

COMUNE DI PASSIGNANO

LOCALITA' TRECINE

REGIONE UMBRIA

PROVINCIA DI PERUGIA



INTERVENTI DI MESSA
IN SICUREZZA E
SISTEMAZIONE DELLA
DISCARICA COMUNALE
IN LOCALITA' TRECINE
NEL COMUNE DI
PASSIGNANO (PG)

I STRALCIO
LAVORATIVO

PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA,
GEOTECNICA E SISMICA

TAVOLA:

ET.17

SCALA:

DATA:
MAG. 2022

LOGO PROGETTAZIONE



CUBE SRL
SOCIETA' DI INGEGNERIA

SEDE LEGALE - VIA TURATI, 2
63074 SAN BENEDETTO
DEL TRONTO (AP)

TEL - 0735/431388
FAX - 0735/431389
P.IVA - 02 08335 044 3

e-mail: cube@pec.cubeinfo.it
website : www.cubeinfo.it

LOGO COMMITTENTE



I PROGETTISTI:

DOTT. ING. MARCO SCIARRA



I COMMITTENTI:

LA TRASIMENO SERVIZI AMBIENTALI
TSA S.P.A.

VER.	DATA	PROTOCOLLO INTERNO	REDATTO-PROGETTATO	VERIFICATO	ACQUISITO	APPROVATO
1	DATA_1/...../.....	DISEGNATORE_PROGETTISTA	VERIFICATO_1	ACQUISITO_1	APPROVATO_1
2	DATA_2/...../.....	DISEGNATORE_PROGETTISTA2	VERIFICATO_2	ACQUISITO_2	APPROVATO_3
PERCORSO FILE		PERCORSO_FILE				

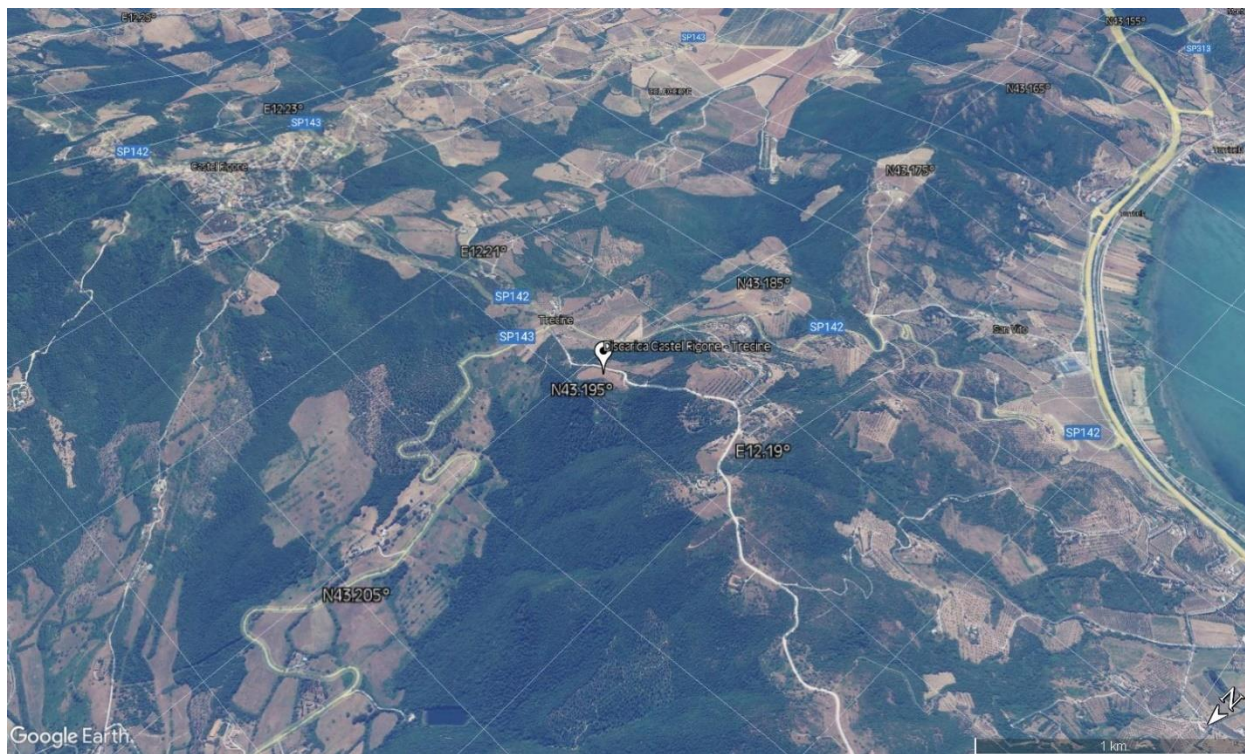
INDICE

1. PREMESSA	2
2. UBICAZIONE	4
3. ANALISI P.A.I.	7
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	9
4.1 Tettonica dell'area.....	9
5. INDAGINE GEOGNOSTICA	15
5.1 Ricostruzione stratigrafica sondaggio S1.....	15
5.2 Caratterizzazione geotecnica.....	22
5.3 Analisi statistica – valori caratteristici.....	23
6. VALUTAZIONI SISMICHE ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018.....	29
6.1 Analisi del sito e della struttura in progetto.....	29
6.2 Indagine Sismica – Stese a rifrazione.....	31
7. ANALISI SISMICA	34
7.1 SISMICITA'.....	34
7.2 STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA.....	35
7.3 Definizione dei parametri sismici.....	36
8. ANALISI RSL Risposta Sismica Locale Semplificata	39
9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	42
9.1 Mappa dei forti terremoti degli ultimi 150 anni.....	42
9.2 Valutazione del potenziale sismogenetico e probabilità di forti terremoti.....	43
9.3 Storia Sismica (DATABASE MACROSISMICO ITALIANO 2016 - DBMI15).....	45
9.4 Storia sismica (Database Macrosismico Italiano 2016 – DB2015) Comune di Passignano sul Trasimeno (PG)	47
9.5 Mappa interattiva pericolosità sismica da http://esse1-gis.mi.ingv.it/ (ag).....	48
9.6 ANALISI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL) MEDIANTE ANALISI 1D.....	51
10. CONSIDERAZIONI FINALI	54

1. PREMESSA

Il presente studio geologico-sismico con indicazioni geotecniche ai sensi delle NTC 2018 e s.m.i., è stato realizzato a corredo degli "INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E SISTEMAZIONE DELLA DISCARICA COMUNALE IN LOCALITA' TRECINE - NEL COMUNE DI PASSIGNANO SUL TRASIMENO (PG)" su incarico della CUBE srl. per T.S.A. Spa (Trasimeno Servizi Ambientali in Comune di Magione (PG)).

L'elaborato nello specifico intende fornire le caratteristiche geologiche dell'area e indicare i parametri sismici e le indicazioni geotecniche necessarie alla definizione dell'interazione struttura-terreno alla luce degli interventi individuati nel 1° stralcio lavorativo descritti nella Relazione Tecnica Generale.



In particolare il presente lavoro, che riguarda lo studio per la definizione del quadro litologico-litotecnico-sismico è stato articolato attraverso le seguenti fasi :

- a) Rilevamento ed acquisizione dei dati esistenti;
- b) Rielaborazione indagini realizzate sul sito di intervento in data Luglio-Dicembre 1992 con nello specifico esecuzione di n.1 Sondaggio a carotaggio continuo S1 spinto alla profondità di 48m dal p.c., indagine idrogeologica in situ con esecuzione di prove di permeabilità in foro, indagine sismica a rifrazione con ricostruzione del modello stratigrafico per una sezione pari a circa 130m. Tutte le indagini sono relative a precedenti rapporti geologici redatti dal dott. Gaetano Vacca e riportate nei suoi elaborati allegati alla documentazione di progetto della discarica di Castel Rigone in loc. Trecine;
- c) Sintesi dei risultati e caratterizzazione geotecnica di dettaglio;
- d) Valutazioni e parametrizzazione sismica dei luoghi ai sensi del D.M. 17.01.2018 con determinazione del V_{seq} ;
- f) Analisi RSL semplificata, analisi dinamica 1D, valutazione del fattore di amplificazione FA.

Tale elaborato viene redatto in conformità a quanto previsto dal D.M. 11/03/88: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

Riferimenti di legge

- LEGGE del 18 maggio 1989, n. 183: *Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo Art.3; Art.17 commi 4/6-ter lett. b), c), d), f), l), m); Art.20 comma 2; Art.21 e segg.;*
- Parte III - Legge Regionale del 25 maggio 1999, n. 13 : *Disciplina regionale della difesa del suolo Artt. 11, 13;*
- Parte IV – Legge del 11 Dicembre 2000, n. 365 : *Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 12 ottobre 2000, n. 279, recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della regione Calabria danneggiate dalle calamità idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000; Artt.1/1-bis commi 3, 4, 5.D.M. LL.PP. 3 Marzo 1975: Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche;*
- D.M. LL.PP. del 11 marzo 1988: *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;*
- Circolare Ministero LL.PP. 24 settembre 1988 n. 30483: *Legge 2 febbraio 1974, n. 64; D.M. LL.PP. 11 MARZO 1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione;*
- D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996 : *Norme tecniche per le costruzioni delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche;*
- Circolare Ministero LL.PP. 9 gennaio 1996 n. 218/24/3: *Legge 2 febbraio 1974, n. 64; D.M. LL.PP. 11 MARZO 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica;*
- D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996: *Norme tecniche relative ai - Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi -;*
- D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996: *Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche;*
- Circolare Ministero LL.PP. 4 luglio 1996 n. 156 AA.GG./STC.: *Istruzioni per l'applicazione delle - Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996 -;*
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 n. n.252 AA.GG./STC.: *Istruzioni per l'applicazione delle - Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996 -;*
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 n. 65/AA.GG.: *Istruzioni per l'applicazione delle - Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996 -.*
- D.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 : *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e s.m.i.;*
- D.G.R. n° 1046 del 29 luglio 2003 : *"Individuazione e formazione dell'elenco delle zone sismiche nella Regione Marche".*
- **Eurocodice 7:** *Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.*
- **Eurocodice 8 :** *Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.*
- *Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008 pubblicate nella G.U. n.29 del 04.02.2008 Suppl. Ordinario n.30 e s.m.i. ed aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.20218*

2. UBICAZIONE

L'area in esame è inquadrabile topograficamente sulla tavoletta 1:25000 foglio 122 quadrante IV° S.E. della Carta d'Italia I.G.M. Serie 25V compresa tra la quota di 530 e 480 m s.l.m., è situata a W-SW dell'abitato di Castel Rigone a circa 2 chilometri da questo.

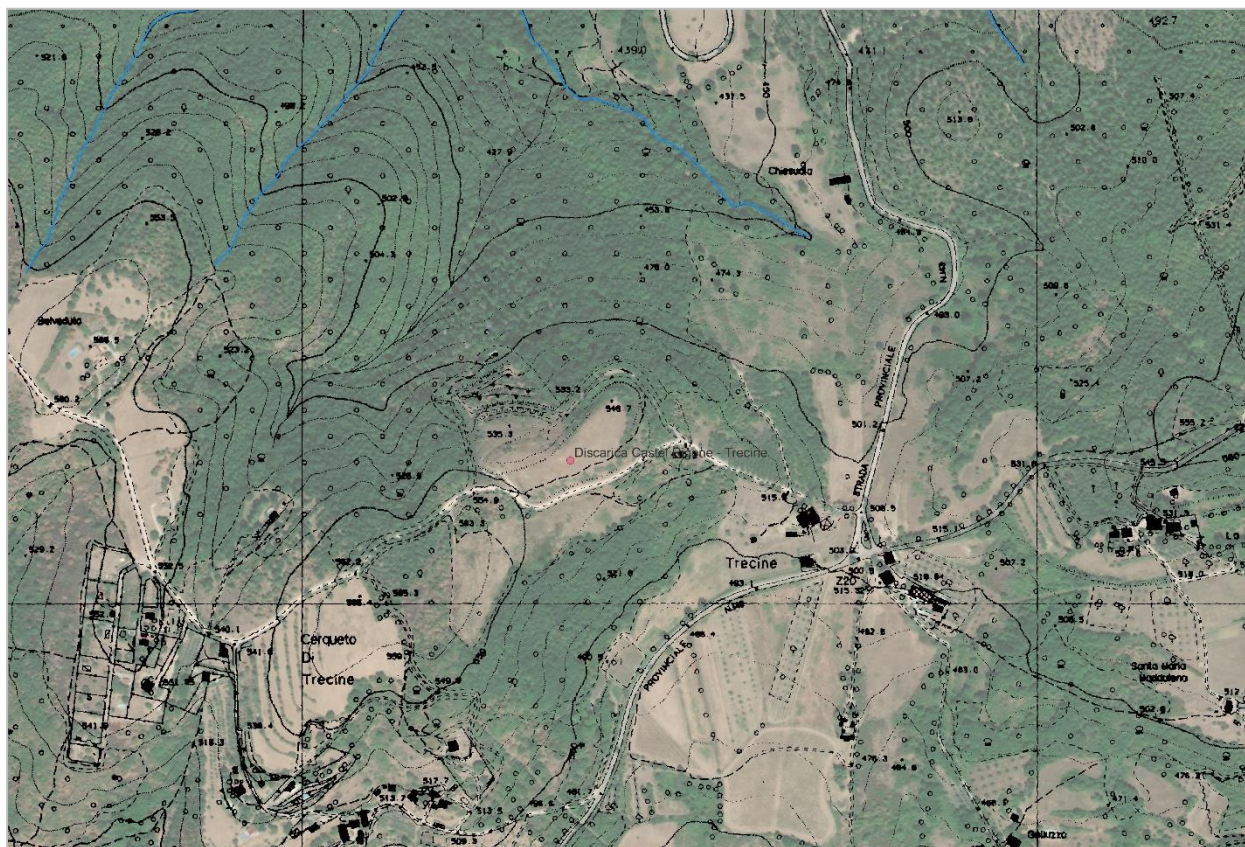
L'area Essa è inserita nella parte iniziale del bacino che raccoglie e convoglia le proprie acque verso Pian di Marte ed esattamente verso il T. Vallaccia affluente in destra del T. Niccone.

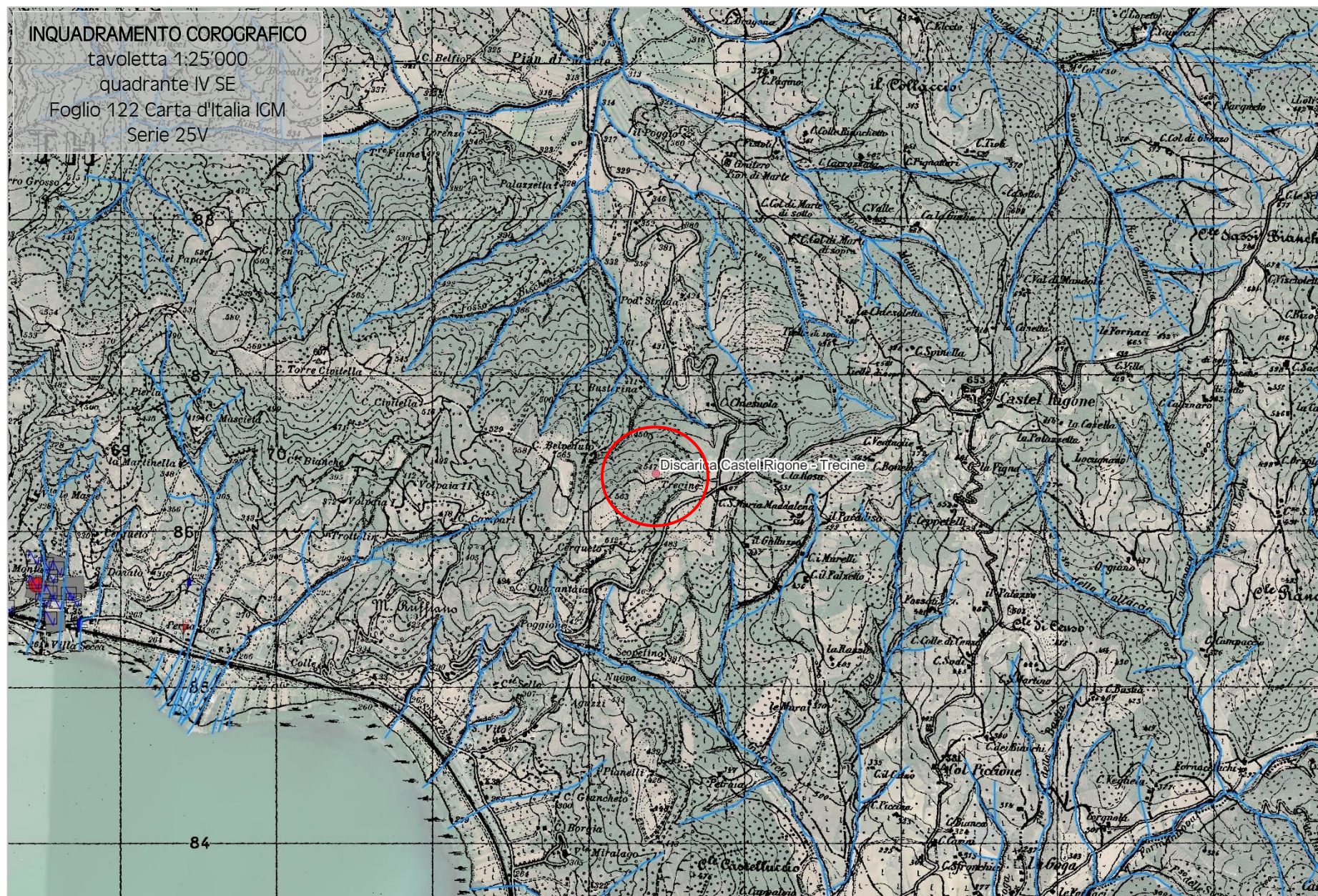
Il crinale, presente poco a monte dell'area, determina lo spartiacque con il bacino attiguo del lago Trasimeno. I caratteri morfologici originari risultano alterati, localmente anche profondamente, da numerosi interventi antropici relativi soprattutto alla realizzazione della vecchia discarica e da quella attualmente esistente.

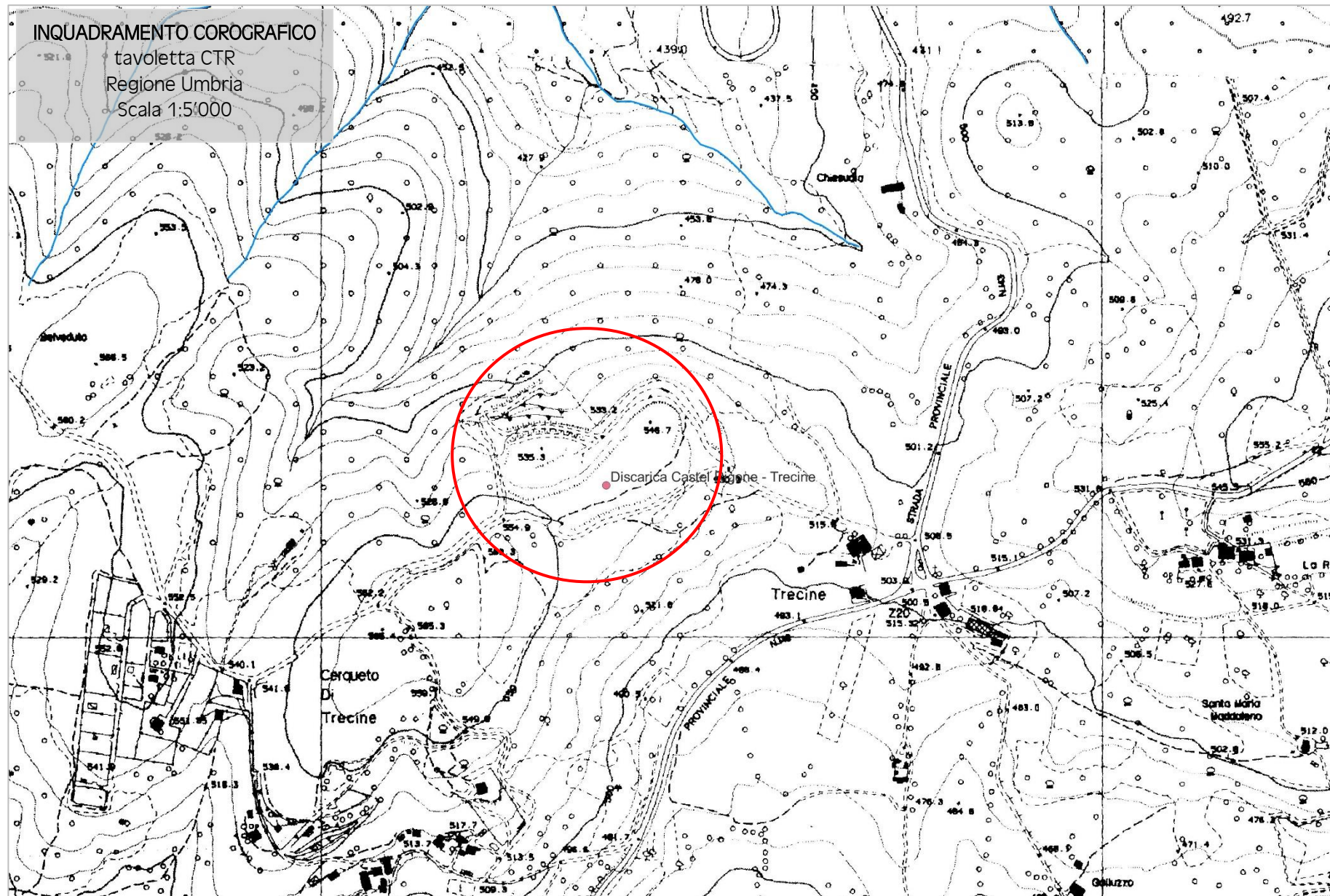
Non sono stati evidenziati aspetti geomorfologici particolari in quanto il versante mostra pendenze uniformi e regolari, anche se a tratti sostenute, con valori dell'ordine del 34 %.

Il versante appare stabile nelle sue linee essenziali e non sono stati rilevati indizi morfologici tali da far presupporre la presenza di fenomeni di instabilità in atto o latenti anche se risulta possibile, data l'attività del versante, l'instaurarsi di piccoli fenomeni di distacco legati al grado di alterazione e fratturazione della formazione. Non sono presenti localmente fenomeni legati all'idrografia superficiale che mostra un reticolo ben sviluppato con vie di scorrimento preferenziali delle acque ed incisioni in fase prevalentemente erosiva. Sono assenti fenomeni di ruscellamento diffuso e di ristagno delle acque, il bacino imbrifero sotteso alla discarica è praticamente nullo trovandosi questa a ridosso immediato del crinale spartiacque; pertanto l'acqua di infiltrazione è relativa a quella che ricade esclusivamente sull'area in esame.

L'area nell'immediato intorno, risulta interessata da bosco ceduo di querce caducifoglie (cerro e roverella) con presenza di fitta vegetazione arbustiva di sottobosco tranne nella zona Sud-Est dove è presente prato pascolo. L'ubicazione dell'area la rende inoltre praticamente coperta rispetto a centri abitati e viabilità primaria del versante verso il lago Trasimeno e di Castel Rigone; mentre risulta visibile dalla parte di Pian di Marte. Nell'intorno prossimo l'unico nucleo abitativo risulta presente a circa 350 m in loc. Trecine al di là del crinale spartiacque che delimita verso Sud il versante interessato.







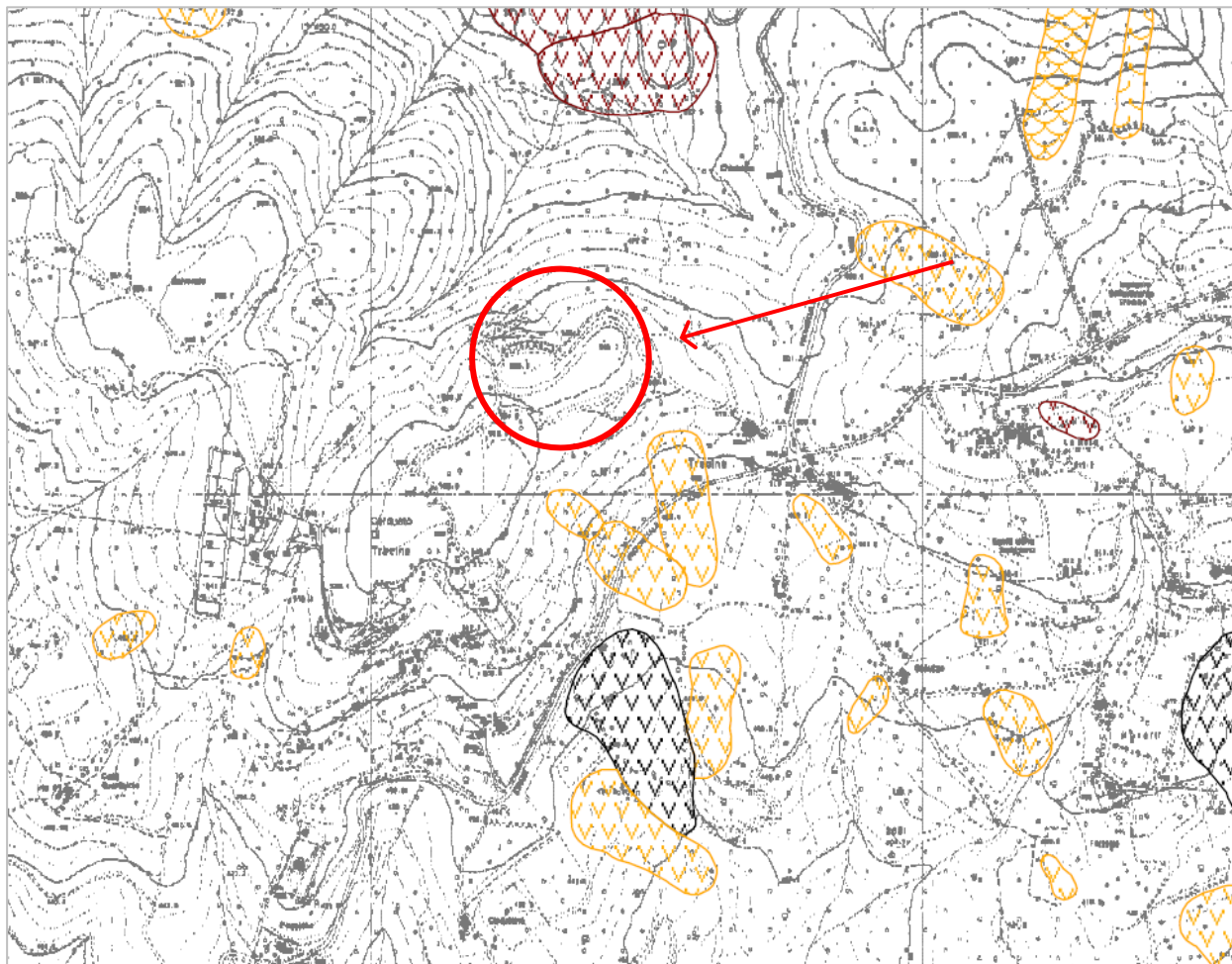
3. ANALISI P.A.I.

VINCOLI DAL P.A.I. (Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico Autorità di Bacino del Fiume Tevere) : l'area in studio è contenuta nella tavola grafica - in scala 1:10'000 - Tavv. nn. 251 di 304 – INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI E SITUAZIONI DI RISCHIO DA FRANA che costituisce uno degli elaborati della "Carta del rischio Idrogeologico del Bacino del Fiume Tevere". La carta del rischio idrogeologico è quindi articolata nel caso specifico dal dettaglio cartografico dei fenomeni franosi censiti e distinti per attività e per tipologia.

Nello specifico l'area di studio, dall'esame della cartografia di riferimento del P.A.I. non è ricadente in alcun areale interessato da fenomeni franosi né attivi né quiescenti o presunti.e inattivi.

Non si evidenziano inoltre situazioni di rischio frana R3 o R4.

Si riporta di seguito stralcio della tavola 251.



Legenda

Inventario dei fenomeni franosi

fenomeno attivo	fenomeno quiescente	fenomeno inattivo*	fenomeno presunto	
				frana per crollo o ribaltamento
				frana per scivolamento
				frana per colamento
				frana complessa
				area con franosità diffusa
				area interessata da deformazioni gravitative profonde (DGPV)
				area interessata da deformazioni superficiali lente e/o soliflusso
				falda e/o cono di detrito
				debris flow (colata di detrito)

fenomeno attivo	fenomeno quiescente	fenomeno inattivo*	fenomeno presunto	
				area a calanchi o in erosione
				frana presunta
				orlo di scarpata di frana
				frana non cartografabile

Situazioni di rischio da frana

	R4 - 'molto elevato'
	R3 - 'elevato'

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

I terreni presenti nell'area sono costituiti, al di sotto di una coltre di alterazione pedogenizzata di spessore variabile, ma comunque limitata alla costituzione di un semplice strato regolitico di alterazione, da depositi torbiditici pseudolitoidi riferibili alla Formazione delle Arenarie del Trasimeno. Questi sono stati osservati in numerosi affioramenti presenti nell'intorno e principalmente durante la realizzazione della discarica in oggetto. Si tratta di sedimenti con siltiti, arenarie e livelli marnoso-argillosi. I depositi di copertura di tipo prevalentemente eluviale risultano formati da limi frammisti a clasti di natura marnosa ed arenacea di varie dimensioni.

A livello di nomenclatura ufficiale nella Carta Litologica d'Italia l'unità di riferimento è l'Unità arenacea e arenaceo-marnosa (torbiditiche) (Paleogene) – R34.

Nella Carta Geologica ISPRA 25'000, l'Unità di riferimento è la MAC1 - Membro di Molin Nuovo (CHATTIANO).

L'assetto prevalente della formazione risulta, pur se complicato dalla presenza di strutture plicative riferibili a differenti fasi tettoniche, a reggipoggio con immersione compresa tra 180 e 240 SW ed inclinazione tra 10° e 25°.

Appena ad Est del sito prescelto è presente, con contatto stratigrafico incerto, la formazione degli Scisti Varicolore costituiti prevalentemente da argille e marne varicolori con livelli calcarenitici a banchi metrici. Ambedue le formazioni risultano abbastanza scompagnate dall'attività tettonica e pertanto si mostrano intensamente fratturate ed alterate nella parte superficiale.

Dai dati di superficie e dall'analisi del sondaggio, ubicato nella planimetria di sintesi, la formazione flyschioide attraversata è risultata come una monotona alternanza di strati di arenarie, di siltiti e di marne grigiastre. Frammenti di affioramenti sono stati osservati lungo il versante in oggetto, ma soprattutto la formazione risulta ampiamente definibile nel versante opposto. Le giaciture lungo i due versanti risultano sufficientemente coerenti.

Le arenarie, individuate anche nel corso del sondaggio, sono quarzosomicacee a cemento calcitico co-argilloso, costituite da un impasto a grana variabile da fina a grossolana.

I livelli marnosi, di colore grigio, si presentano spesso siltosi e più raramente argillosi con inclusi micacei millimetrici. Gli spessori degli strati dei diversi litotipi sono estremamente variabili, da pochi centimetri a qualche decimetro e raramente, ad esclusione dell'itotipo arenaceo, si avvicinano al metro.

Direttamente sui terreni flyschiodi si riscontrano localmente depositi detritici frammisti costituiti da una matrice a grana fina, prevalentemente limosa, che ingloba clasti a grana più grossa; è sempre presente nel materiale una certa coesione.

I clasti a grana grossa sono di natura prevalentemente arenacea, spesso arrossati per ferrettizzazione.

La continuità stratigrafica del sito è stata indagata attraverso la realizzazione di un sondaggio geognostico a carotaggio continuo S1 spinto sino alla profondità di 48 m il cui report è allegato alla presente relazione.

4.1 Tettonica dell'area

Lo stile tettonico regionale è di natura prevalentemente compressiva con presenza di pieghe a vario raggio di curvatura, faglie a direzione appenninica, diffusi sistemi di joints e fronti di sovrascorrimento.

Alle strutture plicative sviluppatasi durante le successive fasi tettoniche (appenniniche e postappenniniche) sono spesso associate fasi deformative a componente trascorrente con andamento antiappenninico, ampiamente documentabili a scala regionale nelle aree circostanti.

La formazione flyschioide ha risposto in genere a questo tipo di sollecitazioni dando luogo ad isolate grosse strutture monoclinali più o meno variamente ondulate.

La struttura tettonica è difficilmente ricostruibile nel dettaglio a causa della monotonia litologica della formazione e delle difficoltà di individuare orizzonti che possano rappresentare sicuri livelli di riferimento stratigrafico. Una tale ricostruzione d'altra parte sarebbe irrilevante agli effetti tecnici ed esulerebbe perciò dalle finalità del presente studio.

4.2 Idrogeologia e caratteristiche idrogeologiche

I sedimenti di copertura e la formazione sottostante risultano a grande scala, per la presenza di elementi argillo-marnosi, di tipo impermeabile. Ciononostante il complesso, per meccanismi diversi ma

sostanzialmente legati ai fenomeni tettonici suddetti, permette localmente una certa infiltrazione efficace.

Le acque meteoriche vi possono penetrare, alimentando una circolazione idrica, più o meno effimera, suddivisa in piccole falde locali sostenute da livelli meno permeabili facenti parte della coltre stessa o del substrato. Durante la realizzazione di una perforazione, eseguita appena a valle della discarica per il controllo della tenuta impermeabile del fondo della stessa nei confronti del percolato, sono state incontrate, da informazioni assunte, due modestissime venute d'acqua alla profondità di 26 e 35 m dal p.c..

Relativamente al sondaggio S1 effettuato sull'area in studio, questo è stato attrezzato a piezometro per verificare sia l'andamento della falda che per determinare il grado di permeabilità del substrato ed indirettamente lo stato fessurativo.

E' stato misurato, attraverso una prova di immissione d'acqua condotta a carico variabile (di seguito allegata), un coefficiente di permeabilità pari a $K = 1.0E-6$ m/sec che, raffrontato al tratto di formazione osservato durante il carotaggio, testimonia un discreto grado di fratturazione localizzato prevalentemente all'interno degli strati siltitico-arenacei.

Infatti tale valore non risente della presenza stratificata dei livelli argillo-marnosi a bassissima permeabilità ed è quindi rappresentativo, più che di una permeabilità verticale, di una permeabilità lungo gli strati più litoidi. Il livello della falda è stato misurato nel piezometro posto all'interno del sondaggio a 19.47 m dal p.c.; mentre nel pozzo presente a valle della discarica, della profondità di circa 45 m, tale livello risultava praticamente assente.

Questo conferma la presenza di circuiti idrici estremamente variabili sia in senso verticale che orizzontale condizionati dalla distribuzione delle fratture e dalle continuità degli elementi marno-argillosi.

L'osservazione dei caratteri idrogeologici complessivi fanno inoltre ipotizzare un andamento generale della falda direttamente collegato con l'andamento meteorico stagionale e con assi di drenaggio in linea con quelli superficiali verso il bacino sottostante.

Di seguito si riporta la Carta Idrogeologica dell'Italia Centrale con evidenza della uniformità delle caratteristiche idrogeologiche della formazione marnoso-argillosa affiorante (unità 7) caratterizzata da permeabilità secondaria medio-bassa per fratturazione. Lungo i fondovalle e le aste fluviali secondarie si ha una permeabilità primaria elevata relativa ai depositi sciolti prevalentemente sabbioso-ciottolosi (unità 1 e 2).

PROVA DI IMMISSIONE A CARICO VARIABILE

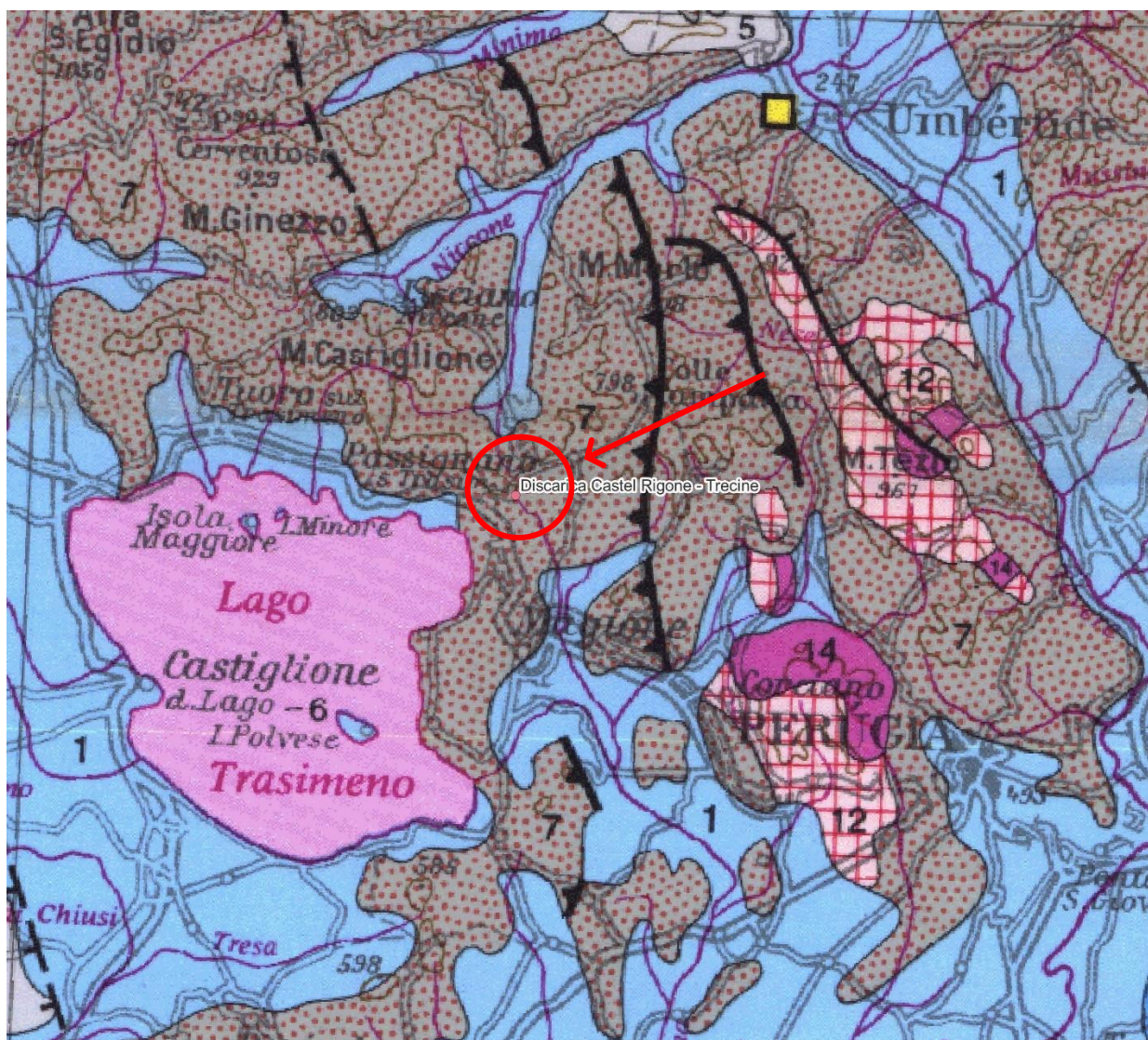
LOC. TRECINE (sondaggio n° 1)

Quota falda: 19,47 mt

m	sec	K (m/s)
18,71	0	
18,43	60	$2,01 \cdot E-6$
18,25	120	$1,31 \cdot E-6$
18,09	180	$1,18 \cdot E-6$
17,95	258	$7,98 \cdot E-7$
17,73	360	$9,68 \cdot E-7$
17,44	540	$7,34 \cdot E-7$
17,22	660	$8,47 \cdot E-7$
16,51	960	$1,12 \cdot E-6$
14,55	1620	$1,53 \cdot E-6$
12,93	2400	$1,21 \cdot E-6$
7,58	4800	$1,78 \cdot E-6$
5,85	6060	$1,65 \cdot E-6$
4,75	7200	$1,46 \cdot E-6$

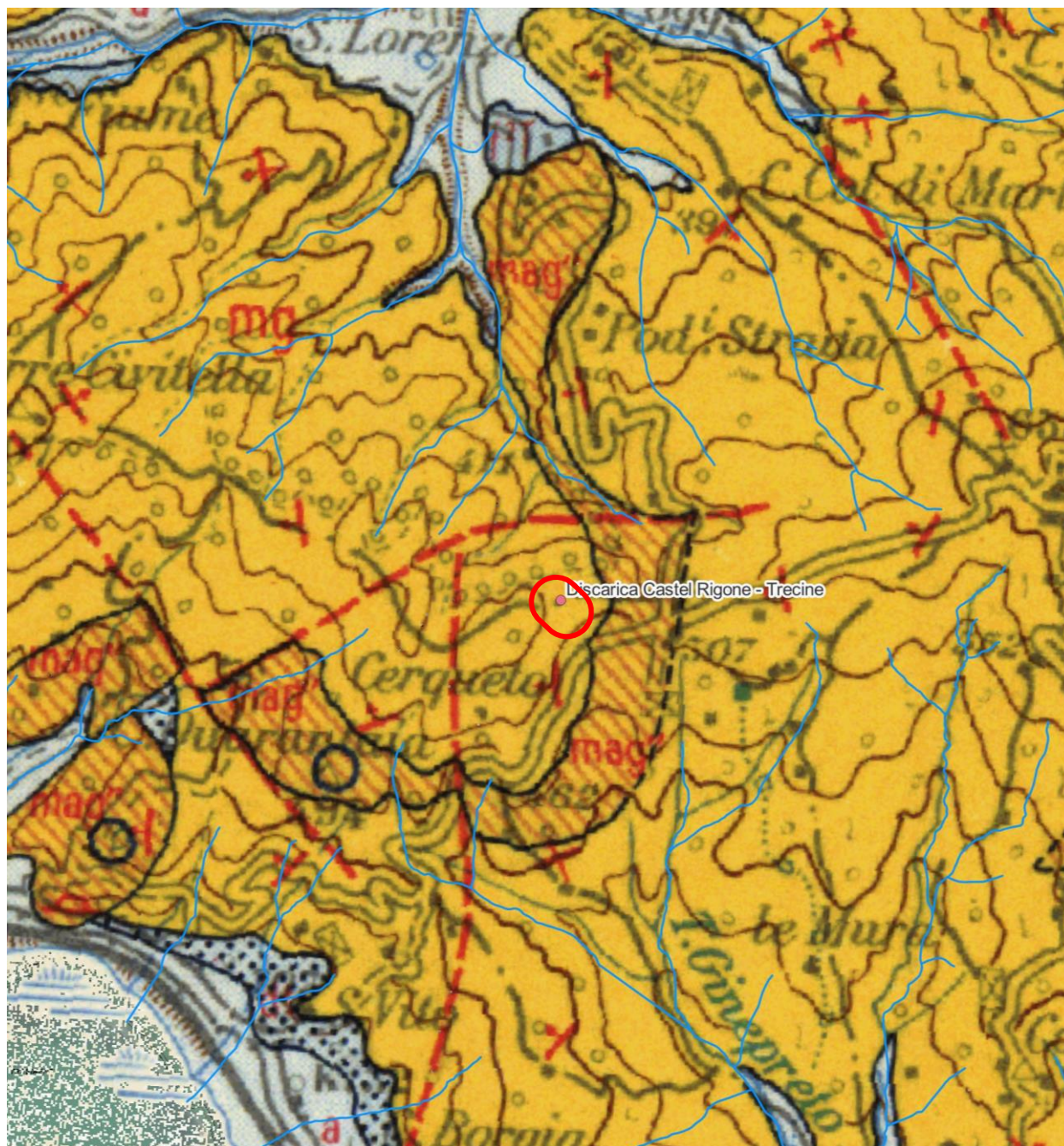
STRALCIO CARTA IDROGEOLOGICA ITALIA CENTRALE

Scala 1:150'000



CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

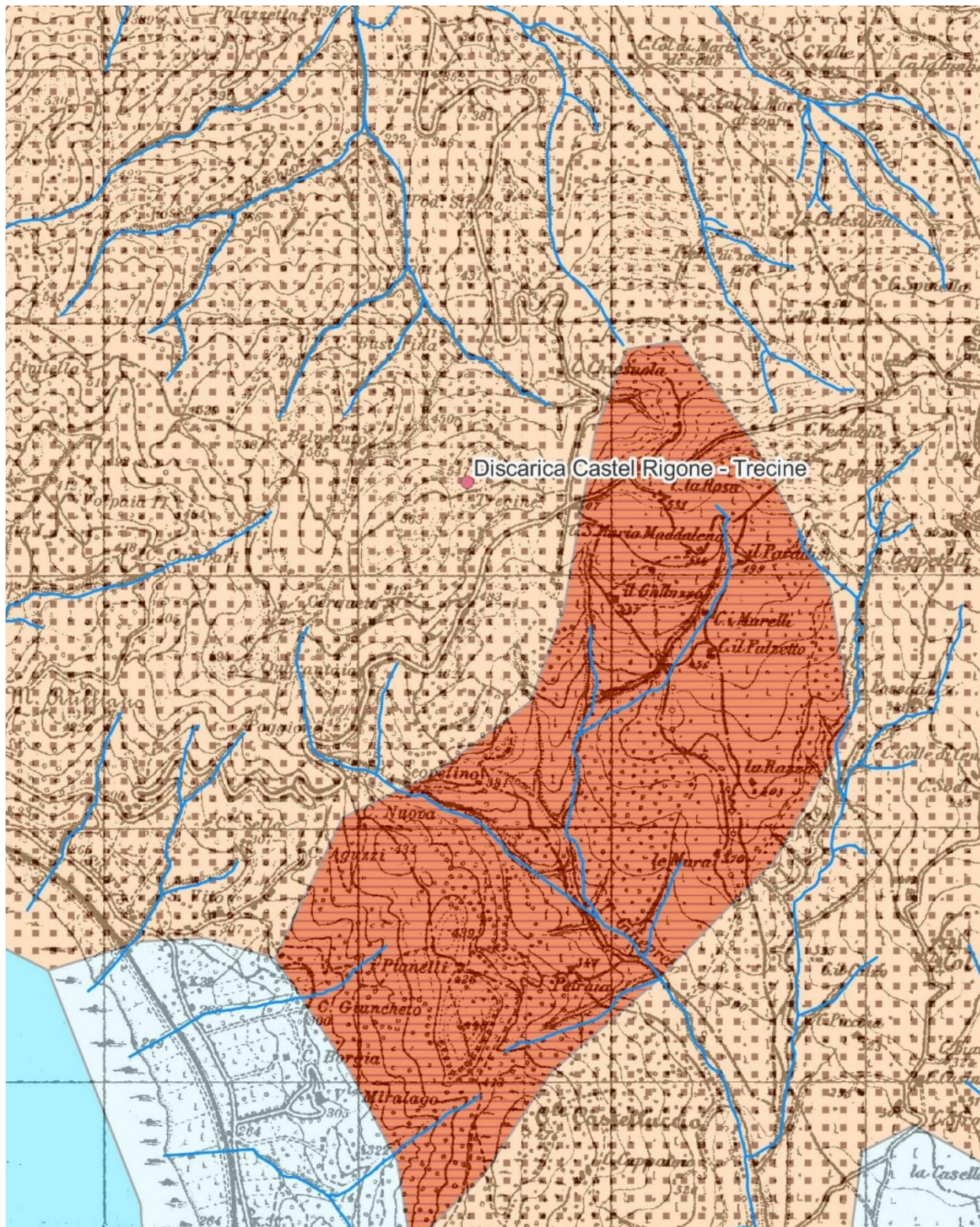
Scala 1:100'000



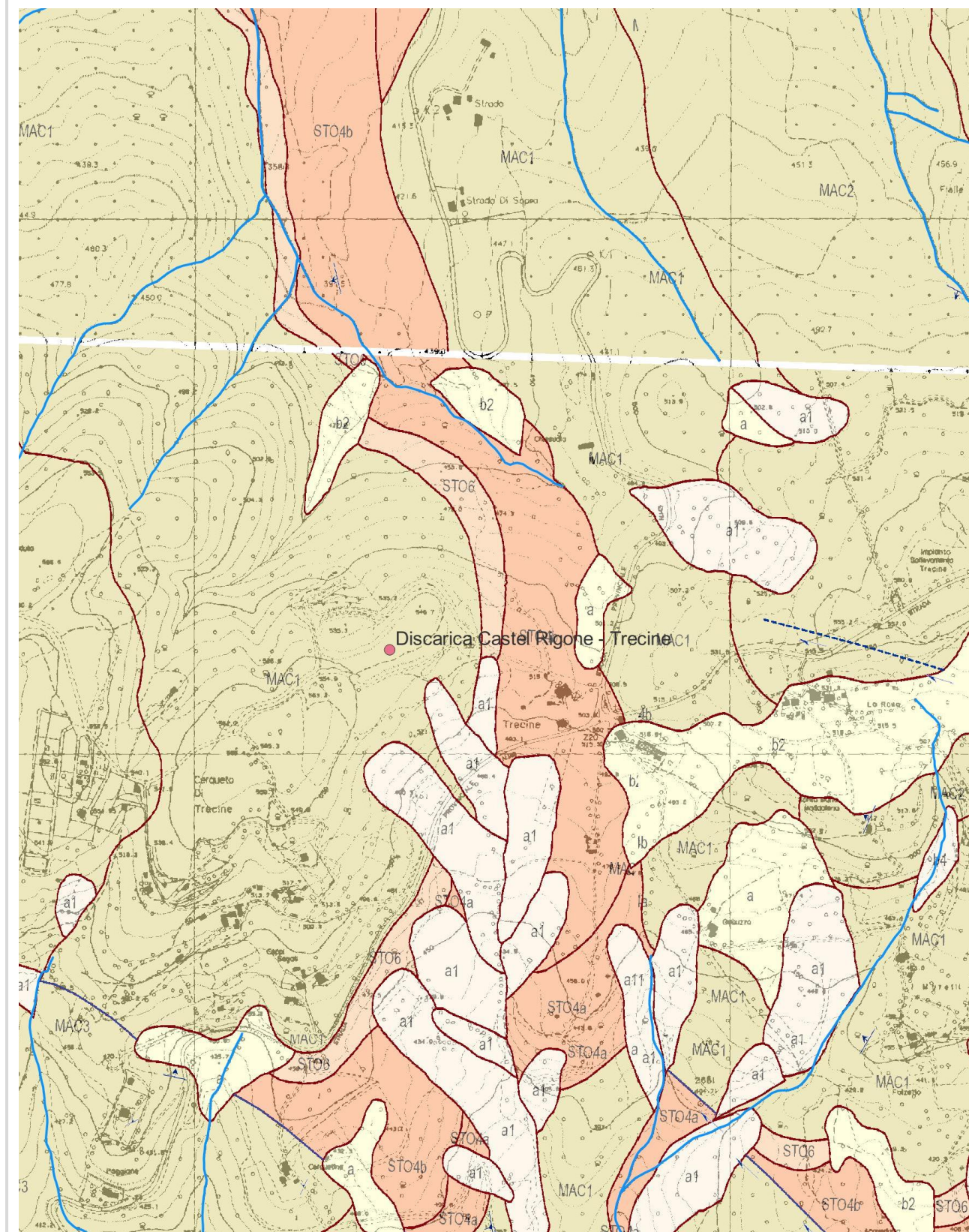
CARTA GEOLOGICA D'ITALIA 150K

Scala 1:25'000

Unità arenacee e arenaceo-marnose (torbiditiche) (Paleogene) - R34



Scala 1:10'000



5. INDAGINE GEOGNOSTICA

In relazione alle caratteristiche geologico-stratigrafiche del sito al fine di ottenere un quadro il più dettagliato possibile si è proceduto al reperimento di tutte le indagini disponibili ed in particolare il sondaggio S1 spinto fino alla profondità di 48.0m dal p.c. correlato all'indagine geofisica e la relativa ricostruzione sismostratigrafica del sito.

5.1 Ricostruzione stratigrafica sondaggio S1

La ricostruzione litostratigrafica dell'area è stata ottenuta come detto per mezzo del sondaggio S1 di cui si riportano i dettagli di seguito.

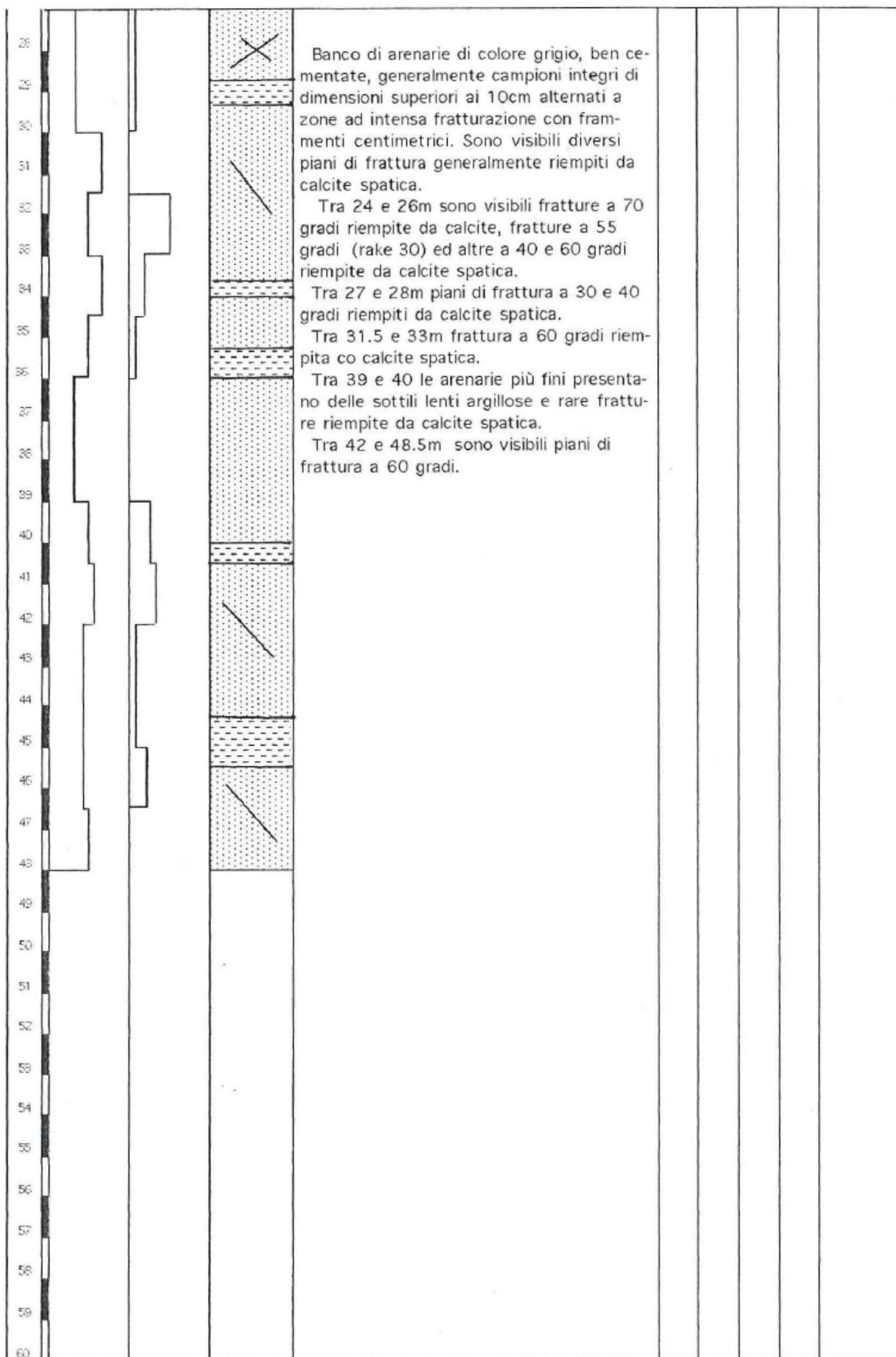
La successione stratigrafica è dettagliata di seguito dall'alto verso il basso.

Da 0.00 a 3.00m	copertura di riporto sabbioso-limosa con frammenti arenacei e calcarei
da 3.00 a 6.60m	Marne argillose sottilmente striate, striature alternativamente ocra e nocciola Arenaria a grana media, nocciola, presenta due piani di frattura a 15 e 40 gradi rispetto l'orizzontale. A 5.8m livello marnoso striato, poi arenaria più fine con muscovite, nocciola, limo deb. argilloso
da 6.60 a 11.00m	Intercalazione di arenarie e marne, arenarie grigio chiaro frammentate (dimensioni centimetriche) , ben cementate, presentano vene di calcite spatica probabili riempimenti di fratture. A 9m carota di 13cm di arenaria con due piani di taglio a 55 e 70 gradi rispetto l'orizzontale.
da 11.00 a 18.00m	Banco di arenarie di colore grigio, ben cementate, piani di frattura subverticali rosso ruggine o riempiti da calcite spatica, a luoghi intensamente fratturate, tra 15 e 16m piani di frattura a 55 gradi con superfici striate
da 18.00 a 28.00m	Arenarie fini, a livelli marnose, colore grigio, frammentate in pezzi centimetrici, da 22 a 24m l'arenaria risulta scarsamente cementata
da 28.00m a 48.00m	Banco di arenarie di colore grigio, ben cementate, generalmente campioni integri di dimensioni superiori ai 10cm alternati a zone ad intensa fratturazione con frammenti centimetrici. Sono visibili diversi piani di frattura generalmente riempiti da calcite spatica. Tra 24 e 26m sono visibili fratture a 70 gradi riempite da calcite, fratture a 55 gradi (rake 30) ed altre a 40 e 60 gradi riempite da calcite spatica. Tra 27 e 28m piani di frattura a 30 e 40 gradi riempiti da calcite spatica. Tra 31.5 e 33m frattura a 60 gradi riempita da calcite spatica. Tra 39 e 40 le arenarie più fini presentano delle sottili lenti argillose e rare fratture riempite da calcite spatica. Tra 42 e 48.5m sono visibili piani di frattura a 60 gradi.

Il livello della falda individuata e stabilizzata è posto alla quota di -19.47m dal p.c..

Di seguito si riportano le schede di dettaglio del sondaggio eseguito e reperimento.

CANTIERE: Trecine			RESPONS.: G. Vacca			OPERAT.:			
UN. OPER.:			MET. PERF.: 48			DIAM. FORO: 101mm			
INIZIO:			FINE:			QT. ASS.(m):			
TIPO DI CAMPIONATORE:			SONDAGGIO N. 1						
prof. D.F. P.C. (m)	carotaggio %	R.Q.D. %	colonna stratig.	descrizione	liv. fal- da (m)	por- let (g/ cm ³)	vene test (g/ cm ³)	car- pi- re- dist.	strumenti installati
1				Materiale di riporto costituito prevalen- temente da materiale sabbio-limoso con frammenti arenacei e calcarei.					
2									
3				Marne argillose sottilmente striate, striature alternativamente ocre e nocciola.					
4				Arenaria a grana media, nocciola, pre- senta due piani di frattura a 15 e 40 gradi rispetto l'orizzontale. A 5.8m livello mar- noso striato, poi arenaria più fine con mu- scovite, nocciola.					
5									
6									
7									
8				Intercalazione di arenarie e marne, are- narie grigio chiaro frammentate (dimensio- ni centimetriche), ben cementate, presen- tano vene di calcite spatica probabili riem- pimenti di fratture. A 9m carota di 13cm di arenaria con due piani di taglio a 55 e 70 gradi rispetto l'orizzontale.					
9									
10									
11									
12									
13				Banco di arenarie di colore grigio, ben ce- mentate, piani di frattura subverticali co- lorati rosso ruggine oppure riempiti da cal- cite spatica, a luoghi intensamente frattur- ate, tra 15 e 16m piani di frattura a 55 gradi con superfici striate (rake 15 gradi), altre fratture colorate ruggine ed altre an- cora riempite da calcite spatica.					
14									
15									
16									
17									
18									
19				Arenarie fini, a livelli marnose, colore grigio, frammentate in pezzi centimetrici, da 22 a 24m l'arenaria risulta scarsamen- te cementata	16.3				
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									

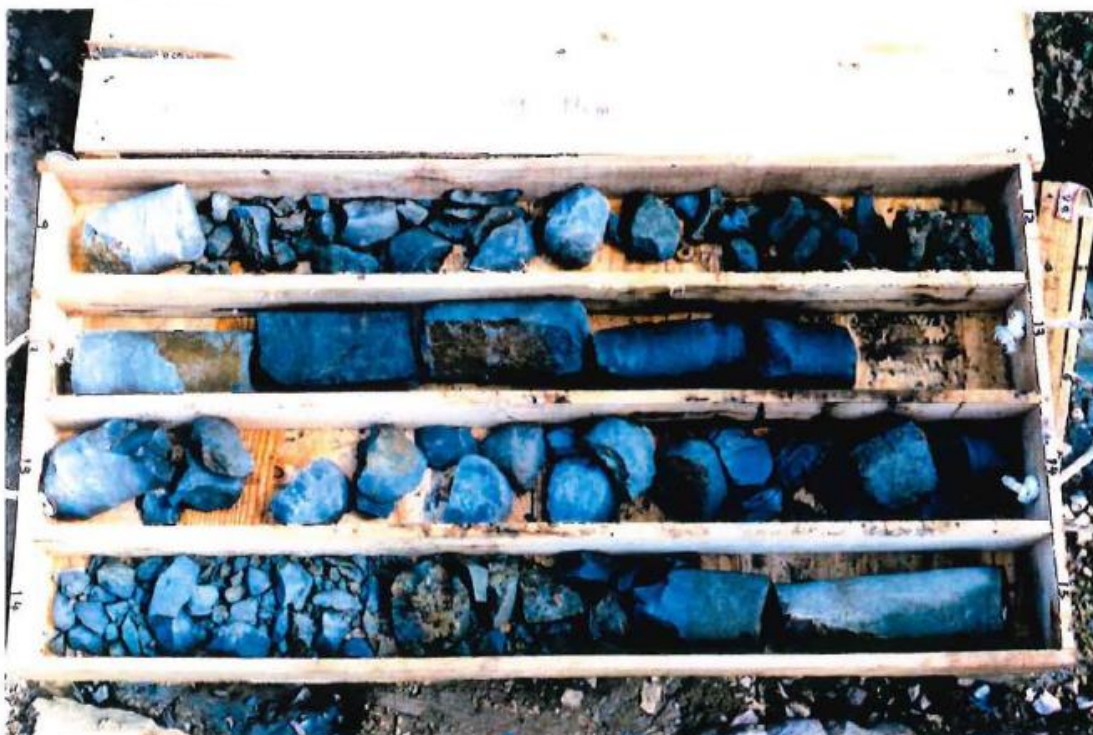


Sondaggio N. 1 località Trecine

Foto 1 0-9m



Foto 2 9-15m



Sondaggio N. 1 località Trecine

Foto 3 15-24m



Foto 4 24-31.5m



Sondaggio N. 1 località Trecine

Foto 5 31.5-39m



Foto 6 39-46.5m



Sondaggio N. 1 località Trecine

Foto 7 46.5-48m



5.2 Caratterizzazione geotecnica

a) Complesso flyschioide

Per quanto riguarda la formazione flyschioide questa affiora direttamente e costituisce il substrato di riferimento della discarica e delle aree di pertinenza.

Il complesso in esame è costituito da banchi di arenarie e siltiti grigie a grana da fina a grossolana, quarzoso-feldspatiche, a cemento siallitico e/o calcitico alternati a strati mamosi.

Gli strati arenacei presentano generalmente una evidente gradazione, per cui il passaggio dal termine francamente arenaceo a quello mamo-argilloso avviene con continuità, per progressiva riduzione di grana. Le caratteristiche meccaniche del complesso variano da luogo a luogo in funzione sia dei tipi litologici localmente presenti, sia del grado di suddivisione legato alla stratificazione ed agli eventi tettonici subiti, sia infine della maggiore o minore vicinanza alla superficie.

Le arenarie presentano un grado di cementazione molto variabile da strato a strato ed in una certa misura anche entro il singolo strato.

Spesso, soprattutto in corrispondenza dei banchi di maggior spessore, sono ben cementate e con caratteri lapidei.

I livelli marnosi sono stratificati in livelli di spessore variabile da pochi centimetri fino a qualche decimetro, e presentano spesso un'accentuata suddivisione in irregolari scaglie oblique rispetto alla stratificazione.

In affioramento sono a luoghi visibili tracce di una tettonica in piccolo, che accentua la frammentarietà del complesso e maschera la struttura a strati.

Le caratteristiche meccaniche d'insieme di tali livelli, determinate essenzialmente dal grado di suddivisione e dallo stato di maggiore o minore allentamento delle discontinuità, sono molto variabili da luogo a luogo, ma generalmente possono essere valutate da di scree a mediocri.

La resistenza a compressione della roccia "intatta" (compresa cioè tra discontinuità) è da stimare molto variabile in relazione al tipo litologico ed alla giacitura e risulta dell'ordine anche del centinaio di kg/cm² per le arenarie e della decina di kg/cm² per le mame.

Le caratteristiche meccaniche d'insieme sono generalmente più scadenti in prossimità della superficie dove le discontinuità sono allentate ed il materiale è degradato dagli agenti atmosferici.

La scelta dei parametri affidati alle unità geotecniche è stata fatta utilizzando dei valori ragionevolmente prossimi ai valori medi, come indicato nei casi in cui si voglia rappresentare elevati volumi di terreno, dalle istruzioni sulle NTC 2018 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Il modello proposto ha infatti lo scopo di riassumere l'assetto litostratigrafico e geotecnico di tutta l'area nel suo insieme.

Al momento della redazione della relazione geotecnica in base alla tipologia fondale scelta dovranno essere adottati i valori caratteristici come richiesto dalla NTC 2018 e pertanto, qualora si adottassero fondazioni indirette tipo pali in cui sono coinvolti puntualmente modesti volumi di terreno, si dovrà ricorrere alle seguenti relazioni indicate dall'Eurocodice 7 che fissa, per i parametri della resistenza al taglio, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore di X (frattile 5%) uguale a -1,645.

Tali parametri dovranno essere utilizzati qualora si adottassero fondazioni indirette tipo pali. Dovranno essere applicate le seguenti relazioni ai parametri medi (m) per ottenere quelli caratteristici (k):

$$(1) \phi'k = \phi'm (1 + C.V\phi)$$

$$(2) c'k = c'm (1 + C.Vc)$$

diventeranno:

$$(3) \phi'k = \phi'm (1 - 1,645 V\phi)$$

$$(4) c'k = c'm (1 - 1,645 Vc)$$

V coefficiente di variazione = rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori.

Ai valori caratteristici (fk) e medi (fm) trovati si applicheranno i coefficienti di sicurezza parziali (CP) in funzione dello stato limite considerato secondo l'approccio di calcolo scelto in base alla Normativa vigente.

Ai sensi delle istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici si consiglia di utilizzare i parametri geotecnici medi esclusivamente per calcoli geotecnici che coinvolgano un gran volume di terreno

(verifiche di stabilità, calcoli strutturali per platee e travi rovesce, paratie e portanza laterale dei pali).

Ai sensi delle istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici si consiglia di utilizzare i parametri geotecnici caratteristici per calcoli geotecnici che coinvolgano un piccolo volume di terreno (calcoli strutturali per portanza alla punta dei pali, plinti non collegati e tiranti).

Altresi si consiglia di correlare i parametri caratteristici dei terreni investigati attraverso un'ulteriore analisi statistica per mezzo della formula semplificata di Schneider.

Dove COV è il coefficiente di variazione con i seguenti valori raccomandati dal Schneider:

$$X_K = X_{med} \cdot \left(1 - \frac{COV}{2}\right)$$

- Angolo di attrito : 10%
- Coesione : 40%
- Moduli di comprimibilità 40%.

5.3 Analisi statistica – valori caratteristici

I valori caratteristici dell'angolo di attrito e della coesione, qualora si abbia a disposizione esclusivamente un elemento di caratterizzazione per ogni unità geotecnica, saranno stimati per mezzo della formula semplificata di Schneider (Schneider, H. R., Definition and determination of characteristic soil properties, Proceedings of the 14th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Hamburg 1997, Balkema, Rotterdam):

$$X_k = X_m \times [1 - (COV/2)]$$

X_k = valore caratteristico

X_m = valore medio

COV coefficiente di variazione

=> per angolo di attrito Ø' = 10% (0.10)

=> per coesione efficace C' = 40% (0.40)

Si ricorda che l'EC7, al punto 2.4.5.2 2, definisce che "Il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite". Definire il valore caratteristico significa pertanto scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite, ed adottarne un valore, o stima, a favore della sicurezza. In geotecnica è circostanza frequente il dovere eseguire delle verifiche in presenza di scarsità di dati. Una obiezione frequente al trattamento statistico è che questo non può essere eseguito con pochi dati. Al contrario, utilizzando la discriminazione e il giudizio tecnico e la conoscenza a priori regionale e locale, un trattamento statistico è possibile anche nel caso estremo di un solo dato a disposizione (o, al limite, di nessun dato disponibile, in questo caso facendo affidamento esclusivamente sulla conoscenza pregressa). Quando ci troviamo in condizioni di compensazione (generalmente strutturale) e il dataset ha una numerosità piccola (da 1 a 5 dati usualmente), possiamo ricorrere alla statistica classica, con ipotesi di varianza nota.

In base a quanto sopra esposto, i parametri geotecnici sono stati determinati con formula semplificata di Schneider sui valori medi derivanti dall'analisi Hoek-Brown di seguito riportata sulla base delle osservazioni delle indagini in situ eseguite.

CLASSIFICAZIONE METODO DI ANALISI : HOEK-BROWN / MOHR-COULOMB

Generalità sui sistemi di classificazione

Tutti i sistemi di classificazione ed in particolare l'RMR di Bieniawski (1989) il Q di Barton et al. (1974) il GSI di Hoek e Brown (1997), l' RMI di Palmstrom (1987) sono stati pensati e sviluppati per tentare di risolvere problematiche legate al progetto ed alla realizzazione di gallerie; successivamente Romana (1995) ha proposto la classificazione SMR per la valutazione della stabilità dei pendii.

Tali metodi tengono conto in varia misura e con differenti pesi dei fattori ritenuti essenziali nel determinare il comportamento meccanico degli ammassi rocciosi differenziandolo da quello della roccia intatta e cioè della presenza, frequenza e natura dei giunti e del loro eventuale riempimento, della resistenza a compressione semplice dei campioni intatti, della presenza di acqua e così via.

Nel caso in esame la caratterizzazione geomeccanica del substrato litoide affiorante e non è stata effettuata sulla base del criterio di generalizzato di Hoek-Brown e di Mohr-Coulomb per mezzo del software RocData della Rocscience.

Criterio Generalizzato di Hoek-Brown

Questo criterio empirico di rottura definisce la resistenza della roccia in termini di maggior e minor stress principale. Definisce le curve di rottura che ben corrispondono ai valori determinati dalle analisi triassiali in laboratorio su campioni di roccia intatta e dalla fratturazione nell'ammasso roccioso fratturato.

Il software RocData implementa il criterio generalizzato di Hoek-Brown essendo utilizzabile nei seguenti casi:

- masse rocciose molto fratturate;
- calcolo dei parametri equivalenti di Mohr-Coulomb dalle curve di rottura del metodo di Hoek-Brown;

Il criterio generalizzato di Hoek-Brown è non lineare ed è espresso da :

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}} + s \right)^a,$$

dove

σ_{ci} : Resistenza alla compressione uniassiale dell'ammasso roccioso integro GSI, noto come *Geological Strength Index*, si basa sulle osservazioni geologiche per la definizione del criterio di rottura; m_b è la costante del materiale roccioso integro; mentre s e a costanti della massa rocciosa.

$$m_b = m_i \exp \left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D} \right),$$

$$s = \exp \left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D} \right), \text{ and}$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right).$$

Criterio di Mohr-Coulomb

È il più comune dei criteri di comportamento a rottura nell'ingegneria. Molteplici metodi di analisi e software di calcolo richiedono l'uso di questo modello di resistenza dei materiali come nel caso specifico delle verifiche di stabilità dell'intervento in esame per mezzo del software Geostudio della Geoslope Int..

Il criterio di Mohr-Coulomb è

espresso da una relazione lineare tra lo stress normale e di taglio (o massimo e minimo stress principale) a rottura.

In RocData tale criterio può essere utilizzato per dati provenienti da prove di laboratorio di taglio o triassiali o tramite il database fornito per la valutazione dei parametri geomeccanici della roccia/terreno analizzato.

La formulazione del criterio di Mohr-Coulomb per dati provenienti da analisi triassiale è la seguente:

$$\sigma_1' = \frac{2c' \cos \phi'}{1 - \sin \phi'} + \frac{1 + \sin \phi'}{1 - \sin \phi'} \sigma_3',$$

dove

c è la resistenza coesiva, e ϕ è l'angolo di attrito efficace.

La formulazione del taglio diretto è invece la seguente:

$$\tau' = c' + \sigma n' \tan \varphi'$$

Definizione dei Parametri Geomeccanici

Criterio Generalizzato di Hoek-Brown

I parametri della massa rocciosa (**m**, **s** e **a**) definiti nel metodo di Hoek-Brown, si basano sulla valutazione in ingresso dei seguenti valori:

- resistenza alla compressione non confinata della roccia integra **σ_{ci}**
- il parametro della roccia integra **m_i**
- geological strength index **GSI**
- il fattore di danno **D**

Mohr-Coulomb Criterion

Il criterio di Mohr-Coulomb definisce i parametri di resistenza **c** (coesione) e ϕ (angolo di attrito efficace) di un terreno o di un'ammasso roccioso.

Definizione dei Parametri di Input

Sia per il Criterio Generalizzato di Hoek-Brown che di Mohr-Coulomb, si sono utilizzati abachi e tabelle per la stima dei parametri di resistenza della tipologia litologica in esame sia roccia che terreno basati su un ampio database di dati provenienti da analisi di laboratorio e contenuto nel software RocData utilizzato nel caso specifico.

A1 – Formazione MAC1: *facies marnoso arenacea* ALTERATA
METODO DI ANALISI: HOEK-BROWN / MOHR-COULOMB

Hoek Brown Classification

sigci	30
GSI	30
mi	10
D	0.5

Hoek Brown Criterion

mb	0.357
s	0.0001
a	0.522

Failure Envelope Range

Application	Slopes
sig3max	1.000 MPa
Unit Weight	0.023 MN/m3

Mohr-Coulomb Fit

c	0.205 MPa
phi	33.12 degrees

Rock Mass Parameters

sigt	-0.0074 MPa
sigc	0.229 MPa
sigcm	2.120 MPa
Em	1299.04 MPa

Hoek-Brown Classification

sigci 30 MPa

GSI 30

mi 10

D 0.5

Hoek-Brown Criterion

mb 0.357

s 0.0001

a 0.522

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range

Application: Custom

sig3max 1.0000 MPa

Mohr-Coulomb Fit

c 0.205 MPa

phi 33.12 deg

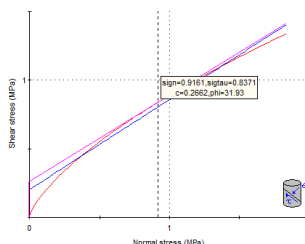
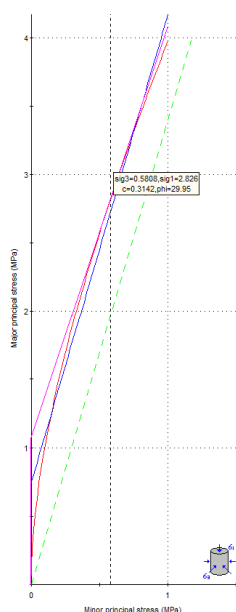
Rock Mass Parameters

sigt -0.0074 MPa

sigc 0.229 MPa

sigcm 2.120 MPa

Em 1299.04 MPa



A2 – Formazione MAC1: *facies marnoso arenacea INTEGRA*
METODO DI ANALISI : HOEK-BROWN / MOHR-COULOMB

Hoek Brown Classification

	sigci	35	
	GSI	36	
	mi	15	
	D	0.5	

Hoek Brown Criterion

	mb	0.712	
	s	0.0002	
	a	0.515	

Failure Envelope Range

	Application	Slopes	
	sig3max	1.000	MPa
	Unit Weight	0.023	MN/m3

Mohr-Coulomb Fit

	c	0.283	MPa
	phi	40.94	degrees

Rock Mass Parameters

	sigt	-0.0097	MPa
	sigc	0.432	MPa
	sigcm	3.680	MPa
	Em	1981.96	MPa

Hoek-Brown Classification

sigci 35 MPa

GSI 36

mi 15

D 0.5

Hoek-Brown Criterion

mb 0.712

s 0.0002

a 0.515

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range

Application: Custom

sig3max 1.0000 MPa

Mohr-Coulomb Fit

c 0.283 MPa

phi 40.94 deg

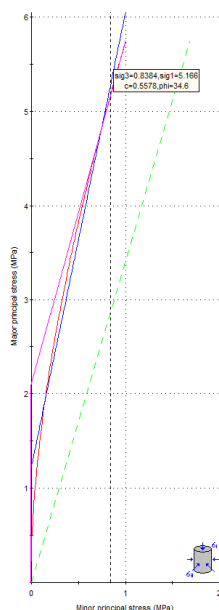
Rock Mass Parameters

sigt -0.0097 MPa

sigc 0.432 MPa

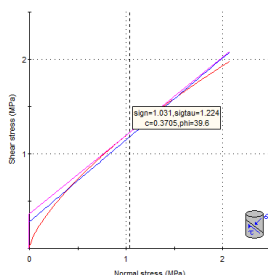
sigcm 3.680 MPa

Em 1981.96 MPa



Analysis of Rock/Soil Strength using RocData

Hoek-Brown Classification
intact uniaxial compressive strength = 35 MPa
GSI = 36 mi = 15 Data
Hoek-Brown Criterion
mb = 0.712 s = 0.0002
Mohr-Coulomb Fit
cohesion = 0.283 MPa
Rock Mass Parameters
tensile strength = -0.010 MPa
uniaxial compressive strength = 3.680 MPa
modulus of deformation =



Caratterizzazione litotecnica (VALORI CARATTERISTICI ANALISI STATISTICA DI SCHNEIDER)

Unità MC1 formazionale alterata

$\gamma_{nk} = 2.15-2.20 \text{ t/mc}$	(peso dell'unità di volume naturale)
$\gamma_{sk} = 2.20-2.25 \text{ t/mc}$	(peso dell'unità di volume saturo)
$C_{uk} = 1.60 \text{ kg/cm}^2$	(coesione non drenata caratteristica)
$c'_k = 0.26 \text{ kg/cm}^2$	(coesione drenata caratteristica)
$\phi'_k = 31-32^\circ$	(angolo di attrito drenato caratteristico)

Unità MC1 formazione non alterata – SUBSTRATO LITOIDE

$\gamma_{nk} = 2.20 \text{ t/mc}$	(peso dell'unità di volume naturale)
$\gamma_{sk} = 2.20-2.25 \text{ t/mc}$	(peso dell'unità di volume saturo)
$C_{uk} = 2.40 \text{ kg/cm}^2$	(coesione non drenata caratteristica)
$c'_k = 0.35-0.40 \text{ kg/cm}^2$	(coesione drenata caratteristica)
$\phi'_k = 38^\circ$	(angolo di attrito drenato caratteristico)

6. VALUTAZIONI SISMICHE ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018

6.1 Analisi del sito e della struttura in progetto

STRUTTURA: Interventi presso Discarica Castel Rigone - Trecine

REGIONE: Umbria; **LOCALITA':** Trecine – Passignano sul Trasimonto (PG);

Tabella 1 – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Tab. 2 – Valori del coefficiente d'uso C_u

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE D'USO C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Tabella 3 – Probabilità di superamento P_{v_R} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{v_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 4 – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,eq}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terrenia grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di $V_{s,eq}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di $V_{s,eq}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti</i> con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di $V_{s,eq}$ inferiori a 180 m/s
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessori non superiori a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 6 – 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 $i > 30^\circ$

Tabella 7 - Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot Fo \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot Fo \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot Fo \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot Fo \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Tabella 3.2.VII – Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale

Categoria di sottosuolo	S_s	T_b	T_c	T_d
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Tabella 3.2.VIII - Valori dei parametri T_E e T_F

Categoria sottosuolo	T_E (s)	T_F (s)
A	4,5	10,0
B	5,0	10,0
C, D, E	6,0	10,0

6.2 Indagine Sismica – Stese a rifrazione

Scopo di tale indagine è stato determinare le caratteristiche generali a livello geofisico dei terreni e definire l'andamento geometrico del substrato su cui poggia la discarica.

Le indagini si sono estese dalla porzione pianeggiante al di sopra dell'orlo ricoperto dalla guaina impermeabile lungo l'asse centrale della discarica fino a raggiungere il piede dell'argine dove è costruita la vasca di pompaggio dei liquarni.

In base alle caratteristiche del sito si è proceduto effettuando stese di 12 geofoni tra loro intervallati alla distanza di 10 metri. Onde coprire tutta la lunghezza del profilo sono state fatte due stese contigue con sovrapposizione di tre geofoni agli estremi, finale della stesa 1 e iniziali della stesa 2.

Data la lunghezza degli stendi menti e le non buone caratteristiche di trasmissione delle onde dei materiali della discarica, per fornire un'energia sufficientemente elevata e rilevabile a tutti i geofoni è stata utilizzata una massa battente del peso di 100 Kg che cade da un'altezza di 3 m.

Compatibilmente con l'accessibilità dei siti, sono state effettuate registrazioni con energizzazioni dagli estremi e da punti intermedi; per la stesa 2 sono stati eseguiti anche due tiri esterni alla distanza di 40 m e 90 m dal geofono più a monte.

Non essendo stato possibile raggiungere l'estremo a valle con la massa battente da 100 Kg si è proceduto con una mazza da 5 Kg che ha permesso la registrazione del segnale solo entro un raggio di 50 m.

Dall'esame delle registrazioni effettuate è stato possibile ricostruire la sezione sismica di seguito allegata. In questa vengono messi in evidenza seguenti elementi fondamentali:

- un substrato litoide con velocità di trasmissione delle onde P pari a 1700 m/s circa;
- uno spessore di materiale abbastanza omogeneo con velocità delle onde P di circa 300 m/s;
- un "unghia" al piede della discarica costituita da materiale mediamente addensato con V_p caratteristica di 780 m/s circa.

All'interno del corpo a bassa velocità sono presenti delle zone con caratteristiche meccaniche leggermente inferiori da attribuire al minor grado di addensamento raggiunto.

L'area al di sopra dell'attuale ciglio della discarica si presenta con un orizzonte superficiale dello spessore di circa 4 metri notevolmente allentato come evidenzia il ridotto valore di propagazione della velocità delle onde P pari a 270 m/s.

Si nota una notevole rispondenza del profilo calcolato rispetto al profilo semplificato ipotizzato del substrato; solo nella porzione centrale della sezione si ha la presenza di una gradonatura che fa sì che in corrispondenza dell'orlo del piano attuale si calcoli uno spessore di circa 25 m di materiale riportato.

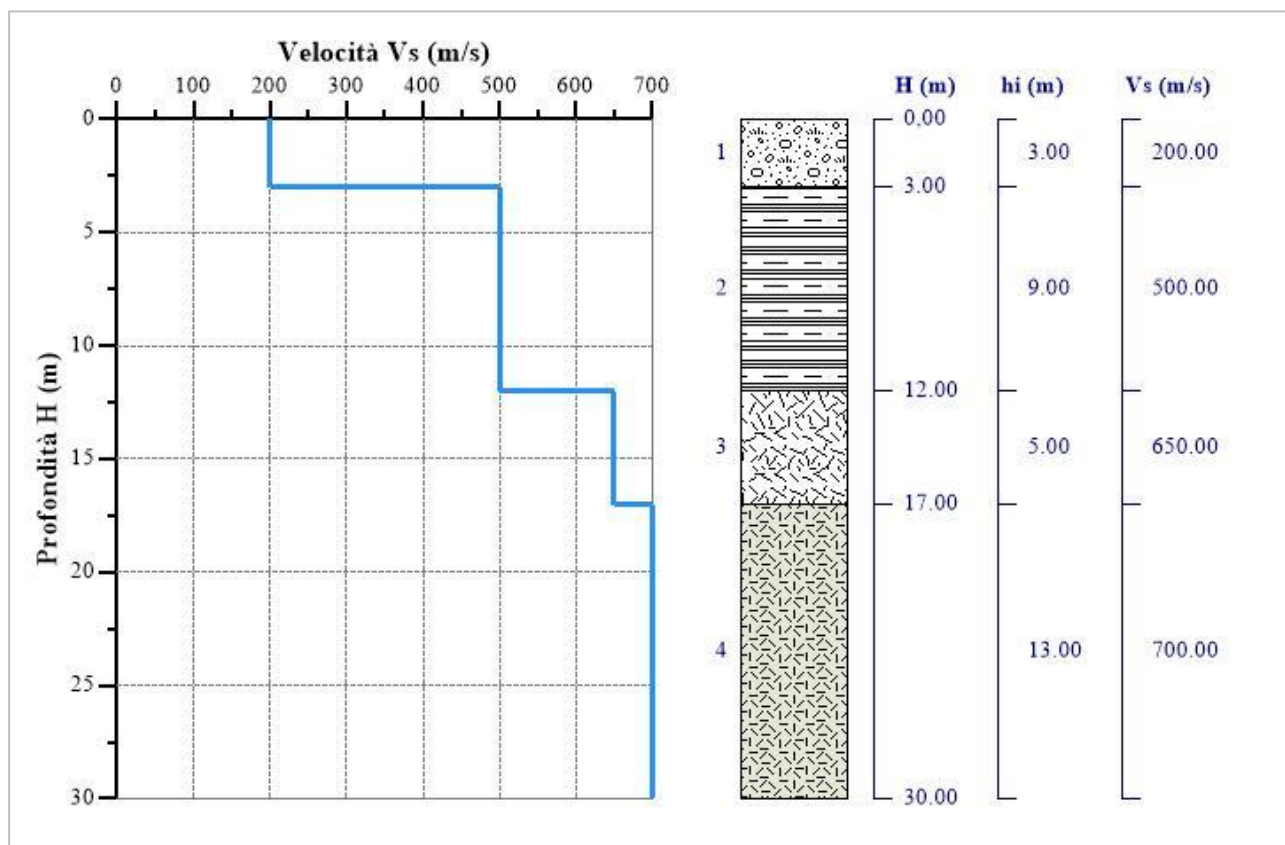
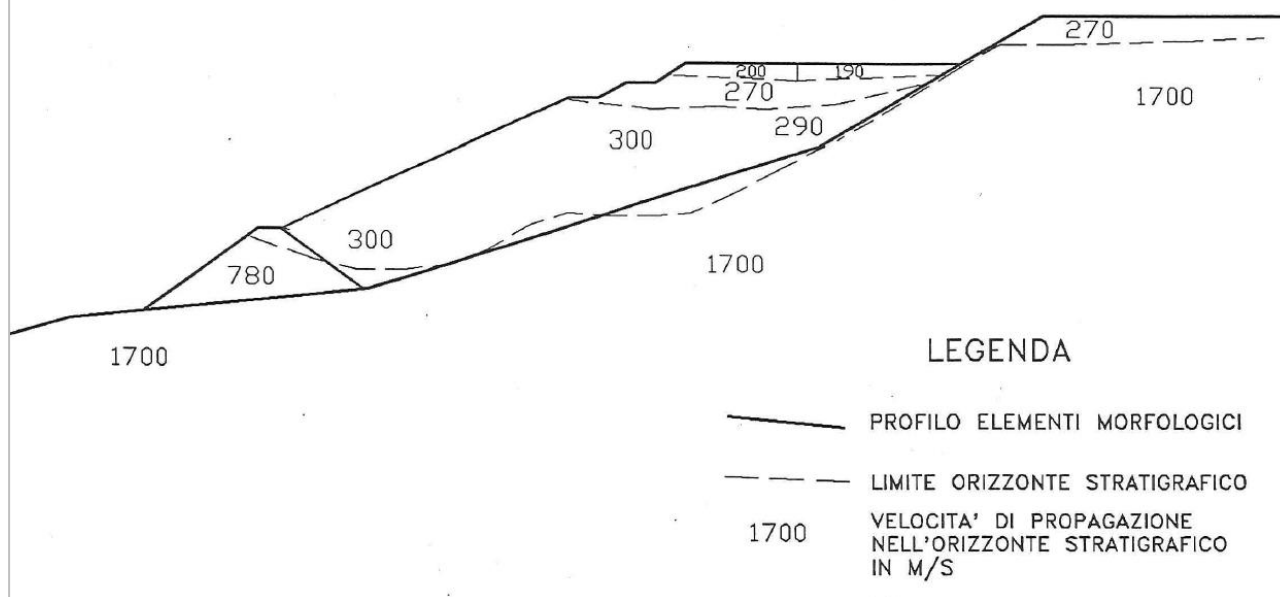
Le indagini hanno messo anche in evidenza come la porzione sommitale del rilevato, messo in opera al piede della discarica, si presenti con valori di compattazione inferiori a quelli del corpo del rilevato stesso.

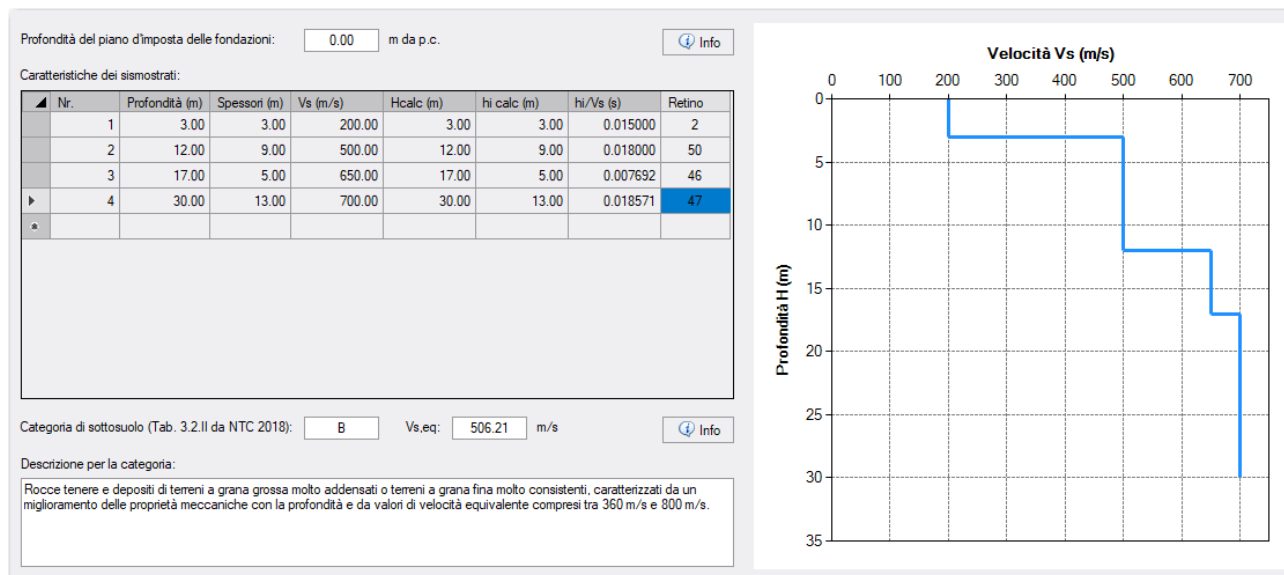
Sulla base del valore dedotto dall'indagine per il substrato con valori di V_p di circa 1700 m/s, con le dovute cautele si deduce un valore V_s dell'ordine di 0,6-0,7 V_p da cui si determina una categoria di suolo nella configurazione cautelativa <800 m/s e >360 m/s cioè B sulla base del modello stratigrafico ricostruito e riportato di seguito si per mezzo di profilo sismico che per sequenza sismostratigrafica analitica.

La velocità V_{seq} determinata dalla ricostruzione del modello stratigrafico risulta pari a **506.21 m/s** considerando le variazioni stratigrafiche e di risposta in deformabilità dei vari orizzonti indagati dal sondaggio geognostico.

Si allega di seguito la determinazione dei Coefficienti Sismici e dei Parametri Sismici di Progetto ai sensi delle NTC 2018, EC7, EC8 allo SLO, SLD, SLV, SLC sulla base della Categoria di Sottosuolo individuata nel caso specifico e dei Coefficienti Sismici definiti in base alle caratteristiche della struttura in progetto e della configurazione topografica del sito in esame .

SEZIONE SISMICA





7. ANALISI SISMICA

7.1 SISMICITA'

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni ed il successivo aggiornamento con il D.M. 17 gennaio 2018 -, **la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente"** e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Le valutazioni e modellizzazioni sismiche eseguite per mezzo dell'indagine geognostica realizzata hanno permesso di ottenere il seguente valore :

- $V_{seq} = 506,21 \text{ m/sec}$
- Cat. Suolo ai sensi DM 17.01.2018 : B

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

ANALISI DEL TERRENO

Poiché la velocità di propagazione delle onde di taglio V_s ai sensi del DM 17.01.2018 risulta prossima a **506 m/sec** e congruente con la descrizione stratigrafica secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2018, il sito in esame ricade, quindi, nella **categoria di sottosuolo B**.

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale aumento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{seq} compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800 \text{ m/s}$).</i>

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

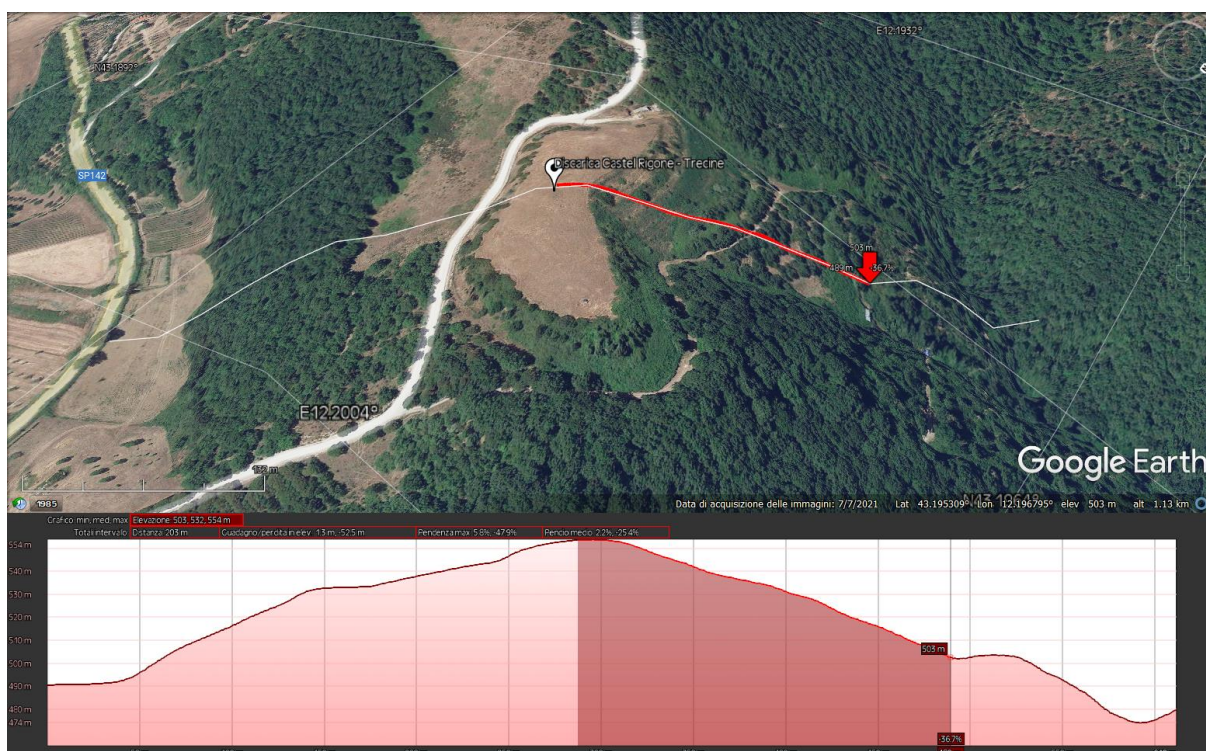
7.2 STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Il primo passo consiste nella determinazione di a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido).

L'area interessata dagli interventi in progetto insiste su una morfologia collinare, su crinale con cresta ampia con $i < 15^\circ$ e pertanto (pendenza media 14° equivalente a circa 25-26%), conformemente con la Tab. 3.2.IV allegata al D.M. 14 gennaio 2018 di seguito riportata, la **categoria topografica** assegnabile al sito in esame è quindi la **T1** ovvero *Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$* .

Categoria Caratteristiche della superficie topografica

- T1** Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$
- T2 Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
- T3 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
- T4 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $i > 30^\circ$

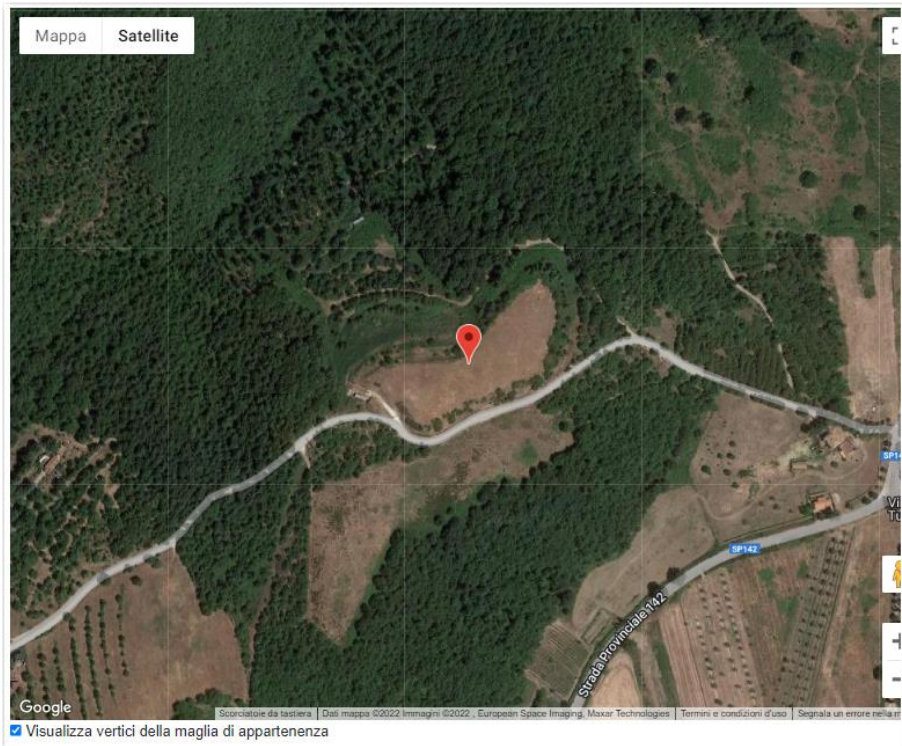


Per tale determinazione, dopo aver individuato le coordinate geografiche decimali dell'opera da verificare, lo scrivente, per mezzo del software Geostru-PS della GEOSTRU, ha effettuato una stima della pericolosità sismica caratterizzata dai seguenti parametri sismici.

7.3 Definizione dei parametri sismici

ANALISI DEL SITO E DELLA STRUTTURA IN PROGETTO

STRUTTURA: Discarica Castel Regione - Trecine REGIONE: Umbria; LOCALITA': Trecine



Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc' [s]
Operatività (SLO)	30	0.059	2.503	0.266
Danno (SLD)	50	0.072	2.494	0.276
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.172	2.431	0.304
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.214	2.457	0.313

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 us (m) 0.1

Cat. Sottosuolo B

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,19
CC Coeff. funz categoria	1,43	1,42	1,40	1,39
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.017	0.049	0.071
kv	0.007	0.009	0.025	0.036
Amax [m/s²]	0.689	0.852	2.022	2.500
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 43,19514
longitudine: 12,199258
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito	ID	Lat	Lon	Distanza
Sito 1	ID: 22736	Lat: 43,1776	Lon: 12,1874	Distanza: 2177,789
Sito 2	ID: 22737	Lat: 43,1783	Lon: 12,2559	Distanza: 4961,102
Sito 3	ID: 22515	Lat: 43,2283	Lon: 12,2549	Distanza: 5827,589
Sito 4	ID: 22514	Lat: 43,2276	Lon: 12,1863	Distanza: 3754,946

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50 anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,059 g
Fo: 2,503
Tc*: 0,266 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,072 g
Fo: 2,494
Tc*: 0,276 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,172 g
Fo: 2,431
Tc*: 0,304 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,214 g
Fo: 2,457
Tc*: 0,313 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,200
Cc: 1,430
St: 1,000
Kh: 0,014
Kv: 0,007
Amax: 0,689
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200

Cc: 1,420
St: 1,000
Kh: 0,017
Kv: 0,009
Amax: 0,852
Beta: 0,200
SLV:
Ss: 1,200
Cc: 1,400
St: 1,000
Kh: 0,049
Kv: 0,025
Amax: 2,022
Beta: 0,240
SLC:
Ss: 1,190
Cc: 1,390
St: 1,000
Kh: 0,071
Kv: 0,036
Amax: 2,500
Beta: 0,280

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 43.194177

longitudine: 12.198306

8. ANALISI RSL Risposta Sismica Locale Semplificata

Secondo il §3.2 delle **NTC 2018**, le **azioni sismiche di progetto** si definiscono a partire dalla “*pericolosità sismica di base*” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la “*risposta sismica locale*”.

La **Pericolosità Sismica** di una data località è nota se, per prefissati valori del periodo di T_R , sono note le ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$ in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido e superficie topografica orizzontale.

Pertanto, la **pericolosità sismica** è definita dai seguenti **parametri**:

a_g massima accelerazione attesa sul sito

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale

T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

La normativa fornisce i valori di a_g , F_0 e T_C^* su tutto il territorio nazionale per 10751 punti di un reticolo di riferimento e per le isole. I valori sono forniti per 9 valori del periodo di ritorno T_R : 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni. La normativa specifica inoltre come interpolare i valori di riferimento per ottenere i valori di a_g , F_0 e T_C^* per qualunque sito del territorio nazionale e per qualunque valore del periodo di ritorno T_R compreso nell'intervallo [30 -2475] (Allegati A e B delle NTC 2008). Per $T_R < 30$, con riferimento al programma di ricerca DPC-ReLUIs si opera un'extrapolazione con una funzione del tipo $a_g(T_R) = k (T_R)^\alpha$, dove k e α sono calcolati sulla base delle prime tre coppie (T_R , a_g).

La **Risposta Sismica Locale** deriva dalla pericolosità sismica di base e tiene conto delle amplificazioni di origine stratigrafica e topografica.

- con l'**approccio semplificato** sulla base della classificazione del sottosuolo si individua, mediante apposite tabelle, il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s , il coefficiente di amplificazione topografica S_T nonché del coefficiente C_c che modifica il periodo T_c e di conseguenza gli altri periodi notevoli dello spettro (NTC 2018, §3.2.2-3).

Nel caso in esame dati i seguenti valori di caratteristici di sito:

Salvaguardia della vita (SLV):		
Probabilità di superamento:	10	%
T_R :	475	[anni]
a_g :	0,172	g
F_0 :	2,431	
T_C^* :	0,304	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):		
Probabilità di superamento:	5	%
T_R :	975	[anni]
a_g :	0,214	g
F_0 :	2,457	
T_C^* :	0,313	[s]

Coefficienti Sismici

SLV:	
S_s :	1,200
C_c :	1,400

St:	1,000
Kh:	0,049
Kv:	0,025
Amax:	2,022
Beta:	0,240
SLC:	
Ss:	1,190
Cc:	1,390
St:	1,000
Kh:	0,071
Kv:	0,036
Amax:	2,500
Beta:	0,280

Amplificazione topografica

In alcune situazioni, esistono delle MOPS dove il substrato sismico è affiorante ma sono caratterizzate da acclività o configurazioni morfologiche potenzialmente in grado di provocare fenomeni di amplificazione del moto sismico. In questi casi, l'assegnazione del fattore di amplificazione è stata effettuata utilizzando l'approccio di seguito descritto.

In pratica, in funzione della forma del rilievo (pendio o cresta) viene dapprima individuata la fascia di periodi (fra le tre di interesse) dove l'effetto può realizzarsi e poi viene definito un valore di FA (per la sola fascia di periodi interessati dal fenomeno) sulla base delle indicazioni di seguito riportate.

A partire dalla relazione $F_o = F_t * F_A$ si hanno i seguenti casi:

Stima di F_t

In accordo con i risultati ottenuti da Ashford et al. (1997), il fattore di amplificazione topografica

F_t alla sommità del pendio può essere posto pari a:

$F_t = 1,0$ per pendii di inclinazione minore di 15°

$F_t = 1,2$ per pendii di inclinazione maggiore di 15° e minore di 30°

$F_t = 1,4$ per pendii di inclinazione maggiore di 30° (e fino a 75°)

$F_t = 1,55$ per pendii subverticali (rupi)

Lungo il pendio, se l'inclinazione è minore di 15° , si pone $F_t=1$; se l'inclinazione è maggiore di 15° , si pone sempre $F_t=1.2$

Quindi nel caso in esame: $F_o = 1,0 * F_A$

Determinati i parametri allo SLV:

- S_s dalla categoria di sottosuolo B allo SLV è pari a : 1,200
- S_t con F_t pari a 1,00 = 1,00

$$S = S_s * S_t = 1,200 * 1,00 = 1,200$$

con a_g (SLV) pari a : 0,172 g

Si ottiene:

$$a_g * S = 0,172 \text{ g} * 1,200 = 0,2064 \text{ g (SLC)}$$

Determinati i parametri allo SLC:

- S_s dalla categoria di sottosuolo B allo SLC è pari a : 1,190
- S_t con F_t pari a 1,00 = 1,00

$$S = S_s * S_t = 1,190 * 1,00 = 1,190$$

con a_g (SLV) pari a : 0,214 g

Si ottiene:

$$a_g * S = 0,214 \text{ g} * 1,190 = 0,25466 \text{ g (SLC)}$$

dove, come detto, a_g è l'accelerazione orizzontale massima sul sito di riferimento rigido orizzontale ed S è il coefficiente di amplificazione dell'accelerazione del terreno adottato nella progettazione dell'intervento, sia che esso derivi dall'approccio semplificato delle Norme tecniche per le costruzioni, sia che derivi dall'analisi della risposta sismica locale svolta ad hoc o dall'assunzione diretta degli spettri di risposta elastici prodotti dallo studio di MS3, coerentemente con i criteri generali per l'utilizzo dei risultati degli studi di Microzonazione Sismica di livello 3, di cui all'allegato 1 dell'ordinanza del Commissario straordinario n. 24 del 12 maggio 2017 come modificati dall'allegato 1 dell'ordinanza n. 55 del 24 aprile 2018.

Riassumendo si ha:

$$S = S_s \times S_T$$

S_s coefficiente di amplificazione stratigrafica (Tab. 3.2.V)
 S_T il coefficiente di amplificazione topografica (Tab. 3.2.VI)

$$T_C = C_C \times T_C^*$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_D = 4,00 a_g / g + 1,6$$

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_C

Categoria sottosuolo	S_s	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Al fine di avere un quadro esaustivo di dettaglio del territorio comunale di **Passignano sul Trasimeno (PG)** sotto l'aspetto sismico e quindi fornire una valutazione della compatibilità sismica dell'intervento, si è proceduto alla ricostruzione della storia sismica del Comune all'interno del quale è ubicato l'intervento attraverso i dati forniti dall'INGV (Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia) ed i vari database e progetti sviluppati in merito alla pericolosità sismica, alla registrazione degli eventi sismici ed alla Valutazione del potenziale sismogenetico e probabilità dei forti terremoti.

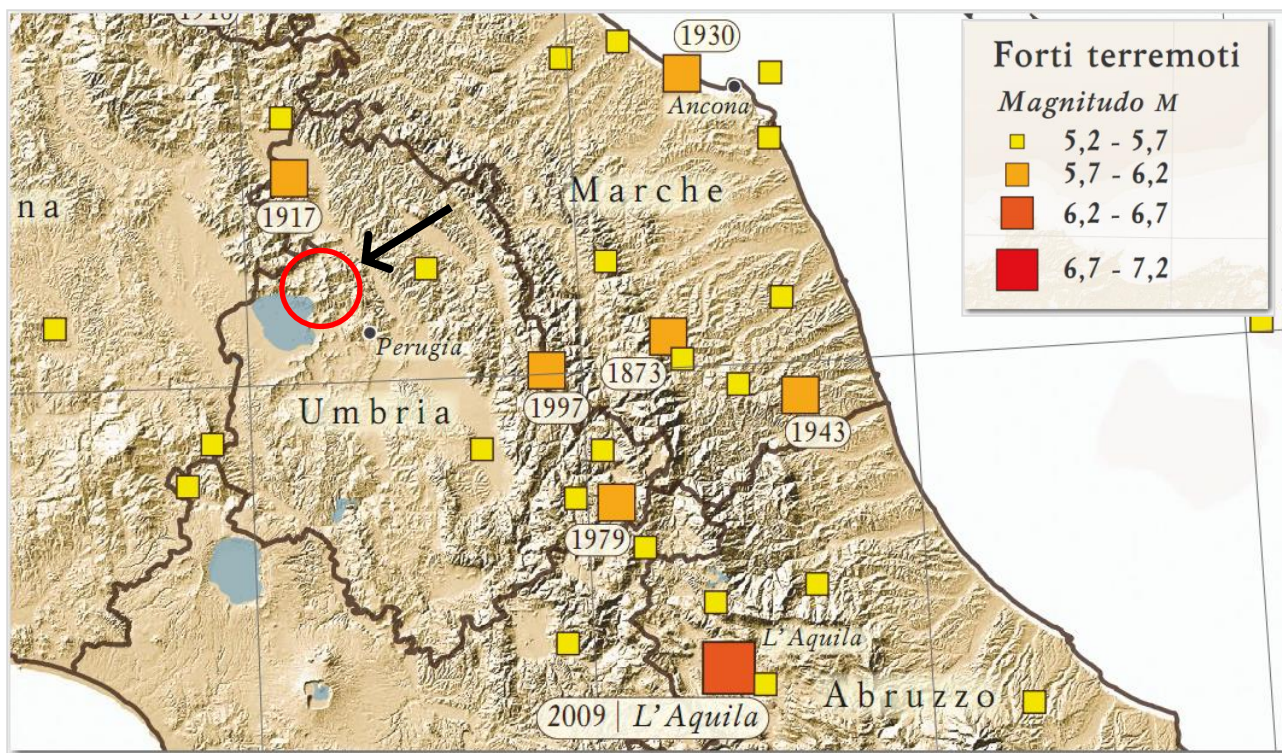
9.1 Mappa dei forti terremoti degli ultimi 150 anni

Da 150 anni ad oggi il nostro Paese è stato colpito da più di 170 terremoti forti, fortissimi o addirittura catastrofici. Di questi, 12 sono stati distruttivi (Intensità massima MCS [Mercalli-Cancani-Sieberg] $I_{max} > X$) e hanno provocato complessivamente più di 130 mila vittime. Il terremoto del 1908 (M 7.2, I_{max} X-XI) a Messina e Reggio Calabria è stato il più forte di questi ultimi 150 anni con più di 80 mila vittime e la distruzione quasi totale delle due città che si affacciano sullo Stretto. I più recenti terremoti sono quelli avvenuti in Abruzzo il 6 aprile 2009 (M 6.3, I_{max} IX-X) e la serie recente (Marche-Lazio-Umbria) di Amatrice-Castel Sant'Angelo sul Nera-Ussita (M 6.0 e 5.4 del 24.08.2016, M 5.4 e 5.9 del 26.10.2016, M 6.5 30.10.2016). In Italia ci sono zone con caratteristiche di sismicità molto diverse:

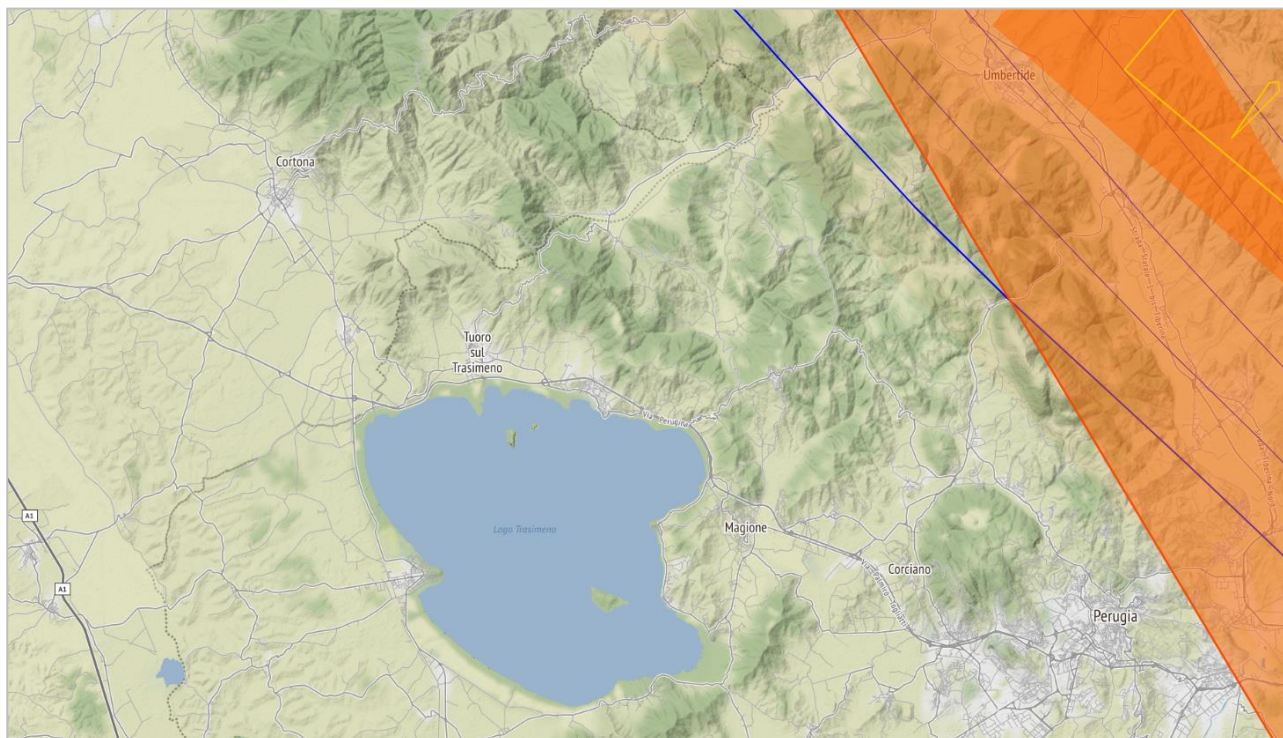
- aree in cui i terremoti si verificano spesso, con energia generalmente moderata, ma che possono produrre danni (per es. Emilia Romagna e Lazio);
- zone dove avvengono molti terremoti deboli e pochi terremoti più violenti, in media ogni secolo, i cui effetti possono raggiungere o superare intensità IX MCS (per es. Toscana, Umbria, Marche, Basilicata e Friuli);
- aree con forti terremoti e pochi terremoti più deboli.

Queste ultime sono le zone dove si verificano i terremoti più gravi in assoluto perché l'energia accumulata per lungo tempo viene rilasciata tutta insieme (per es. Calabria, Sicilia, Campania e Abruzzo).

Dalla registrazione di tali eventi sismici si evidenzia come l'area di intervento non sia stata direttamente interessata da eventi sismici con Magnitudo $M > 5.2$.



9.2 Valutazione del potenziale sismogenetico e probabilità di forti terremoti



The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS) – Database delle Singole Sorgenti Sismogenetiche

Il Database delle Singole Sorgenti Sismogenetiche - Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), il software originale e tutti i relativi testi ed elaborazioni sono il risultato delle elaborazioni dei ricercatori dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia INGV. Il database a cui si fa riferimento, include una grande quantità di materiale originale e pubblicato sulle principali fonti sismogenetiche d'Italia insieme a dati di natura geografica, sismologica, geologica ed informazioni tettoniche ed è stato progettato come "work in progress", e come tale è aperto a continue aggiunte e miglioramenti.

Tale lavoro costituisce nelle sue varie fasi di elaborazione, dal 2009 ad oggi, l'ultimo ed il più aggiornato strumento a scala nazionale per la valutazione, individuazione ed analisi delle Sorgenti Sismogenetiche (v.3.3.0).

Dall'analisi della documentazione disponibile, emerge limitrofa ad Est dell'area di interesse la presenza di :

- Composite Seismogenic Source : ITCS037 - Mugello-Citta' di Castello-Leonessa
- Subduction Source : ITSD002 - Northern Apennines Arc

Dai relativi dati del database, si evidenziano le caratteristiche di tali Sorgenti espresse come Profondità del Tetto che è compresa tra 0,5 e 12km e la Magnitudo sviluppabile compresa tra 6.9 e 8.1.

Sorgente Sismogenetica ITCS054 : Southern Marche

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITCS037
Name	Mugello-Citta' di Castello-Leonessa
Compiler(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Fracassi U.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Fracassi U.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	08/01/2005
Updated	30/04/2010
Display map	

Related sources


[ITIS060](#) [ITIS061](#) [ITIS062](#) [ITIS063](#) [ITIS064](#) [ITIS076](#) [ITIS086](#) [ITIS087](#)

PARAMETRIC INFORMATION

Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	0.5	EJ	Inferred from regional tectonic considerations.
Max depth [km]	8.0	EJ	Inferred from regional tectonic considerations.
Strike [deg] min... max	280...330	EJ	Inferred from regional geological data.
Dip [deg] min... max	25...40	EJ	Inferred from regional geological data.
Rake [deg] min... max	260...280	EJ	Inferred from regional geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000... 1.0000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.9	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITSD002
Name	Northern Apennines Arc
Compiler(s)	Maesano F.E.(1)
Contributor(s)	DISS W.G.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	11/11/2019
Updated	02/12/2021
Display map	

PARAMETRIC INFORMATION

Parameter		Quality	Evidence
Min Seismogenic Depth [km]	12.0	LD	Based on various published geological profiles
Max Seismogenic Depth [km]	20.0	LD	Based on rheological profiles from Carafa et al. (2015).
Dip direction	SW	LD	Based on geophysical and geological data from various authors
Convergence azimuth [deg CW from North]	30...70	LD	Based on geodetic data from various authors.
Convergence Rate [mm/y]	0.5...1.5	LD	Based on geodetic data from various authors.
Max Magnitude [Mw]	8.1	ER	Estimated from the scaling relation by Allen & Hayes (2017) applied to the area of the largest rupture area that fits inside the seismic interface.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

9.3 Storia Sismica (DATABASE MACROSISMICO ITALIANO 2016 - DBMI15)

Fonte : https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/

Introduzione

L'ultima versione del Database Macrosismico Italiano chiamata DBMI15 è stata rilasciata a luglio 2016 e aggiorna e sostituisce la precedente, DBMI11 (Locati et al., 2011).

DBMI fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella finestra temporale 1000-2014. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

I dati di intensità macrosismica (MDP, Macroseismic Data Point) sono raccolti e organizzati da DBMI per diverse finalità. La principale è fornire una base di dati per la determinazione dei parametri epicentrali dei terremoti (localizzazione e stima di magnitudo) per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI). L'insieme di questi dati consente inoltre di elaborare le "storie sismiche" di migliaia di località italiane, vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti.

Dato il loro stretto legame, DBMI e CPTI tendono a essere pubblicati allo stesso tempo e usando una stessa numerazione (DBMI04-CPTI04, DBMI11-CPTI11), ma in due diversi siti web, uno dedicato a DBMI, e uno a CPTI. Con la versione 2015 si è deciso di rendere disponibile le due banche dati DBMI15 e CPTI15 (Rovida et al., 2016) da un unico punto di accesso online al fine di rendere più comoda e funzionale la consultazione.

Dati di base

DBMI15 contiene 122701 dati di intensità relativi a 3212 terremoti. Come si può vedere dalle figure 1 e 2, l'incremento numerico di terremoti con dati di intensità e di osservazioni macrosismiche rispetto alle due precedenti versioni DBMI04 (Stucchi et al., 2007) e DBMI11 è molto consistente.

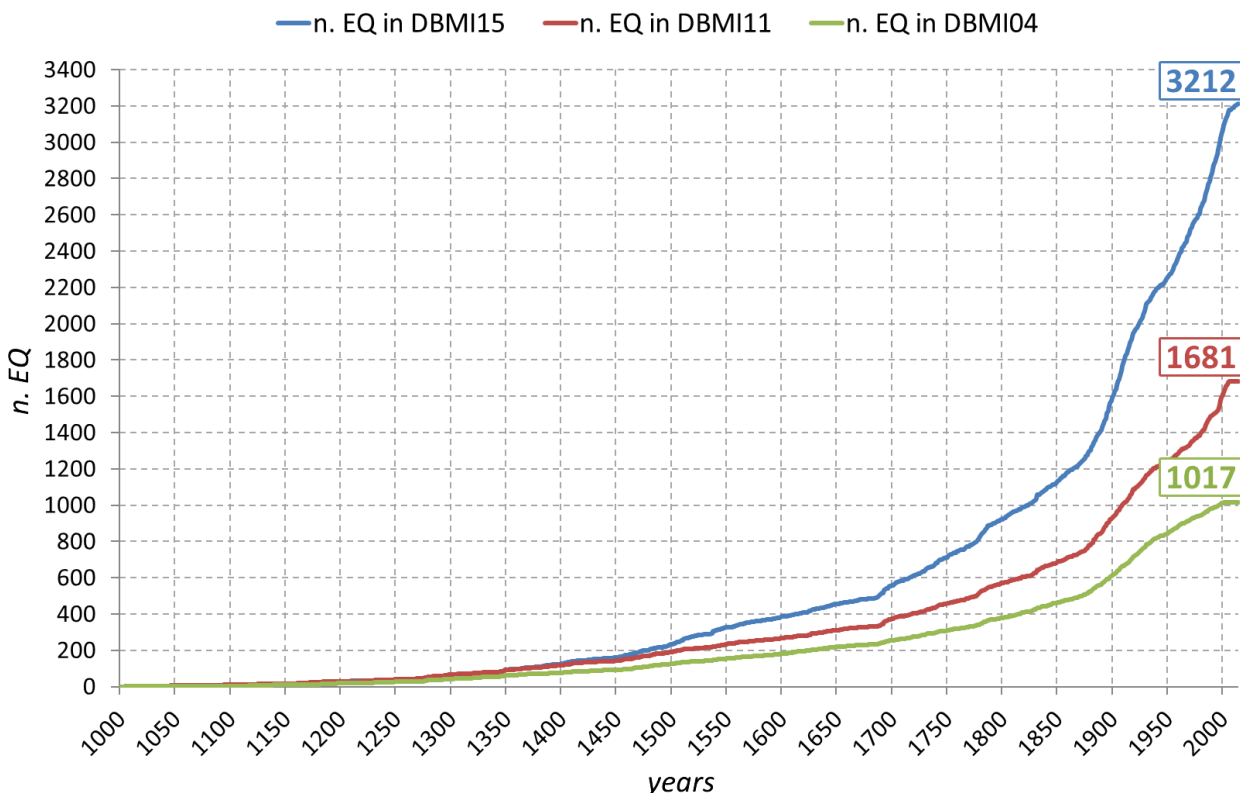


Fig. 1 – Confronto dell'andamento progressivo nel tempo del numero di terremoti: in azzurro DBMI15, in rosso DBMI11, e in verde DBMI04.

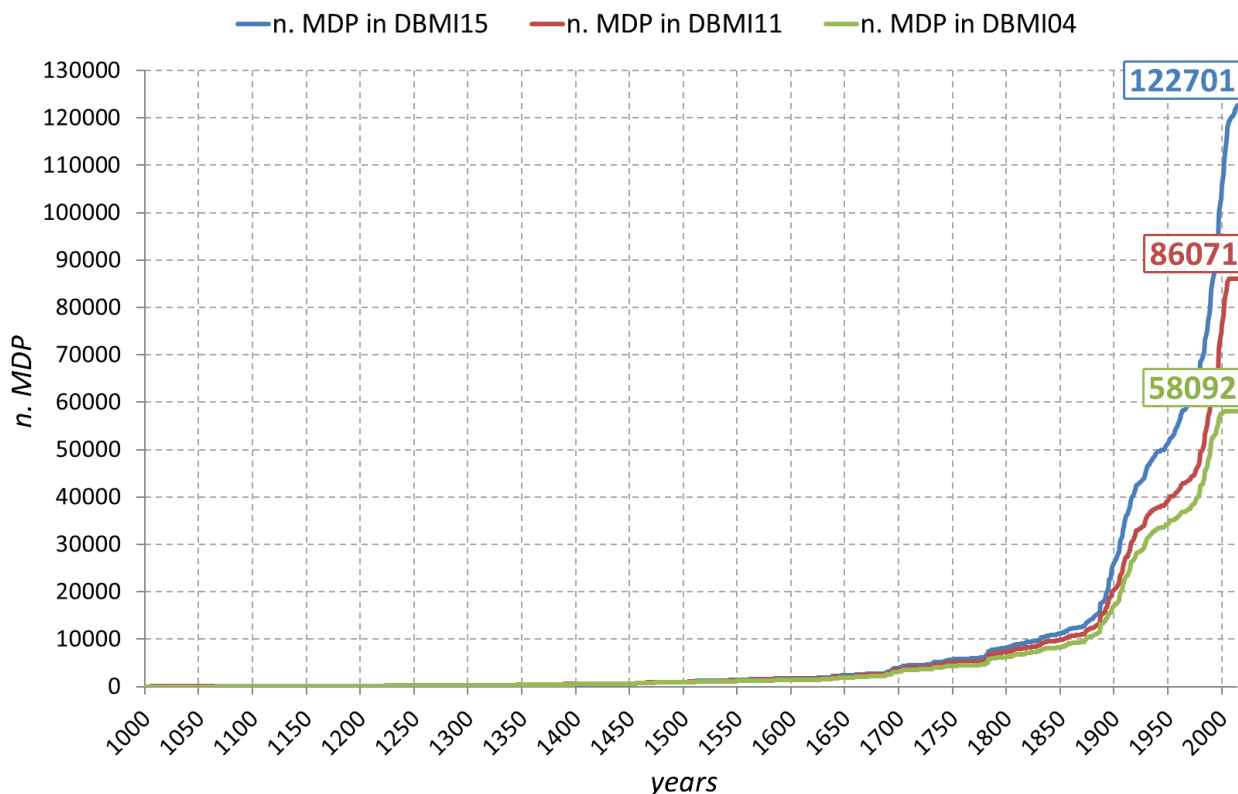


Fig. 2 – Confronto dell'andamento progressivo nel tempo del numero di MDP (Macroseismic Data Point): in azzurro DBMI15, in rosso DBMI11, e in verde DBMI04.

La ragione principale dell'incremento di informazioni è dovuto all'inclusione dei dati di intensità da studi che hanno reso disponibili informazioni su un numero molto elevato di terremoti e non ancora utilizzati durante la compilazione di DBMI11. Si segnala il lavoro di revisione della sismicità minore Molin et al. (2008) e quello su terremoti sconosciuti alla tradizione sismologica o relativamente dimenticati di Camassi et al. (2011), che hanno reso disponibili dati di base rispettivamente su 851 e 227 terremoti, anche se non tutti sono stati selezionati per la compilazione di DBMI15. Analogamente si segnalano gli studi di Azzaro e Castelli (2015), Camassi et al. (2012; 2015) che hanno fornito una quantità consistente di dati nuovi.

Cosa cambia rispetto a DBMI11

Per 1494 terremoti su 3212 (46.5%) viene confermata in DBMI15 la scelta dello studio di riferimento precedentemente adottato in DBMI11, mentre per 172 terremoti (5.4%) questa scelta è stata modificata. 15 terremoti presenti in DBMI11 sono stati eliminati. 4 di questi perché lo studio di riferimento (Bollettino Macrosismico INC, Gasparini et al. 2002) riporta dati ritenuti inaffidabili, mentre altri 11 terremoti si sono rivelati falsi dopo alcuni approfondimenti. DBMI15 rende disponibili set di MDP per 1546 nuovi terremoti (48.1%), di cui 895 terremoti già presenti nel CPTI11 ma privi di dati di intensità, mentre 651 terremoti erano assenti in CPTI11.

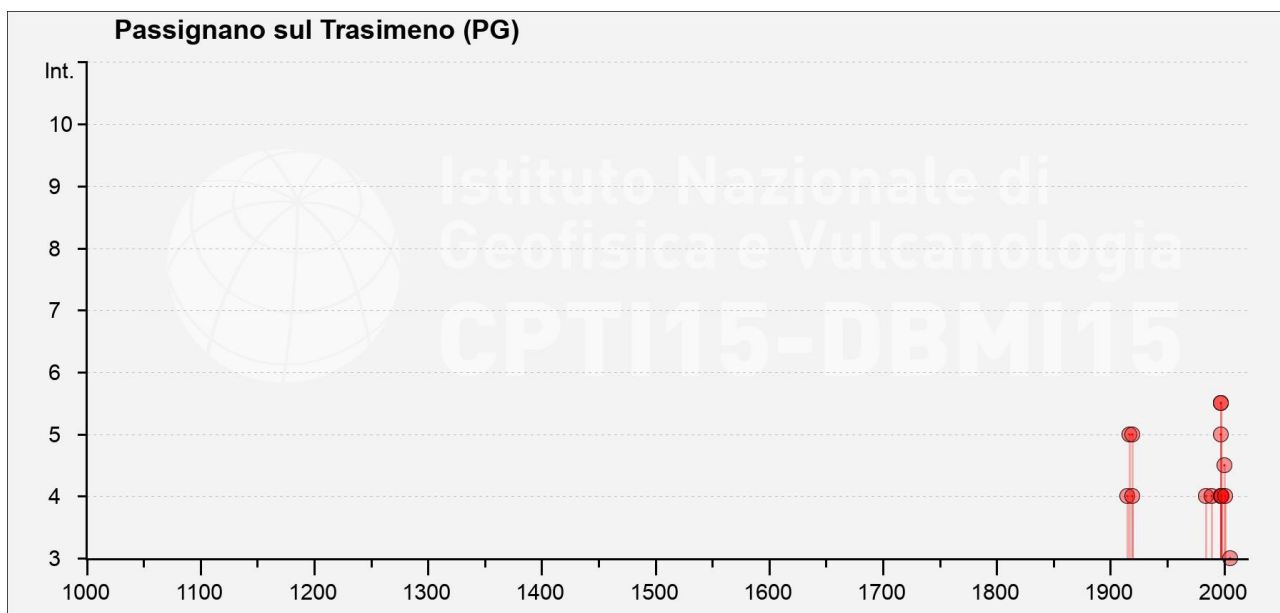
Non sono inclusi gli ultimi eventi della sequenza sismica dell'Agosto – Ottobre 2016.

9.4 Storia sismica (Database Mascrosismico Italiano 2016 – DB2015)

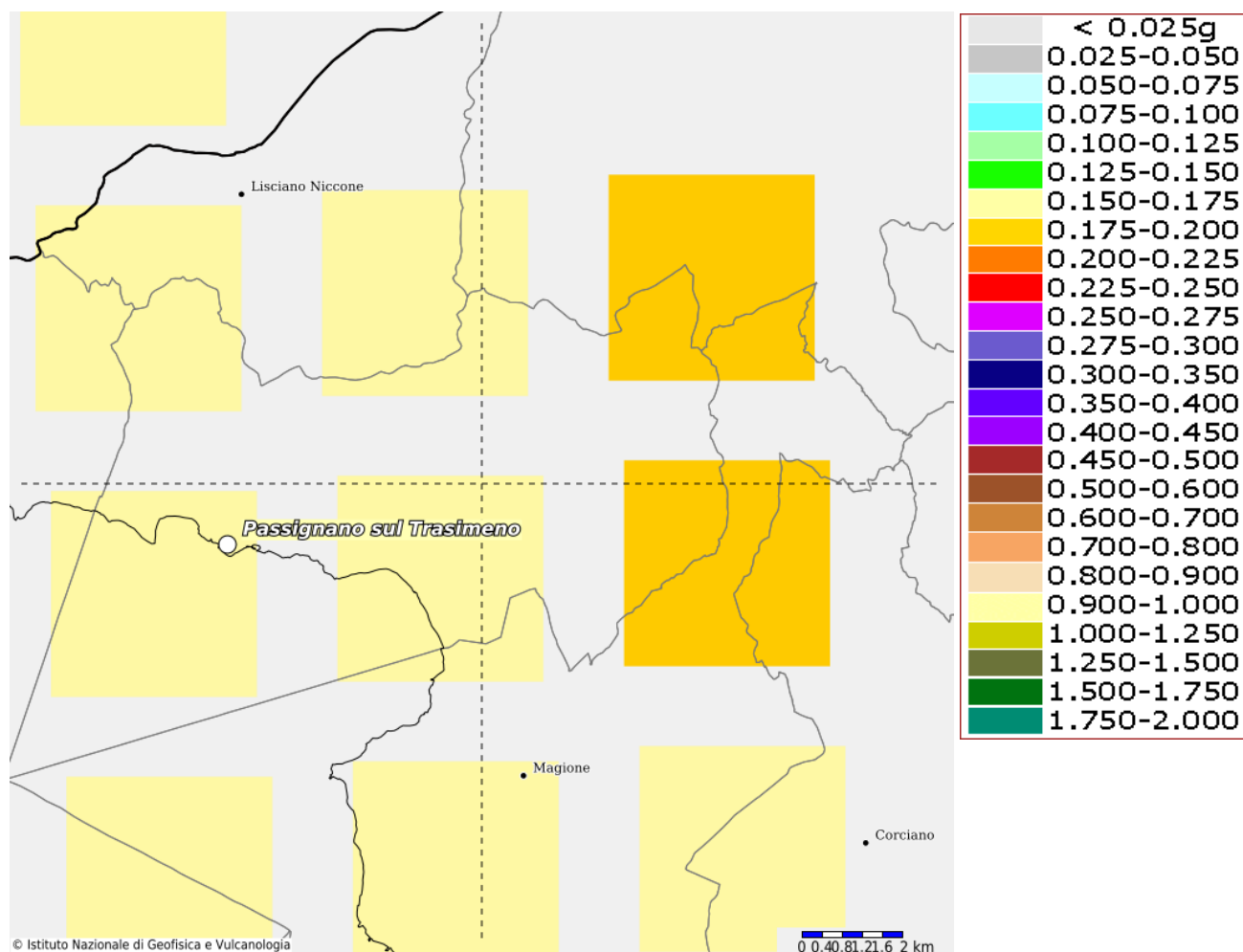
Comune di Passignano sul Trasimeno (PG)

PlaceID IT_49296
Coordinate (lat, lon) 43.187, 12.136
Comune (ISTAT 2015) Passignano sul Trasimeno
Provincia Perugia
Regione Umbria
Numero di eventi riportati 25

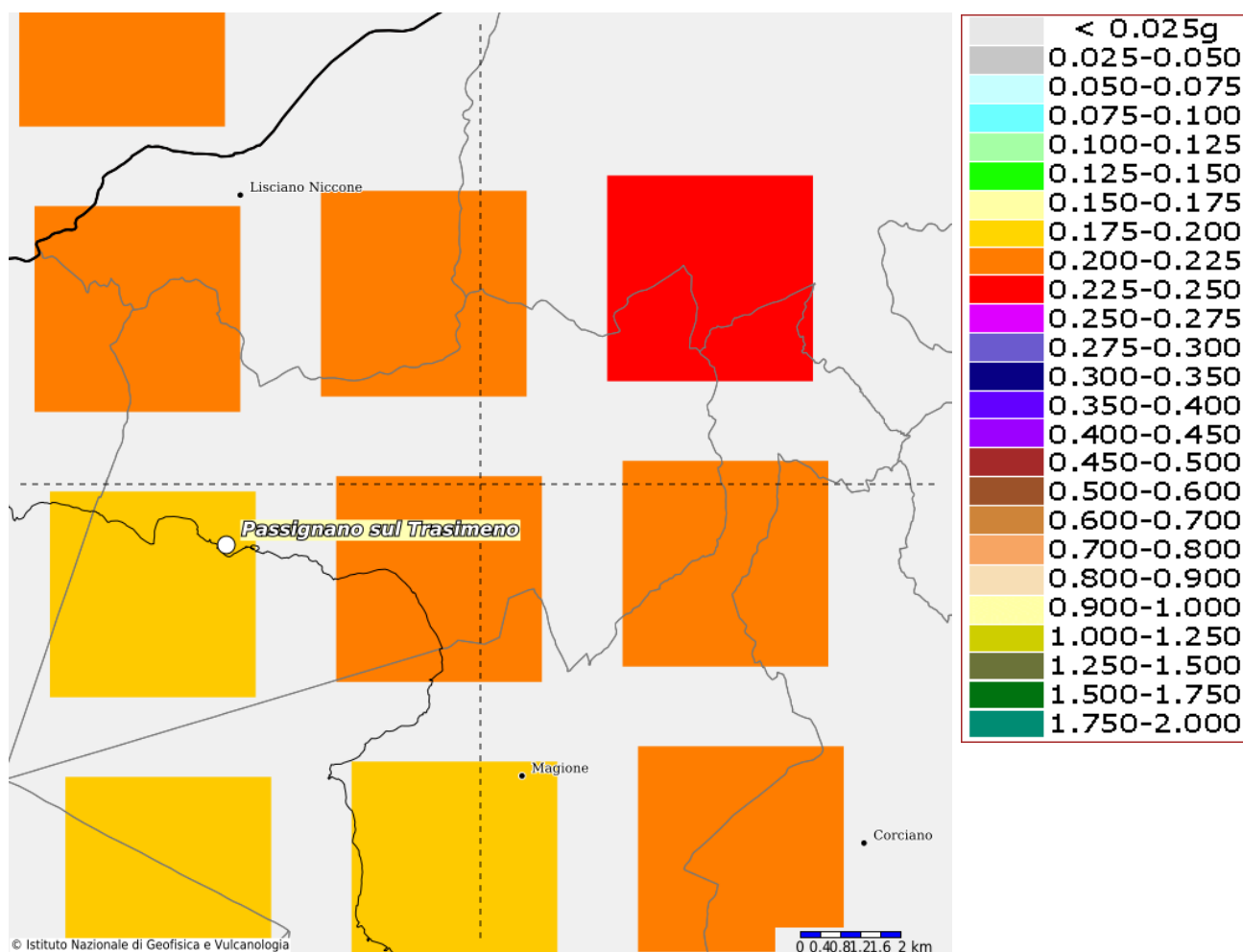
Int. at place	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	LatD ef	LonD ef	DepD ef	IoDef	MwD ef	ErMw Def
2-3	1578	1891	12	8				Alta Valtiberina	43.3 91	12.1 47		5	4.34	0.33
NF	1733	1898	6	27	23	38		Reatino	42.4 14	12.9 03		8	5.5	0.1
4	2126	1915	3	26	23	37		Perugino	43.0 78	12.4 63		6	4.55	0.21
5	2192	1917	4	26	9	35	59	Alta Valtiberina	43.4 67	12.1 29		9-10	5.99	0.08
5	2232	1919	2	13	2	20		Lago Trasimeno	43.1 12	12.2 87		6	4.64	0.4
4	2235	1919	6	29	15	6	13	Mugello	43.9 57	11.4 82		10	6.38	0.08
NF	2822	1960	7	18	4	7		Ternano	42.5 78	12.5 64		6-7	4.53	0.17
2	3028	1971	2	12	4	54	56	Valle del Chiascio	43.1 5	12.6 05		7	4.89	0.14
NF	3082	1974	1	5	7	33	28	Valle del Chiascio	43.1 83	12.5 83		7-8	5.28	0.67
NF	3256	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	40.8 42	15.2 83		10	6.81	0.1
4	3388	1984	4	29	5	2	59	Umbria setteentrionale	43.2 62	12.5 25		7	5.62	0.1
NF	3501	1986	10	13	5	10	0.31	Monti Sibillini	42.9 24	13.1 86	5.4	5-6	4.46	0.09
4	3606	1989	12	22	6	48	13.9 1	Valle Umbra	42.9 91	12.7 06	18.4	5	4.44	0.1
NF	3629	1990	5	8	22	33	15.9 1	Alta Valtiberina	43.5 76	12.1 8	3.7	5	3.77	0.13
5-6	3850	1997	9	26	0	33	12.8 8	Appennino umbro- marchigiano	43.0 22	12.8 91	3.5	7-8	5.66	0.07
5-6	3853	1997	9	26	9	40	26.6	Appennino umbro- marchigiano	43.0 14	12.8 53	9.8	8-9	5.97	0.07
4	3870	1997	10	3	8	55	22.0 7	Appennino umbro- marchigiano	43.0 42	12.8 24	12		5.22	0.07
5	3876	1997	10	6	23	24	53.2 9	Appennino umbro- marchigiano	43.0 27	12.8 46	3.9		5.47	0.07
4	3890	1997	10	14	15	23	10.6 4	Valnerina	42.8 98	12.8 98	7.3		5.62	0.07
4	3938	1998	4	3	7	26	36.9 7	Appennino umbro- marchigiano	43.1 85	12.7 56	1.9		5.1	0.07
4-5	4034	2000	6	22	12	16	35.5 8	Bacino di Gubbio	43.3 45	12.4 33	39.6	5	4.47	0.07
NF	4050	2000	9	2	5	17	2.41	Appennino umbro- marchigiano	43.1 74	12.9 22	46.1	5	4.4	0.07
4	4116	2001	11	26	0	56	55.4 6	Casentino	43.6	12.1 08	5.5	5-6	4.63	0.07
3	4285	2005	12	15	13	28	39.5 9	Val Nerina	42.7 38	12.7 6	18.4	5	4.14	0.13
NF	4303	2006	10	21	7	4	10.0 1	Anconetano	43.6 28	12.9 8	36.3	5	4.21	0.07



9.5 Mappa interattiva pericolosità sismica da <http://esse1-gis.mi.ingv.it/> (ag)



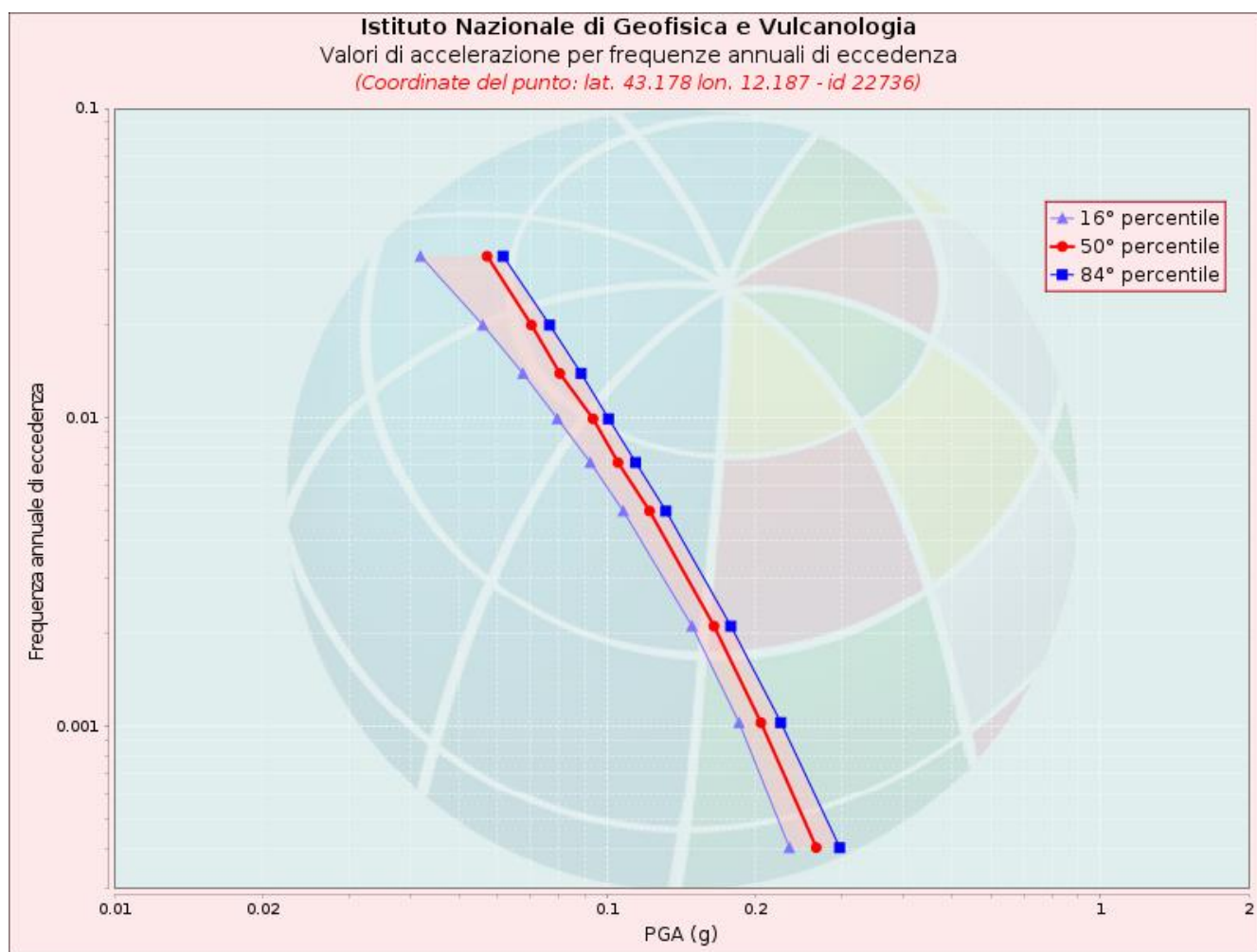
Probabilità in 50 anni : 10% - Percentile 50



Probabilità in 50 anni : 5% - Percentile 50

CONSIDERAZIONI

Per quanto riguarda nel dettaglio l'area di interesse, ubicata all'interno del territorio comunale di Montepreandone, risultano limitrofe almeno due sorgenti sismogenetiche in grado di provocare, a seguito di attivazione, danni significativi. Ne consegue che gli effetti di terremoti appenninici nell'area della Provincia di Perugia per l'intervento in esame siano significativi. Dall'ulteriore approfondimento in merito, illustrato nei paragrafi che analizzano il Database DISS ver. 3.3.0 dell'INGV e DBMI15 con la storia sismica del Comune e la Pericolosità Sismica del sito espressa come valore di a_g , emerge una Magnitudo massima delle Sorgenti sismotettoniche più vicine, come riportate nel DISS 3.3.0 ≤ 6.1 in linea con i valori attesi per l'area ed un valore dell'accelerazione massima del suolo compresa tra 0.150 e 0.175 (Prob. 10% in 50 anni) e tra 0.200 e 0.225 (Prob. 5% in 50 anni).



Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 43.178 lon. 12.187 - id 22736)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.2344	0.2658	0.2965
0.0010	0.1853	0.2052	0.2253
0.0021	0.1487	0.1648	0.1783
0.0050	0.1079	0.1220	0.1317
0.0071	0.0925	0.1053	0.1144
0.0099	0.0794	0.0937	0.1008
0.0139	0.0675	0.0802	0.0886
0.0199	0.0560	0.0703	0.0765
0.0332	0.0419	0.0571	0.0616

9.6 ANALISI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL) MEDIANTE ANALISI 1D

Per definire l'azione sismica di progetto, si valuta l'effetto della Risposta Sismica Locale (RSL) mediante specifiche analisi (v. Risposta sismica e stabilità del sito C7.11.3.1). In assenza di tale analisi, per la definizione dell'azione sismica, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III) e sulle condizioni topografiche.

1. Stima dell'accelerazione di base a_g

Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	T_r [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.059	2.503	0.266
Danno (SLD)	50	0.072	2.494	0.276
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.172	2.431	0.304
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.214	2.457	0.313

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 us (m) 0.1

Cat. Sottosuolo B

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,19
CC Coeff. funz categoria	1,43	1,42	1,40	1,39
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

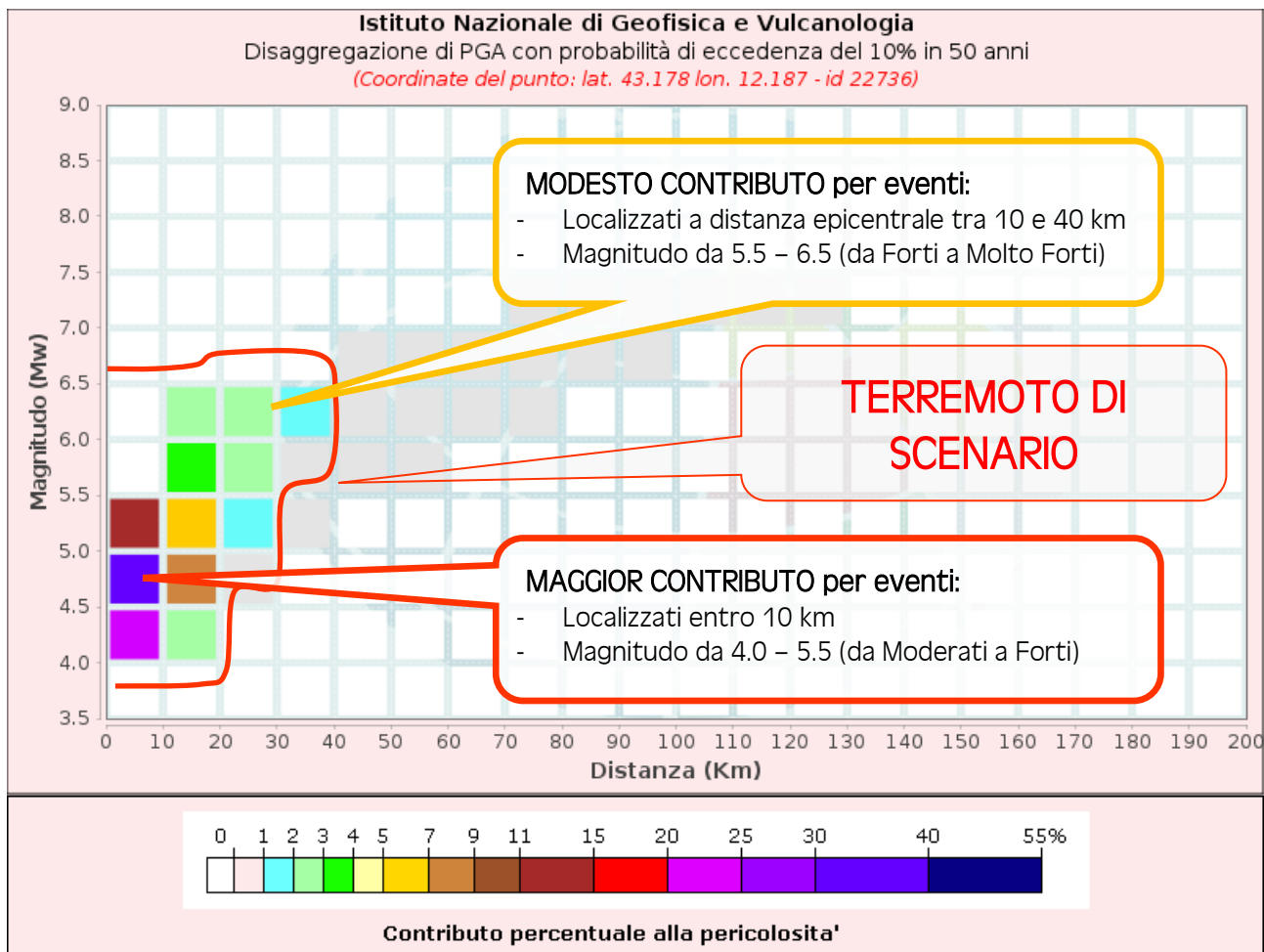
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.017	0.049	0.071
kv	0.007	0.009	0.025	0.036
A_{max} [m/s²]	0.689	0.852	2.022	2.500
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c per i periodi di ritorno T_r associati a ciascun SL

➤ a_g : 0,214 g (SLC)

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.9	9.2	1.19

2. Dati disaggregazione della pericolosità sismica - INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>)



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 43.178 lon. 12.187 - id 22736)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	23.9000	32.2000	11.2000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	2.7300	7.7000	6.9300	3.6100	2.5600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.3100	1.6900	2.3200	2.2300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0914	0.7050	1.0300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1090	0.4060	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0084	0.1260	0.0023	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0280	0.0015	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0026	0.0226	0.0441	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0135	0.0448	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022	0.0216	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0088	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0024	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	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

10. CONSIDERAZIONI FINALI

Per quanto riguarda nel dettaglio il sito di interesse, ubicato all'interno del territorio comunale di Passignano sul Trasimeno (PG), risulta limitrofo a sorgenti sismogenetiche in grado di provocare, a seguito di attivazione, danni significativi. Ne consegue che gli effetti di terremoti appenninici nell'area della Provincia di Perugia per l'intervento in esame siano significativi. Dall'ulteriore approfondimento in merito, illustrato nei paragrafi che analizzano il Database DISS ver. 3.3.0 dell'INGV e DBMI15 con la storia sismica del Comune e la Pericolosità Sismica del sito espressa come valore di a_g , emerge una Magnitudo massima delle Sorgenti sismotettoniche più vicine, come riportate nel DISS 3.3.0 pari a circa **6.1** in linea con i valori attesi per l'area ed un valore dell'accelerazione massima del suolo compresa tra **0.200 e 0.225 (Percentile 50, Prob. In 50 anni : 5%) e 0.150-0.175 (Percentile 50, Prob. In 50 anni : 10%)**.

Dai dati di disaggregazione si ottengono per il sito in studio un **$a_{max}/g = 0.214$ allo SLC** e **Magnitudo M caratteristica del sito = 4.900**.

Le indagini e gli studi condotti hanno evidenziato che l'area interessata dall'intervento:

- è stabile. Non sono presenti fenomeni geologici e geomorfologici attivi in grado di comprometterne la stabilità; non ricade, infatti, nell'ambito delle perimetrazioni IFFI o PAI.
- stratigraficamente è caratterizzata dalla presenza di depositi di copertura ed alterazione a tenore sabbioso-limoso con ciottoli per circa 3.00m passanti alla formazione costituita da alternanze marnoso-arenacee afferenti all'Unità MC1 Membro di Molin Nuovo (CHATTIANO) da alterata ad integra.
- la falda freatica è stata individuata alla profondità media di -19,56m dal p.c. con possibili oscillazioni e variazioni stagionali anche significative.
- l'area in esame è soggetta a un'attività sismica medio-bassa, indotta sia da terremoti documentati con epicentro nell'ambito del territorio provinciale sia, di riflesso, dagli eventi più intensi provenienti dalle province e regioni limitrofe.
- nell'area non sono presenti faglie superficiali, discontinuità o cavità tali da indurre un pericolo sismico aggiuntivo. Potrebbero essere considerati in casi particolari fenomeni di amplificazione locale dell'accelerazione sismica dovuti all'assetto topografico o a effetti di bordo.
- le valutazioni sismiche hanno fornito valori di V_{seq} (velocità media di propagazione delle onde di taglio) di circa 500 m/s con piano di misura coincidente con il piano di campagna, che consentono di attribuire al suolo di fondazione la categoria "B", secondo il D.M. 17.01.18. Non emerge la presenza di un substrato avente velocità superiori agli 800 m/s.
- Per il caso in esame si ha inoltre che : **$F_o = 1,0 * F_A$** con categoria topografica T1, quindi,

Determinati i parametri allo SLV:

- S_s dalla categoria di sottosuolo B allo SLV è pari a : 1,200
- S_t con F_t pari a 1,00 = 1,00

$$S = S_s * S_t = 1,200 * 1,00 = 1,200$$

con a_g (SLV) pari a : 0,172 g

Si ottiene:

$$a_g * S = 0,172 \text{ g} * 1,200 = 0,2064 \text{ g (SLC)}$$

Determinati i parametri allo SLC:

- S_s dalla categoria di sottosuolo B allo SLC è pari a : 1,190
- S_t con F_t pari a 1,00 = 1,00

$$S = S_s * S_t = 1,190 * 1,00 = 1,190$$

con a_g (SLV) pari a : 0,214 g

Si ottiene:

$$a_g * S = 0,214 \text{ g} * 1,190 = 0,25466 \text{ g (SLC)}$$

dove, come detto, a_g è l'accelerazione orizzontale massima sul sito di riferimento rigido orizzontale ed S è il coefficiente di amplificazione dell'accelerazione del terreno adottato nella progettazione

dell'intervento, sia che esso derivi dall'approccio semplificato delle Norme tecniche per le costruzioni, sia che derivi dall'analisi della risposta sismica locale svolta ad hoc o dall'assunzione diretta degli spettri di risposta elastici prodotti dallo studio di MS3, coerentemente con i criteri generali per l'utilizzo dei risultati degli studi di Microzonazione Sismica di livello 3, di cui all'allegato 1 dell'ordinanza del Commissario straordinario n. 24 del 12 maggio 2017 come modificati dall'allegato 1 dell'ordinanza n. 55 del 24 aprile 2018.

In conclusione risulta compatibile l'intervento sotto l'aspetto geomorfologico. Non si evidenziano inoltre criticità dall'analisi della configurazione geologico-stratigrafica e della caratterizzazione geotecnica, con discrete proprietà meccaniche dei terreni presenti in loco e non si rilevano situazioni di rischio, con un giudizio positivo relativamente alla compatibilità e fattibilità dell'intervento nella sua globalità sotto l'aspetto geologico-idrogeologico-sismico e geotecnico.

Ai sensi delle istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici si consiglia di utilizzare i parametri geotecnici medi riportati nel presente elaborato esclusivamente per calcoli geotecnici che coinvolgano un gran volume di terreno (verifiche di stabilità, calcoli strutturali per platee e travi rovesce, paratie e portanza laterale dei pali).

Ai sensi delle istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici si consiglia di utilizzare i parametri geotecnici caratteristici per calcoli geotecnici che coinvolgano un piccolo volume di terreno (calcoli strutturali per portanza alla punta dei pali, plinti non collegati e tiranti).

San Benedetto del Tronto
18.05.2022

