



Studio IEZZI

Geologi s.r.l.

Società tra Professionisti

COMUNE DI PINETO
Provincia di Teramo

RISTRUTTURAZIONE, AMMODERNAMENTO ED
AMPLIAMENTO AD UN IMPIANTO DI RECUPERO
INERTI ED ASSIMILABILI
ZONA ARTIGIANALE "BORGO SANTA MARIA"

RELAZIONE GEOLOGICA – GEOMORFOLOGICA
ai sensi dell'art.89 del D.P.R. 380/2011

STUDIO PUNTUALE DI MICROZONAZIONE SISMICA
DI LIVELLO 1
ai sensi dell'art.5 comma 7 della L.R. 28/2011

IL COMMITTENTE:
AGROS S.a.s.

IL PROFESSIONISTA RESPONSABILE :
(Dott. Geol. Fiorangelo IEZZI)

Data: dicembre 2021



INDICE

PREMESSA	Pag. 1
DOCUMENTAZIONE E INDAGINI PRESE A RIFERIMENTO	Pag. 1
1. RELAZIONE GEOLOGICA - GEOMORFOLOGICA	Pag. 2
1.1 Inquadramento fisico-geografico dell'area	
1.2 Caratteri geologici di area vasta	Pag. 3
1.3 Caratteri geologici locali	Pag. 6
1.4 Caratteri geomorfologici ed idrogeologici dell'area	Pag. 6
1.5 Elementi di pericolosità geologica dell'area	Pag. 7
1.6 Verifica preliminare della stabilità del versante	Pag. 8
2. STUDIO PUNTUALE DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1	Pag. 9
2.1 Storia sismica del sito	Pag. 9
2.2 Pericolosità sismica di base	Pag. 10
2.3 Contenuti della Carta Geologico - Tecnica e modello geologico	Pag. 13
2.4 Contenuti della Carta delle Frequenze di Risonanza	Pag. 14
2.5 Contenuti della Carta delle M.O.P.S.	Pag. 15
3. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	Pag. 16
Bibliografia	

ALLEGATI

- ALLEGATO 1 - CARTA TOPOGRAFICA REGIONALE (SCALA 1: 25.000).
- ALLEGATO 2 - CARTA GEOLOGICA DELL'ABRUZZO FOGLIO EST (SCALA 1: 100.000).
- ALLEGATO 3 - CARTA GEOLOGICO-TECNICA - MZS DI LIVELLO 1 (FUORI SCALA).
- ALLEGATO 4 - CARTA GEOMORFOLOGICA DEL PAI (SCALA 1: 25.000).
- ALLEGATO 5 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA DEL PAI (SCALA 1: 25.000).
- ALLEGATO 6 - CARTA DEI FENOMENI FRANOSI IN ITALIA (SCALA 1: 25.000).
- ALLEGATO 7 - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA - PSDA (SCALA 1:10.000).
- ALLEGATO 8 - CARTA DELLE M.O.P.S. - MZS DI LIVELLO 1 (FUORI SCALA).
- ALLEGATO 9 - REPORT DELLE VERIFICHE DI STABILITA' DEL VERSANTE ANTE E POST OPERAM.



Premessa

Su incarico della AGROS S.a.s. è stato redatto uno studio di natura geologica – geomorfologica e puntuale di microzonazione sismica di livello 1, relativo alla richiesta di parere ai sensi dell'art. 89 del D.P.R. 380/2001 inerente al progetto di “Ristrutturazione, ammodernamento ed ampliamento ad un impianto di recupero inerti ed assimilabili (ai sensi dell’art. 8 D.P.R. 07 settembre 2010 n. 160)”, sito all'interno della Zona Artigianale “Borgo Santa Maria” nel Comune di Pineto (TE).

Documentazione e indagini prese a riferimento

Al fine di supportare i vari tematismi affrontati nel presente studio, sono risultati utili riferimenti le seguenti carte tematiche entro cui si inserisce l'area in esame:

- Quadrante 141-IV della Carta Topografica Regionale.
- Foglio Est della Carta Geologica dell'Abruzzo di Vezzani & Ghisetti.
- Ex Foglio 340-o della Carta della Pericolosità da Frana del P.A.I.
- Ex Foglio 340-o della Carta Geomorfologica del P.A.I..
- Carta dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia – IFFI.;
- Elaborato 7.2.23.fc.01 della Carta della Pericolosità Idraulica del P.S.D.A..

Infine, i dati di carattere litostratigrafico, litotecnico, idrogeologico e sismico, sono stati evinti dai seguenti studi:

- Microzonazione Sismica di Livello 1 del territorio comunale di Pineto (validata dal TTMZS nel 2015), a firma dello scrivente.
- Attività di indagini geologiche relativo al piano di zona artigianale di espansione di Borgo S. Maria (2018), a firma dello scrivente.
- Realizzazione impianto di recupero inerti ed assimilabili (2013), a firma del collega Dott. Andrea Marziale.



1. RELAZIONE GEOLOGICA - GEOMORFOLOGICA (Art. 89 D.P.R. 380/2001)

La presente relazione intende verificare la compatibilità delle rispettive previsioni con le condizioni geomorfologiche del territorio. A tal fine di seguito vengono fornite indicazioni sull'evoluzione geologica dell'area, sulle condizioni di assetto litostratigrafico, nonché sulle condizioni di pericolosità geomorfologica dell'intervento urbanistico proposto.

1.1 Inquadramento fisico-geografico dell'area

L'area oggetto del presente studio è situata nel Comune di Pineto (TE), a circa 3 km ad Ovest rispetto al centro abitato del capoluogo, in Loc.tà Borgo Santa Maria, lungo la S.P. n. 28 che collega Pineto ad Atri.



Fig. 1.1 – Lottizzazione Piano di Zona Artigianale PZA in Loc. Borgo Santa Maria nel Comune di Pineto (in rosso), con evidenziato l'area in studio (freccia rossa).

La zona studiata, parte integrante del PZA del Comune di Pineto (Fig. 1.1), ricade all'interno del bacino idrografico del T. Calvano ed è localizzata morfologicamente sulla parte medio-bassa di un versante con pendenza variabile esposto verso Sud-

Est, a partire a monte dalla S.P. n. 28 fino al sottostante F.sso Sabbione, a quote topografiche comprese tra circa 43 e 33 m s.l.m..

1.2 Caratteri geologici di area vasta

Il territorio comunale di Pineto ricade all'interno della fascia costiera abruzzese, con quote variabili dai pochi metri s.l.m. ai 324 m s.l.m. raggiunti in prossimità della frazione di Mutignano. L'area è delimitata a Nord dal fiume Vomano ed a sud dal confine comunale con il territorio di Silvi. Il fiume Vomano, insieme al torrente Calvano, rappresentano i principali corsi d'acqua presenti nel territorio comunale.

La costruzione dell'Appennino centrale si è prolungata fino a tempi molto recenti e la storia della sua tetto-genesi è schematizzabile, da fine Miocene al Pleistocene superiore, da una sorta di ciclo tettonico cui partecipano quattro principali unità: margine tirrenico, catena, avansinistra, avampata. Questo è dovuto al fatto che la microplacca adriatica, in costante sprofondamento passivo, ha causato un

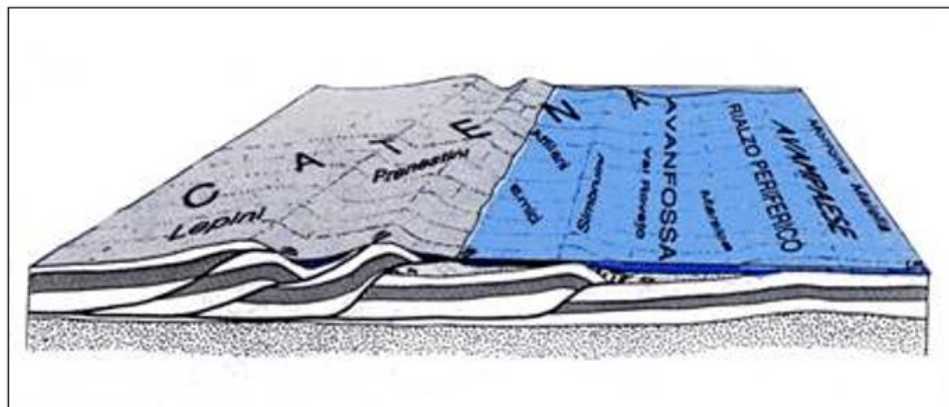


Fig. 1.2 - Ricostruzione del sistema catena-avanfossa-avampaese in Italia centrale nel corso del Messiniano inferiore (da Cipollari e Cosentino, 1992).

arretramento verso est della zona di flessura creando nuovi spazi per la formazione della catena e della relativa avanfossa (Fig. 1.2). La costruzione della catena è avvenuta, quindi, per accavallamenti successivi a vergenza prevalentemente orientale attraverso piani di scivolamento a basso e bassissimo angolo. Sul lato occidentale della catena, invece, ampi settori sono stati interessati dalla distensione connessa all'apertura del bacino di retroarco tirrenico.



La costante evoluzione neogenica con migrazione del sistema orogenico catena, avanfossa, avampaese è testimoniata anche dai sedimenti torbiditici e silicoclastici di avanfossa che hanno età più recenti spostandosi verso la fascia adriatica.

Con il termine avanfossa, si intende un bacino interposto tra una catena montuosa (gli Appennini nel nostro caso) e la piattaforma stabile dell'avampaese (il Mare Adriatico centrale) dove la subsidenza è meno elevata rispetto a quella dell'avanfossa (Ori et alii, ibidem). L'avanfossa pliocenica nella parte settentrionale dell'area abruzzese è rappresentata dalla successione silicoclastica della Formazione della Laga in posizione interna, mentre spostandoci in direzione adriatica si incontrano il Bacino del Cellino (Centamore et alii, 1992) e la Formazione di Mutignano, di bacino plio - pleistocenico, rappresentata da termini prevalentemente pelitici.

Il territorio in studio rientra nella fascia pede - appenninica più orientale e recente

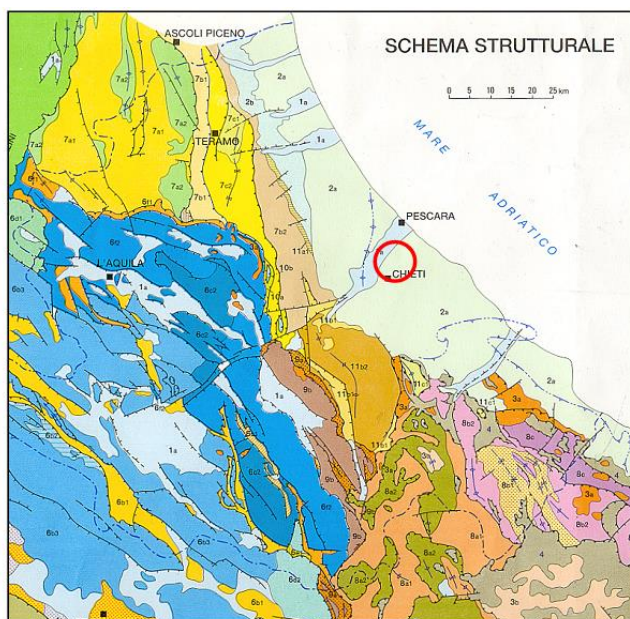


Fig. 1.3 - Schema Geologico-Strutturale dell'Abruzzo (da: Ghisetti & Vezzani, 1996). In rosso l'area in esame.

dell'edificio tettonico dell'Appennino centrale, costituita da rilievi collinari argilloso - marnosi e argilloso sabbiosi e dalla fascia costiera; tale settore, noto in letteratura come bacino periadriatico, si è impostato a partire dalla fine del Pliocene inferiore quando, con la strutturazione in catena del più occidentale ed antico bacino del Cellino, si è avuta la formazione di un "bacino satellite" lungo la fascia periadriatica e dell'avanfossa adriatica nel settore esterno più orientale (Fig. 1.3).



Al di sopra delle torbiditi silicoclastiche di avanfossa della Formazione Cellino del Pliocene inferiore, pertanto, affiora in trasgressione e con una netta discordanza angolare, la Formazione Mutignano, depositatasi nel suddetto “bacino satellite” nell'intervallo Pliocene medio - Pleistocene basale. Il fondale di tale bacino era articolato sia per la presenza di due dorsali longitudinali (Bellante - Cellino Attanasio e Campomare - Montesilvano), localizzate sul fronte di altrettanti sovrascorrimenti originatisi durante l'acme della fase orogenica del Pliocene inferiore, sia per la presenza di sistemi di faglie trasversali ed oblique che frammentavano il bacino stesso in una serie di depressioni minori caratterizzate da subsidenza differenziata (CASNEDI, 1986; 1991; CASNEDI & SERAFINI, 1994; CENTAMORE et alii, 1990; 1993; 1997; ORI et alii, 1991).

Relativamente all'area più orientale del “bacino satellite”, cioè quella di stretto interesse per lo studio, il progressivo basculamento verso E-NE della fascia periadriatica ha condizionato non solo la fisiografia del bacino, ma anche la dinamica deposizionale, come sembrano confermare i dati del rilevamento geologico di campagna. La Formazione Mutignano, infatti, mostra al suo interno variazioni di facies e di spessore, discordanze angolari e lacune sedimentarie, legate essenzialmente alla tettonica sinsedimentaria.

La Formazione Mutignano è costituita da depositi basali sabbioso - conglomeratici di ambiente neritico, cui seguono superiormente peliti di piattaforma entro cui sono intercalati, a varie altezze stratigrafiche, orizzonti sabbiosi, talora a geometria lenticolare. I depositi di chiusura del ciclo sedimentario presenti al tetto della successione danno origine a corpi tabulari debolmente immergenti verso E-NE, e sono costituiti da sabbie e conglomerati riferibili ad un ambiente di transizione da marino a continentale (CANTALAMESSA et alii, 1986; BIGI et alii, 1995; 1996). Lo spessore varia fortemente da poche centinaia di metri fino ad un massimo di 3,5 km, stimati tramite interpretazione di linee sismiche a riflessione (CRESCENTI et alii, 2004). I depositi argilloso - sabbiosi dell'avanfossa plio - pleistocenica sono, inoltre, in parte ricoperti da sedimenti continentali quaternari costituiti,



essenzialmente, da sedimenti alluvionali recenti e terrazzati antichi, depositi fluvio - deltizi attuali e depositi vari di copertura.

I lineamenti tettonici regionali, infine, sono caratterizzati da un generale assetto a monoclinale dei depositi della Formazione Mutignano, con blande immersioni ad est e nord-est, e costituiscono il risultato di eventi deformativi che si sono succeduti a partire dal Pliocene inferiore. Il sollevamento regionale del Quaternario (ed associati sistemi di faglie) è responsabile (BIGI et alii, 1996; 1997), dell'alto tasso di erosione dell'area periadriatica e del condizionamento dell'andamento del reticolo idrografico".

1.3 Caratteri geologici locali

In particolare, le unità geologiche rilevate nel territorio in studio sono caratterizzate dai termini relativi all'associazione pelitico-sabbiosa (FMTa) della Formazione di Mutignano (Fig. 1.4 e Allegato 2), costituita da argille ed argille marnose di colore grigio, con intercalazioni, sempre più frequenti verso l'alto, di sottili livelli sabbioso-limosi e sabbiosi, talora fossiliferi (bivalvi, piccoli gasteropodi ed echinodermi), a granulometria fine e media. Il rapporto sabbia/argilla è nettamente inferiore all'unità; presenta una stratificazione spesso indistinta. L'età è riferibile alla parte alta del Pliocene superiore - Pleistocene inferiore p.p. (biozona a *Globigerina cariacensis*). La formazione FMTa è affiorante, nello specifico, solo in corrispondenza dell'asse del F.sso Sabbione, mentre lungo il versante è ricoperta da una coltre di alterazione del substrato stesso, di spessore variabile, caratterizzato a livello granulometrico da limo argilloso sabbioso meno consistente (v. Allegato 2).

1.4 Caratteri geomorfologici ed idrogeologici dell'area

Dal punto di vista morfologico il sito oggetto d'intervento presenta una conformazione topografica poco acclive, con valori di pendenza sempre minori di 10°, degradante verso il sottostante talwegh del fosso Sabbione, tributario di destra del torrente Calvano (v. Allegato 1).



Tale conformazione deriva, in parte, da fenomeni antropici pregressi e relativi a fenomeni di sbancamenti e/o riporti di terreno conseguenti alle attività edilizie connesse alla realizzazione della ZA.

Dal punto di vista idrogeologico le caratteristiche litostratigrafiche e di permeabilità dei litotipi presenti non consentono la formazione di falde acquifere p.d. ma, bensì, di falde effimere legate alla percolazione all'interno dello strato superiore del terreno delle acque meteoriche, le cui portate risultano legate esclusivamente alla quantità di precipitazioni piovose e nevose registrabili nel bacino idrografico nel corso dell'anno. Tale stato di cose è stato accertato dallo scrivente da indagini attrezzate a piezometro realizzati in occasione di un precedente studio (v. Bibliografia), oltre che dalla presenza di un pozzo per acqua di proprietà della Committente posto nella parte bassa del versante sotteso agli interventi.

Il locale livello piezometrico locale si localizza tra i 3÷6 m circa di profondità dal piano campagna.

1.5 Elementi di pericolosità geologica dell'area

Per quanto attiene la pericolosità geologica dell'area di intervento urbanistico, nella Carta della Pericolosità da Frana del P.A.I., (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Abruzzo, ex foglio 340-o) l'area oggetto di studio risulta inserita al margine di un'area a pericolosità moderata (P1) e relativa alla presenza di una frana di scorrimento rotazionale in stato quiescente (v. Allegati 4 e 5). Inoltre, per completezza di informazioni riguardo ai movimenti franosi cartografati nell'area di interesse, si riporta di seguito uno stralcio del progetto I.F.F.I. in base al quale, non si rileva alcun fenomeno presente (v. Allegato 6).

Dalla lettura della Carta di Pericolosità Idraulica del P.S.D.A. (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico - Difesa Alluvioni - Elaborato 7.2.23.fc.01), l'area non risulta interessata da alcuna pericolosità idraulica (v. Allegato 7).



All'interno della Carta delle All'interno della Carta delle M.O.P.S. (Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica), relativa allo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 del territorio comunale di Pineto (TE), già validato dal TTMZS della Protezione Civile della Regione Abruzzo nel 2015, il sito rientra tra le zone di attenzione per instabilità di tipo sia quiescente che attivo (v. Allegato 8).

1.6 Verifica preliminare della stabilità del versante

Considerata la presenza di fenomenologie gravitative, sia esse quiescenti (per il PAI) che attive (per le MOPS), nel paragrafo seguente vengono definiti gli assetti litostratigrafici locali per valutare, preliminarmente, le condizioni di stabilità geomorfologica del versante interessato nelle condizioni ante (stato attuale) e post (situazione di progetto) operam.

Le verifiche, eseguite con il programma dedicato SLOPE 2020 della GeoStru Srl con il metodo di Jambu semplificato, hanno evidenziato la presenza di fattori di sicurezza minimi in corrispondenza dello strato di riporto posto a valle dell'impianto. Il valore minimo registrato, $FS = 1,35$ nelle condizioni ante-operam, è comunque maggiore dell'equilibrio limite globale ($FS = 1$). Nelle condizioni post-operam, poi, sono stati inseriti i terramesh (che sono opere di ingegneria naturalistica di contrasto a forme di erosione e/o dissesto) ipotizzati dal progettista da cui è risultato un $FS = 20$; valore questo sicuramente sproporzionato, ma che dimostra l'efficacia dell'intervento teso a preservare, e in questo caso aumentare, le locali condizioni di stabilità geomorfologica del versante (v. Allegato 9).



2. STUDIO PUNTUALE DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1

(Art. 5 comma 7 L.R. 28/2011)

Il presente capitolo riprende i contenuti dello studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 redatto dallo scrivente nel 2015 per conto dell'amministrazione comunale di Pineto. Di seguito vengono riepilogate quelle che sono le peculiarità dello studio di cui sopra, riferite all'area oggetto di variante urbanistica.

2.1 Storia sismica del sito

La sismologia storica permette di evidenziare la maggior parte dei terremoti avvenuti nella regione con epicentro nell'area in studio o limitrofe. Per la ricostruzione della sismicità storica del territorio comunale di Pineto, sono stati reperiti gli eventi sismici dal Database Macrosismico Italiano versione 2015, contenente i dati di intensità relativi a terremoti che fanno parte di CPTI15 (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, dal 1000 al 1899); da questo database (fonte: http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/), sono stati estrapolati, attraverso la consultazione per località, gli eventi sismici più significativi che hanno interessato, anche se indirettamente il territorio del Comune di Pineto, caratterizzando quindi la sua storia sismica; tali eventi sono riportati nella seguente tabella, con relativo diagramma di intensità.

Storia sismica di Pineto [42.608, 14.067]

Numero di eventi: 12

Effetti

In occasione del terremoto del:

I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
5	 1950 09 05 04	Gran Sasso	386	8	5.69
4-5	 1951 08 08 19	Gran Sasso	94	7	5.25
NF	 1962 01 23 17	Costa pesarese	49	5	4.35
NF	 1963 01 25 05	Monti Sibillini	30	5	4.31
4	 1979 09 19 21	Valnerina	694	8-9	5.83
4	 1984 05 07 17	Monti della Meta	911	8	5.86
3	 1987 09 04 16	Costa Marchigiana	75	6	4.66
3-4	 1990 05 05 07	Potentino	1375		5.77
NF	 1996 07 09 10	Costa abruzzese-marchigiana	45		4.20



4-5		1997 09 26 09	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
3		1997 10 03 08	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
4		1997 10 14 15	Valnerina	786		5.62

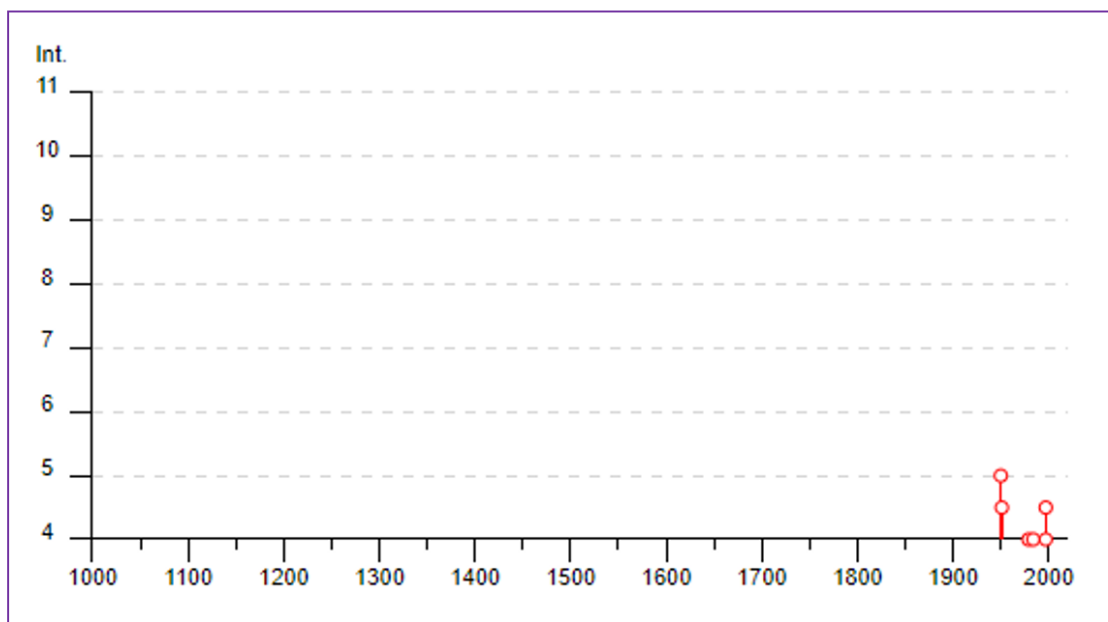


Fig. 5 – Intensità macrosismiche dei principali terremoti risentiti nel comune di Villalfonsina. Fonte: <http://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15/>.

2.2 Pericolosità sismica di base

Attraverso l'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'08 Maggio 2003), sono stati emanati criteri di nuova classificazione sismica, basati su studi ed elaborazioni più recenti, ed in particolare sull'analisi della probabilità che un determinato territorio venga interessato, in un certo intervallo di tempo solitamente pari a 50 anni, da un evento sismico che superi una determinata soglia di intensità e/o magnitudo.

Tale provvedimento, in pratica, ha condotto a classificare i comuni attribuendo ad ognuno una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali l'intero territorio nazionale è stato riclassificato, e che sono:

- ZONA 1 - è la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti;



- ZONA 2 – nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti;
- ZONA 3 – i comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti;
- ZONA 4 – è la meno pericolosa, e le possibilità di danni sismici sono basse.

A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un intervallo di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (O.P.C.M. n. 3519/2008):

- ZONA 1 – $a_g > 0.25 \text{ g}$
- ZONA 2 – $0.15 < a_g \leq 0.25 \text{ g}$
- ZONA 3 – $0.05 < a_g \leq 0.15 \text{ g}$
- ZONA 4 – $a_g \leq 0.05 \text{ g}$

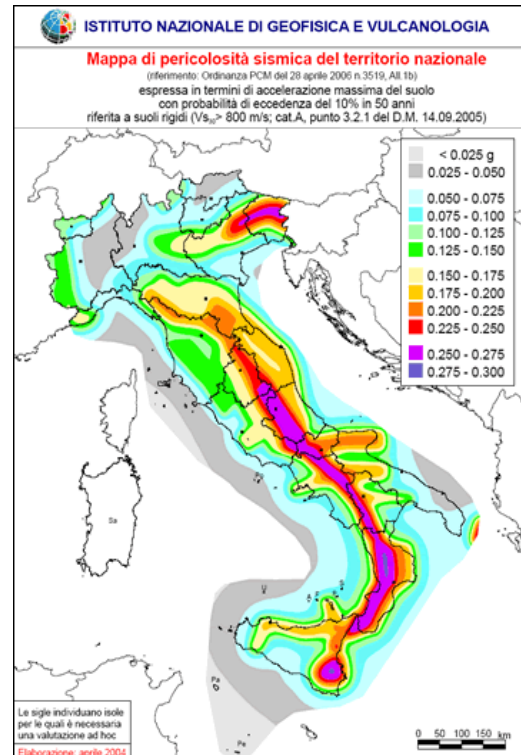


Fig.6 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale - Fonte www.ingv.it

La pericolosità sismica viene definita in termini di accelerazione massima orizzontale attesa a_g , in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A), con superficie topografica orizzontale (T1) e di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad esso corrispondente $S_e(T)$, in determinato periodo di riferimento V_R , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR. Per V_R si intende il periodo di riferimento delle azioni sismiche della costruzione, prodotto tra la vita nominale V_N , ovvero il numero di anni nel quale la struttura deve essere utilizzata per lo scopo alla quale è destinata, ed i valori dei coefficienti della classe d'uso CU. Per PVR si intende la probabilità di superamento nel periodo V_R considerato.



Ai fini di questa normativa, le forme spettrali vengono definite sulla base dei valori dei seguenti parametri su sito di riferimento orizzontale:

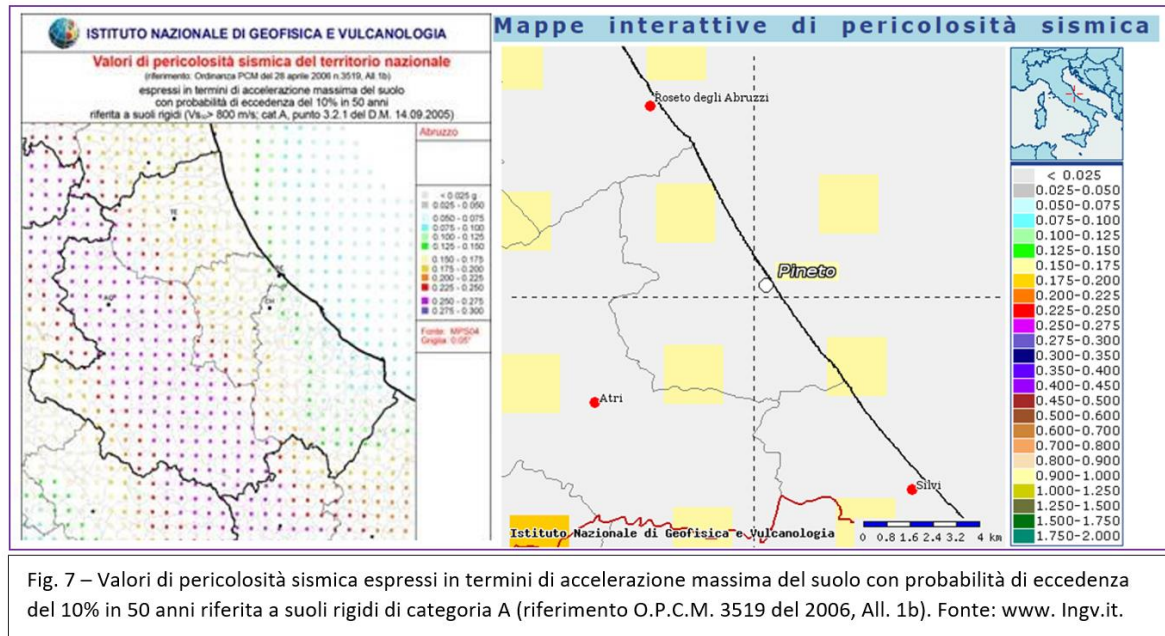
- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante nello spettro in accelerazione orizzontale.

Facendo riferimento ad informazioni così dettagliate e puntuali, è possibile adottare nella progettazione e verifica delle costruzioni valori dell'azione sismica meglio correlati alla pericolosità sismica del sito, alla vita nominale della costruzione e all'uso cui essa è destinata, consentendo soluzioni più appropriate ed anche economiche, e nello stesso tempo, trattare le problematiche connesse alla pericolosità sismica adottando una classificazione sismica riferibile anche a porzioni territoriali dei singoli comuni.

Nel caso specifico, il Comune di Pineto rientra in zona 3 (i comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti), anche in base all'ultimo aggiornamento del 2015. La permanenza nella suddetta categoria è riepilogata nella tabella seguente:

Codice ISTAT 2001	Denominazione	Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi dell'OPCM 3274 (2003)	Classificazione sismica 2015
13067035	Pineto	N.C.	III	3	3

La pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento viene fornito dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<http://esse1.mi.ingv.it/>). Il territorio del Comune di Pineto presenta valori di accelerazioni di picco orizzontali del suolo compreso tra $0,150 < a_g < 0,175$, come mostrato nella Fig. 7.



2.3 Contenuti della Carta Geologico - Tecnica e modello geologico

Nella stesura della Carta Geologico – Tecnica, realizzata in scala 1: 5.000, sono state rappresentate le informazioni geologiche e litotecniche attraverso l'utilizzo di due livelli sovrapposti: le UNITA' GEOLOGICHE (U.G.), rappresentative del substrato rigido, non rigido e dei terreni di copertura, e le UNITA' LITOTECNICHE (U.L.), rappresentative delle caratteristiche meccaniche dei terreni presenti; a queste unità sono stati sovrapposti gli elementi tettonico-strutturali e geomorfologici.

Le unità geologiche sono state distinte a loro volta in *Unità Geologiche Marine* (U.G.M.), corrispondenti al substrato geologico rigido, e *Unità Geologiche Continentali* (U.G.C.), corrispondenti ai depositi continentali Quaternari, ovvero ai terreni di copertura. Le Unità Geologiche Marine rilevate nel territorio in studio sono caratterizzate dalle associazioni che appartengono alla Formazione di Mutignano.

Le U.G.C. presenti corrispondono alle coltri eluvio-colluviali (col), ai depositi antropici (ant), alluvionali (all), alluvionali terrazzati (atn), di spiaggia (spi), e ai diversi depositi di frana (fra).



Nell'area in esame dalla lettura della Carta Geologico - Tecnica (v. Allegato 3) sono presenti terreni appartenenti all'associazione pelitico-sabbiosa della Formazione di Mutignano (FMTa) del Pliocene superiore - Pleistocene inferiore p.p., caratterizzata da argille e limi di colore grigio, con intercalazioni, sempre più presenti verso l'alto, di sottili livelli sabbioso-limosi e sabbiosi, a granulometria fine e media. Il rapporto sabbia/argilla è nettamente inferiore all'unità. Ad essa si sovrappongono depositi di frana (fra) dell'Olocene, meglio rappresentati da un corpo di frana di scorrimento rotazionale in stato attivo.

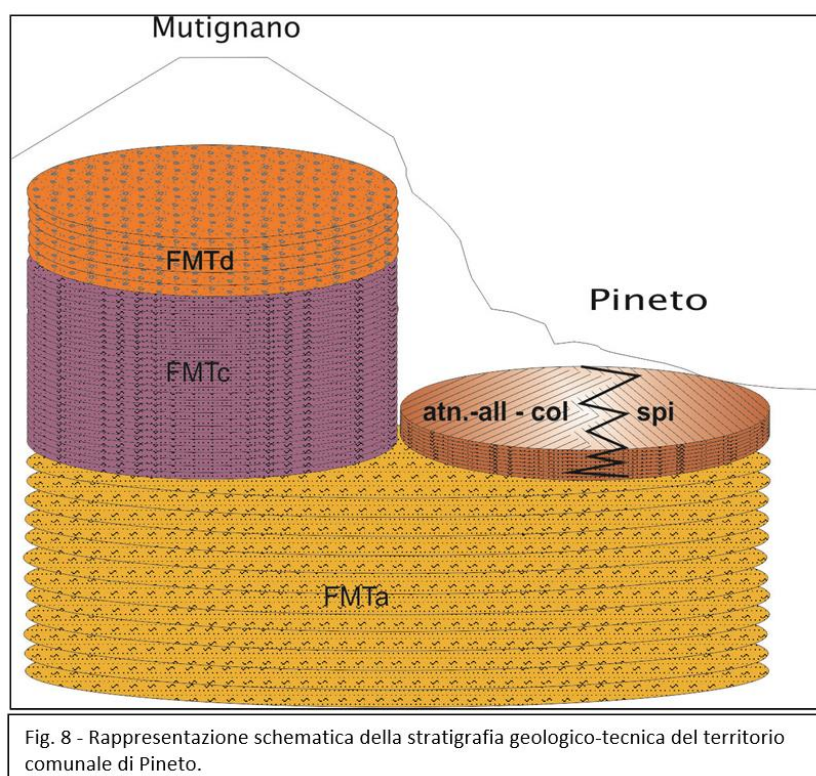


Fig. 8 - Rappresentazione schematica della stratigrafia geologico-tecnica del territorio comunale di Pineto.

2.4 Contenuti della Carta delle Frequenze di Risonanza

La Carta delle Frequenze fondamentali di vibrazione è realizzata sulla base della Carta delle MOPS, introducendo i punti di misura HVSR con una simbologia che è funzione dei valori f_0 ed A_0 , secondo la legenda riportata nelle Linee Guida. Non sono state realizzate indagini sismiche passive (HVSR) all'interno della suddetta MOPS.



2.5 Contenuti della Carta delle M.O.P.S.

Nella Carte delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) sono state distinte diverse aree all'interno delle quali si ritiene che sia omogeneo il comportamento in termini di risposta sismica, alla luce delle caratteristiche geologico-geomorfologiche di superficie.

Tra le "Zone stabili suscettibili di amplificazione locale" rientrano le zone nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto litostratigrafico e morfologico locale.

Tra le "Zone suscettibili di instabilità" rientrano le zone nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio: I tipi di instabilità individuati all'interno del comune di Silvi sono: instabilità di versante e liquefazioni.

Tra le instabilità di versante vengono ricomprese tutte le zone in frana individuate nella Carta Geologico-Tecnica, con stato di attività attivo, quiescente o non attivo.

Tra le zone suscettibili a liquefazione vengono ricomprese le zone appartenenti alla fascia costiera adriatica, individuati nella Carta Geologico-Tecnica da depositi di spiaggia caratterizzati da sabbia con presenza episodica di ghiaie e ciottoli eterometrici.

Inoltre, si individuano aree con sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti, nelle quali si assiste, nello specifico, alla sovrapposizione di depositi di frana e/o di coltri eluvio-colluviali su depositi di spiaggia e/o zone con cedimenti differenziali dovuto a calanchi con frane.

Nella Carta delle M.O.P.S. (Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica), relativa al rilievo puntuale effettuato dallo scrivente nell'area in esame, il sito rientra nella "Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva (ZA-FR-A)"



3. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I risultati dello studio geologico-geomorfologico e di microzonazione sismica di livello 1 puntuale, eseguito all'interno della Zona Artigianale "Borgo Santa Maria" nel Comune di Pineto (TE), su cui è previsto il progetto di "Ristrutturazione, ammodernamento ed ampliamento ad un impianto di recupero inerti ed assimilabili (ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 07 settembre 2010 n. 160)", sono riassumibili come di seguito.

- Carta Geologica dell'Abruzzo di Vezzani & Ghisetti:
presenza di terreni appartenenti alla Successione del Pleistocene inferiore p.p. – Pliocene superiore.
- Carta Geologico-Tecnica dello studio di MZS di livello 1:
presenza dell'associazione pelitico-sabbiosa (FMTa) della Formazione di Mutignano del Pliocene superiore – Pleistocene inferiore p.p. Ad essa si sovrappongono depositi di frana (fra) dell'Olocene, meglio rappresentati da un corpo di frana di scorrimento rotazionale in stato attivo.
- Carta Geomorfologica e della Pericolosità da Frana del P.A.I.:
l'area risulta inserita al margine di una zona a pericolosità moderata (P1), relativa alla presenza di una frana di scorrimento rotazionale in stato quiescente.
- Carta della Pericolosità Idraulica del P.S.D.A.:
l'area non è interessata da pericolosità idraulica.
- Carta delle Frequenze di Risonanza dello studio di MZS di livello 1:
non risultano eseguite indagini di sismica passiva HVSR all'interno della MOPS.
- Carta delle M.O.P.S. dello studio di MZS di livello 1:



il sito rientra nella “Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva (ZA-FR-A)”.

➤ Verifica di stabilità del versante:

condizioni di stabilità geomorfologica nelle condizioni ante operam, con $FS = 1,35$, che aumentano a $FS = 20$ nelle condizioni post operam, grazie anche all'introduzione di tecniche di ingegneria naturalistica (terramesh) nel tratto di versante ricompreso tra il margine meridionale dell'impianto e il fosso Trufolone.

Tutto ciò premesso, si ritiene che il progetto di ristrutturazione, ammodernamento ed ampliamento ad un impianto di recupero inerti ed assimilabili, che la AGROS S.a.s. intende realizzare all'interno della Zona Artigianale di Borgo Santa Maria nel Comune di Pineto (TE), sia fattibile dal punto di vista geologico-geomorfologico e sismico.

Ciò nonostante, la presenza di elementi geologici e sismici in grado di poter modificare lo scenario di pericolosità attuale nella fase esecutiva, impone che vengano adottate tutta una serie di prescrizioni (v. tabella riepilogativa seguente), in grado di definire, a seconda della tipologia di intervento proposta/prevista, il livello di progettazione ritenuto più idoneo.



Ambito di applicazione	Elementi di pericolosità	Prescrizioni in fase esecutiva
P.A.I. (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico).	Pericolosità moderata (P1) relativamente alla porzione più occidentale del lotto di intervento.	Adozione di tecniche di ingegneria naturalistica (terramesh), nel tratto di versante ricompreso tra il margine meridionale dell'impianto e il fosso Trufolone.
P.S.D.A. (Piano Stralcio Difesa Alluvioni)	Nessuna.	Nessuna.
M.O.P.S. (Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - MZS di livello 1).	Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva (ZA-FR-A).	Adozione di tecniche di ingegneria naturalistica (terramesh), nel tratto di versante ricompreso tra il margine meridionale dell'impianto e il fosso Trufolone.
N.T.C. (**) (Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni).	SLU (Stato limite ultimo) - SLE (Stato limite di esercizio).	Realizzazione di indagini in sito, sia geotecniche (prove penetrometriche statiche e/o dinamiche) e sismiche (prospezione sismica MASW).

(**) Da considerare solo nel caso di richiesta di deposito o autorizzazione sismica c/o il Servizio del Genio Civile.

Tanto si doveva in adempimento all'incarico ricevuto.

Si rimane a disposizione per eventuali chiarimenti o integrazioni che in ordine alla presente si rendessero necessarie.

Montesilvano, dicembre 2021

il professionista responsabile
(dott. geol. Fiorangelo IEZZI)



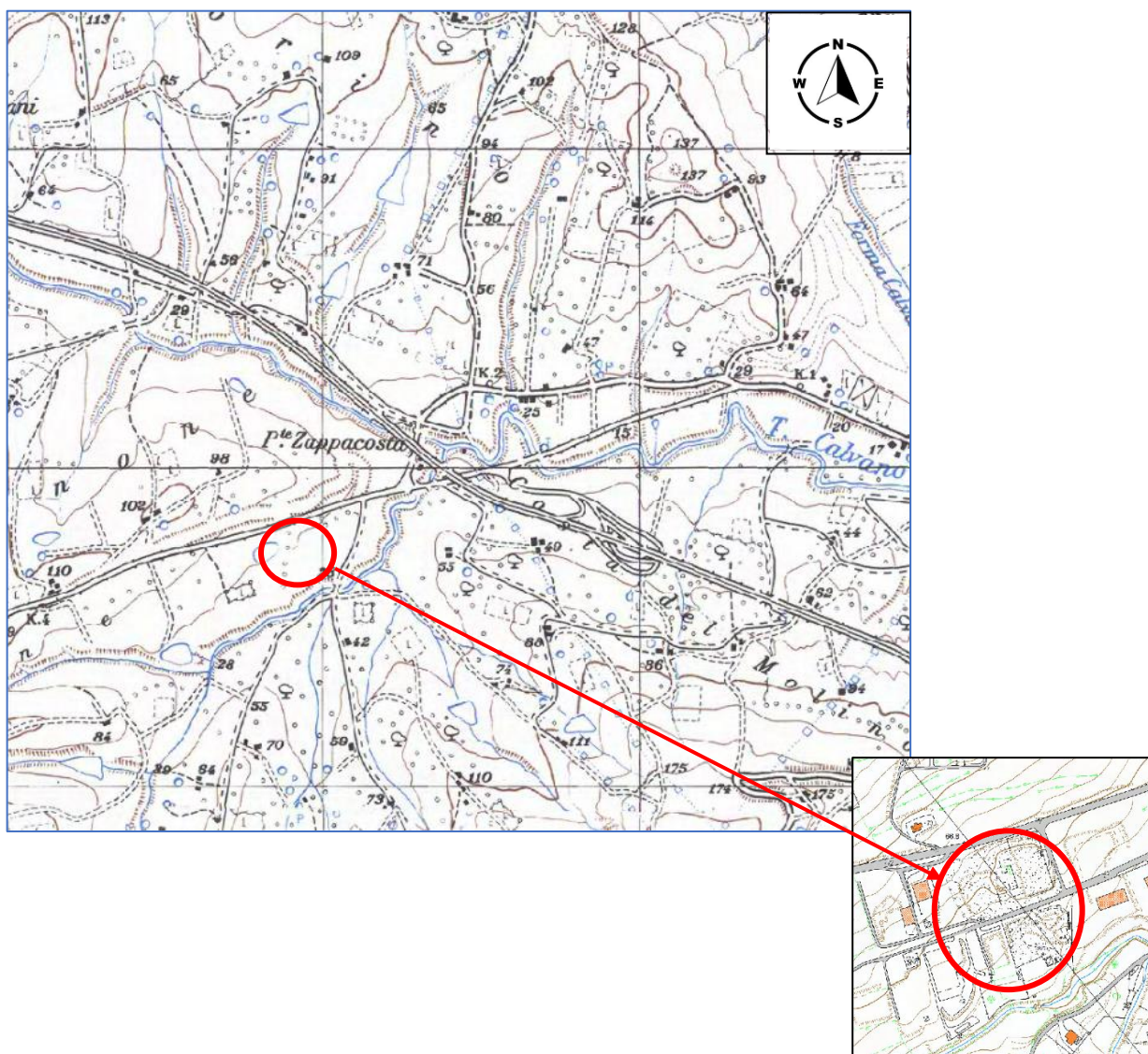
BIBLIOGRAFIA

- ✚ Foglio 351o – Carta Geomorfologica P.A.I. e Carta della Pericolosità (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico Regione Abruzzo).
- ✚ Elaborato 7.2.23.fc.01 della Carta della Pericolosità Idraulica del P.S.D.A.. (Piano Stralcio Difesa Alluvioni della Regione Abruzzo).
- ✚ Foglio Est - Carta Geologica dell'Abruzzo – scala 1:100.000 - S.E.L.C.A., Firenze, VEZZANI L. & GHISETTI F. 1998.
- ✚ Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica – Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento di Protezione Civile Nazionale.
- ✚ Standard di Rappresentazione Cartografica e Archiviazione Informatica – Specifiche tecniche per la redazione degli elaborati cartografici ed informatici relativi al primo livello delle attività di Microzonazione Sismica – Regione Abruzzo Gruppo di Lavoro per le attività di Microzonazione Sismica (Art. 5 comma 3 O.P.C.M. n. 3907/2010).
- ✚ CENTAMORE E., BIGI S., BERTI D., MICARELLI A. & MORELLI C. – Nuovi dati sui depositi neogenici di avanfossa del pescarese. Boll. Soc. Geol. It., 111 (1992), 437-447, 9 ff., 1 tav.
- ✚ IEZZI A. (2013) - Microzonazione sismica di livello 1 del territorio comunale di Silvi (TE). Comm.: Amm. Comunale.
- ✚ MARZIALE A. (2013) – Relazione geologica e idrogeologica per la realizzazione di impianto di recupero inerti ed assimilabili all'interno della Zona Artigianale di Borgo S. Maria nel Comune di Pineto. Committente: Soc. Riciclo Srl.
- ✚ STUDIO IEZZI GEOLOGI SRL (2018) - Attività di indagini geologiche relativo al Piano di Zona Artigianale di espansione di Borgo S. Maria. Comm.: Amm. Comunale.

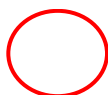
Carta Topografica Regionale

Quadrante 141 – IV

Scala 1:25.000



LEGENDA

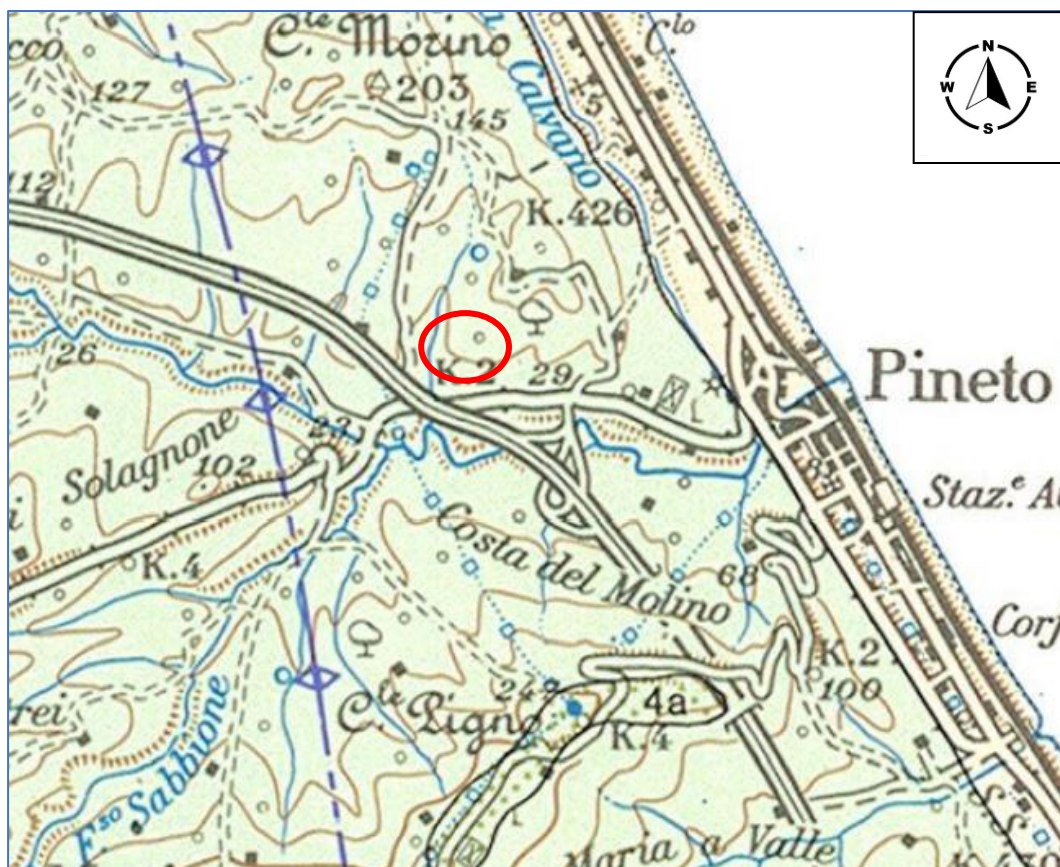


Ubicazione area esaminata

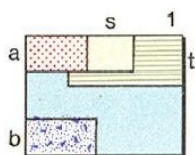
Carta Geologica dell'Abruzzo

F. Ghisetti & L. Vezzani – Foglio «Est»

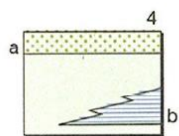
Scala 1:100.000



LEGENDA



Depositi lacustri argilloso-limoso-sabbiosi; depositi fluviali e fluvio-glaciali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi; travertini (1). Depositi sabbiosi delle piane costiere (s). Depositi alluvionali terrazzati (t). Detriti di falda e coperture detritico-colluviali; depositi residuali; terre rosse (a). Sedimenti morenici (b). *Olocene - Pleistocene superiore*.



Successione del Pleistocene inferiore p.p.-Pliocene superiore. Prevalenti peliti di piattaforma passanti verso l'alto a sabbie e conglomerati con facies da litorali a fluvio-deltizie a continentali (a, Vasto, Casalbordino, Chieti, Atri, Tortoreto, Colonnella). Alcune decine di metri sopra la base sono presenti 80-100 m di conglomerati e calcareniti organogene (b, **Conglomerati di Turrivalignani**), e lenti di sabbie gialle in *onlap* sulle formazioni sottostanti (San Marco a Nord di Atezza). Zone a *Hyalinea balthica* e a *G. inflata*. Spessore: > 1500 m. *Pleistocene inferiore p.p. - Pleistocene superiore*.

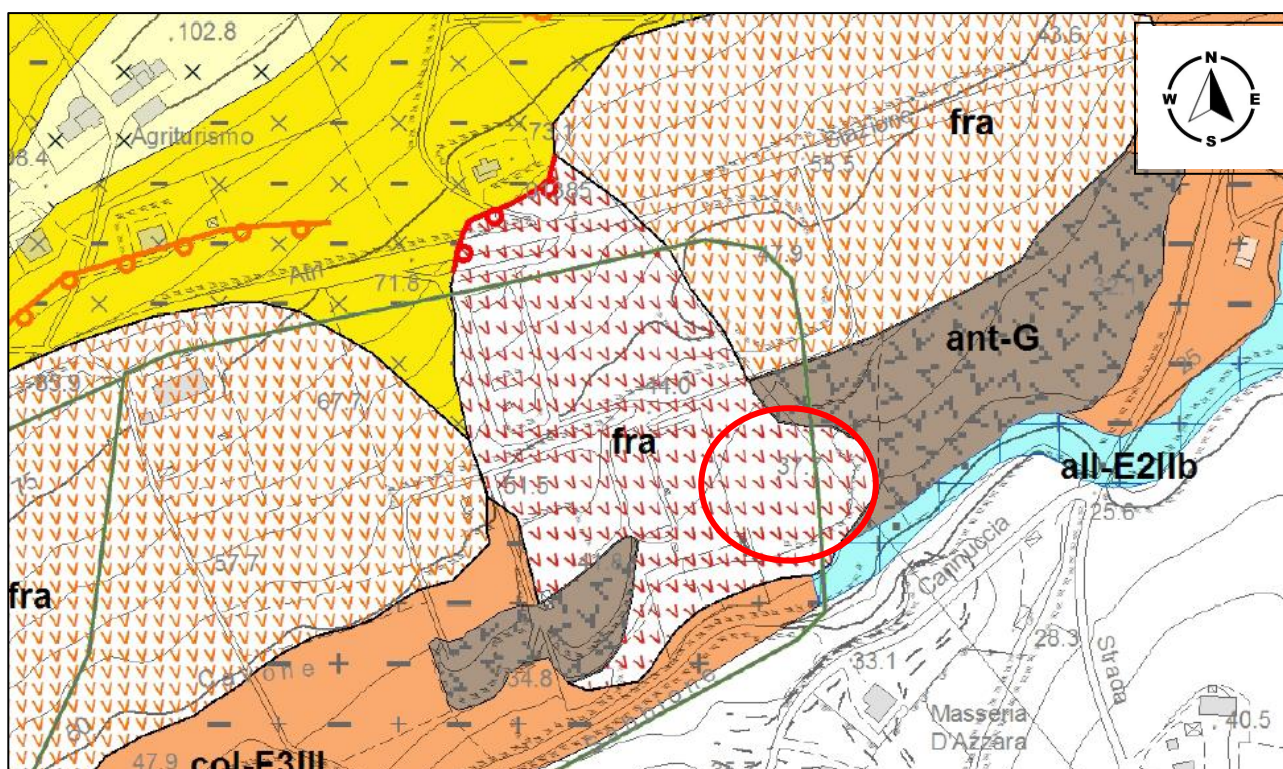


Ubicazione area esaminata

Carta Geologico - Tecnica

Microzonazione Sismica di Livello 1 del Comune di Pineto

Fuori scala



LEGENDA

Unità Geologiche (U.G.)

Unità Geologiche Continentali (U.G.C.)

ant Depositi antropici (ant)

Materiale derivante dall'attività antropica, caratterizzato prevalentemente da terreni di riporto. Le perimetrazioni possono contenere localmente alcuni metri di materiale colluviale alla base. Spessore: 3-8 m. Olocene

fra Depositi di frana (fra)

Depositi caratterizzati da litologie differenti a seconda delle unità coinvolte. Si tratta generalmente di depositi pelitici e pelitico-sabbiosi. Olocene

all Depositi alluvionali (all)

Depositi alluvionali recenti di fondovalle del torrente Calvano e del fiume Vomano. La litologia del deposito è caratterizzata da prevalenti ghiaie. Spessore: 3-10 m. Olocene

col Coltre eluvio colluviale (col)

Materiale detritico a sedimentazione gravitativa e/o da ruscellamento diffuso e/o concentrato. Si riscontrano lungo le linee di impleuvio o alla base dei versanti interessati. La litologia è estremamente variabile in base alla tipologia del substrato che ha generato il detrito. Essa può spaziare da limi argillosi a limi sabbiosi, di colore da avana a bruno. A luoghi possono inglobare ghiaie e ciottolotti centimetrici calcarei ed arenacei o sabbie ghiaiose. Spessore estremamente variabile da 3 m a 15 m. Olocene

Unità Geologiche Marine (U.G.M.)

Fonte: Progetto CARG fg. 351 - Pescara

FMTa Associazione pelitico-sabbiosa (FMTa)

Ben evidente lungo le incisioni calanchive, nelle porzioni medio-basali dei versanti, la litofacies è caratterizzata da argille e limi di colore grigio, con intercalazioni, sempre più frequenti verso l'alto, di sottili livelli sabbioso-limosi e sabbiosi, talora fossiliferi (bivalvi, piccoli gasteropodi ed echinodermi), a granulometria fine e media. Il rapporto sabbia/argilla è nettamente inferiore all'unità. Lo spessore minimo è di circa 50 m fino a valori superiori a 100-200 m. L'età è riferibile alla parte alta del Pliocene superiore - Pleistocene inferiore p.p..

Unità Litotecniche

Unità di Substrato

Unità litotecnica granulare

C2 - Breccie e conglomerati matrice argillosa

Unità di Copertura

Unità litotecniche granulari E

E2 - Chiale

E4 - Sabbie

E5 - Sabbia ghiaiosa

E7 - Limo sabbioso

ADDESSAMENTO

8 Moderatamente addensato

IV Sodo

INCLUSIONI

B Frangere fine interstiziale non coesa

Elementi geomorfologici

Forme di superficie areali: Instabilità di Versante

Corpo di frana di scorrimento rotazionale

Deformazioni superficiali lente

Corpo di frana complessa

Corpo di frana da colamento

Fonte: Cartografia P.A.I. fg. 340-o, 351-o

Ubicazione area in esame

D - Argille e limi sovraconsolidati.

F3 - Limo-argilloso.

F4 - Limo-argilloso.

F5 - Limo-argilloso.

F6 - Limo-argilloso.

F7 - Limo-argilloso.

F8 - Limo-argilloso.

F9 - Limo-argilloso.

F10 - Limo-argilloso.

F11 - Limo-argilloso.

F12 - Limo-argilloso.

F13 - Limo-argilloso.

F14 - Limo-argilloso.

F15 - Limo-argilloso.

F16 - Limo-argilloso.

F17 - Limo-argilloso.

F18 - Limo-argilloso.

F19 - Limo-argilloso.

F20 - Limo-argilloso.

F21 - Limo-argilloso.

F22 - Limo-argilloso.

F23 - Limo-argilloso.

F24 - Limo-argilloso.

F25 - Limo-argilloso.

F26 - Limo-argilloso.

F27 - Limo-argilloso.

F28 - Limo-argilloso.

F29 - Limo-argilloso.

F30 - Limo-argilloso.



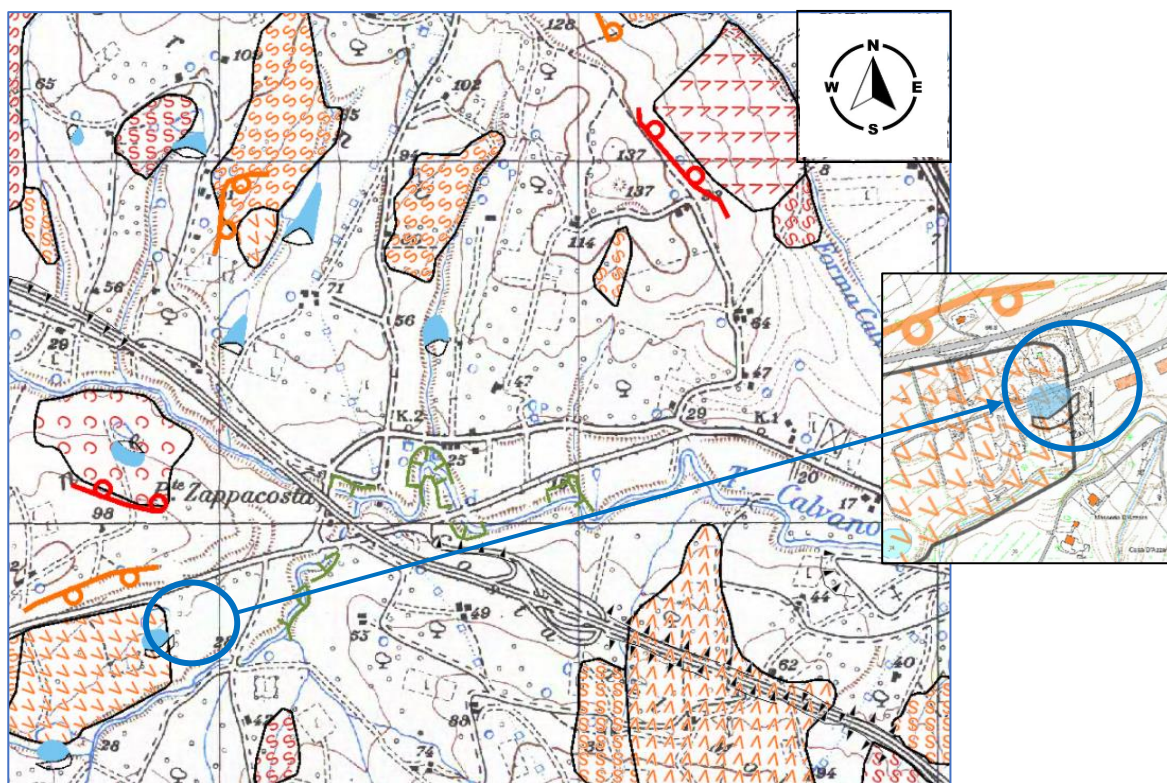
Ubicazione area esaminata

Allegato 4

Carta Geomorfologica

P.A.I. (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico) – Ex Foglio 351 - o

Scala 1:25.000



LEGENDA

LEGENDA

Limite territorio Autorità di Bacino

FORME STRUTTURALI

Orlo di scarpata di faglia
Orlo di scarpata con influenza strutturale
Orlo di scarpata di linea di faglia
Orlo di scarpata con influenza strutturale interessata da caduta di detrito

STATO DI ATTIVITA'

ATTIVO QUIESCENTE NON ATTIVO

FORME E PROCESSI ANTROPICI

Orlo di scarpata artificiale
Terrazzamento agrario
Sbarramento
Lago artificiale

FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI DI VERSANTE

Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana
Trincea o fessura
Frattura di trazione
Versante interessato da deformazione profonda
Versante interessato da deformazioni superficiali lente
Corpo di frana di crollo e ribaltamento
Corpo di frana di scorrimento:
(A) Traslativo
(B) Rotazionale

Corpo di frana di colamento
Corpo di frana di genesi complessa (inclusi i fenomeni di trasporto e di massa)
Piccola frana o gruppo di piccole frane non classificate
Contropendenza significativa nel corpo di frana

FORME, PROCESSI E DEPOSITI PER ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

Orlo di scarpata di erosione fluviale o torrentizia
Alveo con erosione laterale o sponda in erosione
Alveo con tendenza all'approfondimento
Solco da ruscellamento concentrato
Superficie a calanchi e forme similari
Superficie con forme di dilavamento prevalentemente diffuso
Superficie con forme di dilavamento prevalentemente concentrato

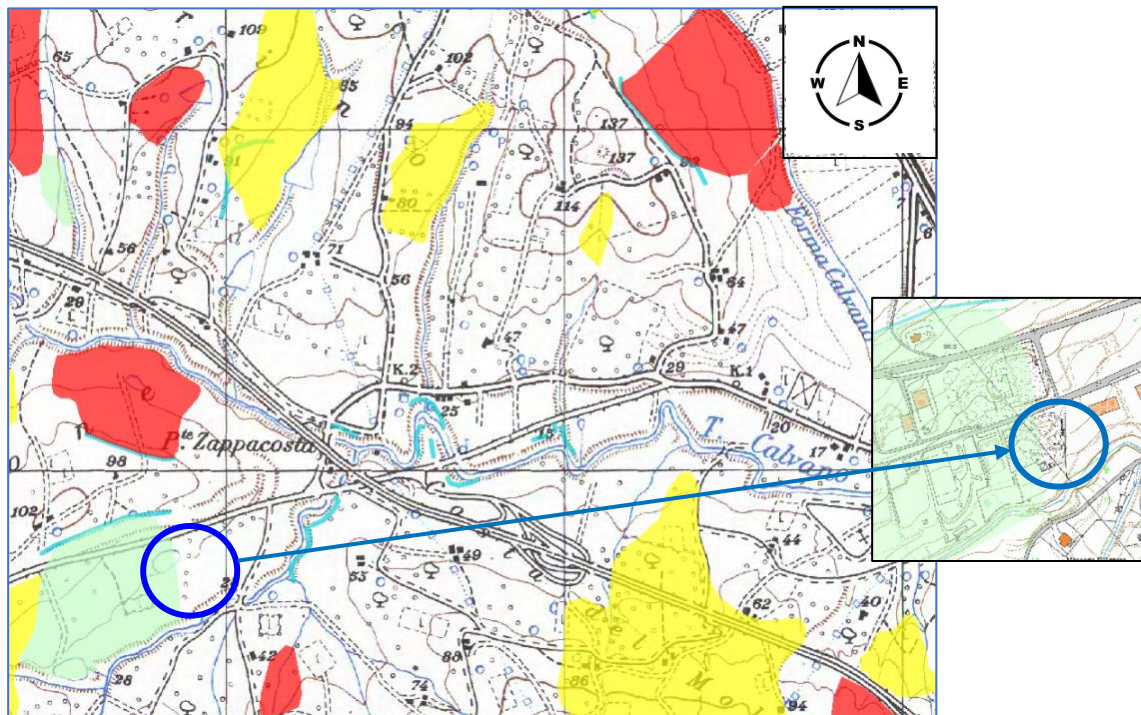
Conoide alluvionale
Cono di origine mista
Depressione palustre

Ubicazione area in esame






Carta della Pericolosità da Frana

P.A.I. (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico) – Ex Foglio 351 - o

Scala 1:25.000



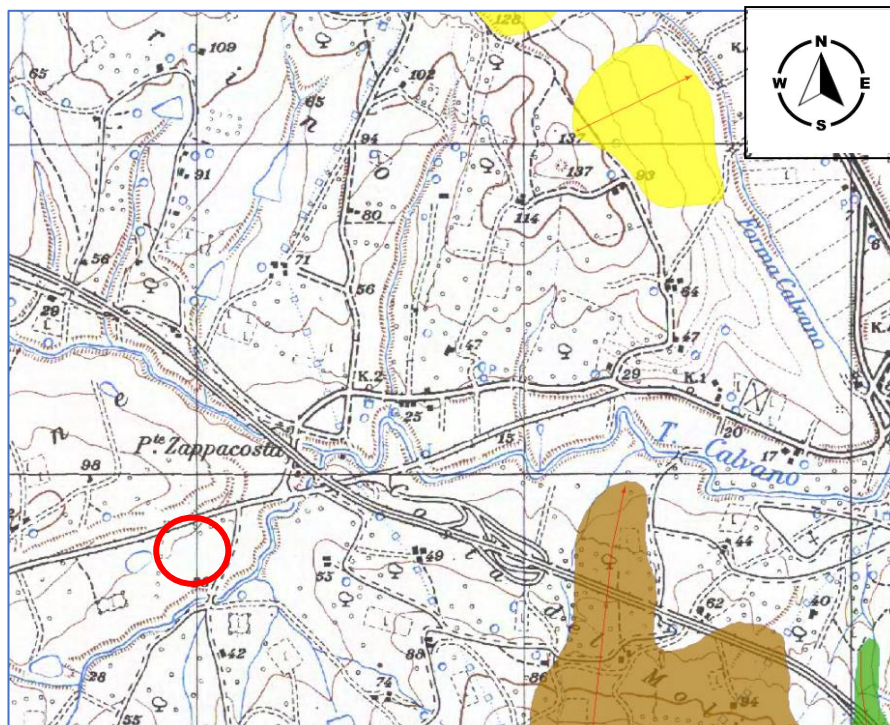
LEGENDA

-  **P1** PERICOLOSITA' MODERATA
Aree interessate da Dissesti con bassa possibilità di riattivazione.
-  **P2** PERICOLOSITA' ELEVATA
Aree interessate da Dissesti con alta possibilità di riattivazione.
-  **P3** PERICOLOSITA' MOLTO ELEVATA
Aree interessate da Dissesti in attività o riattivati stagionalmente.
-  **PS** PERICOLOSITA' DA SCARPATA
Aree interessate da Dissesti generati da Scarpace.
-  Ubicazione area in esame










Carta dell'Inventario dei Fenomeni Franosi

(IFFI) ISPRA

Scala 1:25.000



LEGENDA

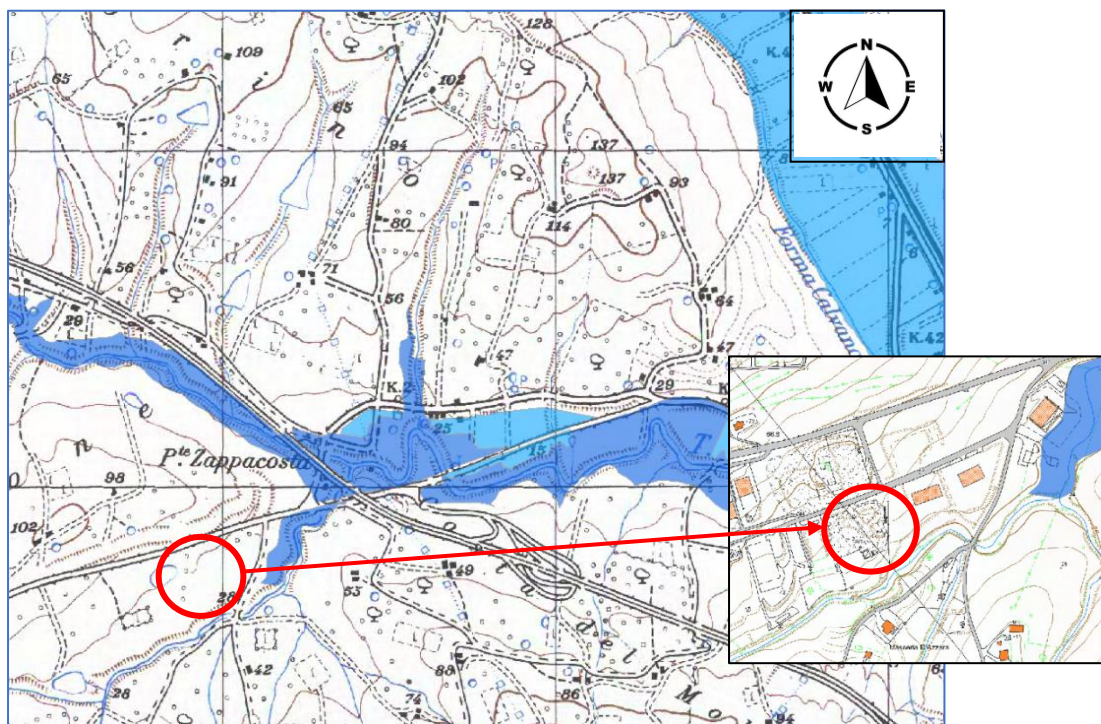
-  Ubicazione area esaminata
-  Colamento lento
-  Colamento rapido
-  Complesso
-  Crollo/Ribaltamento
-  Espansione
-  Scivolamento rotazionale/traslativo
-  Sprofondamento
-  n.d.

Allegato 7

Carta della Pericolosità Idraulica




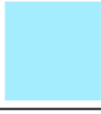

P.S.D.A. (Piano Stralcio di Bacino Difesa Alluvioni) – Ex Elaborato 7.2.23.fc.01

Scala 1:25.000



LEGENDA

Classi di pericolosità idraulica [Q50 - Q100 - Q200] (*)

	Pericolosità molto elevata $h_{50} > 1\text{m}$ $v_{50} > 1\text{m/s}$		Reticolo idrografico
	Pericolosità elevata $1\text{m} > h_{50} > 0.5\text{m}$ $h_{100} > 1\text{m}$ $v_{100} > 1\text{m/s}$		
	Pericolosità media $h_{100} > 0\text{m}$		
	Pericolosità moderata $h_{200} > 0\text{m}$		

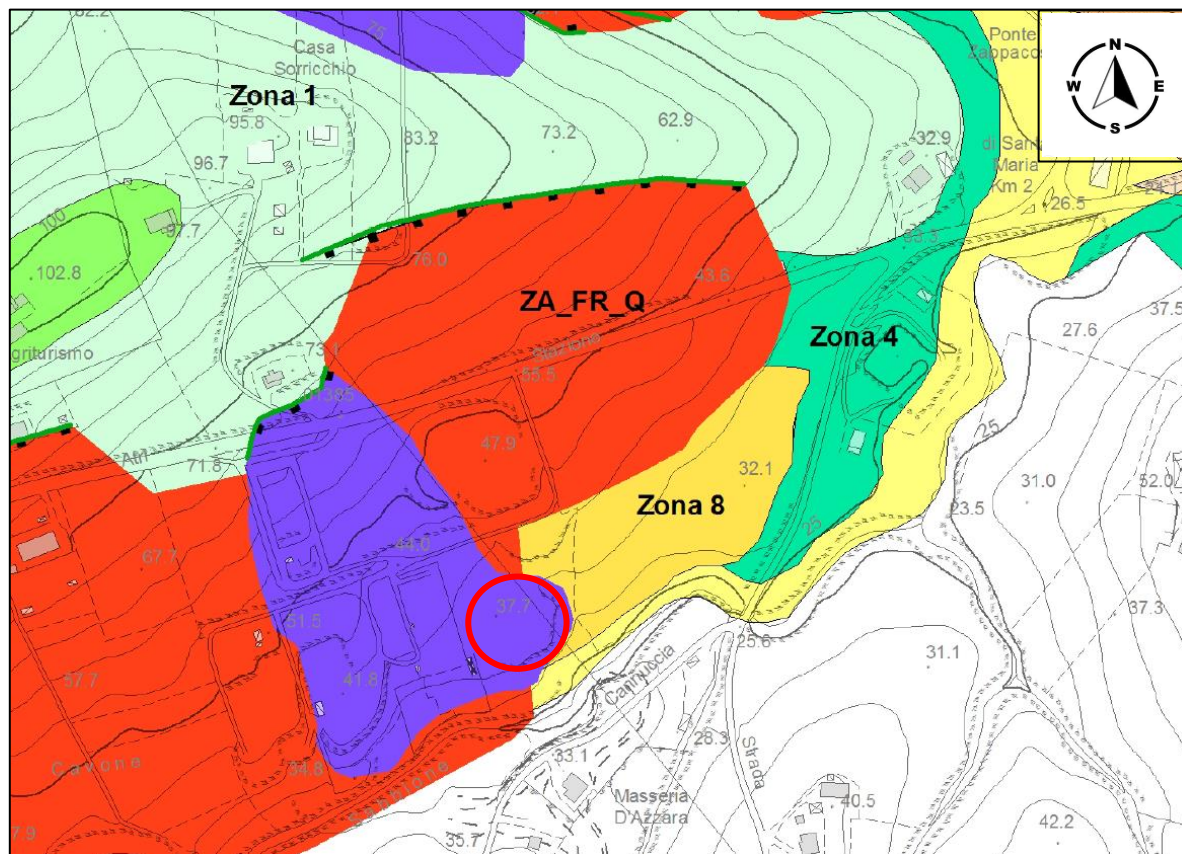


Ubicazione area in esame

Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.)

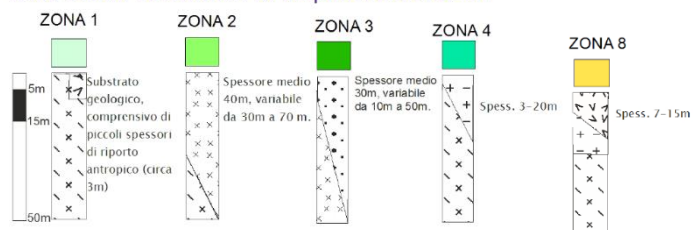
Microzonazione Sismica di Livello 1 del Comune di Pineto

Fuori scala



LEGENDA

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



Zone di Attenzione

– per instabilità di versante

- ZA_FR.A: zona di attenzione per instabilità di versante attiva (in questa zona sono state inserite le aree a calanchi)
- ZA_FR.Q: zona di attenzione per instabilità di versante quiescente
- ZA_FR.I: zona di attenzione per instabilità di versante inattiva

- Substrato geologico coesivo, con Vs<800m/s, sovraconsolidato, costituito prevalentemente da argilla marnosa, localmente intercalate a sottili livelli di sabbia. Vs=310 m/s.
- Substrato geologico coesivo granulare, con Vs<800m/s costituito da sabbie e argille in rapporto A/P=1 circa.
- Substrato geologico granulare, con Vs<800m/s costituito da sabbie e ghiaie stratificate e localmente cementate. Vs=450 m/s.
- Sabbie ghiaiose, moderatamente addensate.
- Limo sabbioso, moderatamente addensato.
- Riporto antropico, costituito da materiali estremamente eterogenei (rilevati stradali, accumuli di terre di scavo, cocci di laterizi, ecc.).
- Limi argillosi generalmente poco addensati.

Ghiaie e ghiaie sabbiose, sciolte.

Sabbie. Sabbie recenti e sabbie attuali, con spessori di circa variabili dai pochi metri a circa 10m.



Ubicazione area in esame

Allegato 9

VERIFICA DI STABILITA'
DEL VERSANTE ANTE E POST OPERAM

Relazione di calcolo

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

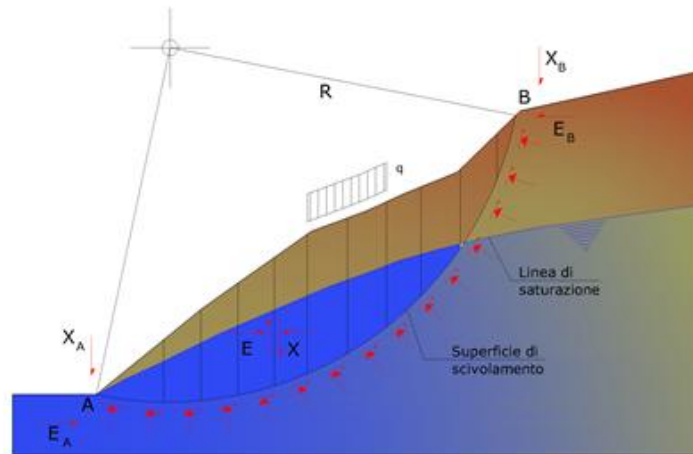
Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



Metodo dei concii

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di concii. Se il numero dei concii è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i ;
- $(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei concii;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei concii;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a (n-2) in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

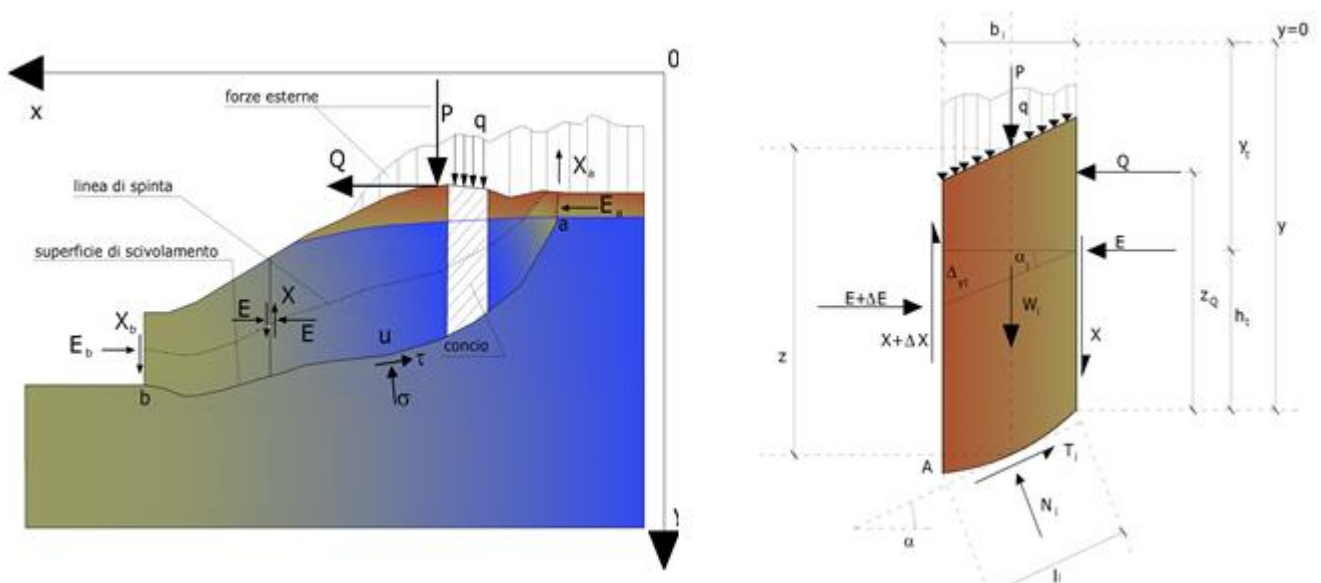
I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le (n-2) indeterminazioni.

Metodo di Janbu (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \phi_i \} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \phi_i} / F}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

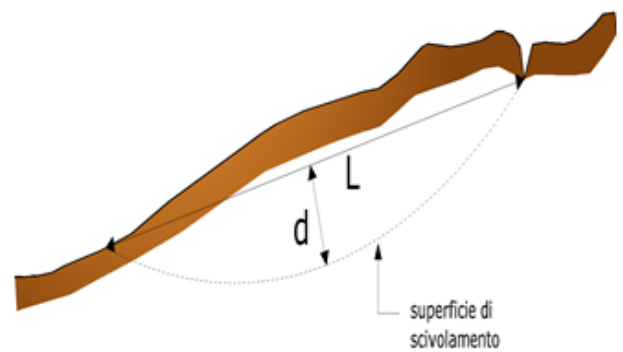
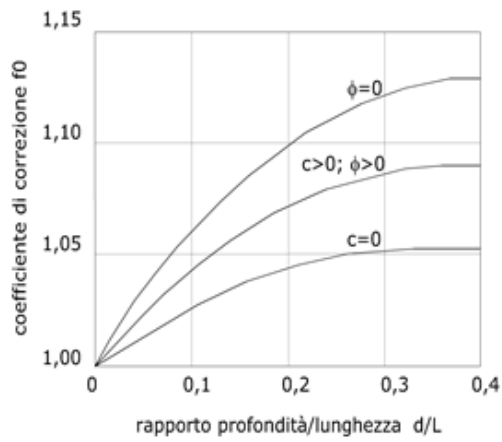


Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \cdot F$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.



Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- W peso concio;
- K_x coefficiente sismico orizzontale;

- K_y coefficiente sismico verticale.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

ANALISI DI STABILITÀ ANTE OPERAM

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	42,605251/14,034777
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-45,55 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	25,58 m
Ascissa vertice destro superiore xs	21,84 m
Ordinata vertice destro superiore ys	64,89 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
Classe d'uso: Classe II
Vita nominale: 50,0 [anni]
Vita di riferimento: 50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,48	2,43	0,28
S.L.D.	50,0	0,61	2,44	0,3
S.L.V.	475,0	1,61	2,43	0,35
S.L.C.	975,0	2,11	2,45	0,35

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,72	0,18	0,0132	0,0066
S.L.D.	0,915	0,18	0,0168	0,0084
S.L.V.	2,3516	0,24	0,0576	0,0288
S.L.C.	2,9196	0,31	0,0923	0,0461

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0576

Coefficiente azione sismica verticale 0,0288

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	-55,07	-2,76
2	-54,46	-3,58
3	-52,72	-4,91
4	-50,48	-1,33
5	-42,41	1,63
6	-32,0	2,65
7	-16,99	5,0
8	-3,73	7,24
9	0,05	8,06
10	7,91	8,67
11	13,73	8,67
12	45,05	8,58
13	46,6	8,57
14	46,79	9,33
15	77,83	9,69
16	84,69	9,95
17	85,18	11,31
18	89,47	11,43
19	97,23	11,43

Piezometrica Nr..1

Nr.	X (m)	y (m)
1	-55,07	-3,16
2	-51,22	-2,86

3	-38,3	-1,84
4	-25,54	-0,65
5	-10,23	0,71
6	2,19	2,07
7	14,44	2,58
8	27,02	2,58
9	41,82	2,75
10	55,26	3,1
11	65,47	3,78
12	78,74	4,12
13	95,92	4,97
14	97,23	5,03

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	-54,82	-2,93
2	-54,39	-3,31
3	-54,46	-3,58
4	-54,46	-3,58
5	-52,97	-4,71
6	-52,75	-4,93
7	-50,49	-1,24
8	-42,55	1,66
9	-30,08	2,89
10	-27,0	2,92
11	-12,77	4,63
12	-0,88	5,86
13	10,04	8,07
14	18,87	8,19
15	31,13	8,19
16	46,34	8,07

17	48,79	8,68
18	57,62	9,29
19	67,31	9,29
20	79,94	9,54
21	83,99	9,66
22	85,46	10,64
23	89,75	10,89
24	97,23	11,26

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	-54,84	-2,85
2	-53,11	-4,57
3	-52,68	-4,87
4	-51,87	-3,54
5	-33,99	-2,11
6	-16,33	-0,89
7	-1,25	0,46
8	16,05	1,57
9	33,95	1,94
10	60,32	2,55
11	74,91	3,41
12	89,02	3,53
13	97,23	4,03

Coefficienti parziali azioni

=====		
Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
=====		

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0,00		18,00	1850,00	1900,00	Terreno di riporto	
2	0,04		23	2000,00	2050,00	Limo argilloso debolmente sabbioso	
3	0,15		27	2050	2100	Argilla limosa grigia	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	13,7	8,7	46,7	8,7	1
2	46,9	9,3	65,4	9,513525	0,5

Risultati analisi pendio

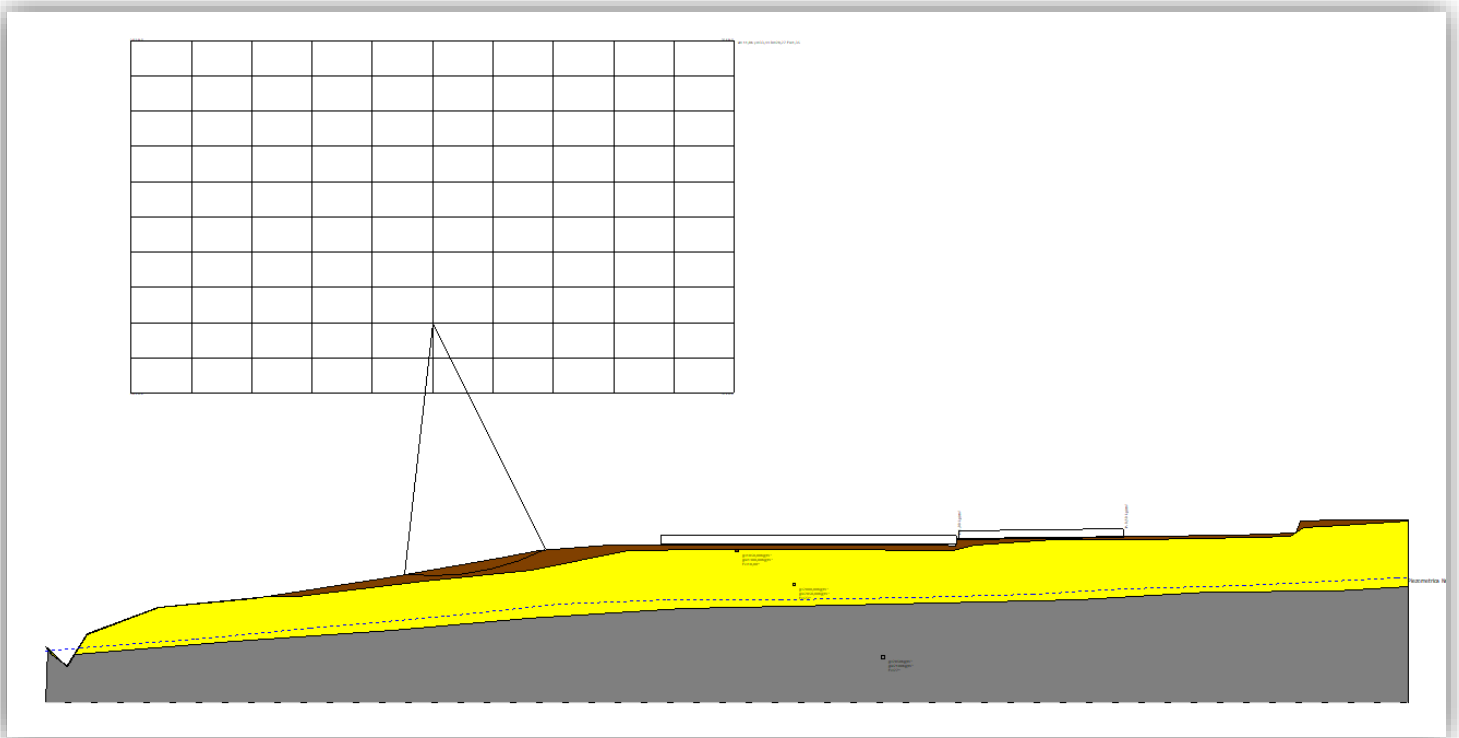
Fs minimo individuato	1,35
Ascissa centro superficie	-11,86 m
Ordinata centro superficie	33,44 m
Raggio superficie	28,27 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = -11,855 yc = 33,44 Rc = 28,269 Fs=1,354

Nr.	B	Alfa	Li	Wi	Kh•Wi	Kv•Wi	c	Fi	Ui	N'i	Ti
	m	(°)	m	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(kg/cm ²)	(°)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
1	1,56	-4,7	1,57	601,36	34,64	17,32	0,0	18,0	0,0	615,5	148,2
2	1,56	-1,5	1,57	1614,41	92,99	46,5	0,0	18,0	0,0	1625,4	390,3
3	1,56	1,6	1,57	2376,26	136,87	68,44	0,0	18,0	0,0	2361,0	566,9
4	1,56	4,8	1,57	2886,86	166,28	83,14	0,0	18,0	0,0	2839,6	684,0
5	1,56	8,0	1,58	3143,82	181,08	90,54	0,0	18,0	0,0	3071,0	744,4
6	1,56	11,2	1,6	3142,33	181,0	90,5	0,0	18,0	0,0	3057,9	748,3
7	1,84	14,8	1,9	3339,53	192,36	96,18	0,0	18,0	0,0	3248,1	806,3
8	1,29	18,1	1,36	1940,28	111,76	55,88	0,0	18,0	0,0	1892,8	477,9
9	1,56	21,2	1,68	1777,6	102,39	51,2	0,0	18,0	0,0	1744,1	448,9
10	1,56	24,6	1,72	846,0	48,73	24,36	0,0	18,0	0,0	838,3	221,3

ANALISI DI STABILITÀ ANTE OPERAM



$$FS_{min} = 1,35$$

ANALISI DI STABILITÀ POST OPERAM

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	42,605251/14,034777
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-45,55 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	25,58 m
Ascissa vertice destro superiore xs	21,84 m
Ordinata vertice destro superiore ys	64,89 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]

Vita di riferimento:

50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:

C

Categoria topografica:

T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,48	2,43	0,28
S.L.D.	50,0	0,61	2,44	0,3
S.L.V.	475,0	1,61	2,43	0,35
S.L.C.	975,0	2,11	2,45	0,35

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,72	0,18	0,0132	0,0066
S.L.D.	0,915	0,18	0,0168	0,0084
S.L.V.	2,3516	0,24	0,0576	0,0288
S.L.C.	2,9196	0,31	0,0923	0,0461

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,0576

Coefficiente azione sismica verticale

0,0288

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	-55,07	-2,76
2	-54,46	-3,58

3	-52,72	-4,91
4	-50,48	-1,33
5	-42,41	1,63
6	-32,0	2,65
7	-16,99	5,0
8	-3,73	7,24
9	-3,7	8,21
10	7,91	8,67
11	13,73	8,67
12	42,42	8,35
13	42,37	10,18
14	47,8	10,26
15	75,97	10,06
16	84,77	10,2
17	85,18	11,31
18	89,47	11,43
19	97,23	11,43

Piezometrica Nr..1

Nr.	X (m)	y (m)
1	-55,07	-3,16
2	-51,22	-2,86
3	-38,3	-1,84
4	-25,54	-0,65
5	-10,23	0,71
6	2,19	2,07
7	14,44	2,58
8	27,02	2,58
9	41,82	2,75
10	55,26	3,1

11	65,47	3,78
12	78,74	4,12
13	95,92	4,97
14	97,23	5,03

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	-54,82	-2,93
2	-54,39	-3,31
3	-54,46	-3,58
4	-54,46	-3,58
5	-52,97	-4,71
6	-52,75	-4,93
7	-50,49	-1,24
8	-42,55	1,66
9	-30,08	2,89
10	-27,0	2,92
11	-12,77	4,63
12	-0,88	5,86
13	10,04	8,07
14	18,87	8,19
15	31,13	8,19
16	46,34	8,07
17	48,79	8,68
18	57,62	9,29
19	67,31	9,29
20	79,94	9,54
21	83,99	9,66
22	85,46	10,64
23	89,75	10,89
24	97,23	11,26

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	-54,84	-2,85
2	-53,11	-4,57
3	-52,68	-4,87
4	-51,87	-3,54
5	-33,99	-2,11
6	-16,33	-0,89
7	-1,25	0,46
8	16,05	1,57
9	33,95	1,94
10	60,32	2,55
11	74,91	3,41
12	89,02	3,53
13	97,23	4,03

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0 1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0 1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0,00		18,00	1850,00	1900,00	Terreno di riporto	
2	0,04		23	2000,00	2050,00	Limo argilloso debolmente sabbioso	
3	0,15		27	2050	2100	Argilla limosa grigia	

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	0,98
Ascissa centro superficie	-5,12 m
Ordinata centro superficie	25,58 m
Raggio superficie	18,15 m

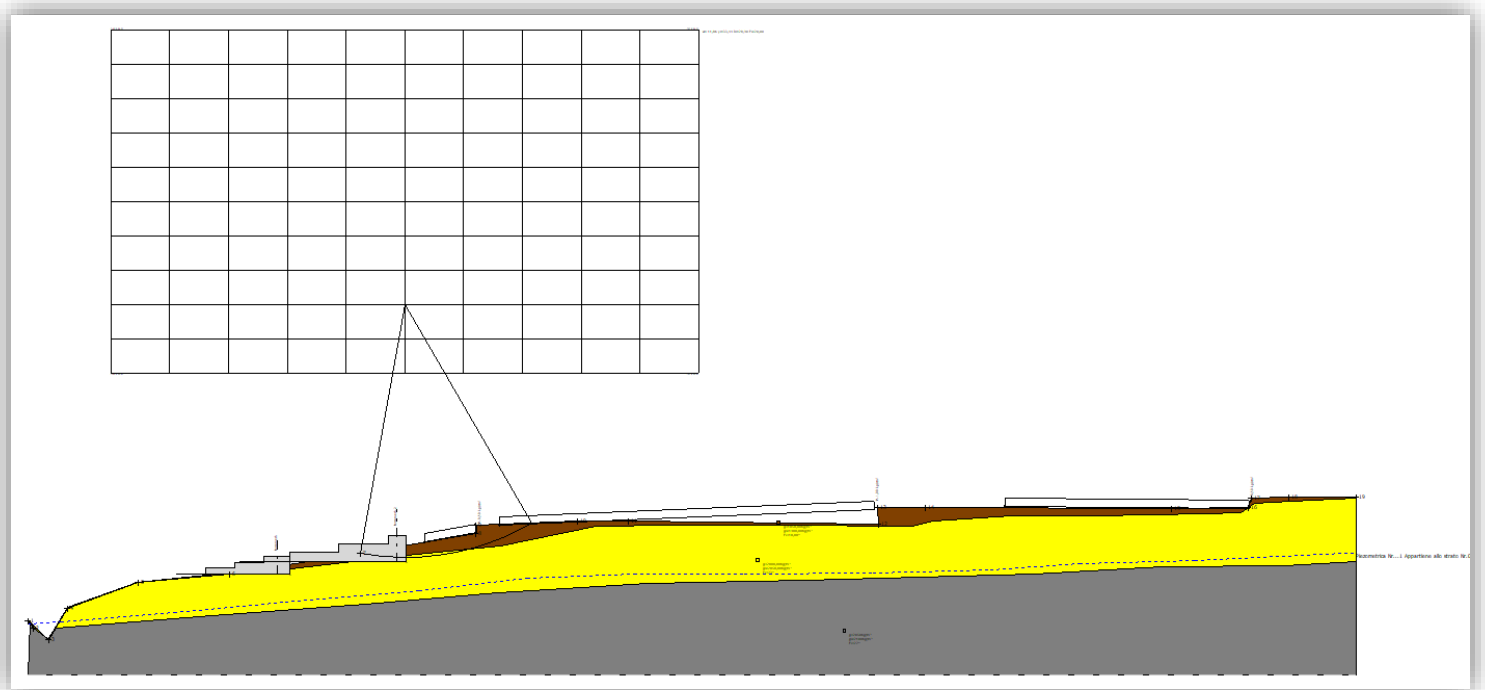
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = -11,855 yc = 33,44 Rc = 28,904 Fs=20,00

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,97	-8,3	1,99	56390,3	3248,08	1624,04	0,0	18,0	0,051242,0	-39914,0	
2	1,97	-4,3	1,97	3194,72	184,02	92,01	0,0	18,0	0,0	3026,8	-2339,9
3	1,97	-0,4	1,97	4756,12	273,95	136,98	0,04	23,0	0,0	4706,4	-6607,5
4	1,97	3,5	1,97	8219,61	473,45	236,72	0,04	23,0	0,0	8891,9	-10845,4
5	1,97	7,4	1,98	16201,09	933,18	466,59	0,04	23,0	0,0	19075,0	-21269,3

6	1,97	11,4	2,0116195,44	932,86	466,43	0,04	23,0	0,021185,1	-23702,7
7	1,46	14,8	1,5111664,89	671,9	335,95	0,0	18,0	0,015164,7	-12092,8
8	0,02	16,4	0,02 197,56	11,38	5,69	0,0	18,0	0,0 266,1	-213,8
9	4,42	21,1	4,7432749,25	1886,36	943,18	0,0	18,0	0,049946,0	-41263,2
10	1,97	28,0	2,2320533,99	1182,76	591,38	0,0	18,0	0,039410,5	-34406,7

ANALISI DI STABILITÀ POST OPERAM



$$FS_{min} = 20,00$$