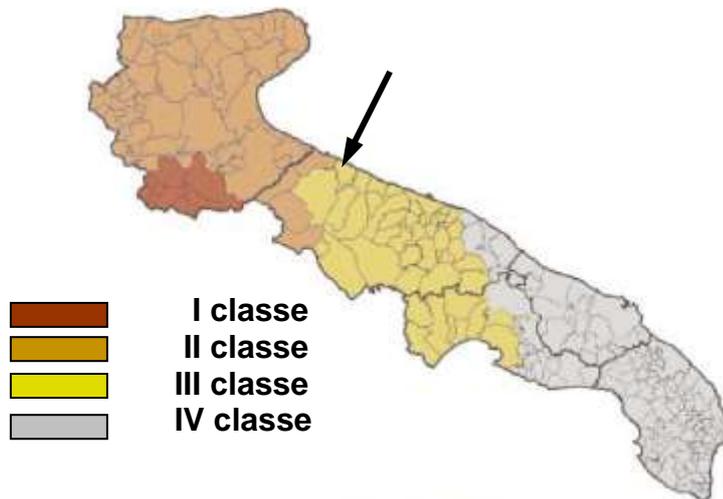
Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1456	12	05				Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
7	1627	07	30	10	50		Capitanata	64	10	6.66
6	1694	09	08	11	40		Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
7-8	1731	03	20	03			Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
6-7	1731	05	10	05	20		Costa pugliese centrale	3	5-6	4.40
6	1743	02	20				Ionio settentrionale	84	9	6.68
6-7	1851	08	14	13	20		Vulture	103	10	6.52
6	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12
3	1858	05	24	09	20		Tavoliere delle Puglie	13	4-5	4.35
5-6	1889	12	08				Gargano	122	7	5.47
4	1893	08	10	20	52		Gargano	69	8	5.39
3	1895	08	09	17	38	2	Adriatico centrale	103	6	5.11
F	1904	04	08	08	22		Gargano	27	6	4.75
3	1905	11	26				Irpinia	122	7-8	5.18
4	1910	06	07	02	04		Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
3	1913	10	04	18	26		Molise	205	7-8	5.35
2	1925	08	25	05	10		Gargano	14	5	4.92
5-6	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
3	1930	11	06	21	56		Alta Murgia	16	5	4.41
2-3	1956	01	09	00	44		Materano	45	6	4.72
F	1956	09	22	03	19	3	Gargano	57	6	4.64
6-7	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
3	1978	09	24	08	07	4	Materano	121	6	4.75
6	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
4-5	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
3-4	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
2-3	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90

- **F** avvertito (felt); in genere si esclude che vi siano danni (I<6)
- **NF** non avvertito (not felt); in caso di esplicita segnalazione in tal senso è equiparabile a I=1
- **NC** non classificato (not classified);

**Fig. 28 – Storia sismica di Trani (GNDT – DBMI 15)**

La mappa presenta anche una fascia “marginale”, dove sono raggruppati quei territori che possono essere inseriti in una zona sismica o in quella contigua, nell’ambito del potere discrezionale che l’Ordinanza affida alle Regioni. La zonazione è stata recepita dalla Regione Puglia con delibera della Giunta Regionale n° 153 del 2.03.2004.

Le zone sismiche, distinte in 4 classi di accelerazione massima del suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, sono state individuate in base al sistema dei codici europei (EC8). Il territorio di Molfetta rientra nelle aree a bassa sismicità  $Z = 3$ , classe III.



**Fig. 29 – Zonazione sismica della Puglia (INGV)**

- ZONA 1 – caratterizzata da valori di accelerazione orizzontale del suolo  $0,25 < a_g \leq 0,35$  g (alta sismicità)
- ZONA 2 - caratterizzata da valori di accelerazione orizzontale del suolo  $0,15 < a_g \leq 0,25$  g (media sismicità)
- ZONA 3 - caratterizzata da valori di accelerazione orizzontale del suolo  $0,05 < a_g \leq 0,15$  g (bassa sismicità)
- ZONA 4 - caratterizzata da valori di accelerazione orizzontale del suolo  $a_g \leq 0,05$  g (sismicità molto bassa)

## **SISMICITÀ DELL'AREA**

Il territorio di Trani è classificato nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/03 e s.m.i. tra i comuni con pericolosità sismica media, zona 3.

Il sistema della mappa interattiva di pericolosità sismica dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) consente di visualizzare ed interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale che è espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo  $0.05^\circ$ .

Le mappe riportano due parametri dello scuotimento:  $a(g)$  (accelerazione orizzontale massima del suolo, come definita dall'OPCM 3519/2006, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA) e  $Se(T)$  (Spettro di risposta Elastico in funzione del periodo  $T$ , in accelerazione); l'unità di misura è  $g$  (l'accelerazione di gravità) corrispondente a  $9.8 \text{ m/s}^2$ . Per i soli valori di  $a(g)$  è disponibile la relativa disaggregazione.

In particolare, mediante il sistema della mappa interattiva di pericolosità sismica dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), sono state elaborate quelle dell'area in oggetto, per poi giungere alla definizione della magnitudo.

### **Modello di pericolosità sismica**

La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di  $g$ , l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A,  $V_{s30} > 800 \text{ m/s}$ ) e pianeggiante.

Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID 13581 (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

## Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

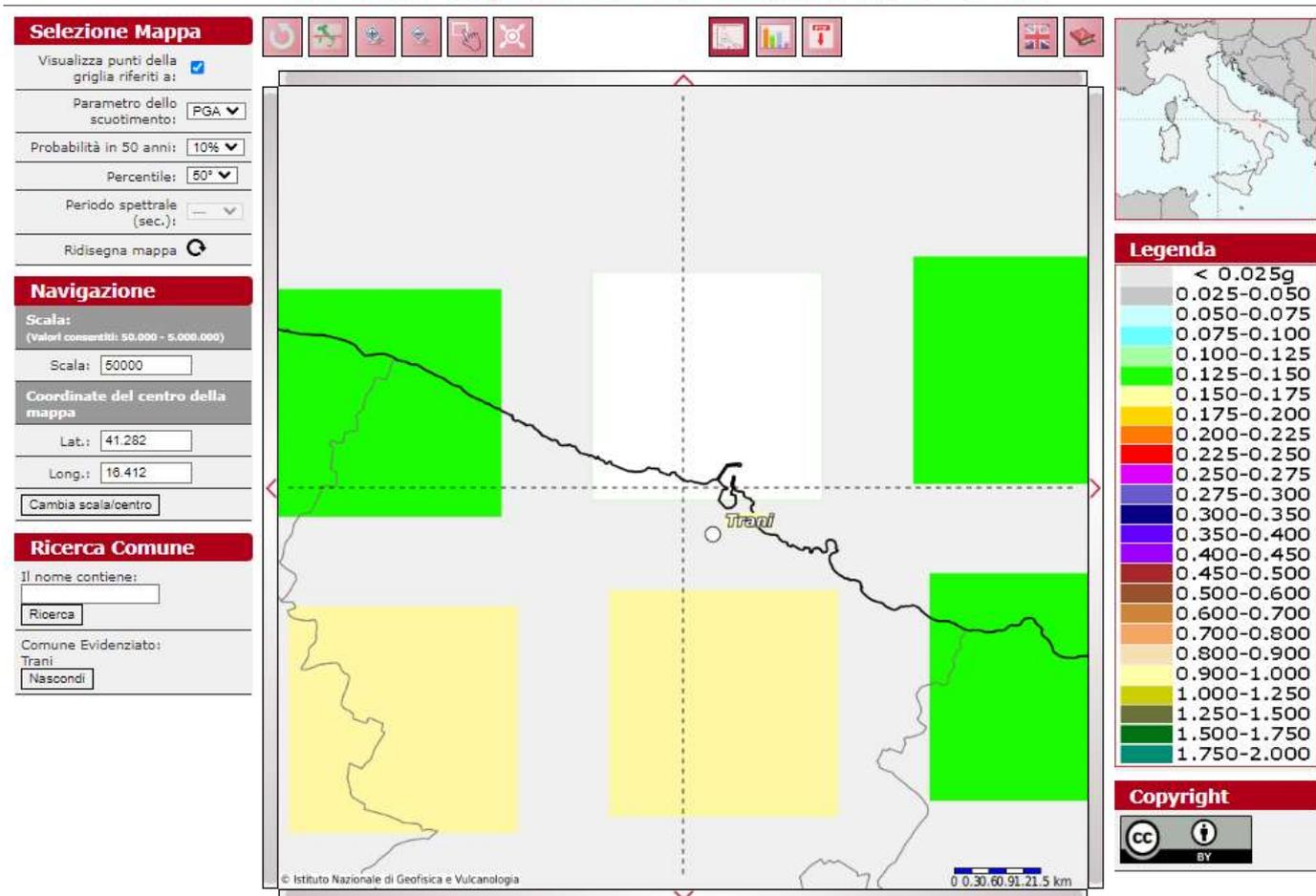
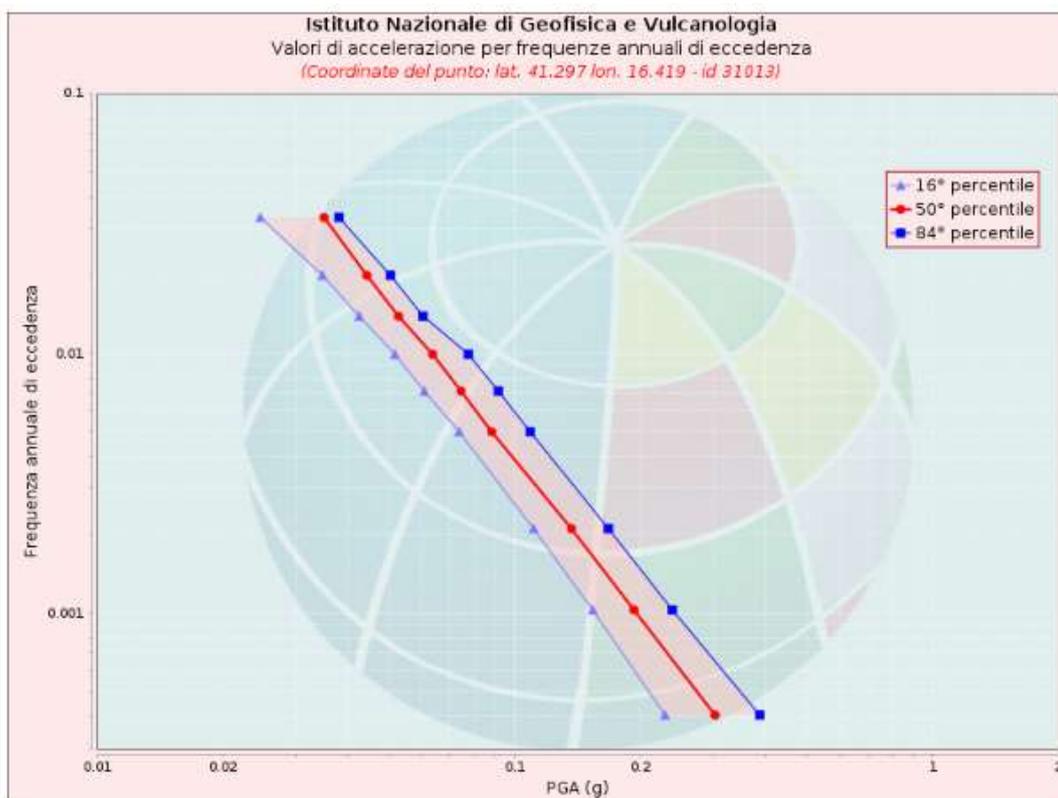


Fig. 30 – Pericolosità sismica (INGV)

### Curva di pericolosità

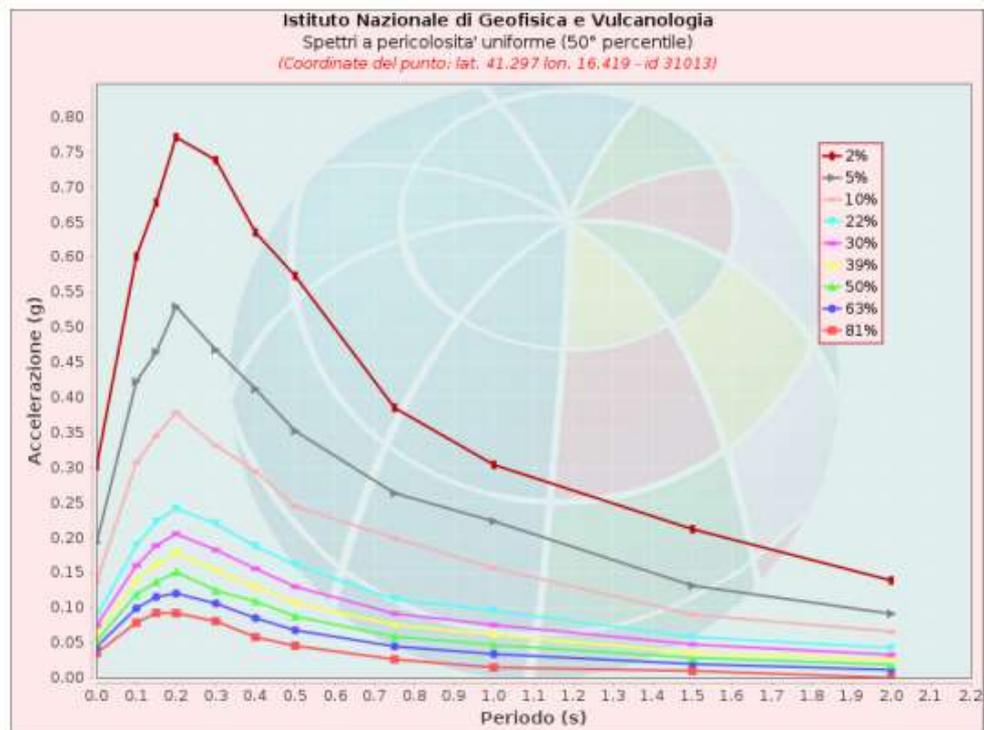
La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.



Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 41.297 lon. 16.419 - id 31013)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.2290	0.3017	0.3859
0.0010	0.1538	0.1930	0.2384
0.0021	0.1110	0.1368	0.1678
0.0050	0.0736	0.0882	0.1090
0.0071	0.0608	0.0744	0.0914
0.0099	0.0517	0.0636	0.0775
0.0139	0.0425	0.0527	0.0604
0.0199	0.0347	0.0443	0.0505
0.0332	0.0246	0.0350	0.0380

### Spettri a pericolosità uniforme

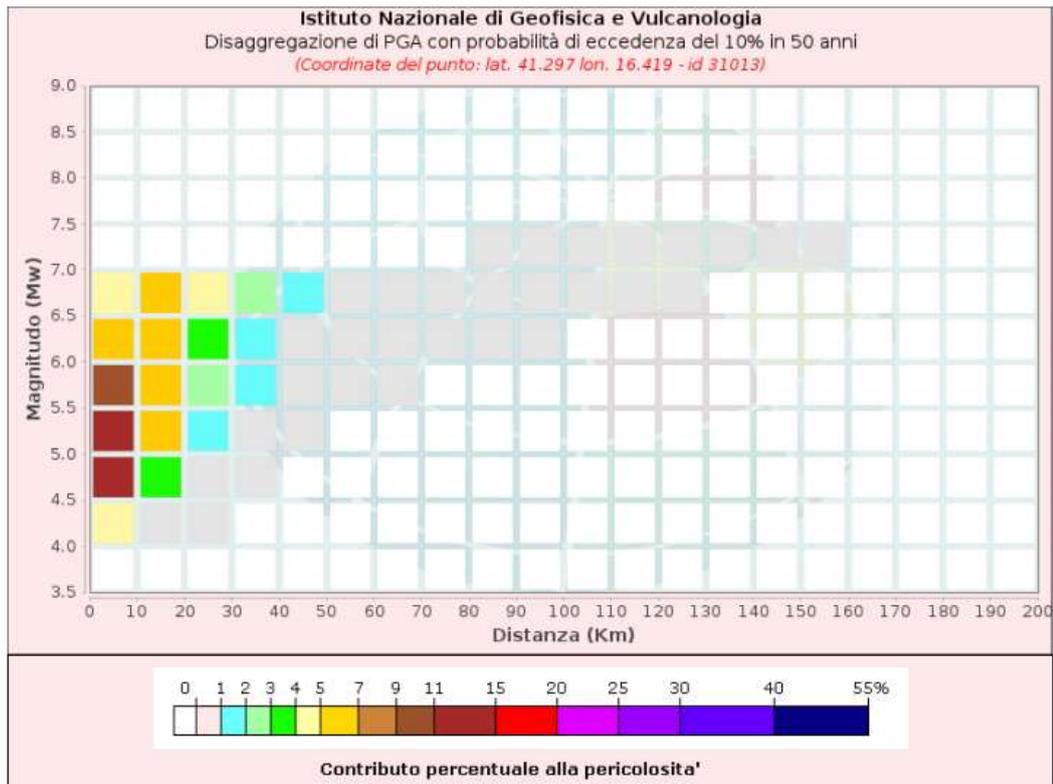
Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità. I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.



Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE	Accelerazione (g)										
in 50	Periodo (s)										
anni	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.302	0.601	0.678	0.771	0.738	0.635	0.573	0.385	0.304	0.212	0.139
5%	0.193	0.422	0.464	0.529	0.468	0.412	0.352	0.263	0.223	0.131	0.091
10%	0.137	0.307	0.345	0.378	0.331	0.294	0.244	0.199	0.156	0.090	0.066
22%	0.088	0.189	0.222	0.241	0.220	0.187	0.161	0.112	0.095	0.058	0.043
30%	0.074	0.160	0.189	0.205	0.182	0.155	0.130	0.092	0.075	0.048	0.033
39%	0.064	0.140	0.162	0.178	0.154	0.130	0.106	0.075	0.061	0.036	0.026
50%	0.053	0.119	0.137	0.151	0.124	0.109	0.088	0.059	0.047	0.028	0.019
63%	0.044	0.099	0.115	0.120	0.106	0.085	0.068	0.045	0.034	0.020	0.011
81%	0.035	0.078	0.092	0.092	0.081	0.058	0.046	0.026	0.015	0.010	0.000

### Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni											
Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	4.8400	12.7000	11.8000	9.5100	6.7400	4.3200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.7740	3.2100	5.1100	6.4500	6.6400	5.7100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0235	0.3940	1.2600	2.4100	3.5000	4.0400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0139	0.3540	1.0800	1.9600	2.7500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0254	0.3000	0.7220	1.1800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0623	0.2970	0.5830	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0052	0.1230	0.3190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0376	0.1650	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0068	0.0792	0.0029	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0781	0.1230	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0394	0.1340	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0112	0.0951	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0349	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0131	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0038	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 5.72 ; distanza = 14.3 ; epsilon = 0.42

## 9. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

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

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

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

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

### Categoria di sottosuolo

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

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per il calcolo del  $V_{s,eq}$ , nell'area di indagine sono state eseguite tre indagini MASW. Tramite questa prova si misurano le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica.

L'indagine ha fornito un valore medio del  $V_{s,eq}$ , a partire da una profondità di 0.60-1.00 m dal p.c., variabile tra 373 e 426 m/sec per cui il terreno di fondazione rientra nella categoria di suolo di fondazione "B", trattandosi di rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti caratterizzati da un valore di  $360 < V_{s30} < 800$  m/sec.

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} = 373-426 \text{ m/s}$$

con:

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s

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

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



Fig. 31 – Coordinate topografiche

### Condizioni topografiche

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

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

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

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

## Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

### Sito in esame.

latitudine: 41,282859 [°]

longitudine: 16,412569 [°]

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

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

### Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	31012	41,299060	16,352220	5354,2
Sito 2	31013	41,297370	16,418690	1692,7
Sito 3	31235	41,247390	16,416460	3957,4
Sito 4	31234	41,249080	16,350020	6437,3

### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente  $c_u$ : 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	$a_g$ [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,036	2,512	0,260
Danno (SLD)	63	50	0,045	2,528	0,294
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,145	2,536	0,358
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,206	2,484	0,364

### Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,200	1,440	1,000	0,009	0,004	0,419	0,200
SLD	1,200	1,410	1,000	0,011	0,005	0,534	0,200
SLV	1,200	1,350	1,000	0,042	0,021	1,707	0,240
SLC	1,200	1,350	1,000	0,069	0,035	2,426	0,280

## 10. PARAMETRI GEOTECNICI

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

### Teorie, classificazioni e modelli matematici:

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

- Modulo statico:

$$\text{Rzhevsky e Novik (71)} \quad E_s = \frac{Ed - 0,97}{8,30}$$

$$\text{NAV FAC Manual} \quad E_s = 10Ed$$

$$\text{Denver} \quad E_s = 70 \cdot N_{spt}^{0.5}$$

$$\text{Schmertmann} \quad E_s = 12 \cdot N_{spt}$$

- Angolo d'attrito:

$$\text{C.S.I.R. (89)} \quad \varphi = 5 + 0,5 \cdot RMR$$

$$\text{Sen \& Sadagah (03)} \quad \varphi = 25 \left( 1 + \frac{RMR}{100} \right)$$

$$\text{Meyerhof} \quad \varphi = 19,8 + [4,38 \ln(N)]$$

$$\text{De Mello} \quad \varphi = 19 - 0,38\sigma + 8,73 \log(N)$$

$$\text{Malcev} \quad \varphi = 20 - 5 \text{Log}(\sigma) + 3,73 \text{Log}(N)$$

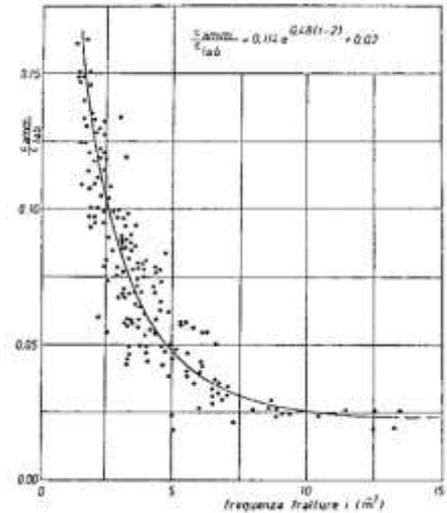
- Coesione:

C.S.I.R. (89)  $c = 0,005 \cdot RMR$

Sen & Sadagah (03)  $c = 3,625 \cdot RMR$

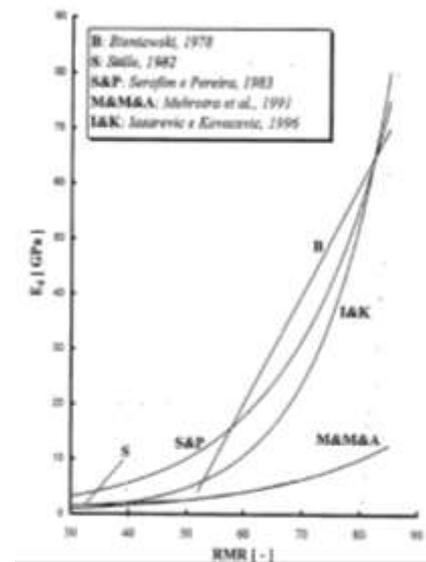
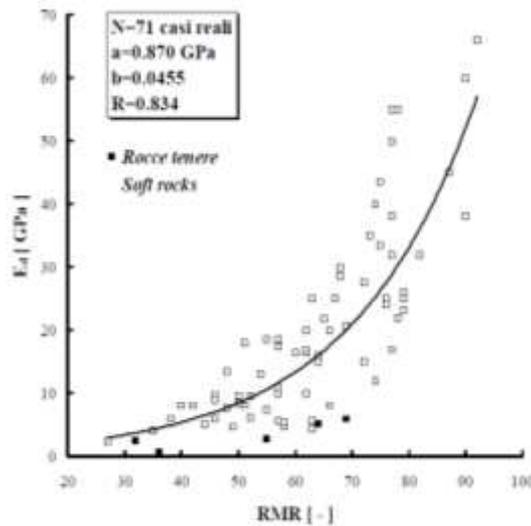
- u.c.s. (carico di rottura esp. libera):  
Manev ed Avramova-Tacheva (70)

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



- Ed - RMR (indice strutturale):

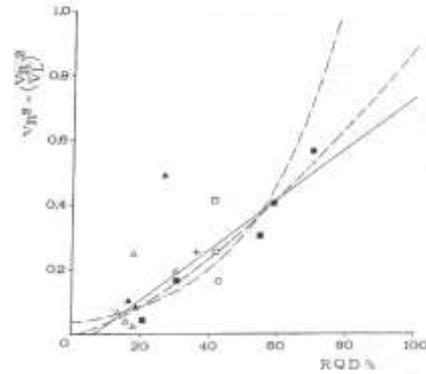
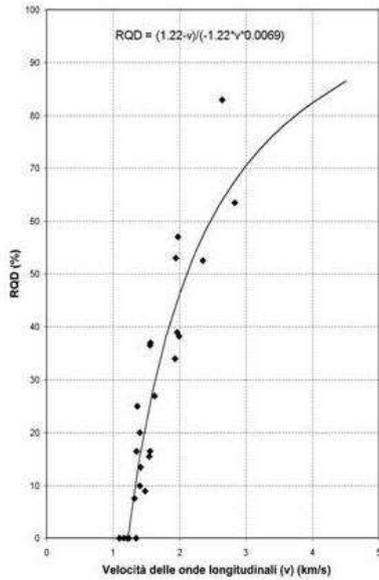
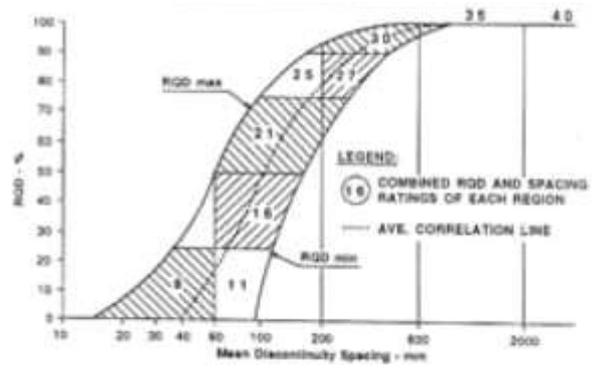
modelli di Serafim & Pereira (83),  
Mehroira e altri (91), Jasarevic  
& Kovacevic (96)



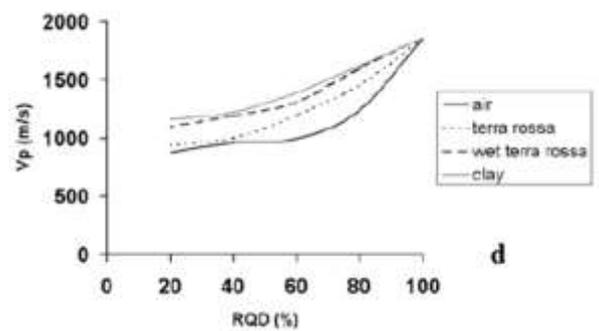
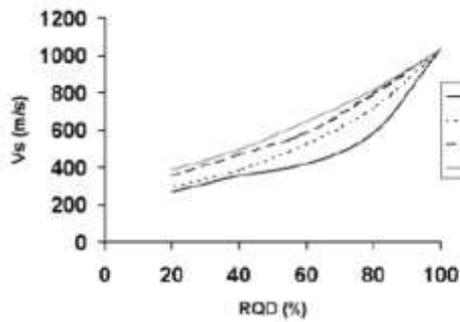
Berardi & Bellingeri (98)

- RQD (Rock Quality Designation)

Bieniawski



Budetta e a. (2001) - Zezza (75)

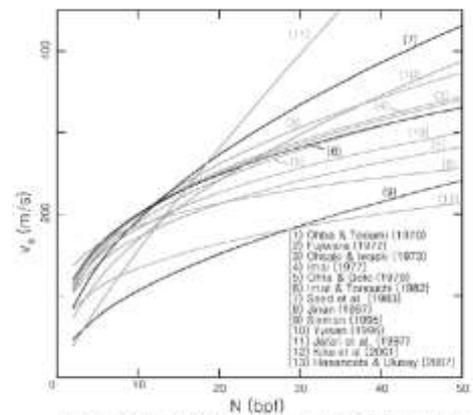


Leucci, De Giorgi (2004)

- N<sub>spt</sub> (n° colpi penetrometro)

Maugeri-Carrubba (83)

$$V_s = 48N_{SPT}^{0.55}$$



- Coefficiente di Winkler o costante di sottofondo

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

$$K_s = \alpha \frac{E}{B} \quad \text{Kogler \& Scheidig} \quad K_s = \frac{E}{B(1-\nu^2)} \quad \text{Vesic}$$

$$K_s = \frac{1}{2,5} 40 \square w \square q_a \quad \text{Bowles} \quad K_s = \varepsilon \frac{E}{(1-\mu^2) \square \sqrt{F}} \quad \text{Scheicher}$$

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

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

## **10.1 Edifici residenziali**



### **Verifica di liquefazione dei terreni in condizioni sismiche**

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

### **Verifica di stabilità dei pendii**

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

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

## STRATIGRAFIA DEL TERRENO

Committente	Riqualficazione Costa Nord		
Località	Trani	Quota	6.00 m slm
Profondità indagine	21 m	Prof. falda da p.c.	6.00 m

Stratigrafia	Falda	Descrizione	valori caratteristici				Vp m/s	SPT derivato
			densità Kg/m <sup>3</sup>	angolo attrito	Es Kg/cm <sup>2</sup>	c Kg/cm <sup>2</sup>		
0		riporto	1661	24	53	0.00	500	18
1		calcareniti	1743	28	355	0.019	644	28
2								
3								
4								
5								
6	6.00	calcareniti	1831	30	525	0.025	834	47
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17		calcare	2232	40	9251	2.191	2367	rifiuto
18								
19								
20								
21								

Fig. 32 – Stratigrafia

<i>Parametri elasto-meccanici</i>		<b>copertura</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
litologia		riporto	calcareniti	calcareniti	calcare
compattezza		media	medio-bassa	media	media
spessore	m	0.70	1.40	11.90	>20
peso specifico $\gamma$	Kg/m <sup>3</sup>	1661	1743	1831	2232
peso specifico sat $\gamma_s$	Kg/m <sup>3</sup>	1744	1830	1922	2232
angolo di attrito $\phi$	gradi	24	28	30	40
angolo di attrito slittamento	gradi	16	18	19	25
coesione drenata	Kg/cm <sup>2</sup>	0	0.019	0.025	2.191
coesione ND cu	Kg/cm <sup>2</sup>	0	0.14	0.18	2.19
mod. el. stastico Young Es	Kg/cm <sup>2</sup>	53	355	525	9251
modulo di Poisson $\mu$		0.36	0.36	0.35	0.32
modulo di taglio statico Gs	Kg/cm <sup>2</sup>	19	131	195	3504
coeff. di Lambe b	1/mc	0	0	0	0
mod. edometrico Edo	Kg/cm <sup>2</sup>	89	597	843	
Carico di rottura Qc	Kg/cm <sup>2</sup>	3.93	5.40	7.71	30.94
grado sovraconsolidazione		1	1	1	1
adesione	Kg/cm <sup>2</sup>	0.000	0.012	0.015	1.314
coeff. spinta a riposo K <sub>0</sub>		0.596	0.531	0.500	0.360
Nspt	n°	18	28	47	rifiuto
RQD	%	0	0	0	54
indice RMR		0			59
qualità C.S.I.R.		0			mediocre
discontinuità per metro	n°	0			4
giunti per mc Jv	1/mc	0			19
Winkler verticale Kv	Kg/cm <sup>3</sup>	0	4.45	5.00	30.00
Winkler orizzontale Ko	Kg/cm <sup>3</sup>	0	1.55	2.40	15.00

## SCAVI E SBANCAMENTI

Normativa di riferimento:

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

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

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

## **RISCHIO DA GAS RADON**

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

- La Direttiva 2013/59/EURATOM del consiglio del 5 dicembre 2013 che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom;
- D. lgs. 230/95 e ss. mm. ii. "Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti";
- Legge Regionale 30/2016, modifica e integrata dalla L.R. 36/2017 "Norme in materia di riduzione dalle esposizioni alla radioattività naturale derivante dal gas 'radon' in ambiente chiuso".

Lo scopo dell'indagine è di accertare preliminarmente i livelli limite di concentrazione per le nuove costruzioni, ai sensi dell'art. 3 della L.R. 36/2016, modificato dall'art. 25 comma 1 della L.R. 36/2017.

### **Tipologia di suolo e sottosuolo**

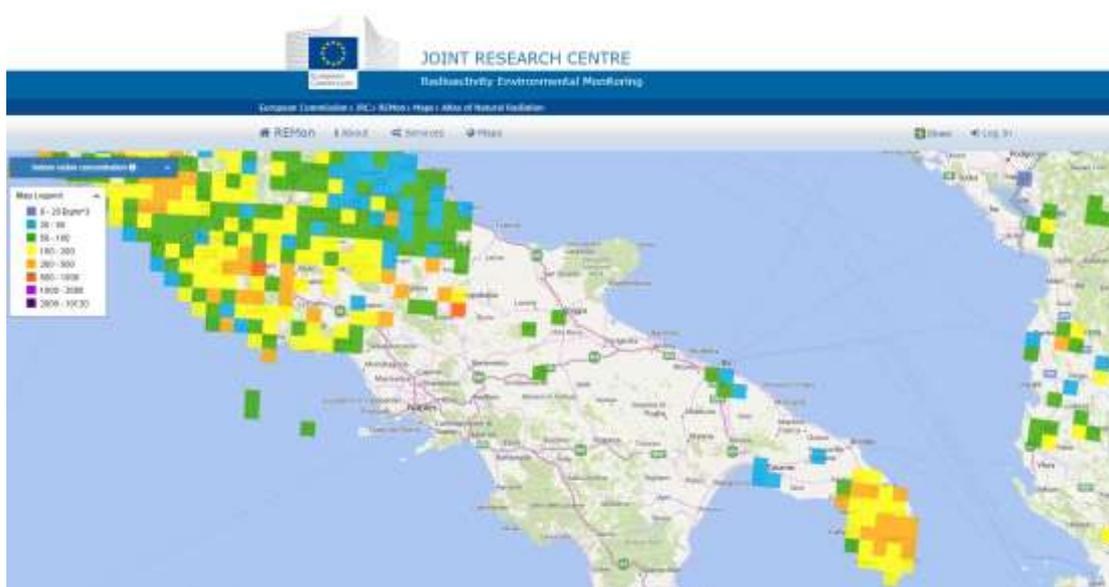
Il radon è un prodotto di decadimento radioattivo della catena dell'uranio, è un gas nobile prodotto dalla "disintegrazione radioattiva" del radio contenuto nelle rocce. Si osserva infatti che in natura sono presenti alcuni atomi chiamati instabili per la loro proprietà di trasformarsi senza influssi esterni in altri atomi, cambiando in questo modo la loro identità e trasformandosi in altri elementi chimici.

Nel caso particolare la disintegrazione naturale dell'uranio dà luogo, tramite una serie di prodotti intermedi, al radio e successivamente al radon. A differenza dei suoi precursori nella catena radioattiva, che permangono nella crosta terrestre, il gas radon ha la possibilità di muoversi tra i pori dei materiali solidi, di essere trasportato in superficie e di raggiungere l'atmosfera.

La principale fonte di questo gas è il terreno, ma altre fonti possono essere anche materiali da costruzione, specie se di origine vulcanica, e l'acqua. La trasmissione del radon, il cosiddetto pericolo radon-indoor, avviene mediante pavimentazioni e pareti a contatto con il suolo e non adeguatamente isolate da fratture e fessure, tubature e canalizzazioni non ben sigillate (che andrebbero quindi sempre ben controllate se si vive in una zona più a rischio).

Nel caso in oggetto, il sottosuolo è caratterizzato da 12 m circa di sabbie limose calcarenitiche e dal basamento calcareo (rocce sedimentarie), a media fratturazione, con probabile presenza di piccole/modeste sacche di terra rossa. Notoriamente le rocce predisposte maggiormente al rilascio di gas radon sono costituite da rocce di origine vulcanica e metamorfica, come graniti, pozzolane, tufi (di origine vulcanica) e lave, dove è più probabile l'alta concentrazione in primis di uranio, radio e torio.

In termini di monitoraggio, l'Italia ha aderito al progetto di creazione di un database per la preparazione di un "atalante europeo sulle radiazioni naturali che comprende informazioni sulla concentrazione di radon negli edifici", chiamato *progetto ATLAS*.



**Fig. 33 – Mappa della concentrazione del gas radon nei luoghi indoor in Puglia**

Come evidente, le concentrazioni maggiori sono state riscontrate in Salento. Tuttavia ciò dipende anche dal numero di monitoraggi effettuati, infatti nella Puglia centrale non sono presenti dati di monitoraggio e pertanto non si hanno informazioni sulla concentrazione.

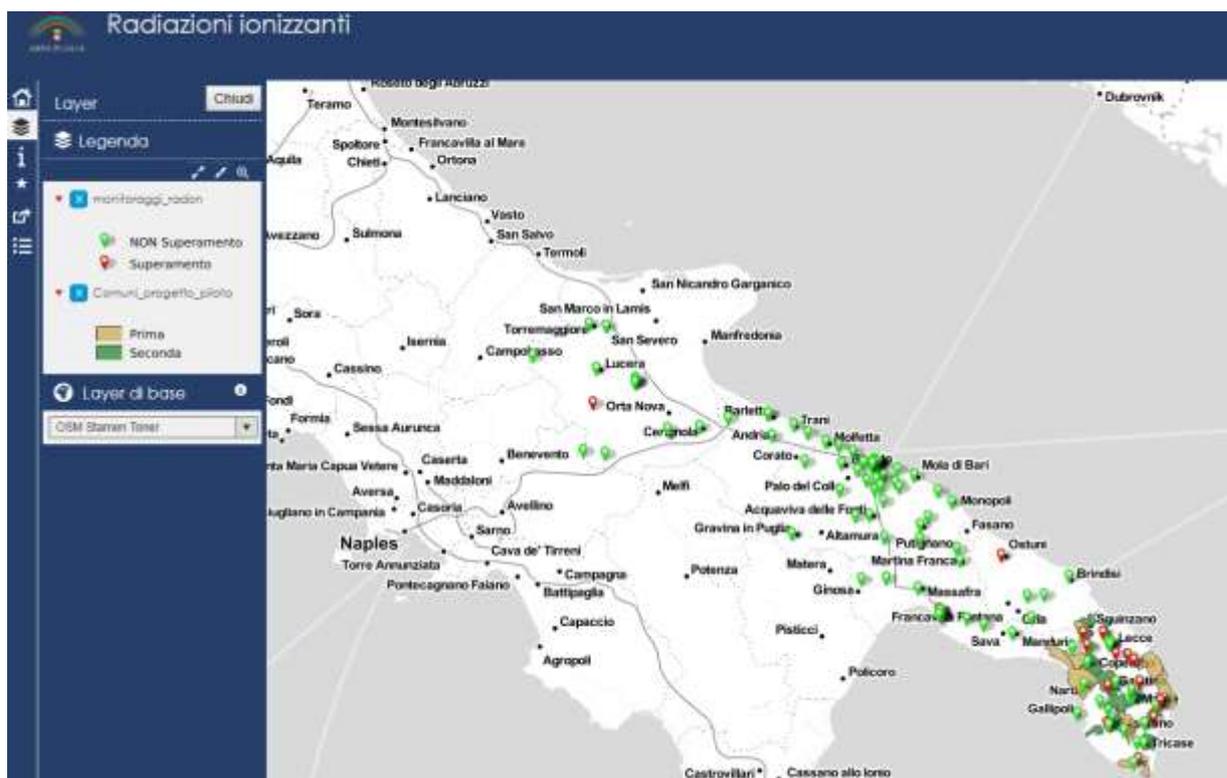
Anche l'ARPA Puglia a partire dal 2004 ha elaborato una cartografia risultante dai dati di concentrazione del radon, elaborati nell'ambito delle campagne di misure.

Da tale mappa è stato estrapolato il dato rappresentativo del comune di Trani e Barletta.

I risultati ottenuti mostrano una concentrazione annuale di gas radon massimo di  $116 \text{ Bq/m}^3$ , valore ampiamente inferiore al limite di concentrazione di  $500 \text{ Bq/m}^3$ , come da D.Lgs. 241/2000.

La regione Puglia ha ulteriormente abbassato questo limite a  $300 \text{ Bq/m}^3$ , come da comma 2 dell'art. 3 "livelli limite di concentrazione per le nuove costruzioni", della l.r. 30/2016 (comma 1 l.r. 36/2017).

Anche in considerazione di questo nuovo limite, i dati monitorati nelle immediate vicinanze dell'area in oggetto risultano inferiori a  $300 \text{ Bq/m}^3$ .



**Fig. 34 – Mappa delle radiazioni ionizzanti dell'ARPA Puglia, con i rosso le zone di superamento del limite  $300 \text{ Bq/m}^3$**

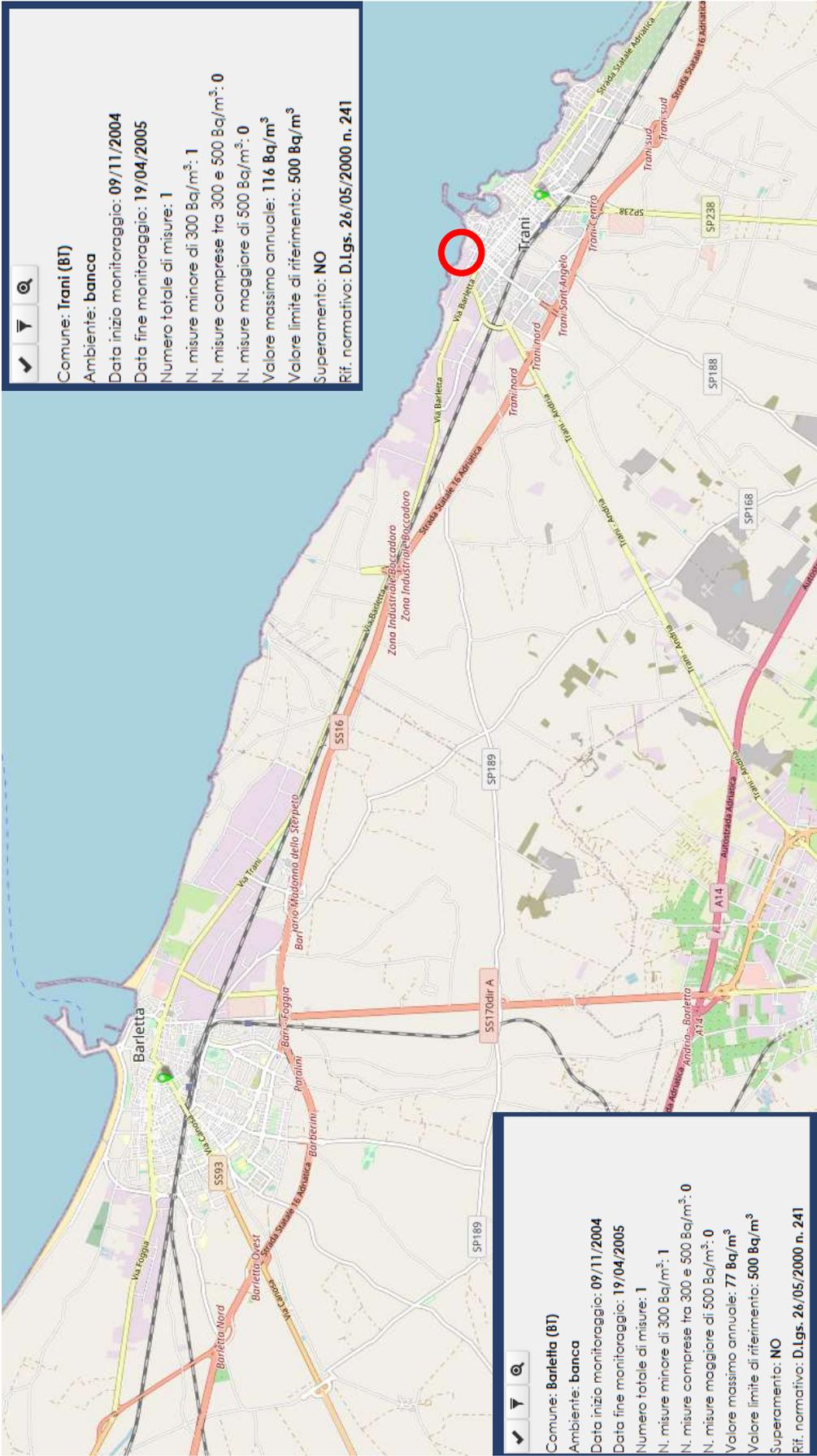


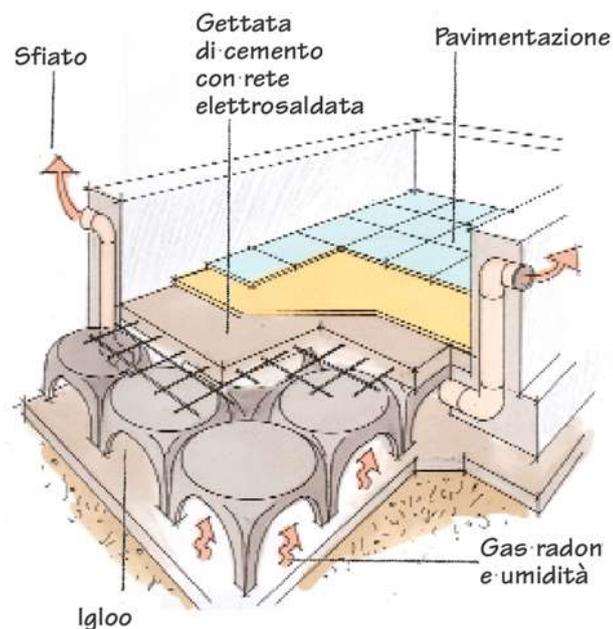
Fig. 35 – Dati concentrazione nel comune di Trani

### Soluzioni per ridurre l'accumulo di radon

La migliore prevenzione dal radon ha inizio dalla progettazione adeguata, con particolare attenzione riguardo alla disposizione e destinazione dei locali, alla scelta dei materiali da costruzione impermeabili al radon, alla pianificazione dei passaggi delle condotte dal terreno, all'isolamento termico ed al sistema d'aerazione.

Le tecniche preventive possono essere di tipo attivo o passivo. Tra le tecniche di tipo passivo, possono essere suggerite:

- ventilazione naturale attraverso vespaio: tecnica ormai diffusa anche per ridurre problemi di umidità dei locali interrati. È possibile mediante l'introduzione di tubi forati all'interno del vespaio per tutta l'impronta del fabbricato, collegati a due sfiati, a nord e sud in modo da generare l'effetto Venturi tra i due punti. Spesso utilizzati anche gli igloo (o iglù), che sono dei casseri a perdere di forma e altezza diversa, affiancati in serie; si realizza una piattaforma pedonale autoportante sulla quale viene eseguito una gettata di calcestruzzo, in maniera semplice ed economica, ottenendo così un vespaio ventilato poggiante su pilastri con area sottostante cava, sfruttabile per vespaio ventilato per contrastare risalita di umidità e di gas radon (ovviamente si realizzano sempre gli sfiati esterni per la fuoriuscita).



**Fig. 36 – Schema di vespaio con iglù**

- intercapedine areata: in modo naturale o forzato, per tutta l'altezza dello scavo interrato, dal piede della fondazione al piano campagna, in modo da intercettare eventuali propagazioni di gas provenienti dalle pareti dello scavo;

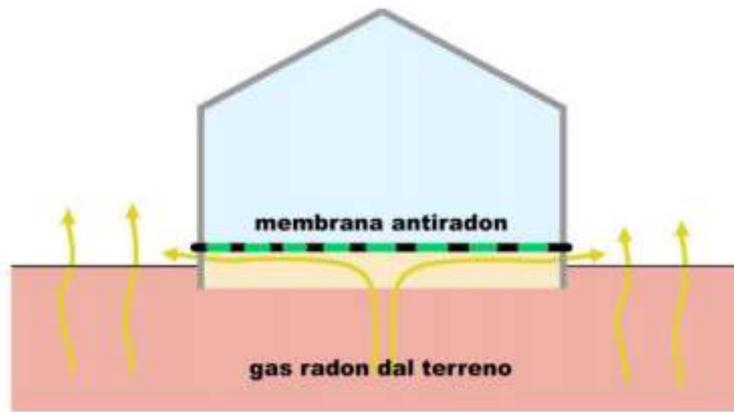


**Fig. 37 – Esempio di intercapedine areata**

- Messa in opera di una barriera ritardante al carbone attivo o zeolite (silicati complessi), che sono miscelati al terreno di fondazione e posti accanto alle strutture di fondazione. Si tratta di materiali con alta resistenza al passaggio del gas radon, che hanno lo scopo di ritardarne il percorso. Dal momento che il tempo di dimezzamento del radon è di 3.8 gironi, ogni ritardo nel percorso di migrazione potrà ridurre il livello di concentrazione indoor. Le prime applicazioni sperimentali di questo sistema hanno dato risultati soddisfacenti, senza modificare le proprietà ingegneristiche del suolo.

È opportuno tuttavia evidenziare che anche una membrana impermeabile (bituminosa, PVC, ecc.) fornisce adeguate prestazioni, specie se del tipo “barriera al vapore” e sottolineare che la posa in opera riveste un ruolo determinante sull'efficacia della barriera. Va ricordato infatti che il radon non fuoriesce dal terreno in pressione, ma viene richiamato dalla leggera depressione che si crea all'interno dell'edificio ed è quindi sufficiente ostacolare questo leggero flusso di gas con una barriera sintetica.

Pertanto, particolare attenzione deve però essere posta alla posa in opera della membrana, evitando qualsiasi tipo di bucatura o lacerazione che potrebbe risultare poco importante nell'arrestare la risalita nell'edificio dell'umidità ma sicuramente più critica per quanto riguarda il radon.



**Fig. 38 – Esempio di membrana**

In relazione alle tecniche attive, invece, bisogna focalizzare l'attenzione sulla gestione della ventilazione forzata degli ambienti indoor, attraverso dispositivi che creano un aumento di pressione in locali interrati, impedendo così al radon di entrare. In fase di costruzione risulta spesso semplice ed economico installare dei sistemi di ventilazione/aspirazione da attivare in caso di necessità, qualora i sistemi passivi non diano risultati soddisfacenti. Sono pertanto, possibili soluzioni miste che prevedano il passaggio delle canalizzazioni in adiacenza a fonti di calore, che favoriscano l'innescarsi di un effetto camino aspirante nella tubazione.

## **10.2 Valutazione rischio geomorfologico**

### **Progetto**

Il progetto prevede la realizzazione del “Nuovo Parco Attrezzato – Villa Comunale della Costa Nord” che ha come obiettivo quello di riqualificare l'area industriale dell'ex distilleria Angelini, caratterizzata prevalentemente da edifici industriali dismessi. Gli edifici facenti parte di quest'area verranno demoliti, per lasciare spazio ad una nuova e funzionale area a verde.

Le aree a verde saranno intervallate da percorsi in calcestruzzo drenante, inoltre sarà realizzato un percorso lungo il fronte mare protetto dalla scarpata mediante la realizzazione di un muretto a secco con interposta ringhiera architettonica. Il progetto prevede, inoltre, la realizzazione dell'impianto di pubblica illuminazione con armature Led, di ultima generazione ideali per l'illuminazione di parchi ed aree a verde.



**Fig. 39 – Planimetria di progetto**

### **Stato di fatto**

L'area di progetto interessata dal vincolo geomorfologico è costituita da un ampio piazzale cementato pianeggiante, con quota media pari a 6 m slm, ed alcuni opifici da demolire.

La fascia costiera può essere divisa in due parti:

- zona orientale: la sequenza stratigrafica è rappresentata da circa 14 m di sabbie limose, con la falesia sostenuta da un muro di contenimento. Alla base del muro è presente una spiaggia in ciottoli larga circa 10 m e una barriera di scogli larga circa 10 m. Gli edifici presenti saranno abbattuti.
- Zona occidentale: la sequenza stratigrafica è rappresentata da circa 7 m di terreno di riporto sabbioso limoso ghiaioso passante alle sabbie limose in posto. Il fronte mare è sostenuto da uno spessore variabile da 7 a 15 m di blocchi ciclopici calcarei, inizialmente in pile poi degradanti verso mare con una inclinazione variabile da 25° a 50°.



muro di sostegno con spiaggia



scogli emergenti



Blocchi ciclopici

Fig. 40 – Panoramiche lato mare

## Analisi di stabilità della falesia

La seguente analisi è stata redatta allo scopo di definire le modalità per la realizzazione in sicurezza del progetto in opera.

In particolare, in riferimento agli “Studi relativi alla valutazione della pericolosità e rischio di instabilità delle coste alte della Regione Puglia”, eseguito dal DISGG dell'Università della Basilicata, su incarico dall'AdB Puglia, si è eseguita l'analisi di stabilità della falesia, secondo l'approccio metodologico di primo livello.

In questo metodo la pericolosità viene definita attraverso un algoritmo basato su nove parametri associati alla pericolosità stessa, di facile assegnazione numerica. L'algoritmo è stato testato su un numero di falesie in terra e in roccia, che hanno evidenziato condizioni di stabilità e di instabilità.

La condizione di pericolosità è definita dalla somma dei 9 indici, normalizzata al valore 15. Nel caso in oggetto sono stati assegnati i valori indicati dalle frecce rosse in fig. 30 ottenendo un valore di:

$$H = (P_i - 9) \times 15/18 = 5,83$$

Pertanto in riferimento alle classi di pericolosità proposte dall'approccio, nel caso in oggetto l'area ricade in **MEDIA PERICOLOSITÀ**.

Le classi di pericolosità che si deducono sono 3:

$H < 4$  : pericolosità bassa

$H = 4 - 10$  : pericolosità media

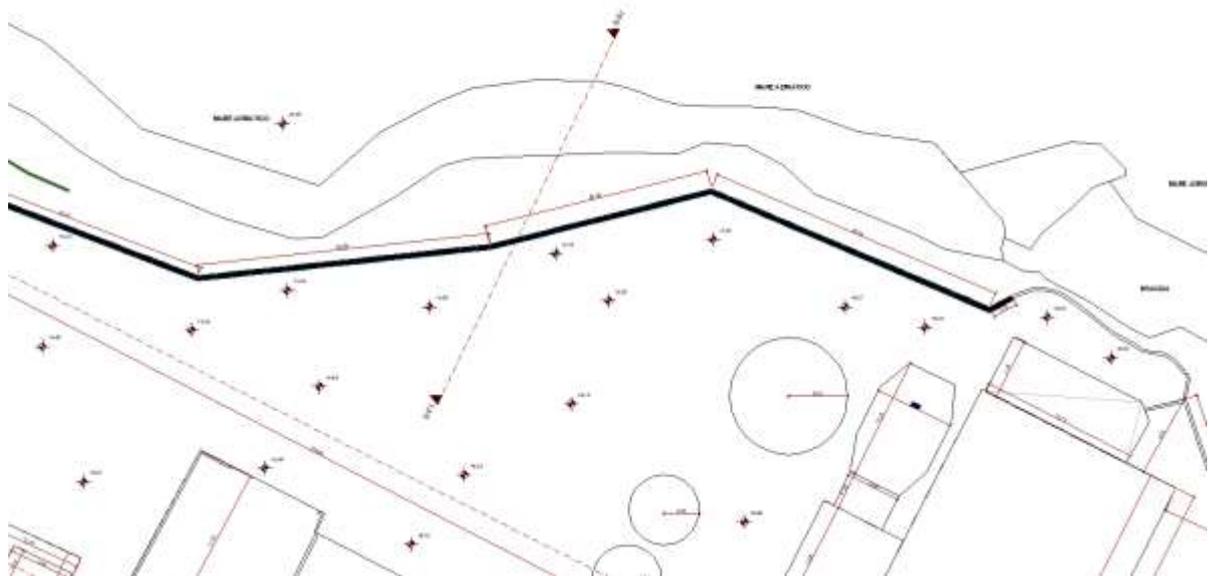
$H > 10$  : pericolosità elevata

parametro		range	score
1 altezza della costa	H	< 2 m	1
		2 - 10 m	2
		> 10 m	3
2 pendenza	P	< 50°	1
		50 - 75°	2
		75 - 90°	3
3 litologia	LI	calcari-dolomie	1
		calcareniti	2
		sabbie cementate	3
		calcareniti su calcari	2
		sabbie su argille	2
		calcareniti su argille	3
		alternanze ben stratificate	2
		terreni sciolti destrutturati	3
4 struttura dell'ammasso	JP	stratif orizz	1
		franapoggio	3
		reggipoggio	1
		verticali // fronte	3
5 qualità ammasso	RQ	RQD > 70	1
		RQD < 70	2
		Fratt. Elevata + carsismo + TR	3
6 fattore acqua	W	assenza di acqua	1
		presenza di acqua sui giunti	3
7 attività storica	ST	assente	1
		spiaggia con ciottoli >10 cm	2
		accumuli o trovanti al piede	3
8 attività mare	B	spiaggia 0 - 5 m	3
		spiaggia 5 15	2
		spiaggia >15	1
9 presenza di grotte	C	no caves	1
		< 5 mc; L/H <1	2
		> 5 mc; L/H >1	3

### Parametri e relativi punteggi che concorrono alla definizione di primo livello della pericolosità

La verifica di stabilità della falesia è stata eseguita con il software "SSAP 2010, versione 5.1 (2022)", secondo il metodo di Morgenstern & Price (1965), riconosciuto dalla maggior parte degli Autori come uno dei metodi più affidabili. Tale metodo fissa  $T(x)$  come espressione di  $\lambda$ , di  $f(x)$  ed  $E(x)$ :

$$T(x) = \lambda f(x) E(x)$$



**Fig. 41 – Sezione verificata**

La verifica è stata eseguita agli stati limiti ultimi (SLU), secondo l'approccio 1 - combinazione 2 (A2+M2+R2), considerando le spinte sismiche, secondo le direttive del D.M. 17.01.2018.

**Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU**

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		$\gamma_F$			
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili $Q$	Favorevoli	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Alle azioni agenti sono stati applicati i coeff. parziali come indicato nella tabella 2.6.I; mentre ai parametri geotecnici caratteristici sono stati applicati i coeff. parziali come indicato dalla tabella 6.2.II.

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	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1,0	1,0

Come riportato in precedenza, il calcolo dei coefficienti sismici  $K_h$  e  $K_v$  è stato eseguito considerando:

Categoria sottosuolo: B  
Periodo di riferimento: 50

Categoria topografica: T1  
Coefficiente  $c_u$ : 1

$$K_h = 0.0690$$

$$K_v = 0.035$$

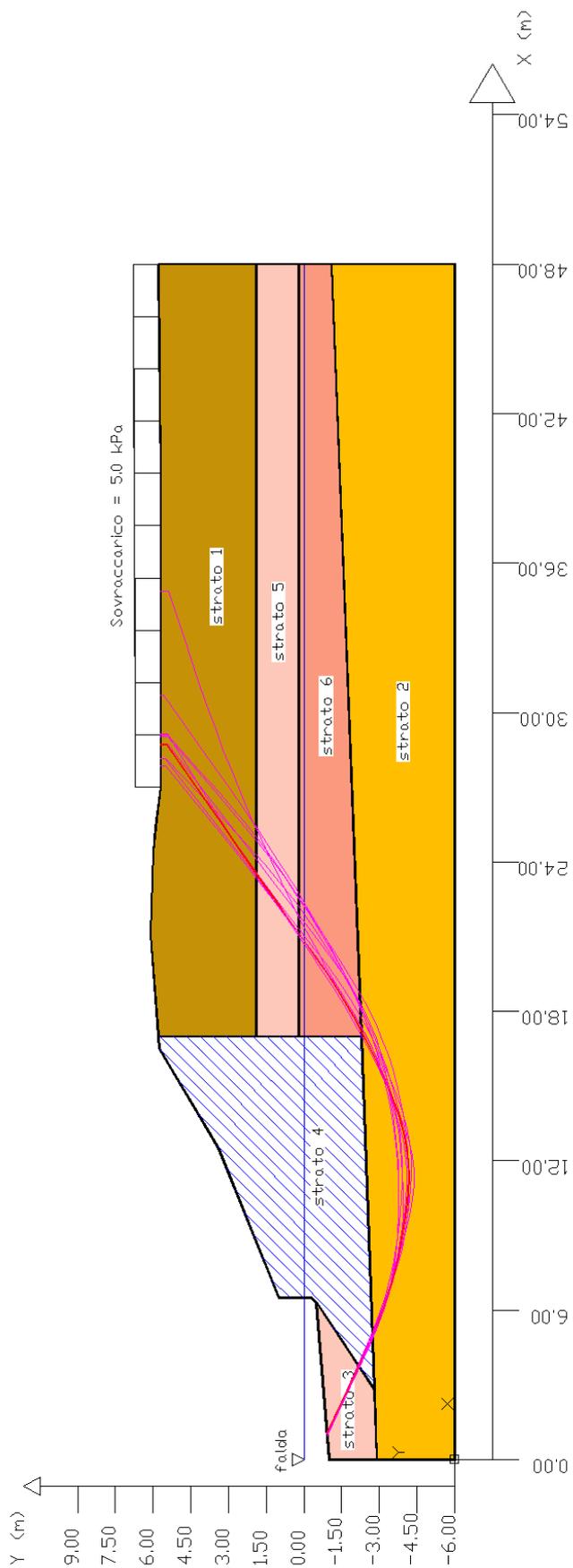
Considerando sovraccarico è stato considerato un valore pari a:

$$q_k = 5 \text{ kN/m}^2$$

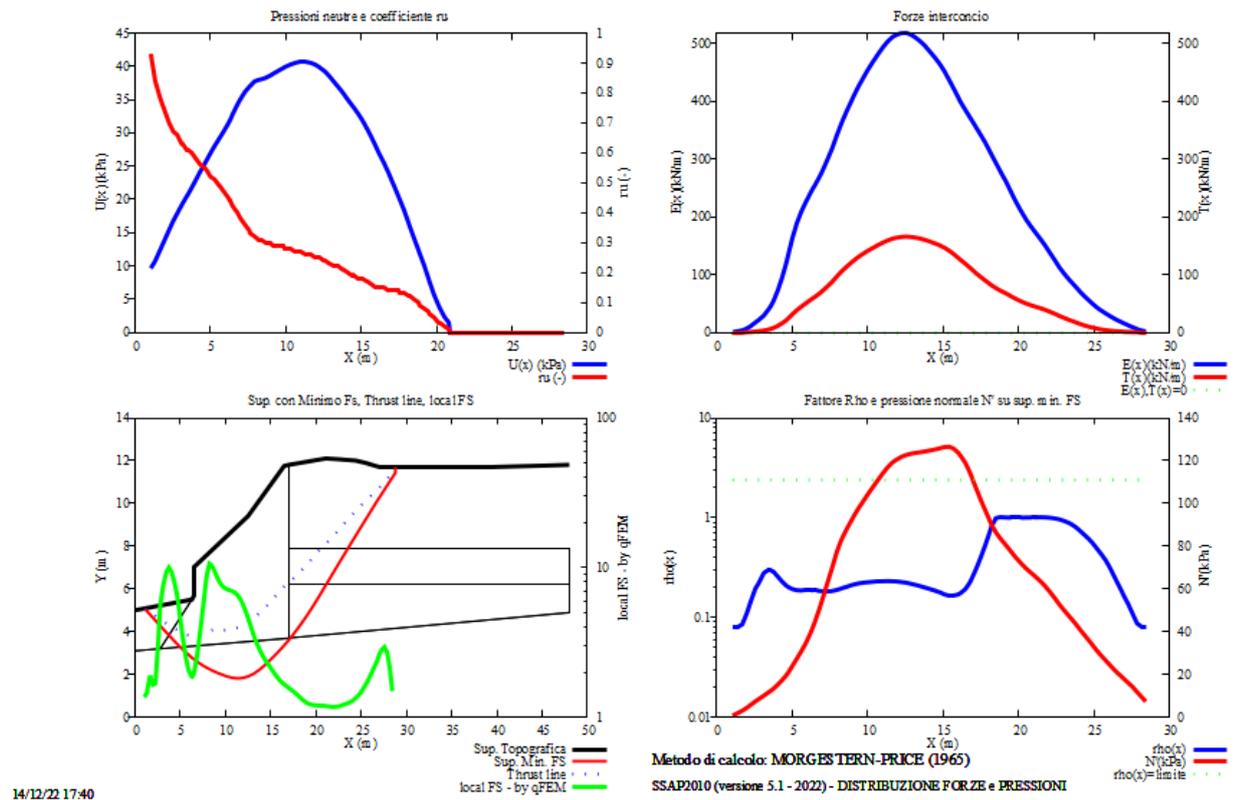
come previsto dalla Tab. 3.1.II del DM 17/01/2018 per la Cat. C5 relativamente alle "Aree suscettibili di grandi affollamenti".

I seguenti parametri geotecnici sono stati desunti dalle indagini geognostiche eseguite nell'area di indagine.

Parametri geotecnici				
Strato	Angolo attrito	Coesione (kPa)	Peso volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso volume sat. (kN/m <sup>3</sup> )
1	28°	1.76	16.86	17.71
2	33°	3.82	19.57	20.55
3	29°	2.65	18.23	19.14
4	41°	224.86	22.11	22.11
5	29°	2.65	18.23	19.14
6	33°	3.33	18.97	19.92



**Fig. 42 – Sezione con linee di potenziale scivolamento**



14/12/22 17:40

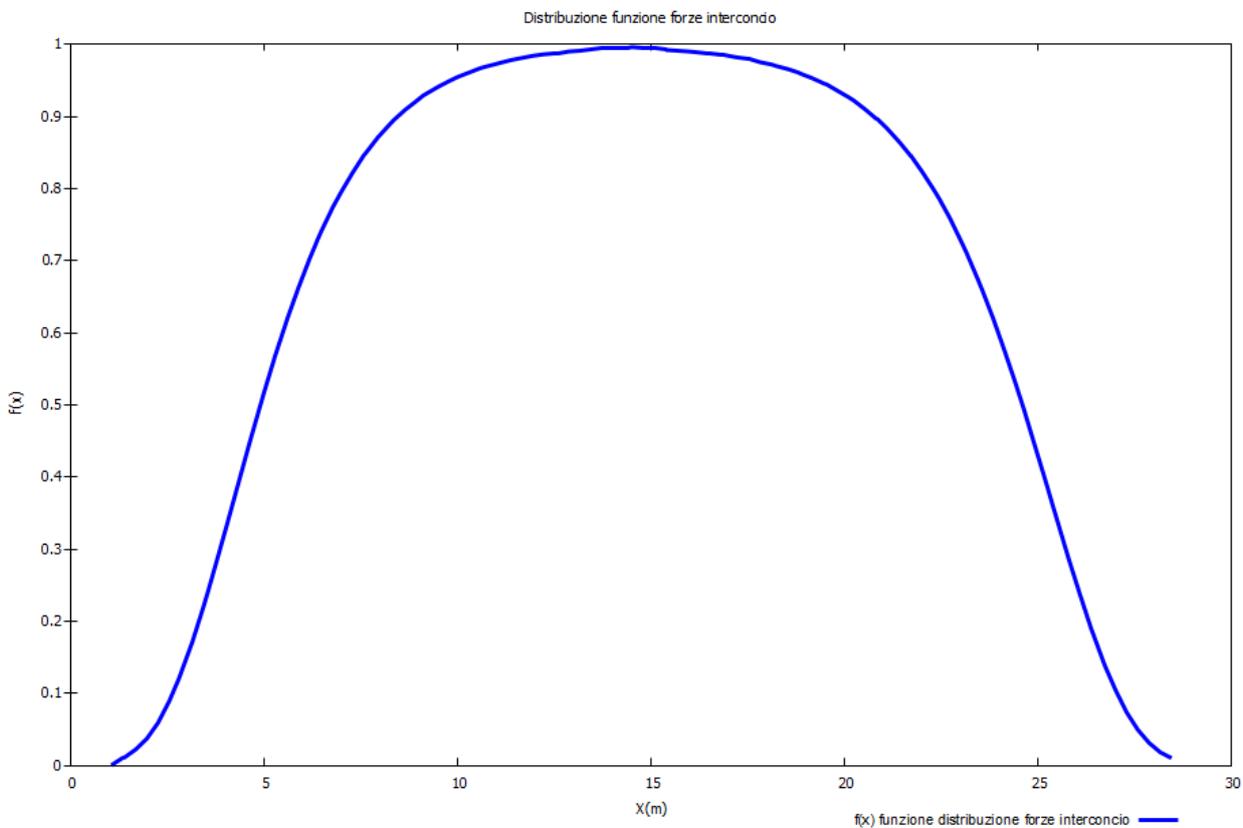


Fig. 43 – Diagrammi delle forze e distribuzione forze interconco

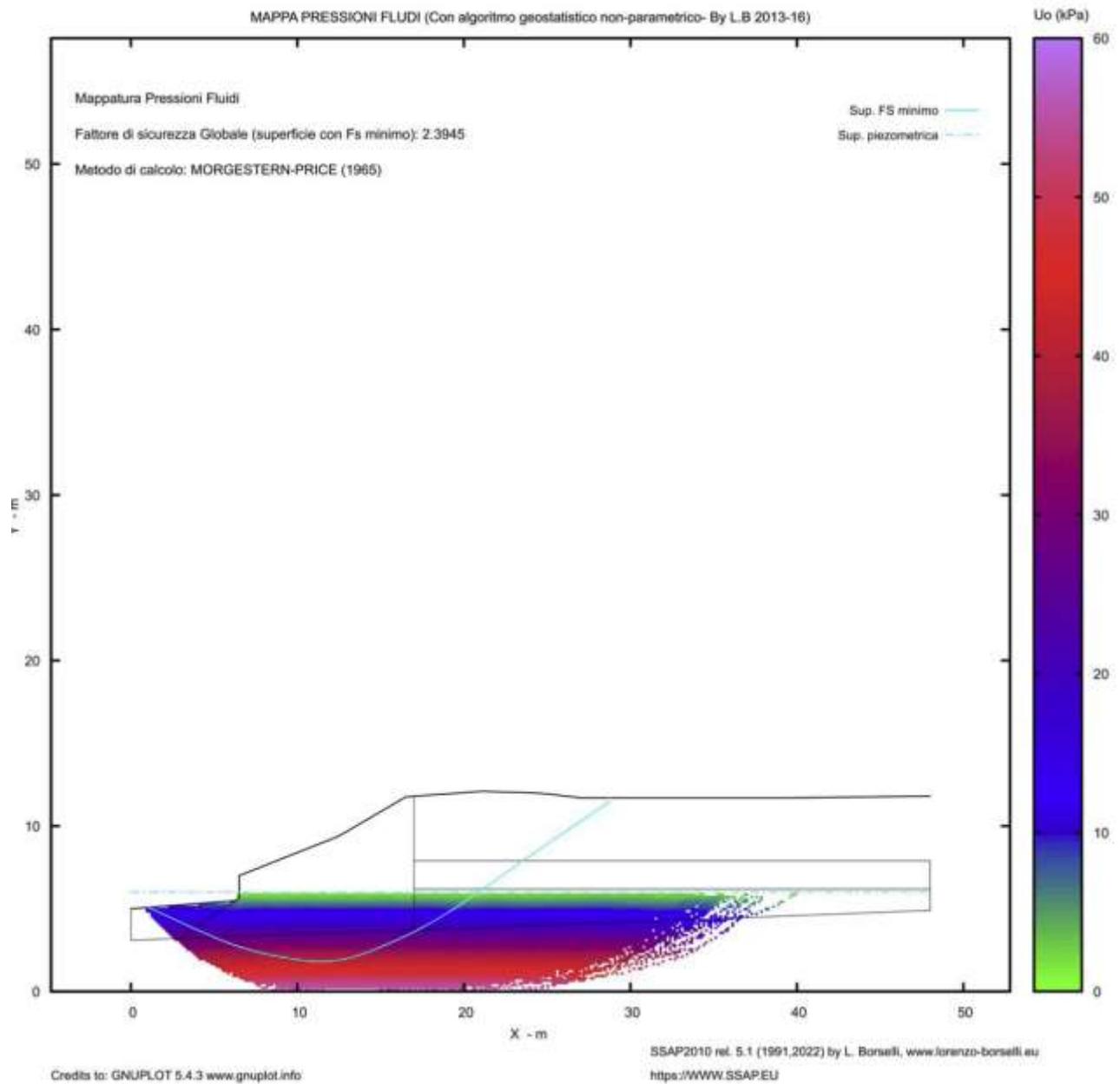
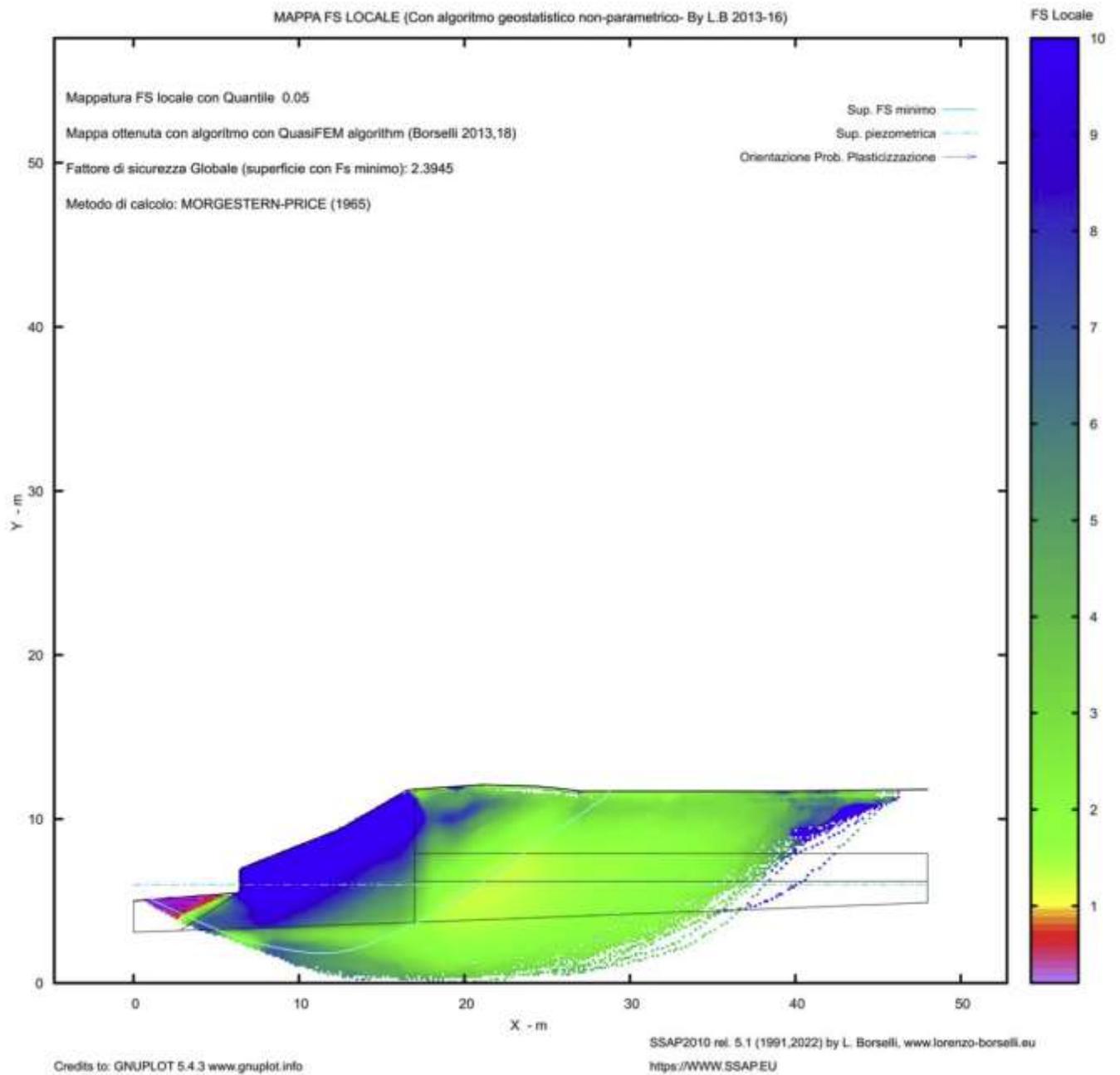


Fig. 44 – Mappa pressioni fluido



**Fig. 45 – Mappa fattore di sicurezza**

La verifica di stabilità del pendio ha riportato un coefficiente di sicurezza minimo pari a 2,39.

Pertanto è possibile affermare che l'area non risulta interessata da alcun potenziale piano di rottura della scarpata.

### Interventi di salvaguardia

Come precedentemente riportato, il fronte della falesia è sostenuto da uno spessore di blocchi ciclopici inizialmente in pile poi degradanti verso mare, con una inclinazione variabile da 25° a 50° che, dal punto di vista geotecnico, rendono il pendio stabile.

Alcuni tratti della falesia sono però caratterizzati da una diminuzione dello spessore dei blocchi causata dall'azione di scalzamento al piede del moto ondoso, con conseguente franamento a mare dei blocchi posizionati in testa al versante.

Pertanto, ai fini della stabilità della falesia, è necessario ripristinare l'originario profilo, mediante il reintegro dei blocchi ciclopici mancanti, e prevedere il monitoraggio dell'integrità del fronte nel tempo.



**Fig. 46 – Tratti di versante da ripristinare**

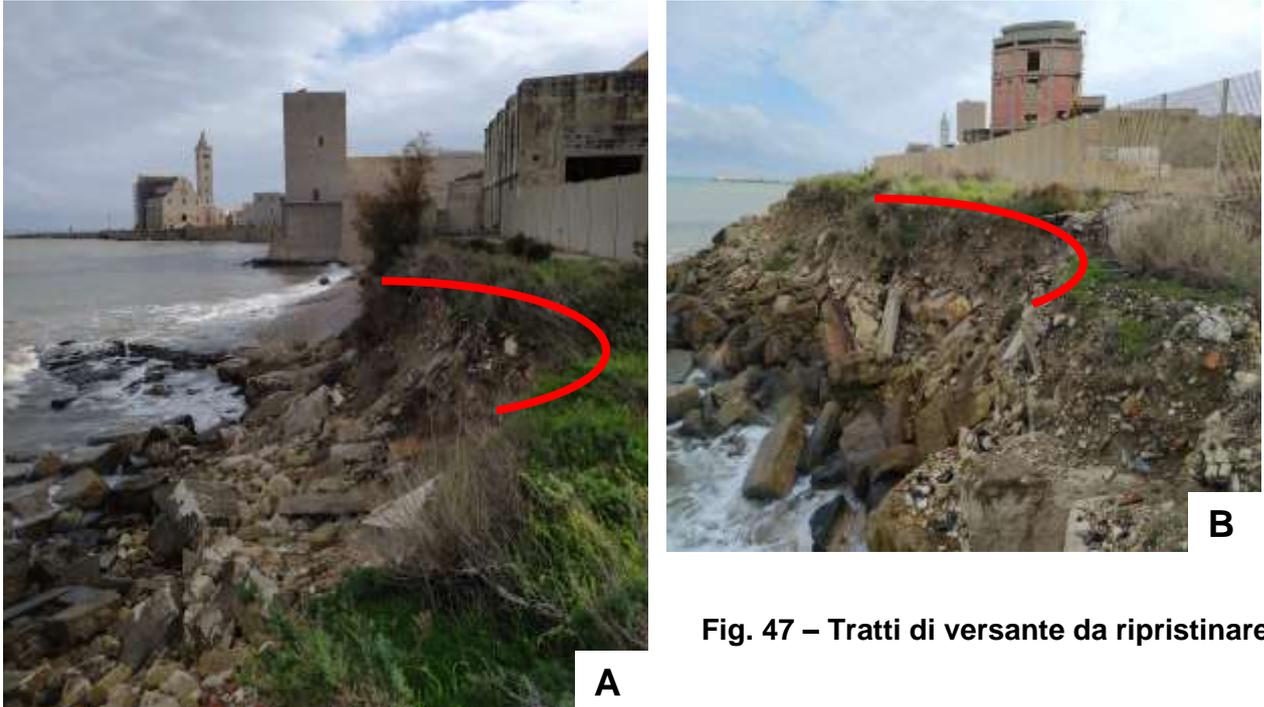


Fig. 47 – Tratti di versante da ripristinare

## 11 .CONCLUSIONI

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

L'indagine idrogeologica ha evidenziato la presenza di una falda profonda circa 6 m dal p.c., caratterizzata da acqua "salmastra" e la mancanza di falde superficiali che possono interessare le strutture fondali dei fabbricati in progetto.

L'area di sedime delle costruzioni dei fabbricati non è interessata da pericolosità idraulica e/o geomorfologica ai sensi del PAI.

Lo studio eseguito ha evidenziato un terreno di fondazione costituito da sabbie-limose, con caratteristiche geomeccaniche che lo rendono idoneo a tale scopo. Questi terreni in presenza di acqua sono soggetti a saturazione e quindi ad uno scadimento dei parametri elasto-meccanici, variabile dal 30% al 50%. Pertanto, è opportuno evitare che le acque piovane interessino il piano di fondazione.

La caratterizzazione sismica dell'area ha individuato un sottosuolo di categoria "B".

Riguardo il rischio radon, le rocce sedimentarie calcarenitiche e calcaree, presenti nell'area in oggetto, non sono predisposte al rilascio di gas radon, a differenza di quelle di origine vulcanica e metamorfica.

Per quanto riguarda la zona interessata dalla pericolosità geomorfologica PG2 e PG3, lo studio geologico e geotecnico ha appurato la stabilità della falesia, sostenuta da uno spessore variabile da 7 a 10 m di blocchi calcarei ciclopici.

Pertanto, la realizzazione della Villa Comunale rientra tra gli interventi consentiti nel comma 1, lettere "d" ed "f" dell'art. 13 e nel comma 1 lettera "a" dell'art. 14 delle NTA del PAI.

Per questo motivo, in base ai commi "e" ed "f" dell'art. 4 della L.R. 19.07.2013 n. 19 (delega di funzioni), la competenza è attribuita all'ufficio tecnico comunale.

In conclusione lo scrivente ritiene che l'area oggetto della presente relazione abbia tutte le caratteristiche geologiche, morfologiche, idrogeologiche e geotecniche per essere considerata idonea alla realizzazione del progetto.

=====

**ELABORATI**

## SISMICA A RIFRAZIONE

### Base 1

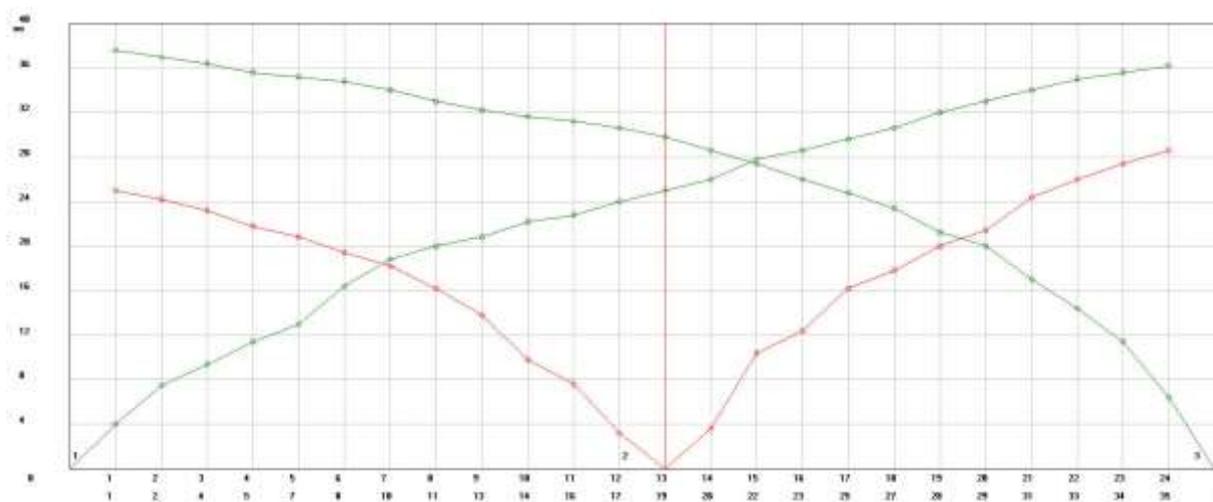
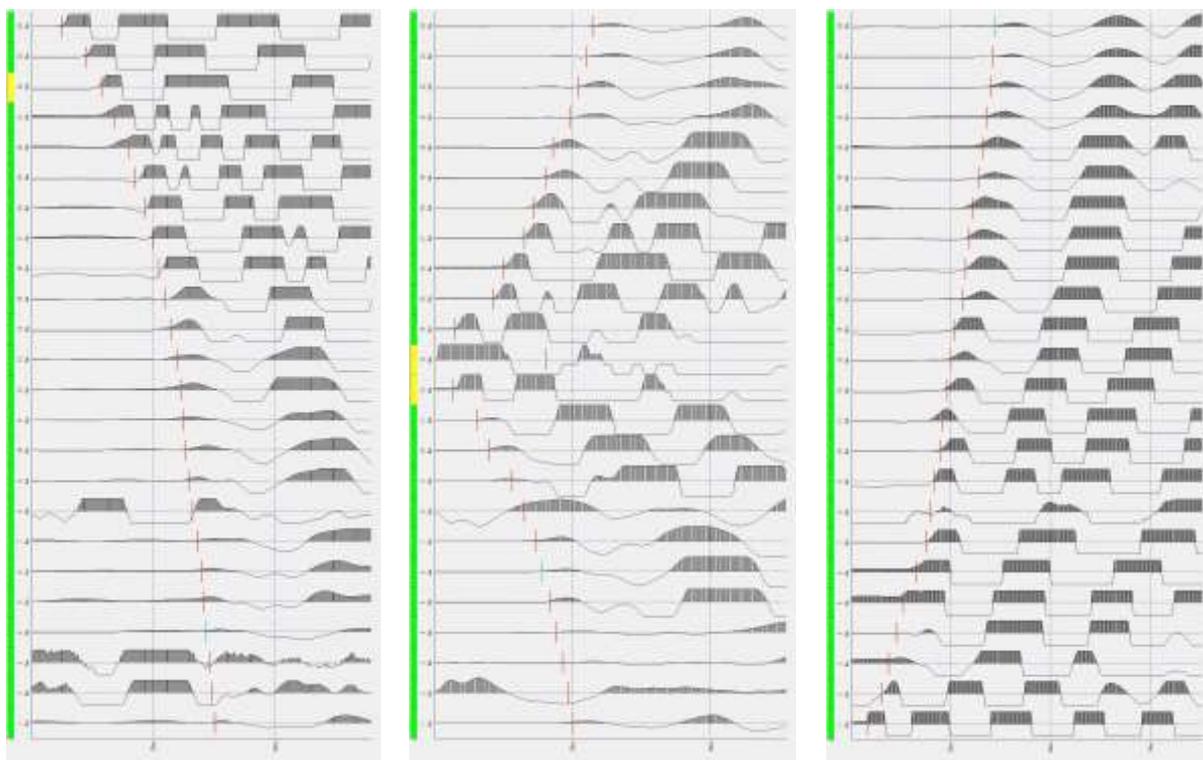


Fig. 48 – Sismogrammi e dromocrona

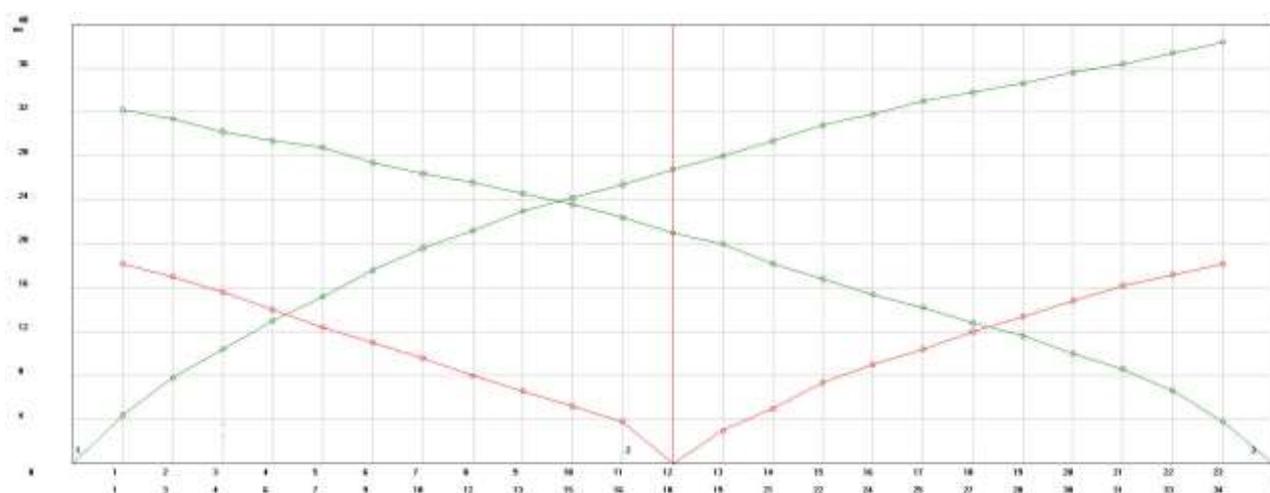
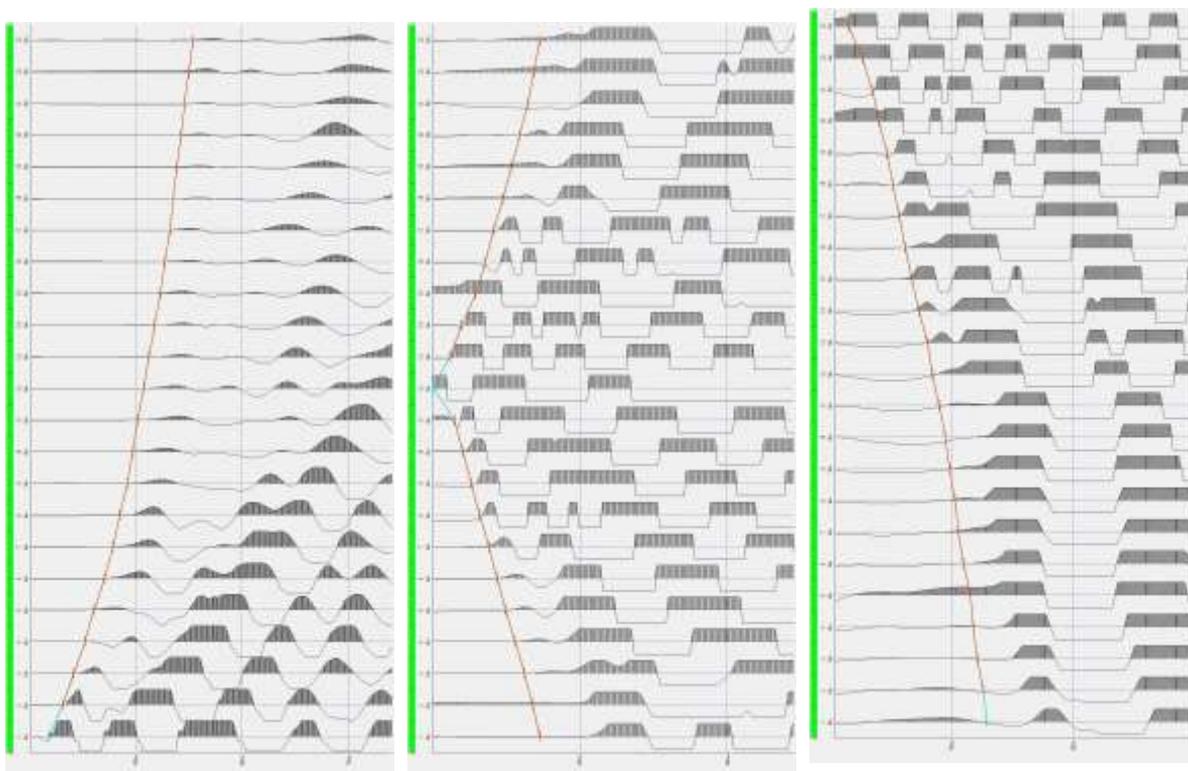
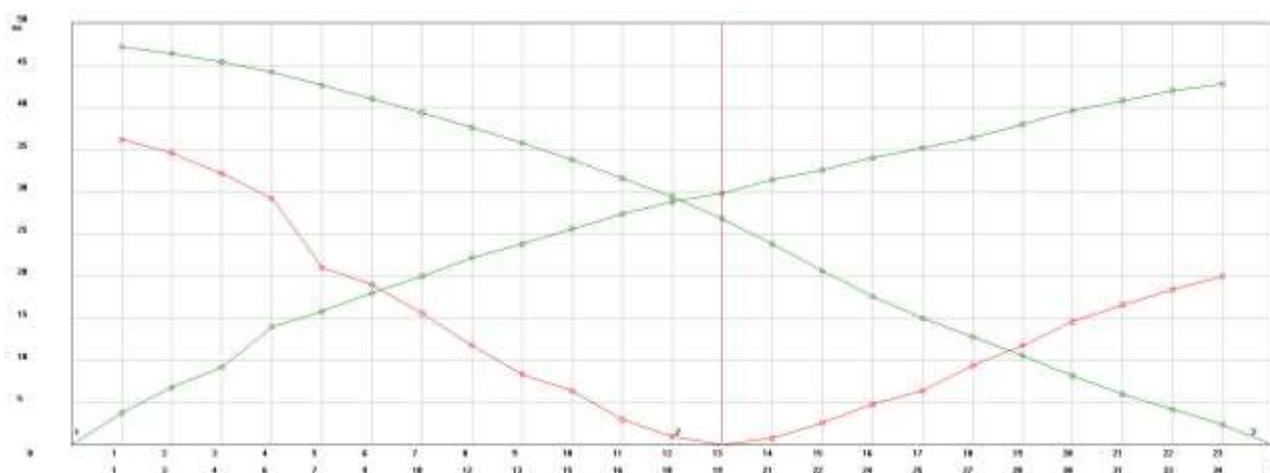
**Base 2**

Fig. 49 – Sismogrammi e dromocrona

**Base 3**

**Fig. 50 – Sismogrammi e dromocrona**

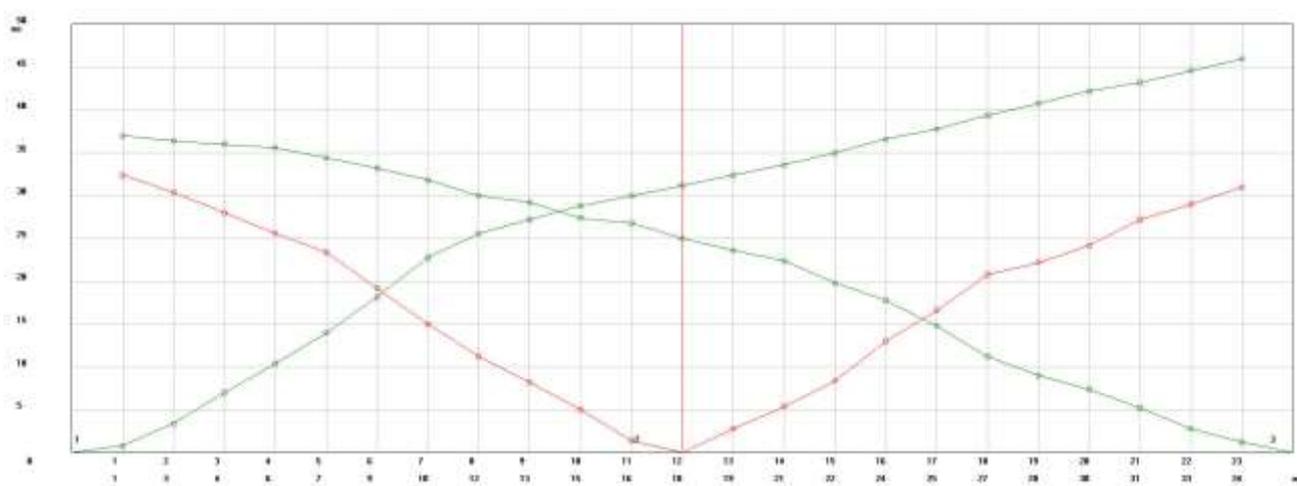
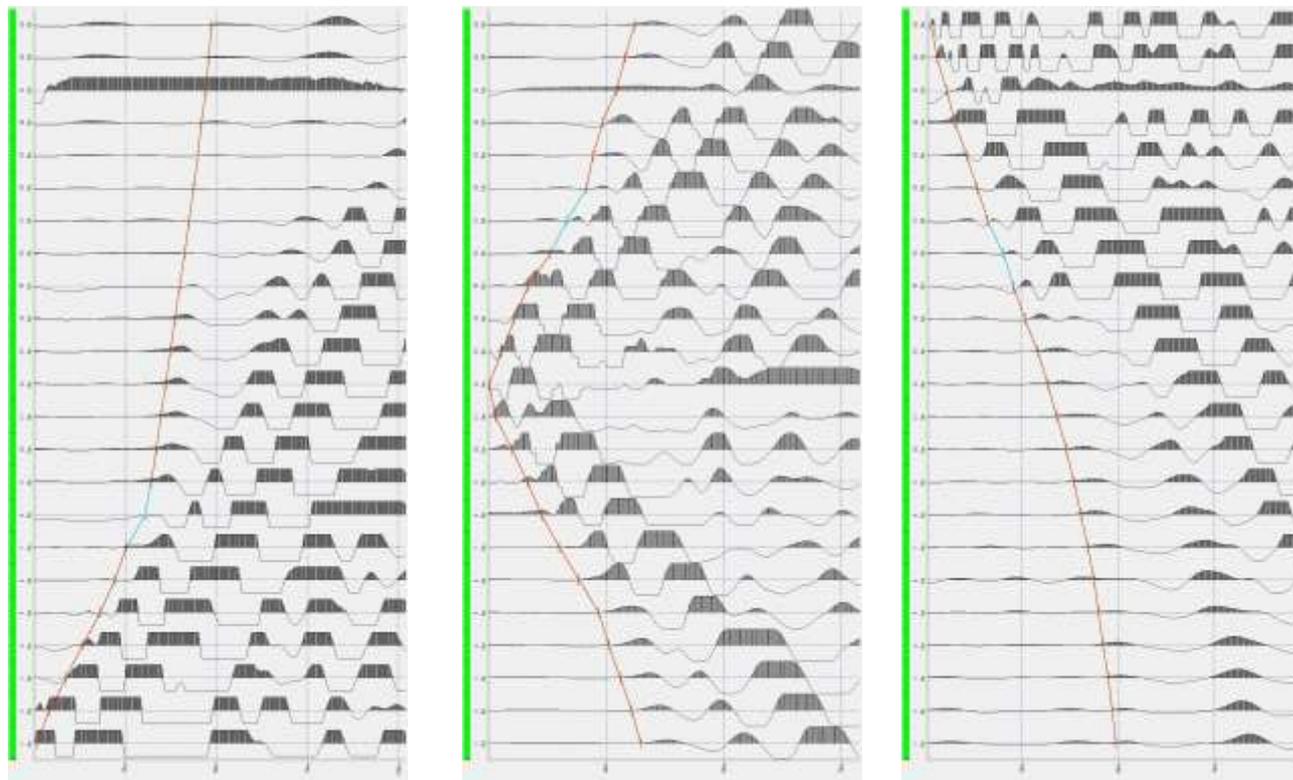
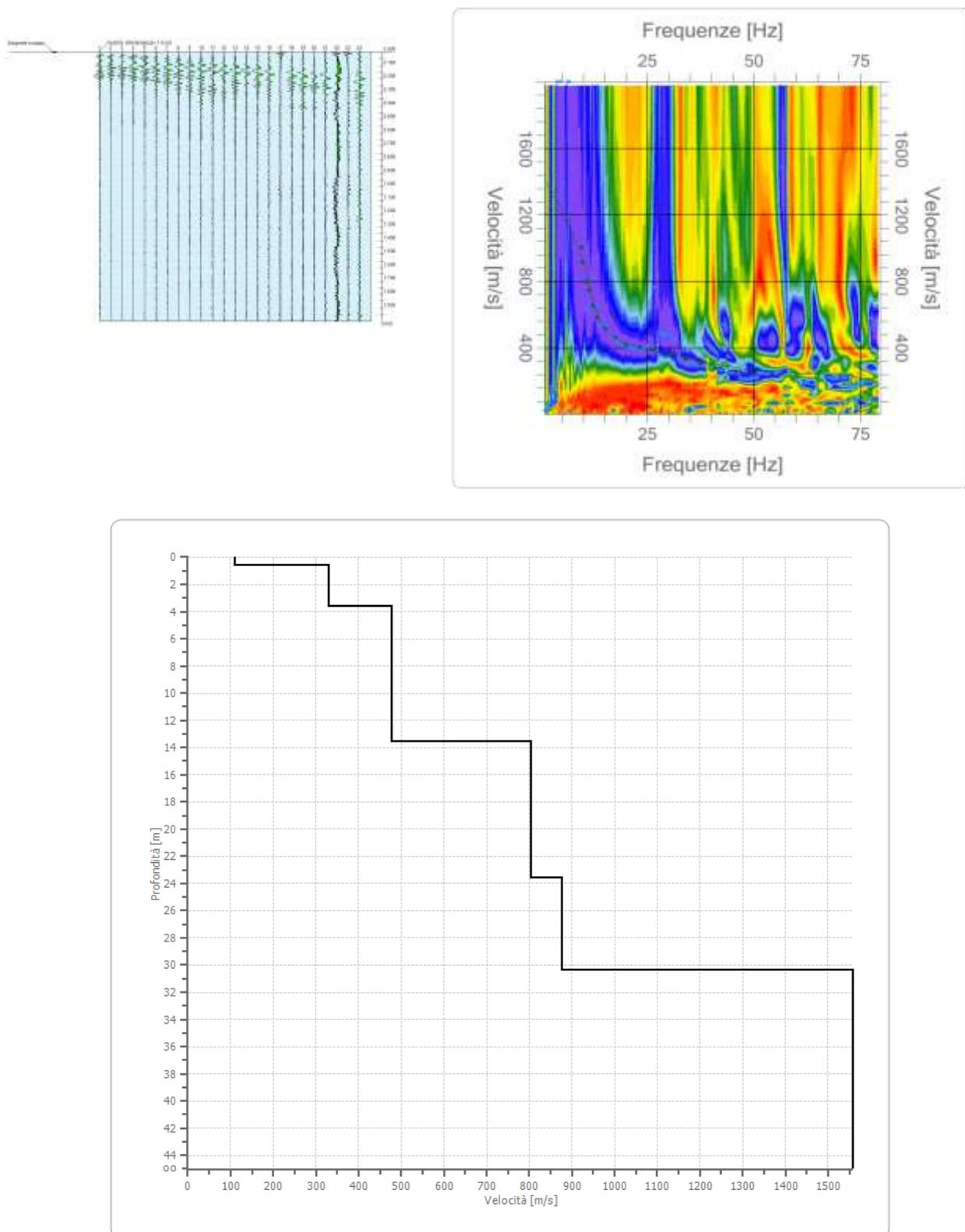
**Base 4**

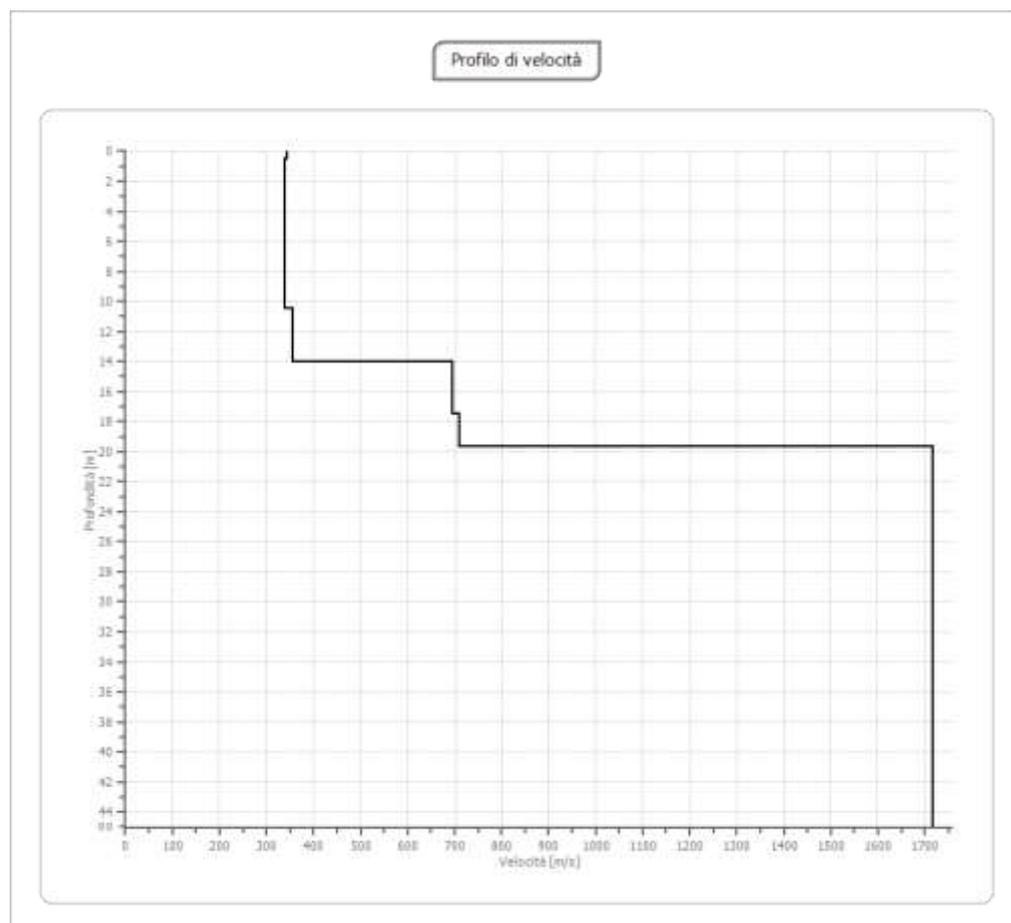
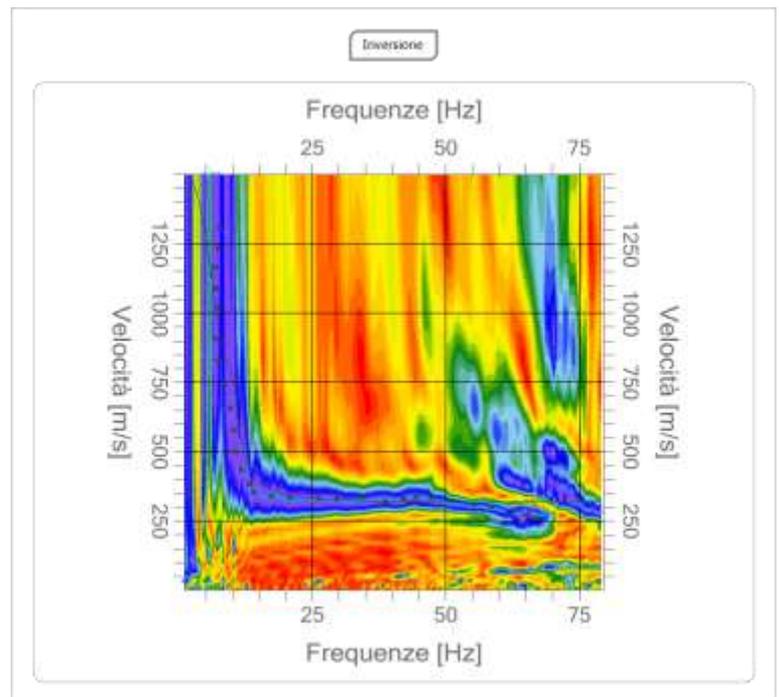
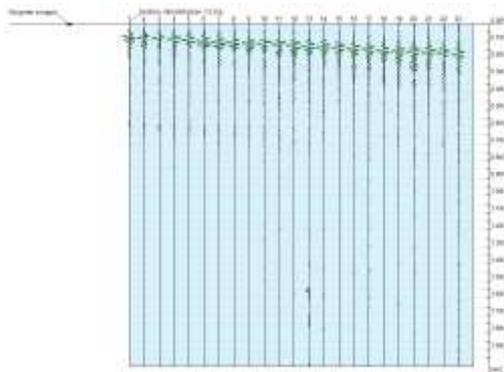
Fig. 51 – Sismogrammi e dromocrona

# SISMICA M.A.S.W.

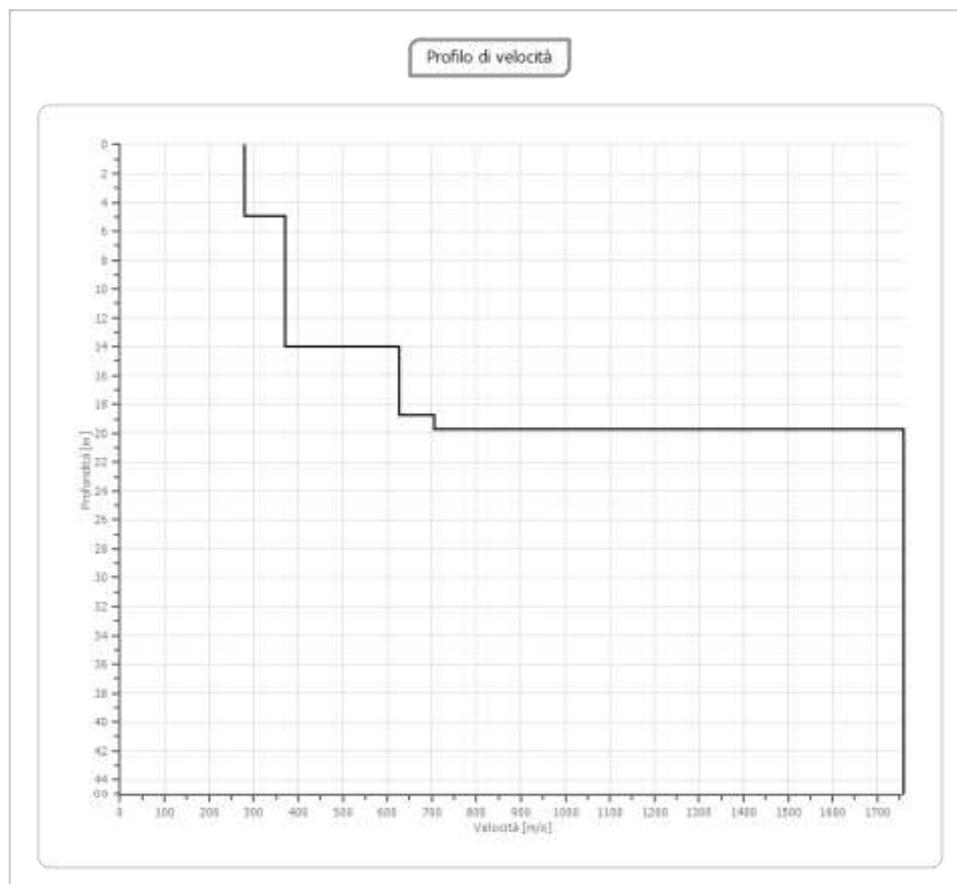
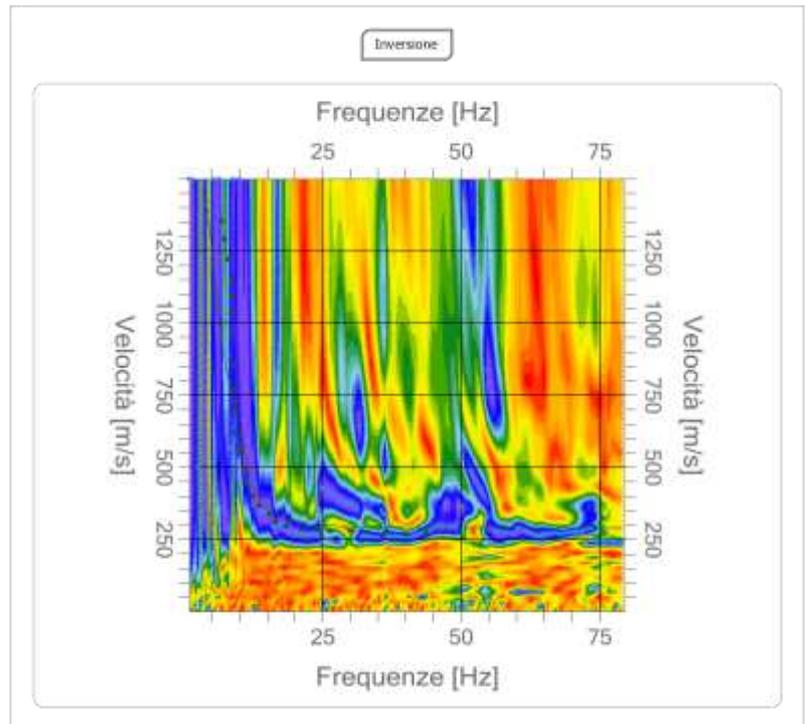
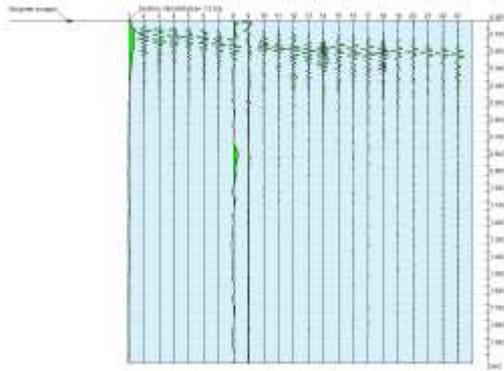
## Base 1



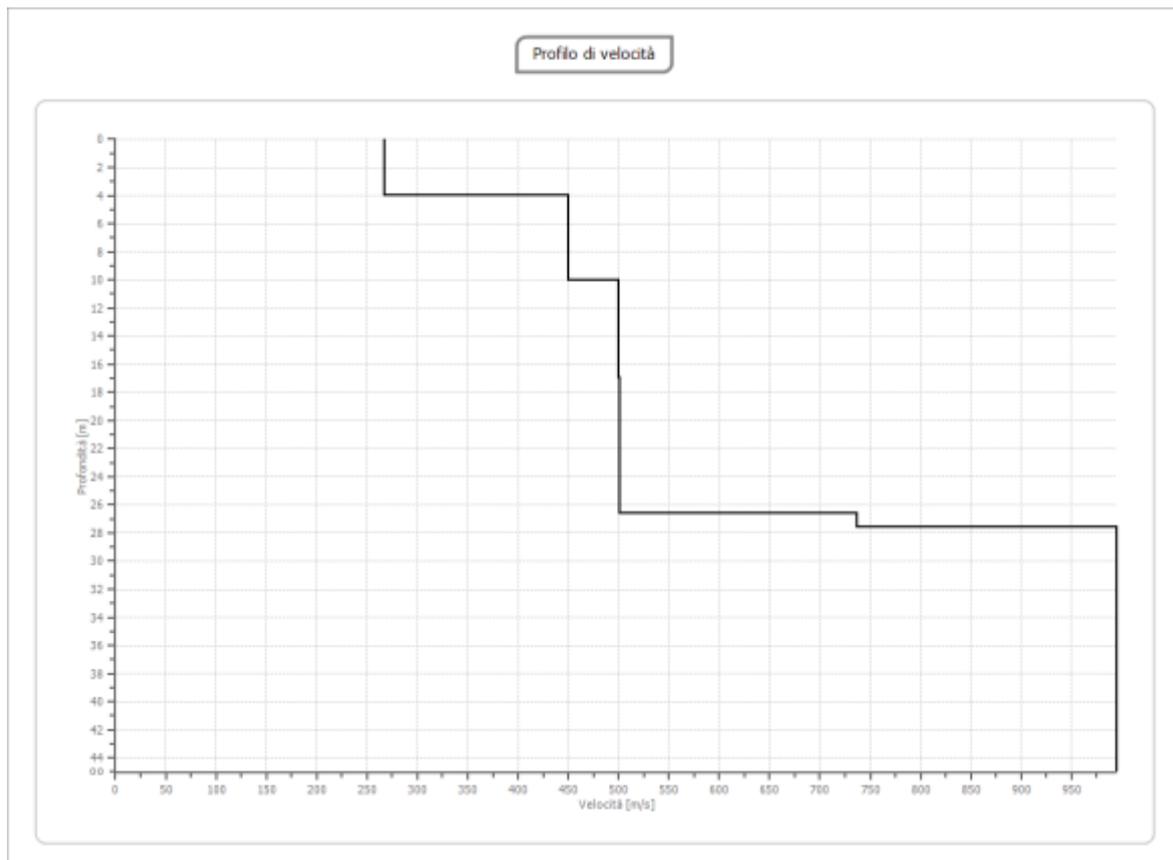
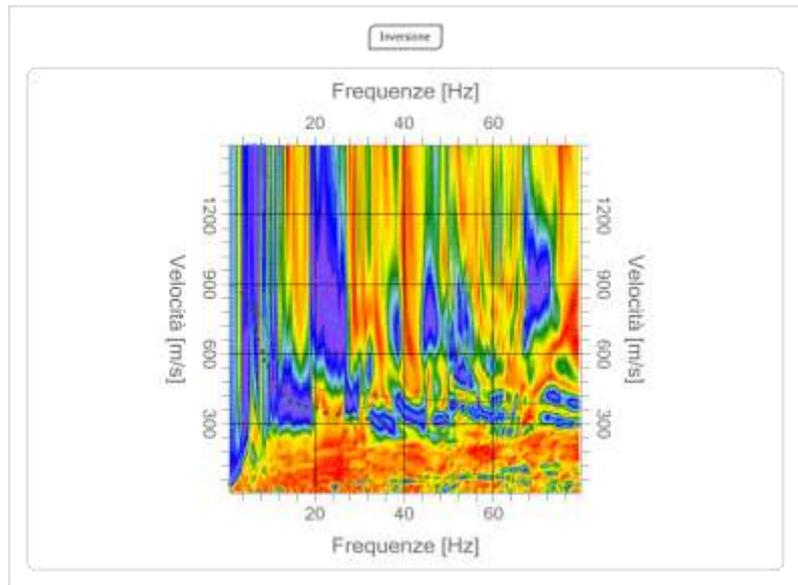
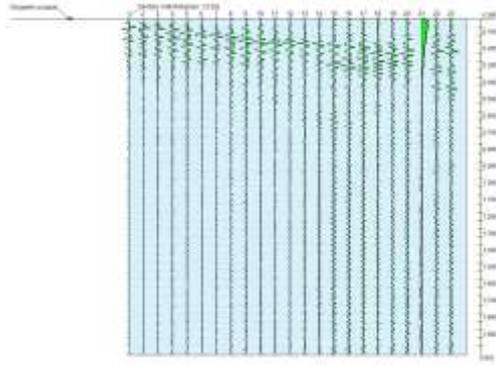
**Fig. 52 - Spettro, sismogramma, sismostrato (Vs)**

**Base 2**

**Fig. 53 - Spettro, sismogramma, sismostrato (Vs)**

**Base 3**

**Fig. 54 - Spettro, sismogramma, sismostrato (Vs)**

**Base 4**

**Fig. 55 - Spettro, sismogramma, sismostrato (Vs)**

## Report Stabilità falesia

# Report elaborazioni

-----  
 SSAP 5.1 - Slope Stability Analysis Program (1991,2022)

WWW.SSAP.EU

Build No. 12804

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI

UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

Ricercatore Associato CNR-IRPI

-----

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 4 giugno 2022

-----

Localita' : Trani

Descrizione: Costa Nord

Modello pendio: pinqua\_3.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X,Y (in m) \_\_\_

Y	SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4
	X	Y	X	Y	X	Y	X
	0.00	5.00	0.00	3.10	0.00	3.10	2.80
3.20	6.30	5.50	2.80	3.20	2.80	3.20	17.00
3.70	6.50	5.70	17.00	3.70	6.30	5.50	17.00
6.20	6.50	7.00	48.00	4.90	0.00	5.00	17.00
7.90	12.50	9.40	-	-	0.00	3.10	17.00
11.80	16.50	11.75	-	-	-	-	16.50
11.75	17.00	11.80	-	-	-	-	12.50
9.40	21.10	12.10	-	-	-	-	6.50
7.00	24.40	12.00	-	-	-	-	6.50
5.70	25.40	11.90	-	-	-	-	6.30
5.50	27.00	11.70	-	-	-	-	2.80
3.20	32.80	11.70	-	-	-	-	-
-	39.40	11.70	-	-	-	-	-
-	48.00	11.80	-	-	-	-	-

Y	SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8
	X	Y	X	Y	X	Y	X
Y	17.00	6.20	17.00	3.70	-	-	-
-	48.00	6.20	48.00	4.90	-	-	-
-	48.00	7.90	48.00	6.20	-	-	-
-	17.00	7.90	17.00	6.20	-	-	-
-	17.00	6.20	17.00	3.70	-	-	-
-							

SUP FALDA  
X Y  
0.00 6.00  
48.00 6.00

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero e effetto pressione dei pori:  
Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA  
EFFETTO TENSION CRACK IN TESTA RIEMPITO DI ACQUA: ---->  
DISATTIVATO

In caso di superfici con tension crack in testa, la frattura di tensione puo' venir viene considerata completamente riempita di acqua per la sua intera profondita'.  
Viene quindi considerato una forza in testa, prodotta dalla pressione idrostatica.  
La forza applicata ha un effetto destabilizzante aggiuntivo alle altre forze destabilizzanti agenti.

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0  
Coefficiente K 0.000800  
Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01  
Coefficiente di soprapressione oltre pressione

idrostatical.00

Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica =

ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE  
ACQUIFERI CON DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

Gamm_sat	STR_IDX	fi` sgci	C` GSI	mi	Cu	D	Gamm
17.71	STRATO 1	28.00	1.76	0.00	0.00		16.86
	1.719	0.00	0.00	0.00	0.00		

	STRATO 2	33.00	3.82	0.00	19.57
20.55	2.295	0.00	0.00	0.00	0.00
	STRATO 3	29.00	2.65	0.00	18.23
19.14	1.842	0.00	0.00	0.00	0.00
	STRATO 4	41.00	224.86	0.00	22.11
22.11	852.679	0.00	0.00	0.00	0.00
	STRATO 5	29.00	2.65	0.00	18.23
19.14	1.842	0.00	0.00	0.00	0.00
	STRATO 6	33.00	3.33	0.00	18.97
19.92	2.279	0.00	0.00	0.00	0.00

LEGENDA:  $\phi$  \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace (in gradi)  
 $C$  \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)  
 $C_u$  \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)  
 $\gamma$  \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m<sup>3</sup>)  
 $\gamma_{sat}$  \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m<sup>3</sup>)  
 $STR\_IDX$  \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH') (adimensionale)  
 ---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI -  
 Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-  
 $\sigma_{ci}$  \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale  
 Roccia Intatta (in MPa)  
 $GSI$  \_\_\_\_\_ Geological Strength Index  
 ammasso (adimensionale)  
 $m_i$  \_\_\_\_\_ Indice litologico  
 ammasso (adimensionale)  
 $D$  \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo  
 ammasso (adimensionale)  
 Fattore di riduzione NTC2018:  $\gamma_{PHI}=1.25$  e  $\gamma_C=1.25$  - DISATTIVATO (solo per ROCCE)  
 Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al. (2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al. (2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

Nota Bene:

##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare

in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

#### TABELLA SOVRACCARICHI IN SUPERFICIE

N.	X1	X2	SX1	SX2	Alpha
Wsh1	Wsh2	Wsv1	Wsv2		
(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)	(kPa)	(kPa)	(°)
1	27.0000	48.0000	5.00	5.00	90.00
0.00	0.00	5.00	5.00		

#### LEGENDA SIMBOLI

N. : NUMERO SOVRACCARICO  
 X1 (m) : Posizione carico da X1  
 X2 (m) : a X2  
 SX1 (kPa) : Carico in X1 (Kpa)  
 SX2 (kPa) : Carico in X2 (Kpa)  
 Alpha (°) : Inclinazione carico (gradi):

Componenti distribuzione forza unitaria applicata:  
 WsH1, WsH2 (kN/m) : forza unitaria Orizzontale (per metro di  
 proiezione Verticale) : da X1 a X2 (vedasi cap.2 manuale)  
 WsV1, WsV2 (kN/m) : forza unitaria Verticale (per metro di  
 proiezione Orizzontale) : da X1 a X2 (vedasi Cap.2 manuale)

-----  
 ----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----  
 \*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI  
 MOTORE DI RICERCA: RANDOM SEARCH - Siegel (1981)  
 FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO  
 COORDINATE X1, X2, Y OSTACOLO : 0.00 0.00  
 0.00  
 LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)\*: 1.9 (+/-) 50%  
 INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax):  
 0.96 44.16  
 LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00  
 INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin ..  
 Xmax): 5.76 47.04  
 TOTALE SUPERFICI GENERATE : 15000  
 \*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene  
 considerata nel caso di uso del motore di ricerca NEW RANOM  
 SEARCH

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----  
 METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern &  
 Price, 1965)  
 METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI ( $\lambda_0, F_{s0}$ ) ADOTTATO :  
 A (rapido)  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO  $K_h$  : 0.0690  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO  $K_v$  (assunto Positivo):  
 0.0345  
 COEFFICIENTE  $c=K_v/K_h$  UTILIZZATO : 0.5000  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base  
 sono poste uguali a 0  
 durante le tutte le verifiche globali.  
 I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo  
 in caso di verifica singola

-----  
 ----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----  
 -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR  $F_s$  #  
 -----

X(m)	Y(m)	#Superficie N.1	- #FS_minimo	#Fattore di
2.3945		#Lambda=	0.3278	sicurezza(FS)=
1.055	5.084			
3.553	3.920			

4.771	3.375
5.607	3.032
6.323	2.768
7.003	2.554
7.656	2.377
8.355	2.217
9.117	2.070
10.021	1.922
10.731	1.840
11.372	1.811
11.943	1.834
12.592	1.916
13.165	2.038
13.806	2.229
14.514	2.489
15.399	2.858
16.162	3.198
16.868	3.538
17.534	3.885
18.216	4.270
18.868	4.662
19.542	5.094
20.234	5.563
20.985	6.097
21.716	6.613
22.429	7.115
23.136	7.609
23.834	8.095
24.621	8.640
25.494	9.241
26.723	10.082
28.729	11.452
28.729	11.700

X(m)	Y(m)	#Superficie N. 2	#Fattore di sicurezza(FS)= 2.4089	#Lambda= 0.3286
1.046	5.083			
3.485	3.941			
4.672	3.408			
5.486	3.074			
6.182	2.818			
6.844	2.612			
7.476	2.443			
8.151	2.291			
8.883	2.155			
9.746	2.020			
10.443	1.941			
11.079	1.907			
11.656	1.918			
12.297	1.977			
12.876	2.072			
13.514	2.223			
14.217	2.431			
15.084	2.725			
15.812	3.000			
16.484	3.285			
17.111	3.584			
17.769	3.934			

18.387	4.296
19.034	4.709
19.708	5.171
20.460	5.716
21.181	6.243
21.880	6.758
22.569	7.270
23.249	7.778
24.013	8.355
24.863	9.002
26.060	9.919
28.135	11.516
28.135	11.700

X(m)            Y(m)    #Superficie N. 3 #Fattore di  
sicurezza(FS)= 2.4121 #Lambda= 0.3260

0.978	5.078
4.216	3.611
5.729	2.966
6.732	2.598
7.554	2.357
8.377	2.191
9.121	2.097
9.949	2.054
10.875	2.061
12.048	2.120
12.968	2.209
13.793	2.342
14.532	2.520
15.351	2.783
16.088	3.078
16.892	3.462
17.761	3.935
18.804	4.554
19.751	5.099
20.644	5.597
21.503	6.058
22.363	6.501
23.207	6.919
24.067	7.327
24.948	7.728
25.882	8.136
26.769	8.512
27.636	8.867
28.487	9.202
29.350	9.529
30.300	9.870
31.373	10.238
32.897	10.738
34.873	11.370
34.873	11.700

X(m)            Y(m)    #Superficie N. 4 #Fattore di  
sicurezza(FS)= 2.4249 #Lambda= 0.3297

0.989	5.079
3.529	3.900
4.770	3.346

5.623	2.997
6.356	2.726
7.049	2.506
7.716	2.322
8.429	2.154
9.204	1.999
10.118	1.843
10.841	1.753
11.495	1.716
12.080	1.732
12.743	1.806
13.332	1.920
13.990	2.103
14.722	2.356
15.641	2.717
16.411	3.048
17.119	3.387
17.778	3.738
18.467	4.144
19.118	4.563
19.801	5.040
20.517	5.574
21.322	6.207
22.070	6.781
22.788	7.317
23.487	7.823
24.192	8.317
24.965	8.836
25.840	9.403
27.085	10.183
29.124	11.438
29.124	11.700

X(m)	Y(m)	#Superficie N. 5	#Fattore di sicurezza(FS)= 2.4373	#Lambda= 0.3270
1.079	5.086			
3.442	4.009			
4.618	3.489			
5.435	3.149			
6.149	2.873			
6.811	2.640			
7.465	2.430			
8.157	2.227			
8.911	2.025			
9.784	1.809			
10.455	1.680			
11.051	1.614			
11.572	1.612			
12.183	1.673			
12.707	1.782			
13.306	1.969			
13.977	2.233			
14.839	2.620			
15.593	2.974			
16.288	3.320			
16.948	3.666			
17.611	4.033			
18.255	4.408			

18.916	4.812
19.597	5.245
20.327	5.726
21.017	6.194
21.689	6.663
22.347	7.136
23.014	7.629
23.750	8.193
24.580	8.846
25.759	9.799
27.846	11.507
27.846	11.700

X(m)	Y(m)	#Superficie N. 6	#Fattore di sicurezza(FS)= 2.4448	#Lambda= 0.3330
0.983	5.078			
3.570	3.855			
4.799	3.303			
5.627	2.974			
6.318	2.741			
6.995	2.565			
7.615	2.440			
8.287	2.346			
9.012	2.283			
9.885	2.240			
10.633	2.225			
11.329	2.235			
11.983	2.270			
12.668	2.335			
13.321	2.423			
14.011	2.542			
14.747	2.696			
15.595	2.897			
16.324	3.096			
17.009	3.312			
17.654	3.547			
18.337	3.830			
18.983	4.128			
19.664	4.475			
20.383	4.874			
21.203	5.356			
21.941	5.813			
22.644	6.272			
23.321	6.737			
24.016	7.242			
24.768	7.823			
25.628	8.520			
26.864	9.564			
29.031	11.432			
29.031	11.700			

X(m)	Y(m)	#Superficie N. 7	#Fattore di sicurezza(FS)= 2.4590	#Lambda= 0.3283
0.967	5.077			
3.408	3.931			
4.597	3.395			
5.413	3.058			

6.112	2.800
6.775	2.590
7.409	2.417
8.084	2.261
8.811	2.121
9.663	1.982
10.363	1.896
11.006	1.853
11.594	1.850
12.241	1.890
12.830	1.964
13.473	2.087
14.173	2.258
15.021	2.500
15.748	2.731
16.424	2.971
17.060	3.226
17.723	3.520
18.356	3.829
19.020	4.183
19.722	4.583
20.516	5.062
21.220	5.513
21.892	5.972
22.534	6.441
23.202	6.961
23.918	7.561
24.743	8.294
25.935	9.404
28.137	11.501
28.137	11.700

X(m)	Y(m)	#Superficie N. 8	#Fattore di sicurezza(FS)= 2.4731	#Lambda= 0.3311
1.023	5.081			
3.582	3.862			
4.798	3.312			
5.617	2.983			
6.301	2.751			
6.970	2.574			
7.583	2.450			
8.245	2.355			
8.957	2.290			
9.811	2.246			
10.553	2.226			
11.247	2.228			
11.904	2.253			
12.586	2.301			
13.245	2.371			
13.943	2.468			
14.695	2.595			
15.566	2.764			
16.272	2.936			
16.924	3.139			
17.520	3.372			
18.181	3.682			
18.780	4.011			
19.424	4.414			

20.110	4.890
20.911	5.488
21.673	6.058
22.402	6.606
23.118	7.145
23.817	7.674
24.606	8.274
25.481	8.941
26.711	9.883
28.730	11.432
28.730	11.700

X(m) Y(m) #Superficie N. 9 #Fattore di  
sicurezza(FS)= 2.4910 #Lambda= 0.3262

0.963	5.076
3.654	3.885
4.950	3.338
5.831	3.003
6.579	2.758
7.298	2.567
7.974	2.421
8.700	2.301
9.487	2.204
10.426	2.121
11.197	2.082
11.905	2.084
12.555	2.125
13.263	2.214
13.911	2.335
14.613	2.508
15.368	2.734
16.270	3.040
17.063	3.330
17.808	3.625
18.518	3.930
19.247	4.268
19.948	4.616
20.672	5.000
21.421	5.420
22.235	5.899
23.005	6.364
23.754	6.826
24.488	7.292
25.227	7.773
26.045	8.322
26.965	8.955
28.270	9.874
30.664	11.581
30.664	11.700

X(m) Y(m) #Superficie N.10 #Fattore di  
sicurezza(FS)= 2.4955 #Lambda= 0.3273

1.029	5.082
2.783	4.239
3.667	3.823
4.286	3.545
4.832	3.311

5.331	3.110
5.823	2.922
6.332	2.739
6.864	2.557
7.446	2.369
7.954	2.221
8.436	2.101
8.891	2.008
9.378	1.931
9.835	1.879
10.321	1.847
10.838	1.834
11.440	1.838
11.968	1.856
12.467	1.887
12.940	1.932
13.433	1.995
13.906	2.073
14.404	2.170
14.932	2.289
15.530	2.440
16.047	2.588
16.534	2.749
16.993	2.924
17.482	3.133
17.940	3.353
18.420	3.606
18.921	3.892
19.482	4.233
20.016	4.562
20.533	4.885
21.041	5.206
21.544	5.528
22.048	5.855
22.557	6.190
23.075	6.535
23.611	6.895
24.115	7.248
24.610	7.608
25.095	7.975
25.594	8.366
26.139	8.815
26.758	9.344
27.642	10.124
29.093	11.426
29.093	11.700

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----  
 -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs \*  
 # Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR (kN/m)	FTA (kN/m)	Bilancio (kN/m)
ESITO				
1	2.394	1949.9	814.4	972.7
Surplus				
2	2.409	1926.2	799.6	966.6
Surplus				

3	2.412	2102.2	871.5	1056.4
Surplus				
4	2.425	1982.5	817.5	1001.5
Surplus				
5	2.437	1967.0	807.0	998.6
Surplus				
6	2.445	1982.0	810.7	1009.1
Surplus				
7	2.459	1990.8	809.6	1019.3
Surplus				
8	2.473	1955.3	790.6	1006.5
Surplus				
9	2.491	2088.1	838.3	1082.2
Surplus				
10	2.496	2067.3	828.4	1073.2
Surplus				

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 966.6

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN

per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata,

ovvero in kN/m

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

U	X phi'	dx (c', Cu)	alpha (°)	W (kN/m)	ru (-)
(kPa)	(m)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)
9.62	1.055 29.00	0.288 2.65	-24.98	3.09	0.93
10.71	1.343 29.00	0.057 2.65	-24.98	0.71	0.84
11.00	1.400 29.00	0.288 2.65	-24.98	4.08	0.83
12.44	1.688 29.00	0.288 2.65	-24.98	4.91	0.78
13.89	1.976 29.00	0.288 2.65	-24.98	5.74	0.74
15.36	2.264 29.00	0.288 2.65	-24.98	6.57	0.70
16.78	2.553 29.00	0.247 2.65	-24.98	6.30	0.67
17.83	2.800 29.00	0.288 2.65	-24.98	8.11	0.66

	3.088	0.062	-24.98	1.85	0.63
19.06	29.00	2.65			
	3.150	0.288	-24.98	9.12	0.63
19.31	29.00	2.65			
	3.438	0.115	-24.98	3.86	0.61
20.44	29.00	2.65			
	3.553	0.204	-24.11	7.18	0.61
20.86	29.00	2.65			
	3.757	0.288	-24.11	10.97	0.60
21.69	41.00	224.86			
	4.045	0.288	-24.11	12.05	0.58
22.92	41.00	224.86			
	4.333	0.288	-24.11	13.13	0.56
24.16	41.00	224.86			
	4.621	0.150	-24.11	7.25	0.55
25.31	41.00	224.86			
	4.771	0.236	-22.32	12.02	0.54
25.93	41.00	224.86			
	5.007	0.288	-22.32	15.54	0.52
26.91	33.00	3.82			
	5.295	0.288	-22.32	16.49	0.51
28.05	33.00	3.82			
	5.584	0.023	-22.32	1.36	0.49
29.08	33.00	3.82			
	5.607	0.288	-20.19	17.48	0.49
29.17	33.00	3.82			
	5.895	0.288	-20.19	18.36	0.47
30.22	33.00	3.82			
	6.183	0.117	-20.19	7.71	0.45
31.36	33.00	3.82			
	6.300	0.023	-20.19	1.52	0.44
31.84	33.00	3.82			
	6.323	0.077	-17.47	5.09	0.44
31.95	33.00	3.82			
	6.400	0.100	-17.47	6.84	0.43
32.33	33.00	3.82			
	6.500	0.288	-17.47	28.63	0.42
32.86	33.00	3.82			
	6.788	0.215	-17.47	22.21	0.40
34.20	33.00	3.82			
	7.003	0.288	-15.19	30.88	0.38
35.08	33.00	3.82			
	7.291	0.288	-15.19	32.11	0.36
36.11	33.00	3.82			
	7.579	0.076	-15.19	8.72	0.34
36.89	33.00	3.82			
	7.656	0.288	-12.93	33.64	0.33
37.07	33.00	3.82			
	7.944	0.288	-12.93	34.80	0.32
37.73	33.00	3.82			
	8.232	0.123	-12.93	15.20	0.31
37.96	33.00	3.82			
	8.355	0.288	-10.89	36.42	0.31
38.01	33.00	3.82			
	8.643	0.288	-10.89	37.51	0.30
38.23	33.00	3.82			
	8.931	0.186	-10.89	24.73	0.30
38.54	33.00	3.82			

	9.117	0.288	-9.29	39.29	0.29
38.79	33.00	3.82			
	9.405	0.095	-9.29	13.16	0.29
39.18	33.00	3.82			
	9.500	0.288	-9.29	40.67	0.29
39.30	33.00	3.82			
	9.788	0.112	-9.29	16.07	0.29
39.67	33.00	3.82			
	9.900	0.121	-9.29	17.49	0.28
39.81	33.00	3.82			
	10.021	0.288	-6.58	42.52	0.28
39.96	33.00	3.82			
	10.309	0.288	-6.58	43.48	0.28
40.24	33.00	3.82			
	10.597	0.134	-6.58	20.61	0.27
40.47	33.00	3.82			
	10.731	0.288	-2.63	44.82	0.27
40.56	33.00	3.82			
	11.019	0.288	-2.63	45.66	0.27
40.66	33.00	3.82			
	11.308	0.064	-2.63	10.28	0.26
40.66	33.00	3.82			
	11.372	0.288	2.32	46.60	0.26
40.64	33.00	3.82			
	11.660	0.283	2.32	46.42	0.26
40.50	33.00	3.82			
	11.943	0.288	7.21	47.88	0.25
40.25	33.00	3.82			
	12.231	0.269	7.21	45.17	0.25
39.85	33.00	3.82			
	12.500	0.092	7.21	15.50	0.24
39.38	33.00	3.82			
	12.592	0.288	11.99	49.29	0.24
39.22	33.00	3.82			
	12.880	0.286	11.99	49.58	0.23
38.54	33.00	3.82			
	13.165	0.288	16.61	50.68	0.22
37.74	33.00	3.82			
	13.453	0.288	16.61	51.27	0.22
36.95	33.00	3.82			
	13.742	0.064	16.61	11.46	0.21
36.14	33.00	3.82			
	13.806	0.288	20.18	51.92	0.21
35.94	33.00	3.82			
	14.094	0.288	20.18	52.38	0.20
35.03	33.00	3.82			
	14.382	0.118	20.18	21.61	0.19
34.16	33.00	3.82			
	14.500	0.014	20.18	2.51	0.19
33.81	33.00	3.82			
	14.514	0.288	22.61	53.01	0.19
33.77	33.00	3.82			
	14.802	0.288	22.61	53.39	0.18
32.86	33.00	3.82			
	15.090	0.288	22.61	53.76	0.18
31.83	33.00	3.82			
	15.378	0.021	22.61	3.95	0.17
30.65	33.00	3.82			

	15.399	0.288	24.02	54.14	0.17
30.56	33.00	3.82			
	15.687	0.288	24.02	54.47	0.16
29.30	33.00	3.82			
	15.976	0.186	24.02	35.39	0.15
27.92	33.00	3.82			
	16.162	0.288	25.72	54.97	0.15
26.99	33.00	3.82			
	16.450	0.050	25.72	9.56	0.15
25.73	33.00	3.82			
	16.500	0.288	25.72	54.81	0.15
25.50	33.00	3.82			
	16.788	0.080	25.72	15.11	0.14
24.10	33.00	3.82			
	16.868	0.132	27.55	24.75	0.14
23.68	33.00	3.82			
	17.000	0.193	27.55	29.41	0.14
22.97	33.00	3.82			
	17.193	0.288	27.55	43.26	0.14
21.94	33.00	3.33			
	17.481	0.053	27.55	7.82	0.14
20.38	33.00	3.33			
	17.534	0.288	29.39	42.30	0.13
20.10	33.00	3.33			
	17.822	0.288	29.39	41.44	0.13
18.48	33.00	3.33			
	18.110	0.106	29.39	15.07	0.12
16.67	33.00	3.33			
	18.216	0.288	31.05	40.23	0.12
15.94	33.00	3.33			
	18.505	0.288	31.05	39.31	0.11
14.15	33.00	3.33			
	18.793	0.076	31.05	10.18	0.10
12.39	33.00	3.33			
	18.868	0.288	32.67	38.11	0.09
11.93	33.00	3.33			
	19.157	0.288	32.67	37.11	0.08
10.18	33.00	3.33			
	19.445	0.097	32.67	12.24	0.07
8.23	33.00	3.33			
	19.542	0.288	34.12	35.76	0.06
7.52	33.00	3.33			
	19.830	0.288	34.12	34.70	0.05
5.65	33.00	3.33			
	20.118	0.116	34.12	13.70	0.03
4.11	33.00	3.33			
	20.234	0.288	35.37	33.20	0.03
3.53	33.00	3.33			
	20.522	0.288	35.37	32.09	0.02
2.31	33.00	3.33			
	20.810	0.039	35.37	4.22	0.01
1.45	33.00	3.33			
	20.849	0.136	35.37	14.72	0.00
0.00	33.00	3.33			
	20.985	0.115	35.25	12.21	0.00
0.00	33.00	3.33			
	21.100	0.031	35.25	3.32	0.00
0.00	33.00	3.33			

	21.131	0.288	35.25	29.77	0.00
0.00	29.00	2.65			
	21.420	0.288	35.25	28.62	0.00
0.00	29.00	2.65			
	21.708	0.008	35.25	0.77	0.00
0.00	29.00	2.65			
	21.716	0.288	35.12	27.44	0.00
0.00	29.00	2.65			
	22.004	0.288	35.12	26.29	0.00
0.00	29.00	2.65			
	22.292	0.137	35.12	12.11	0.00
0.00	29.00	2.65			
	22.429	0.288	34.99	24.61	0.00
0.00	29.00	2.65			
	22.717	0.288	34.99	23.47	0.00
0.00	29.00	2.65			
	23.005	0.130	34.99	10.24	0.00
0.00	29.00	2.65			
	23.136	0.288	34.85	21.81	0.00
0.00	29.00	2.65			
	23.424	0.130	34.85	9.43	0.00
0.00	29.00	2.65			
	23.553	0.281	34.85	19.69	0.00
0.00	28.00	1.76			
	23.834	0.288	34.68	19.19	0.00
0.00	28.00	1.76			
	24.122	0.278	34.68	17.52	0.00
0.00	28.00	1.76			
	24.400	0.221	34.68	13.18	0.00
0.00	28.00	1.76			
	24.621	0.288	34.54	16.21	0.00
0.00	28.00	1.76			
	24.909	0.288	34.54	15.07	0.00
0.00	28.00	1.76			
	25.197	0.203	34.54	9.93	0.00
0.00	28.00	1.76			
	25.400	0.094	34.54	4.42	0.00
0.00	28.00	1.76			
	25.494	0.288	34.40	12.72	0.00
0.00	28.00	1.76			
	25.783	0.288	34.40	11.55	0.00
0.00	28.00	1.76			
	26.071	0.288	34.40	10.37	0.00
0.00	28.00	1.76			
	26.359	0.288	34.40	9.20	0.00
0.00	28.00	1.76			
	26.647	0.076	34.40	2.23	0.00
0.00	28.00	1.76			
	26.723	0.277	34.33	7.45	0.00
0.00	28.00	1.76			
	27.000	0.288	34.33	8.18	0.00
0.00	28.00	1.76			
	27.288	0.288	34.33	7.19	0.00
0.00	28.00	1.76			
	27.576	0.288	34.33	6.20	0.00
0.00	28.00	1.76			
	27.864	0.288	34.33	5.21	0.00
0.00	28.00	1.76			

	28.153	0.288	34.33	4.22	0.00
0.00	28.00	1.76			
	28.441	0.288	34.33	3.23	0.00
0.00	28.00	1.76			

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 W(kN/m) : Forza peso concio  
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
 phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in  
 condizioni non drenate

-----  
 -----

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON  
 MINOR FS

-----  
 -----

T(x)	X (m)	ht E' (m)	yt rho(x) (m)	yt' FS_qFEM (--)	E(x) FS_srmFEM (--)
(kN/m)	(m)	(kN/m)	(m)	(kN)	(--)
(--)	(--)				
	1.055	0.000	5.084	-0.286	
0.0000000000E+000		0.0000000000E+000		7.8693602009E+000	
0.080	1.359	1.619			
	1.343	0.045	4.994	-0.286	
1.5944272220E+000		5.8315408456E-003		3.1968321529E+000	
0.080	1.461	1.714			
	1.400	0.062	4.985	-0.232	
1.7507490758E+000		7.4115410297E-003		3.1707882824E+000	
0.080	1.567	1.808			
	1.688	0.125	4.914	-0.270	
3.2998604700E+000		3.3991462231E-002		7.6885390086E+000	
0.085	1.897	2.044			
	1.976	0.175	4.829	-0.313	
6.1818363011E+000		1.4505549880E-001		1.3048623458E+001	
0.108	1.644	1.637			
	2.264	0.214	4.734	-0.332	
1.0820091381E+001		4.5151642613E-001		1.8423378713E+001	
0.146	1.675	1.308			
	2.553	0.252	4.637	-0.306	
1.6799666030E+001		1.0682351121E+000		2.0121319513E+001	
0.193	3.015	1.105			
	2.800	0.300	4.570	-0.274	
2.1643084322E+001		1.8322708417E+000		2.1017506433E+001	
0.223	5.573	1.011			
	3.088	0.354	4.491	-0.274	
2.8181759354E+001		2.8654933892E+000		2.7881260974E+001	
0.273	7.326	0.948			

3.150	0.367	4.474	-0.252
2.9974760898E+001	3.1694105876E+000		2.9863544231E+001
0.281	7.719	0.937	
3.438	0.429	4.402	-0.242
3.9746495743E+001	4.8673909661E+000		3.5689125831E+001
0.300	9.123	0.891	
3.553	0.457	4.377	-0.243
4.3918335086E+001	5.6105569365E+000		4.0733976180E+001
0.298	9.554	0.878	
3.757	0.497	4.325	-0.264
5.3795623632E+001	7.4292245893E+000		5.4837038174E+001
0.287	9.996	7.871	
4.045	0.547	4.247	-0.278
7.2199566451E+001	1.1020869494E+001		7.1061840297E+001
0.256	9.364	6.904	
4.333	0.594	4.165	-0.285
9.4750246141E+001	1.5569521444E+001		8.4571812690E+001
0.228	8.110	6.196	
4.621	0.641	4.082	-0.304
1.2094030620E+002	2.0996851419E+001		1.0412335505E+002
0.207	6.719	5.724	
4.771	0.657	4.032	-0.318
1.3755504137E+002	2.4839633671E+001		1.0833671086E+002
0.200	5.882	5.565	
5.007	0.682	3.960	-0.266
1.6217236431E+002	3.0940689368E+001		9.7316254973E+001
0.192	4.561	1.031	
5.295	0.733	3.892	-0.186
1.8782121679E+002	3.7921057635E+001		7.8140402262E+001
0.187	3.397	1.082	
5.584	0.811	3.852	-0.136
2.0720652982E+002	4.3820070376E+001		6.1052101629E+001
0.186	2.583	1.143	
5.607	0.818	3.850	-0.078
2.0860169874E+002	4.4274705720E+001		6.0178301312E+001
0.186	2.538	1.149	
5.895	0.902	3.828	-0.047
2.2458596890E+002	4.9717949792E+001		5.3541487596E+001
0.187	2.100	1.226	
6.183	1.003	3.823	-0.007
2.3945892681E+002	5.5277917768E+001		4.8930307767E+001
0.187	1.897	1.332	
6.300	1.048	3.825	0.024
2.4506023174E+002	5.7487263996E+001		4.8543594430E+001
0.187	1.867	1.383	
6.323	1.058	3.826	0.061
2.4619757061E+002	5.7934230604E+001		4.7720486493E+001
0.187	1.863	1.394	
6.400	1.087	3.831	0.082
2.4961256351E+002	5.9302922087E+001		4.3634530159E+001
0.186	1.885	1.430	
6.500	1.128	3.840	0.135
2.5385527615E+002	6.1027465576E+001		4.3842043987E+001
0.186	1.939	1.480	
6.788	1.262	3.883	0.148
2.6766378924E+002	6.6723041315E+001		5.0554883466E+001
0.184	2.406	1.681	

7.003	1.361	3.915	0.144
2.7895243386E+002	7.1328833113E+001		5.4982431940E+001
0.183	2.939	1.889	
7.291	1.480	3.956	0.137
2.9574730633E+002	7.8163493918E+001		6.0186054935E+001
0.182	4.057	2.290	
7.579	1.596	3.994	0.130
3.1363908354E+002	8.5421786532E+001		6.2200862348E+001
0.183	5.740	2.867	
7.656	1.626	4.003	0.115
3.1839271678E+002	8.7356309800E+001		6.4507385157E+001
0.184	6.303	3.057	
7.944	1.725	4.036	0.083
3.3945645467E+002	9.5968798089E+001		7.0808314102E+001
0.188	8.939	4.110	
8.232	1.806	4.051	0.034
3.5920122613E+002	1.0406370516E+002		6.3015570030E+001
0.194	10.603	5.421	
8.355	1.833	4.050	-0.007
3.6666210890E+002	1.0711449000E+002		6.0622466743E+001
0.197	10.499	5.898	
8.643	1.887	4.048	-0.002
3.8410145869E+002	1.1420235560E+002		5.7992439063E+001
0.203	9.935	7.082	
8.931	1.943	4.049	0.005
4.0008452577E+002	1.2060487095E+002		5.5919113935E+001
0.210	9.065	8.012	
9.117	1.981	4.051	0.013
4.1051280044E+002	1.2469646116E+002		5.4916383437E+001
0.214	8.532	8.425	
9.405	2.032	4.055	0.016
4.2575810447E+002	1.3058088955E+002		4.5452084806E+001
0.219	7.881	8.749	
9.500	2.050	4.057	0.026
4.2983771390E+002	1.3211093388E+002		4.3973940151E+001
0.220	7.742	8.723	
9.788	2.105	4.065	0.030
4.4336341313E+002	1.3711500404E+002		4.5654288079E+001
0.223	7.399	8.459	
9.900	2.127	4.069	0.038
4.4841359059E+002	1.3896137109E+002		4.5630915980E+001
0.224	7.301	8.307	
10.021	2.152	4.074	0.047
4.5397586279E+002	1.4098702236E+002		4.4635425266E+001
0.225	7.220	8.104	
10.309	2.199	4.088	0.055
4.6579982561E+002	1.4524786421E+002		4.0386701979E+001
0.227	7.099	7.557	
10.597	2.250	4.106	0.065
4.7725167618E+002	1.4936657561E+002		3.8508948355E+001
0.229	6.995	6.971	
10.731	2.275	4.116	0.092
4.8235174502E+002	1.5121114351E+002		3.7425412501E+001
0.229	6.955	6.697	
11.019	2.318	4.145	0.112
4.9282214018E+002	1.5506496172E+002		3.4290732596E+001
0.230	6.805	6.052	

11.308	2.366	4.180	0.124
5.0211430680E+002	1.5854963119E+002		2.6958725930E+001
0.231	6.574	5.455	
11.372	2.377	4.188	0.151
5.0376914498E+002	1.5918463544E+002		2.5448777391E+001
0.231	6.513	5.338	
11.660	2.411	4.233	0.165
5.1067286293E+002	1.6190263223E+002		1.9086269612E+001
0.230	6.130	4.810	
11.943	2.449	4.283	0.202
5.1471935859E+002	1.6362249925E+002		1.1217822716E+001
0.229	5.663	4.374	
12.231	2.478	4.349	0.246
5.1704611003E+002	1.6481007349E+002		4.9224798754E+000
0.226	5.113	3.937	
12.500	2.515	4.419	0.261
5.1757880161E+002	1.6535070213E+002		-1.7061670202E+000
0.223	4.602	3.577	
12.592	2.527	4.443	0.318
5.1730774982E+002	1.6536225310E+002		-4.5178857840E+000
0.222	4.440	3.475	
12.880	2.563	4.540	0.362
5.1459360378E+002	1.6485375452E+002		-1.3058422065E+001
0.217	3.918	3.135	
13.165	2.613	4.651	0.379
5.0983455675E+002	1.6368546898E+002		-1.8580945204E+001
0.212	3.458	2.836	
13.453	2.634	4.757	0.375
5.0392319026E+002	1.6210980915E+002		-2.2429309202E+001
0.206	3.127	2.610	
13.742	2.657	4.867	0.384
4.9690801435E+002	1.6016054999E+002		-2.7744299098E+001
0.200	2.863	2.424	
13.806	2.664	4.893	0.409
4.9508545936E+002	1.5963882680E+002		-2.8798388124E+001
0.199	2.806	2.385	
14.094	2.676	5.011	0.403
4.8639787309E+002	1.5713145864E+002		-3.0579478501E+001
0.193	2.588	2.227	
14.382	2.684	5.125	0.390
4.7746178126E+002	1.5448518422E+002		-3.1467169866E+001
0.187	2.421	2.100	
14.500	2.686	5.170	0.381
4.7372242563E+002	1.5333843897E+002		-3.3262000391E+001
0.185	2.363	2.056	
14.514	2.686	5.175	0.404
4.7326479282E+002	1.5319638165E+002		-3.3511716955E+001
0.184	2.356	2.051	
14.802	2.682	5.291	0.432
4.6322251016E+002	1.5003360340E+002		-3.7894898354E+001
0.178	2.224	1.950	
15.090	2.695	5.424	0.490
4.5142506491E+002	1.4620609854E+002		-4.4590581003E+001
0.170	2.097	1.853	
15.378	2.725	5.574	0.522
4.3752390167E+002	1.4145354725E+002		-4.9699111278E+001
0.165	1.974	1.767	

15.399	2.727	5.585	0.511
4.3647331860E+002	1.4107447492E+002		-4.9751691556E+001
0.164	1.966	1.762	
15.687	2.746	5.732	0.511
4.2235001539E+002	1.3560257279E+002		-4.9976629664E+001
0.164	1.864	1.699	
15.976	2.765	5.880	0.509
4.0767060263E+002	1.2933018587E+002		-5.1130191282E+001
0.169	1.775	1.652	
16.162	2.776	5.974	0.445
3.9812229228E+002	1.2504381643E+002		-4.7988232207E+001
0.175	1.722	1.630	
16.450	2.754	6.091	0.406
3.8574869457E+002	1.1908890249E+002		-4.3835284934E+001
0.190	1.664	1.617	
16.500	2.750	6.111	0.382
3.8355124377E+002	1.1798299851E+002		-4.3755739614E+001
0.194	1.654	1.616	
16.788	2.720	6.220	0.378
3.7133279725E+002	1.1155230096E+002		-4.2703371952E+001
0.225	1.603	1.619	
16.868	2.712	6.250	0.362
3.6790661103E+002	1.0967032956E+002		-4.1937994341E+001
0.238	1.589	1.621	
17.000	2.690	6.296	0.366
3.6256486620E+002	1.0654810148E+002		-4.1635768288E+001
0.263	1.567	1.627	
17.193	2.661	6.369	0.368
3.5422398615E+002	1.0204636493E+002		-4.2921056531E+001
0.306	1.536	1.626	
17.481	2.616	6.473	0.363
3.4199276758E+002	9.5898238639E+001		-4.2580882652E+001
0.392	1.489	1.645	
17.534	2.607	6.493	0.384
3.3974861138E+002	9.4840969343E+001		-4.2987382276E+001
0.411	1.480	1.648	
17.822	2.557	6.604	0.409
3.2675941939E+002	8.9054490641E+001		-4.7226532451E+001
0.540	1.432	1.666	
18.110	2.518	6.728	0.440
3.1253084161E+002	8.3311031991E+001		-5.2174375396E+001
0.726	1.379	1.680	
18.216	2.508	6.778	0.447
3.0687316515E+002	8.1148808296E+001		-5.2046307273E+001
0.817	1.359	1.684	
18.505	2.461	6.905	0.447
2.9278150128E+002	7.6319486255E+001		-4.9183111645E+001
0.987	1.311	1.688	
18.793	2.419	7.036	0.455
2.7852777242E+002	7.2159938306E+001		-4.8280837232E+001
1.011	1.270	1.684	
18.868	2.408	7.070	0.448
2.7489334657E+002	7.1145781744E+001		-4.7785772697E+001
1.009	1.260	1.683	
19.157	2.352	7.199	0.485
2.6132485882E+002	6.7361500433E+001		-4.9931572750E+001
1.002	1.231	1.677	

19.445	2.317	7.349	0.534
2.4611659797E+002	6.3158112194E+001		-5.5523303056E+001
0.999	1.214	1.676	
19.542	2.310	7.404	0.541
2.4065711000E+002	6.1663574385E+001		-5.5282893471E+001
0.998	1.209	1.677	
19.830	2.268	7.557	0.512
2.2572452123E+002	5.7614466643E+001		-4.9451406550E+001
0.997	1.200	1.685	
20.118	2.215	7.699	0.492
2.1215709256E+002	5.4029984988E+001		-4.6422986810E+001
0.998	1.196	1.699	
20.234	2.193	7.756	0.471
2.0679176158E+002	5.2638932515E+001		-4.5312951220E+001
0.999	1.194	1.706	
20.522	2.122	7.890	0.438
1.9433716009E+002	4.9481207576E+001		-4.0388208210E+001
1.001	1.192	1.727	
20.810	2.036	8.009	0.411
1.8351508012E+002	4.6827353097E+001		-3.6835697196E+001
1.003	1.191	1.750	
20.849	2.024	8.024	0.378
1.8209405518E+002	4.6483126918E+001		-3.6009355910E+001
1.004	1.190	1.754	
20.985	1.978	8.075	0.383
1.7753743615E+002	4.5395506991E+001		-3.4643120610E+001
1.005	1.188	1.765	
21.100	1.943	8.120	0.399
1.7344989413E+002	4.4419785118E+001		-3.5702403300E+001
1.005	1.185	1.775	
21.131	1.933	8.133	0.382
1.7232567391E+002	4.4152364833E+001		-3.5518891827E+001
1.006	1.184	1.576	
21.420	1.839	8.243	0.398
1.6260782918E+002	4.1855742159E+001		-3.4869292242E+001
1.007	1.177	1.598	
21.708	1.755	8.362	0.416
1.5222967450E+002	3.9331644903E+001		-3.7608483396E+001
1.005	1.173	1.623	
21.716	1.753	8.366	0.466
1.5193315343E+002	3.9257117306E+001		-3.7690231374E+001
1.005	1.173	1.624	
22.004	1.685	8.500	0.475
1.4066949058E+002	3.6343154840E+001		-3.9197337661E+001
0.999	1.173	1.653	
22.292	1.621	8.639	0.488
1.2934279888E+002	3.3263891248E+001		-3.9556008411E+001
0.987	1.177	1.685	
22.429	1.593	8.708	0.522
1.2390401346E+002	3.1725185640E+001		-4.0228226146E+001
0.980	1.179	1.701	
22.717	1.545	8.861	0.501
1.1197642748E+002	2.8192324803E+001		-3.7684249531E+001
0.958	1.190	1.738	
23.005	1.478	8.996	0.461
1.0218568745E+002	2.5048467439E+001		-3.2226075081E+001
0.927	1.207	1.773	

23.136	1.445	9.054	0.455
9.8089883334E+001	2.3692820976E+001		-3.1351144823E+001
0.912	1.215	1.789	
23.424	1.377	9.187	0.447
8.9108854774E+001	2.0665926311E+001		-2.8381158145E+001
0.871	1.234	1.829	
23.553	1.341	9.241	0.447
8.5595593467E+001	1.9466913185E+001		-2.7639179235E+001
0.850	1.241	1.745	
23.834	1.275	9.370	0.477
7.7532833819E+001	1.6739741876E+001		-2.9149250517E+001
0.794	1.264	1.787	
24.122	1.217	9.512	0.475
6.9013008255E+001	1.3913936682E+001		-2.7865988000E+001
0.728	1.298	1.843	
24.400	1.152	9.639	0.451
6.1723126241E+001	1.1590223510E+001		-2.5342850965E+001
0.666	1.339	1.906	
24.621	1.097	9.737	0.447
5.6288513949E+001	9.9190183409E+000		-2.4345365090E+001
0.619	1.379	1.965	
24.909	1.028	9.866	0.452
4.9384840498E+001	7.8912390120E+000		-2.3267182703E+001
0.557	1.447	2.062	
25.197	0.961	9.997	0.435
4.2879085197E+001	6.1394760652E+000		-2.0433982596E+001
0.490	1.539	2.187	
25.400	0.904	10.080	0.400
3.9035069320E+001	5.1860095917E+000		-1.7953964850E+001
0.448	1.610	2.284	
25.494	0.876	10.117	0.395
3.7383206900E+001	4.7939186679E+000		-1.7372103405E+001
0.430	1.647	2.333	
25.783	0.793	10.231	0.401
3.2492880900E+001	3.7175557705E+000		-1.6517430808E+001
0.373	1.773	2.505	
26.071	0.712	10.348	0.409
2.7863820113E+001	2.7985754051E+000		-1.5542292249E+001
0.313	1.926	2.715	
26.359	0.634	10.467	0.409
2.3535489573E+001	2.0346478973E+000		-1.4200981741E+001
0.256	2.104	2.957	
26.647	0.554	10.584	0.400
1.9679457816E+001	1.4508127956E+000		-1.1918269251E+001
0.209	2.289	3.205	
26.723	0.530	10.612	0.420
1.8804946435E+001	1.3333155826E+000		-1.1743846510E+001
0.199	2.333	3.263	
27.000	0.460	10.732	0.430
1.5336743031E+001	9.0330973174E-001		-1.2320952037E+001
0.163	2.618	3.644	
27.288	0.387	10.855	0.444
1.1844038677E+001	5.0483953349E-001		-1.1643094745E+001
0.135	2.831	3.914	
27.576	0.323	10.988	0.491
8.6265516240E+000	2.5480727555E-001		-1.1214362742E+001
0.108	2.940	4.002	

27.864	0.277	11.138	0.490
5.3809356833E+000	8.5422529901E-002	-9.6610685270E+000	
0.087	2.714	3.604	
28.153	0.212	11.270	0.457
3.0586488944E+000	2.3963520307E-002	-7.1770512171E+000	
0.080	2.157	2.766	
28.441	0.147	11.402	0.457
1.2446309929E+000	4.0797732884E-003	-5.3071718390E+000	
0.080	1.492	1.830	

-----  
 -----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x) (kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x) (kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio ZhU et al.(2003)  
 FS\_qFEM(x) (-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 FS\_srmFEM(x) (-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM Procedure

-----  
 -----

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----  
 -----

TauF	X	dx	dl	alpha	TauStress
(kN/m)	(m)	(m)	(m)	(°)	(kPa)
	1.055	0.288	0.318	-24.979	-4.069
-1.294	2.678	0.851	0.063	-24.979	-4.623
-0.292	1.343	0.057	0.318	-24.979	-5.177
-1.646	2.743	0.173	0.318	-24.979	-6.102
-1.940	1.400	0.288	0.318	-24.979	-7.026
-2.234	1.688	0.288	0.318	-24.979	-7.951
-2.527	4.432	1.409	0.273	-24.979	-8.810
-2.404	1.976	0.288	0.318	-24.979	-9.668
-3.074	2.264	0.288	0.318	-24.979	-10.230
-0.698	2.800	0.288	0.068	-24.979	0.887
	3.088	0.062			
	11.047	3.512			
	13.008	0.887			

	3.150	0.288	0.318	-24.979	-10.791
-3.431	15.031		4.778		
	3.438	0.115	0.126	-24.979	-11.437
-1.446	16.159		2.043		
	3.553	0.204	0.223	-24.112	-11.565
-2.583	20.050		4.478		
	3.757	0.288	0.316	-24.112	-12.454
-3.932	254.759		80.429		
	4.045	0.288	0.316	-24.112	-13.623
-4.301	261.855		82.670		
	4.333	0.288	0.316	-24.112	-14.792
-4.670	268.503		84.768		
	4.621	0.150	0.164	-24.112	-15.680
-2.571	280.685		46.030		
	4.771	0.236	0.256	-22.316	-15.265
-3.901	282.269		72.132		
	5.007	0.288	0.311	-22.316	-16.154
-5.032	51.110		15.920		
	5.295	0.288	0.311	-22.316	-17.103
-5.328	47.012		14.644		
	5.584	0.023	0.025	-22.316	-17.616
-0.439	46.329		1.154		
	5.607	0.288	0.307	-20.186	-16.334
-5.015	46.012		14.127		
	5.895	0.288	0.307	-20.186	-17.117
-5.255	47.655		14.631		
	6.183	0.117	0.125	-20.186	-17.669
-2.204	47.593		5.937		
	6.300	0.023	0.025	-20.186	-20.155
-0.502	47.922		1.193		
	6.323	0.077	0.080	-17.469	-17.610
-1.415	46.518		3.737		
	6.400	0.100	0.105	-17.469	-17.494
-1.834	46.568		4.882		
	6.500	0.288	0.302	-17.469	-22.209
-6.709	67.685		20.447		
	6.788	0.215	0.225	-17.469	-23.096
-5.204	71.338		16.075		
	7.003	0.288	0.299	-15.187	-20.204
-6.033	75.767		22.623		
	7.291	0.288	0.299	-15.187	-21.012
-6.274	79.514		23.742		
	7.579	0.076	0.079	-15.187	-21.523
-1.704	80.842		6.399		
	7.656	0.288	0.296	-12.930	-17.806
-5.264	86.936		25.703		
	7.944	0.288	0.296	-12.930	-18.420
-5.446	86.985		25.718		
	8.232	0.123	0.126	-12.930	-18.858
-2.380	84.898		10.713		
	8.355	0.288	0.293	-10.894	-15.046
-4.415	85.658		25.136		
	8.643	0.288	0.293	-10.894	-15.498
-4.548	85.382		25.055		
	8.931	0.186	0.189	-10.894	-15.870
-2.998	86.987		16.434		
	9.117	0.288	0.292	-9.288	-12.553
-3.665	86.541		25.269		

	9.405	0.095	0.096	-9.288	-12.774
-1.228	83.472	8.025			
	9.500	0.288	0.292	-9.288	-12.996
-3.795	86.190	25.166			
	9.788	0.112	0.113	-9.288	-13.227
-1.499	86.686	9.824			
	9.900	0.121	0.122	-9.288	-13.362
-1.632	87.828	10.728			
	10.021	0.288	0.290	-6.577	-6.741
-1.955	86.688	25.146			
	10.309	0.288	0.290	-6.577	-6.893
-2.000	88.203	25.585			
	10.597	0.134	0.135	-6.577	-7.005
-0.948	89.105	12.059			
	10.731	0.288	0.288	-2.627	3.588
1.035	88.728	25.595			
	11.019	0.288	0.288	-2.627	3.655
1.054	89.579	25.841			
	11.308	0.064	0.064	-2.627	3.696
0.237	89.066	5.723			
	11.372	0.288	0.288	2.318	17.677
5.098	87.187	25.144			
	11.660	0.283	0.283	2.318	17.934
5.078	86.947	24.617			
	11.943	0.288	0.290	7.210	31.974
9.287	84.364	24.504			
	12.231	0.269	0.271	7.210	32.317
8.761	85.035	23.053			
	12.500	0.092	0.092	7.210	32.577
3.006	85.552	7.894			
	12.592	0.288	0.295	11.990	46.054
13.567	82.849	24.406			
	12.880	0.286	0.292	11.990	46.739
13.645	84.531	24.678			
	13.165	0.288	0.301	16.610	59.324
17.839	82.365	24.768			
	13.453	0.288	0.301	16.610	60.008
18.045	84.140	25.302			
	13.742	0.064	0.067	16.610	60.426
4.033	85.475	5.704			
	13.806	0.288	0.307	20.179	69.291
21.273	82.721	25.396			
	14.094	0.288	0.307	20.179	69.908
21.462	84.301	25.881			
	14.382	0.118	0.126	20.179	70.343
8.853	85.607	10.774			
	14.500	0.014	0.015	20.179	70.485
1.027	86.175	1.256			
	14.514	0.288	0.312	22.614	76.119
23.762	84.028	26.230			
	14.802	0.288	0.312	22.614	76.659
23.930	86.000	26.846			
	15.090	0.288	0.312	22.614	77.198
24.098	88.322	27.571			
	15.378	0.021	0.023	22.614	77.488
1.771	89.904	2.054			
	15.399	0.288	0.315	24.018	80.670
25.449	89.265	28.161			

15.687	0.288	0.315	24.018	81.153
25.602	91.640	28.910		
15.976	0.186	0.204	24.018	81.551
16.633	93.454	19.061		
16.162	0.288	0.320	25.722	85.270
27.274	91.949	29.410		
16.450	0.050	0.055	25.722	85.507
4.741	93.642	5.192		
16.500	0.288	0.320	25.722	85.026
27.196	93.317	29.848		
16.788	0.080	0.089	25.722	84.367
7.499	93.961	8.351		
16.868	0.132	0.149	27.555	87.222
12.963	92.042	13.679		
17.000	0.193	0.218	27.555	70.787
15.402	74.917	16.301		
17.193	0.288	0.325	27.555	69.715
22.659	73.020	23.734		
17.481	0.053	0.059	27.555	68.965
4.097	72.637	4.316		
17.534	0.288	0.331	29.390	70.450
23.300	70.489	23.313		
17.822	0.288	0.331	29.390	69.021
22.827	70.050	23.167		
18.110	0.106	0.122	29.390	68.043
8.304	70.474	8.601		
18.216	0.288	0.336	31.051	68.763
23.129	66.500	22.368		
18.505	0.288	0.336	31.051	67.183
22.598	64.846	21.812		
18.793	0.076	0.088	31.051	66.185
5.853	64.454	5.700		
18.868	0.288	0.342	32.673	66.556
22.784	61.984	21.219		
19.157	0.288	0.342	32.673	64.824
22.191	62.520	21.402		
19.445	0.097	0.115	32.673	63.668
7.316	63.320	7.276		
19.542	0.288	0.348	34.125	63.496
22.103	60.458	21.045		
19.830	0.288	0.348	34.125	61.625
21.452	59.048	20.555		
20.118	0.116	0.140	34.125	60.313
8.469	58.648	8.235		
20.234	0.288	0.353	35.372	59.667
21.086	56.000	19.790		
20.522	0.288	0.353	35.372	57.674
20.382	53.990	19.080		
20.810	0.039	0.047	35.372	56.544
2.682	53.434	2.535		
20.849	0.136	0.167	35.372	55.964
9.352	53.277	8.903		
20.985	0.115	0.140	35.249	55.082
7.732	53.115	7.456		
21.100	0.031	0.039	35.249	54.591
2.104	52.713	2.032		
21.131	0.288	0.353	35.249	53.441
18.857	45.025	15.887		

	21.420	0.288	0.353	35.249	51.376
18.128	44.220		15.603		
	21.708	0.008	0.010	35.249	50.315
0.485	44.033		0.425		
	21.716	0.288	0.352	35.119	49.200
17.333	43.892		15.463		
	22.004	0.288	0.352	35.119	47.147
16.609	42.923		15.122		
	22.292	0.137	0.168	35.119	45.631
7.648	42.296		7.088		
	22.429	0.288	0.352	34.987	44.067
15.499	42.114		14.813		
	22.717	0.288	0.352	34.987	42.025
14.781	39.697		13.963		
	23.005	0.130	0.159	34.987	40.543
6.448	38.299		6.091		
	23.136	0.288	0.351	34.852	39.016
13.700	37.423		13.141		
	23.424	0.130	0.158	34.852	37.545
5.925	35.475		5.598		
	23.553	0.281	0.342	34.852	36.173
12.365	33.118		11.320		
	23.834	0.288	0.350	34.677	34.263
12.006	32.022		11.221		
	24.122	0.278	0.338	34.677	32.429
10.961	29.700		10.039		
	24.400	0.221	0.268	34.677	30.744
8.245	27.985		7.505		
	24.621	0.288	0.350	34.536	28.901
10.110	26.421		9.242		
	24.909	0.288	0.350	34.536	26.866
9.398	24.334		8.512		
	25.197	0.203	0.247	34.536	25.130
6.197	22.124		5.456		
	25.400	0.094	0.115	34.536	24.069
2.757	21.005		2.406		
	25.494	0.288	0.349	34.401	22.649
7.910	19.800		6.915		
	25.783	0.288	0.349	34.401	20.560
7.181	17.984		6.281		
	26.071	0.288	0.349	34.401	18.472
6.451	16.175		5.649		
	26.359	0.288	0.349	34.401	16.384
5.722	14.300		4.994		
	26.647	0.076	0.092	34.401	15.065
1.384	13.054		1.200		
	26.723	0.277	0.336	34.326	13.777
4.624	12.212		4.098		
	27.000	0.288	0.349	34.326	14.549
5.076	12.605		4.398		
	27.288	0.288	0.349	34.326	12.789
4.462	11.032		3.849		
	27.576	0.288	0.349	34.326	11.029
3.848	9.635		3.362		
	27.864	0.288	0.349	34.326	9.270
3.234	8.167		2.850		
	28.153	0.288	0.349	34.326	7.510
2.620	6.873		2.398		

	28.441	0.288	0.349	34.326	5.750
2.006	5.646	1.970			

-----  
LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
dx(m) : Larghezza concio  
dl(m) : lunghezza base concio  
alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio  
TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio  
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio  
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

-----