

COMMITTENTE:



COMUNE DI CASTELBUONO

PROVINCIA DI PALERMO

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

INTERVENTO:

OPERE DI DRENAGGIO E CONSOLIDAMENTO IN VIA TENENTE ERNESTO FORTE IN CASTELBUONO

OGGETTO:

RELAZIONE GEOLOGICA

ELABORATO N°:

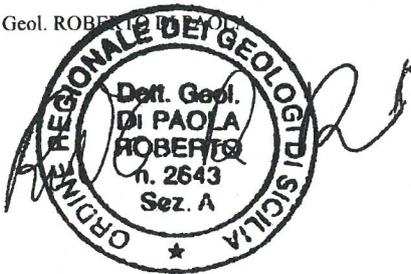
R2:

SCALA:

Il Geologo

RIF N°: -

Geol. ROBERTO DI PAOLA



REV:	DATA:	REDATTO:	VERIFICATO:	APPROVATO:
0	08/10/2017	Geol. Roberto Di Paola		

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. SANTI SOTTILE



Il Sindaco
Mazzola

PREMESSA

Per incarico conferitomi dal Responsabile del III Settore Tecnico del Comune di Castelbuono – Ing. Santino Sottile - con Determinazione n. 175 del 22/09/2017, lo scrivente ha eseguito lo studio geologico atto a definire le caratteristiche geomorfologiche, litologiche, idrogeologiche e strutturali, nonché fisiche e meccaniche dei terreni interessati da un progetto per le “Opere di drenaggio e consolidamento in via tenente Ernesto Forte in Castelbuono”.

Per l'espletamento del presente incarico, il sottoscritto, ha eseguito un accurato rilievo geologico di superficie dell'area direttamente interessata dalla realizzazione del progetto in questione, nonché, di un intorno sufficientemente ampio per una corretta e completa caratterizzazione geologica dell'area. Inoltre, sono stati eseguiti nell'area di progetto, apposite indagini dirette ed indirette, al fine di ricavare i parametri geotecnici e geofisici dei terreni presenti.

Nello specifico, il Responsabile del III Settore Tecnico del Comune di Castelbuono, con Determinazione n. 267 del 23/12/2016, ha affidato alla ditta GEO 3 s.a.s., l'incarico per l'esecuzione delle indagini geognostiche, geofisiche e prove di laboratorio sui campioni prelevati, da realizzare secondo l'apposito Piano di indagini all'uopo redatto.

Lo scrivente, quindi, utilizzando i risultati ottenuti dal rilevamento geologico di superficie dell'area interessata dal progetto, unitamente ai dati bibliografici, all'osservazione diretta dei terreni, ai risultati analitici ottenuti dall'apposita campagna di indagini geognostiche e geofisiche, eseguita direttamente nell'area di intervento, ha redatto la presente relazione geologica a supporto della progettazione in oggetto.

A corredo del presente lavoro, per una più completa esposizione degli argomenti trattati, si allegano i seguenti elaborati:

- . Corografia in scala 1:25.000
- . Carta geologica di dettaglio in scala 1:200
- . Carta geomorfologica in scala 1:200
- . Stralcio carta dei dissesti allegata al PAI
- . Stralcio carta delle pericolosità geomorfologiche allegata al PAI

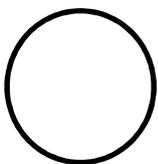
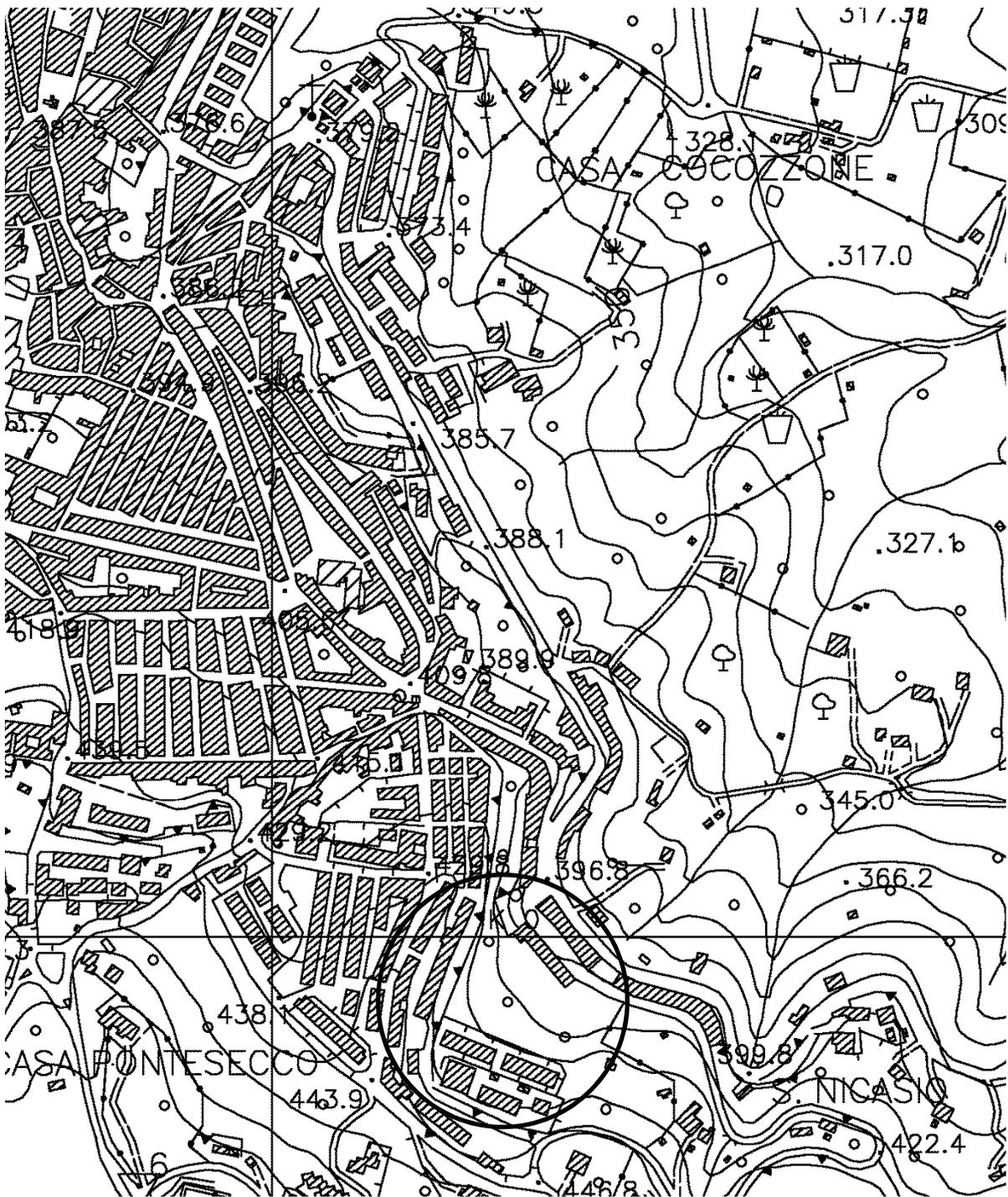
. Stralcio ortofoto con ubicazione indagini e dettaglio zone di studio

. Sezione geologica

.

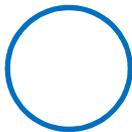
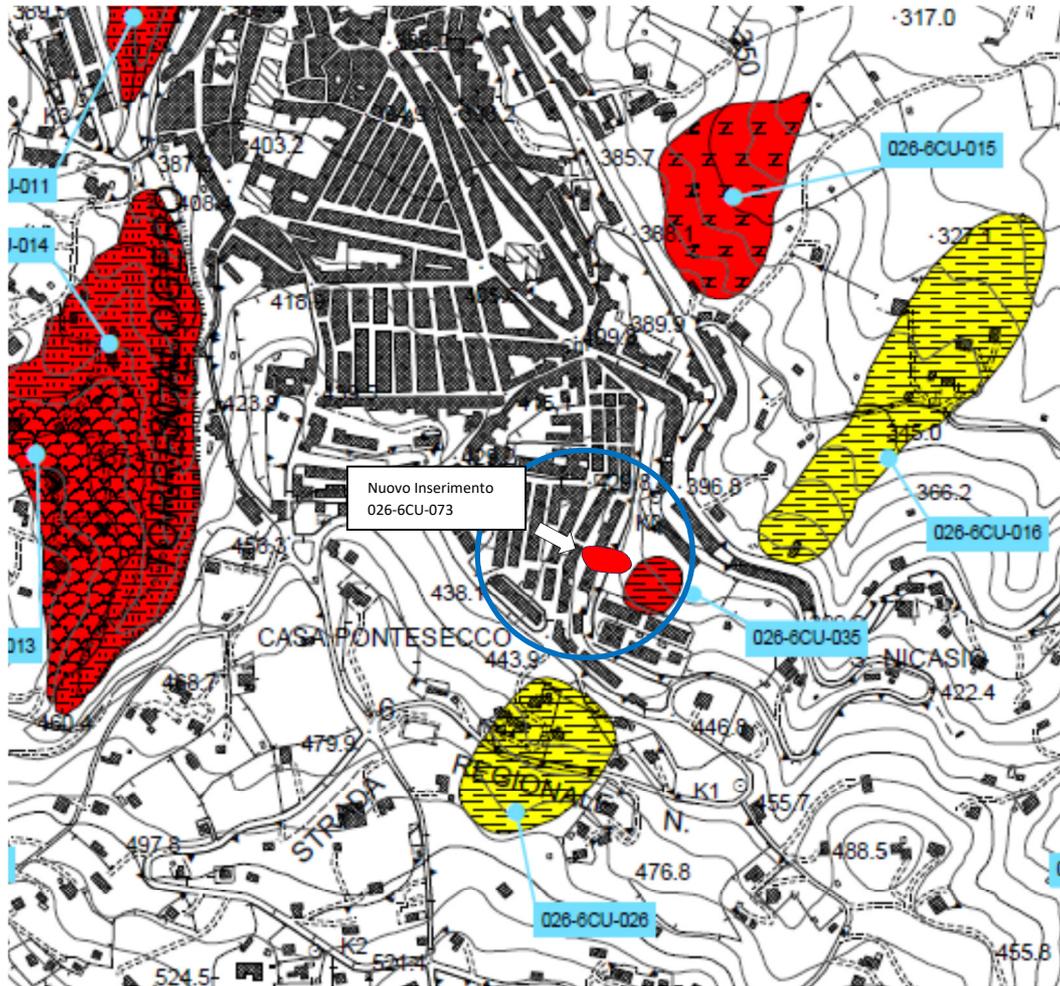
Si allegano alla presente progetto i risultati delle prove effettuate dalla ditta GEO3 s.a.s. raccolte in un unico elaborato nominato R3 - Indagini geognostiche, geofisiche e prove di laboratorio

COROGRAFIA SCALA 1:10000



Area in esame

Stralcio della Carta dei Dissesti del P.A.I.



Area in esame

LEGENDA

FENOMENI FRANOSI

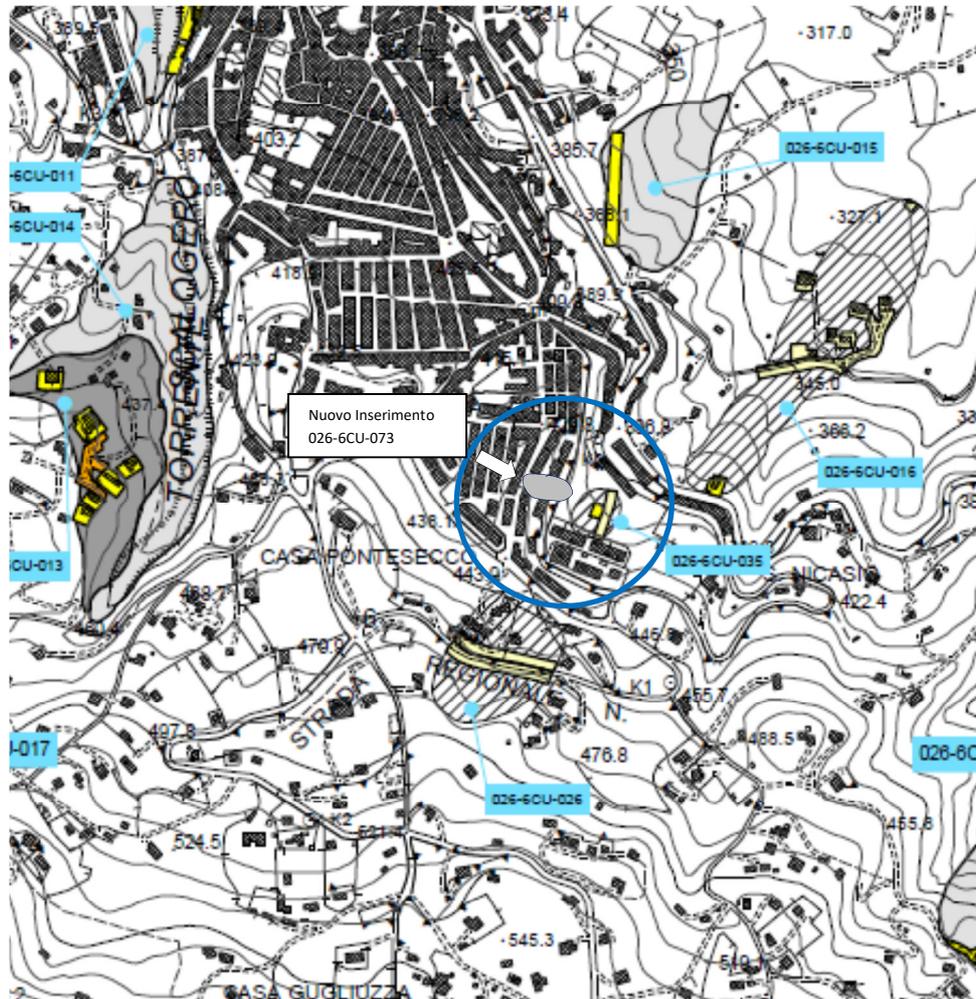
-  Crollo e/o ribaltamento
-  Colamento rapido
-  Sprofondamento
-  Scorrimento
-  Frana complessa
-  Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)
-  Colamento lento
-  Area a franosità diffusa
-  Deformazione superficiale lenta
-  Calanco
-  Dissesti dovuti ad erosione accelerata
-  Sito d'attenzione

STATO DI ATTIVITA'

-  Attivo
-  Inattivo
-  Quiescente
-  Stabilizzato artificialmente o naturalmente

-  Limite bacino idrografico
-  Limite dell'area intermedia
-  Limite comunale

Stralcio della Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico del P.A.I.



Area in esame

LEGENDA

LIVELLI DI PERICOLOSITA'

	P0 basso
	P1 moderato
	P2 medio
	P3 elevato
	P4 molto elevato
	Sito d'attenzione

LIVELLI DI RISCHIO

	R1 moderato
	R2 medio
	R3 elevato
	R4 molto elevato

	Limite bacino idrografico
	Limite dell'area intermedia
	Limite comunale

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO

Questa relazione geologica mira ad individuare il contesto geologico, geomorfologico e strutturale in cui si è manifestato il movimento franoso in via Tenente Ernesto Forte in maniera tale da poter opportunamente dimensionare le opere di cui all'oggetto. Tale movimento franoso gravitativo, innescatosi in conseguenza delle intense precipitazioni, ha coinvolto una zona densamente edificata all'interno dell'abitato di Castelbuono, in via Tenente Ernesto Forte, a una quota compresa tra 400 e 480 metri s.l.m.. Topograficamente, il sito rientra nella Tavoleta "Castelbuono", Foglio n°260, Quadrante IV, Orientamento N.E., redatta dall'I.G.M.I. alla scala 1:25000. Nella CTR, ricade invece nel Foglio 610 "Castelbuono", Sezione 610060 "Castelbuono", scala 1:10000.

Il Comune di Castelbuono, nonché l'area di intervento del progetto delle "Opere di drenaggio e consolidamento in via Tenente Ernesto Forte in Castelbuono", ricadono all'interno del Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), inerente il "Bacino Idrografico del F. Pollina (026)", redatto dall'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente, ed approvato con D.P.R.S. n. 89 del 27/03/2007, pubblicato sulla G.U.R.S. n°25 del 01/06/2007, recentemente aggiornato per la parte geomorfologica, con D.P.R.S. n. 154 del 30/04/2015, pubblicato sulla G.U.R.S. n° 24 del 12/06/2015.

Dal punto di vista geomorfologico il territorio in studio può definirsi collinare di media altitudine, con un continuo alternarsi di alture separate da valli entro cui sono impostati piccoli ruscelli, alcuni oggi non più attivi

E' evidente infatti su tutto il territorio, come lungo le porzioni di massima pendenza si sia impostata una rete d'impluvi che ha svolto un ruolo determinante nella creazione delle forme attuali del paesaggio, incidendo piccole valli a gradiente topografico più elevato nelle parti iniziali, che si attenua alle quote più basse dove le valli diventano più ampie. Non meno significative sono le azioni espletate dalle acque dilavanti e ruscellanti, con le prime che scorrono con deflusso laminare sul territorio fino ad incanalarsi e creare incisioni, e dai fenomeni combinati di alterazione fisico-chimica e meccanica operata dagli agenti atmosferici sui terreni. I rilievi nell'area presentano pendii con acclività variabile, sui quali si apprezzano locali brusche

variazioni di pendenza. Tutti vanno poi a raccordarsi a Nord, con un vasta area di origine alluvionale, caratterizzata da superfici con inclinazioni più lievi e costanti.

L'unione tra l'acclività dei pendii e la natura litologica dei terreni affioranti, costituiti da un'alternanza di argille e argilliti, unitamente alle loro caratteristiche intrinseche di permeabilità e a un massiccio ruscellamento diffuso, implica la formazione di fenomeni gravitativi che spesso evolvono in frane di colamento (soliflusso e soil creep), scorrimenti rotazionali, smottamenti e frane di tipo complesso (Varnes 1978).

L'azione erosiva più intensa è sicuramente quella esercitata dalle acque di ruscellamento superficiale che causano erosione diffusa e denudamento dei versanti, mentre le acque incanalate sono la causa dei solchi vallivi e dell'approfondimento degli alvei, con conseguente innesco di fenomeni erosivi diffusi su litologie a maggiore plasticità.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'area in esame presenta, al di sotto di uno strato di materiale di alterazione, estremamente eterogeneo per granulometria composizione, la successione pelitica appartenente alla Formazione Flysch Numidico.

I sedimenti di origine continentale sono costituiti da associazioni litologiche caratterizzate da risposte molto diverse nei confronti della permeabilità; nella fattispecie le porzioni più limose si comportano come sedimenti a bassa permeabilità; mentre, nelle porzioni ove prevale la componente sabbiosa sono presenti livelli caratterizzati da alta permeabilità per porosità primaria. Ne deriva per l'ammasso, una permeabilità media che, comunque, a causa dell'estensione limitata e dello spessore relativamente modesto, non consente alla formazione di assumere la connotazione di un vero e proprio acquifero sede di falda idrica nonostante la presenza di un substrato impermeabile. Solo nell'ambito delle porzioni più permeabili sono state individuate modeste circolazioni idriche a carattere ipodermico e stagionale.

Le argilliti numidiche presentano una permeabilità molto bassa, anche perché, contrariamente a quanto generalmente riscontrabile in questa formazione, nell'area esaminata sono quasi del tutto assenti consistenti intercalazioni quarzarenitiche, essendo frequentemente fratturate e fessurate, conferiscono all'insieme una certa permeabilità, sia pur bassa e di tipo "orientata". Solo nella porzione sommitale, alterata e degradata la formazione presenta una permeabilità apprezzabile per porosità secondaria. Nel complesso questi terreni vanno comunque considerati impermeabili e costituiscono, su scala più ampia, il limite di permeabilità del complesso calcareo dolomitico dei Monti delle Madonie.

Dal punto di vista idrogeologico, i complessi litologici di natura Flyschioide affioranti nell'area in esame, possiedono una bassa conducibilità idraulica, nell'ordine di 10^{-5} a 10^{-6} (cm/sec).

Nelle porzioni più superficiali l'infiltrazione è favorita dalle crepe che si formano nelle intercalazioni a consistenza litoide, ma nelle porzioni più profonde l'acqua d'infiltrazione tende a fermarsi lungo piani di scorrimento ben precisi formati dalla giacitura delle argilliti compatte, ne consegue la formazione di acquiferi di tipo multi

falda, la dove la fessurazione delle rocce è maggiore e la formazione di orizzonti sorgentizi stagionali dove gli strati rocciosi affiorano in superficie.

La circolazione idrica primaria è comunque di tipo superficiale diffuso, che dà origine a un reticolo idrografico di tipo dendritico - subdendritico, caratterizzato da un andamento delle aste fluviali che segue le principali linee tettoniche presenti nella zona d'interesse.

Nella zona in frana la permeabilità cresce fino ad arrivare a valori di 10^{-3} a 10^{-4} **(cm/sec)**,

Oltre al Flysch Numidico si rinviene, nell'area di interesse, la presenza di coltri eluvio-colluviali aventi permeabilità generalmente alta, nell'ordine di 10^{-1} a 10^{-3} **(cm/sec)**, il drenaggio è molto rapido e l'alimentazione superficiale è solo quella diretta, tranne rari casi di travaso da altri acquiferi

Durante la campagna di indagini effettuate, nel foro di sondaggio S1 è stato installato un piezometro, in data 05.10.2017 è stata effettuata dallo scrivente una misura del livello di falda che si attestava intorno ai 14 mt dal piano campagna; tuttavia bisogna considerare che l'area in oggetto è stata soggetta ad una stagione invernale particolarmente secca con un livello di piogge inferiore alla media stagionale.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

L'area investigata fa parte del complesso geologico strutturale noto nella letteratura col nome di complesso Panormide

Tali domini paleogeografici a partire dal Miocene inferiore sono stati via via deformati da nord verso sud determinando così la genesi di corpi geologici caratterizzati da omogeneità di facies e di comportamento strutturale.

Nei ristretti limiti dell'area indagata affiora la porzione terrigena del Complesso Panormide; in particolare si tratta dei sedimenti terrigeni della Formazione del Flysch Numidico, che costituiscono il substrato dell'area indagata. Questa formazione si è depositata in bacini profondi in prossimità di aree emerse, contemporaneamente alle prime fasi orogeniche oligo-mioceniche, quando il processo di demolizione dei terreni preesistenti era molto intenso e l'elevato apporto detritico veniva distribuito sui fondali da correnti di torbida che hanno conferito al sedimento la gradazione ed altre strutture caratteristiche.

A causa dell'alta velocità di sedimentazione il contenuto in fossili è estremamente scarso, ma comunque sufficiente ad attribuire alla formazione in esame un'età che va dall'Oligocene superiore al Miocene inferiore.

In particolare l'area interessata dal movimento franoso presenta nella porzione più superficiale della serie stratigrafica locale un orizzonte con spessore variabile, di limo argilloso di colore marrone-brunastro, dovuto alla presenza di sostanza organica, umido, a plasticità variabile con intercalazioni di livelli sabbiosi e ghiaiosi.

Al di sotto di questo orizzonte stratigrafico, ritroviamo una coltre pressoché continua di materiale argilloso con discrete caratteristiche geologico-tecniche che spesso risulta anche fortemente alterato a causa dei processi fisico chimici quali l'ossidazione che trasforma le argilliti grigie in terreni friabili divisibili in piccole scagliette fragili, in queste condizioni presentano un grado di cementazione modesto e scarsa consistenza

La parte terminale della serie stratigrafica è formata di terreni della formazione oligo-miocenica del Flysch Numidico, una formazione che tendenzialmente risulta formata da due componenti sostanziali, una porzione sabbioso argillosa a matrice quarzosa, e una porzione formata da banconi quarzarenitici di potenza da centimetrica

e metrica. Dal punto di vista strutturale, i depositi ricadenti in quest'area, sono il risultato di un'intensa attività tettonica che ha portato alla deformazione dei domini paleogeografici modificando i rapporti di giacitura e portando infine alla formazione di nuove unità stratigrafiche – strutturali.

Dal rilievo geologici di superficie e dalle indagini geotecniche effettuate è stato possibile ricostruire la serie stratigrafica dell'area in esame. Da questi studi si evince che nell'area abbiamo, andando dall'alto verso il basso:

- Copertura limo-argillosa
- Argille alterate
- Argilliti del Flysch Numidico

Copertura limo-argillosa

La porzione più superficiale della serie stratigrafica locale è rappresentata da un orizzonte con spessore variabile, nell'area investigata, da 0,5 a 2 m. di limo argilloso di colore marrone-brunastro, dovuto alla presenza di sostanza organica, umido, a plasticità variabile con intercalazioni di livelli sabbiosi e ghiaiosi

Argilliti flyschiodi debolmente alterate

La formazione di base, rappresentata dalle argilliti del Flysch numidico, è ricoperta da una coltre pressoché continua di materiale argilloso di colore marrone tabacco, a struttura brecciata debolmente limosa e plastica, intercalata a vari livelli a porzioni argillitiche, che da quanto osservato nel corso della campagna di indagini presenta uno spessore intorno ai 10m..

Flysch Numidico

La parte terminale della serie stratigrafica è formata di terreni della formazione oligo-miocenica del Flysch Numidico, una formazione composta da argilla, di colore grigio, debolmente coesiva e plastica, a struttura brecciata intercalata a vari livelli a porzioni maggiormente argillitiche con elementi decimetrici. Nell'area in esame questa formazione è presente fino ad una profondità di almeno 30m

CAMPAGNA DI INDAGINI

Le attività di indagine, condotta dalla ditta GEO3 s.a.s., hanno compreso l'esecuzione di n. 02 perforazioni a carotaggio continuo denominati S1 ed S2; le perforazioni hanno raggiunto 15.00 metri di profondità ed ubicate in corrispondenza del tratto di Via Ten. Ernesto Forte (S1) e a valle del cedimento manifesto (S2)

Mentre il foro S1 è stato strumentato con piezometro da 2", il foro S2 è stato installato con tubo inclinometrico in alluminio su cui è stata prevista la lettura di zero (o lettura di verticalità).

Per ogni sondaggio eseguito è stata prevista e realizzata una prova penetrometrica dinamica discontinua S.P.T. oltre al prelievo di un campione indisturbato per singolo foro da sottoporre successivamente ad analisi geotecniche di laboratorio.

Le attività di indagini geofisiche hanno previsto l'esecuzione di traverse sismiche con tecnica tomografica e traverse elettriche sempre con tecnica tomografica e indagini MASW.

Quanto alle traverse sismiche sono state eseguite n. 02 stese sismiche denominate RZ1 e RZ2 situate rispettivamente lungo la via Ten. Ernesto Forte e a valle della stessa. Le lunghezze degli stendimenti realizzati sono stati pari a 72 m per RZ1 e 48 m per RZ2,.

Quanto alle 2 indagini MASW denominate MW 1 e MW 2 sono state realizzate parallelamente alle indagini sismiche a rifrazione tomografica e rispettivamente lungo la via Ten. Ernesto Forte e a valle della stessa.

Le indagini in tomografia elettrica denominate ERT1 e ERT2, anch'esse sono state realizzate lungo la via Ten. Ernesto forte e a valle della stessa, le lunghezze degli stendimenti sono stati pari a 126 m per ERT1 e 69 metri per ERT2



Ubicazione delle traverse sismiche (RZ1 e RZ2) e indagini MASW (MASW1 e MASW2)



Ubicazione delle traverse elettriche (ERT1 e ERT2) e dei sondaggi (S1 e S2)

RISULTATI DELLE INDAGINI IN SITU

Nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo è stato possibile riconoscere la successione stratigrafica dei terreni affioranti nel sito in oggetto.

In particolare, il sondaggio S1 può essere così sinteticamente riportato:

- 0.00-1.60 m: *Terreni di riporto*
- 1.60-11.00 m: *Argille di colore marrone tabacco, a struttura brecciata, debolmente limose e plastiche, intercalate a vari livelli da porzioni argillitiche (3.30 - 3.80 m e 4.50 - 5.10 m)*
- 11.00-15.00 m: *Argille di colore grigio, debolmente coesive e plastiche, con struttura brecciata, intercalate a vari livelli da porzioni maggiormente argillitiche con elementi di dimensioni decimetriche.*

Per quanto riguarda il sondaggio S2 invece è stato riconosciuto quanto segue:

- 0.00-0.80 m: *Terreno vegetale;*
- 0.80-11.40 m: *Argille di colore marrone tabacco, a struttura brecciata, debolmente limose e plastiche, mediamente coesive, intercalate a vari livelli da porzioni argillitiche (8.50 - 8.80 m e 10.50 - 10.80 m)*
- 11.40-15.00 m: *Argille di colore grigio, debolmente coesive e plastiche, con struttura brecciata, intercalate a vari livelli da porzioni maggiormente argillitiche con elementi di dimensioni decimetriche (8.50 - 8.80 metri e 13.20 - 13.40 m).*

Le prove penetrometriche eseguite hanno fornito i risultati riportati nella tabella seguente.

Prova	Sondaggio	Profondità (m)	N. colpi	Nspt
SPT1	S1	12.00 – 12.45	20-27-31	58
SPT2	S2	10.00 – 10.45	30-32-36	68

L'analisi delle indagini sismiche ha permesso di estendere le informazioni puntuali ottenute dai sondaggi in senso trasversale al dissesto raggiungendo anche profondità più elevate (20-30 m).

Sostanzialmente gli stendimenti sismici a rifrazione RZ1 e RZ2 hanno evidenziato la presenza di quattro unità sismiche, di seguito descritte:

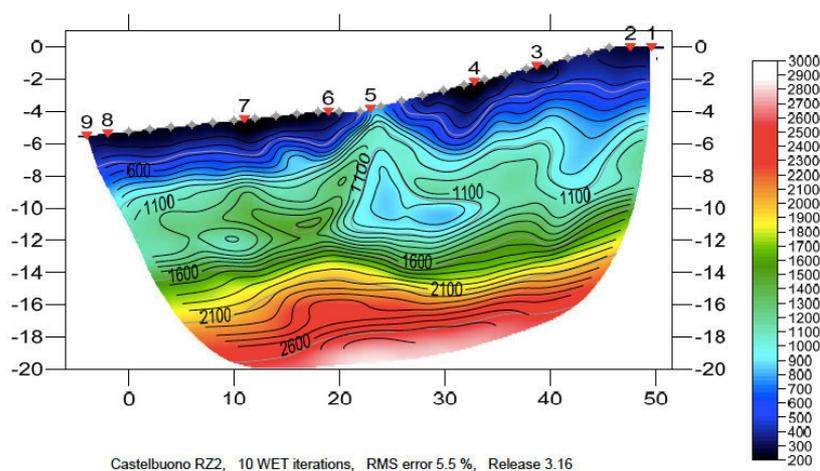
- una prima unità sismica superficiale, ad andamento irregolare, riconducibile ad uno spessore di areato superficiale, di medio-bassa consistenza con spessore variabile di circa 5 - 7 m, con velocità delle onde primarie (ONDE P) compresa tra 400 e 800 m/sec;

- una seconda unità sismica, anch'essa ad andamento irregolare, riconducibile ad una unità sismostratigrafica di media consistenza con uno spessore di circa 7.00 m e avente velocità di propagazione delle onde primarie (ONDE P) compresa tra 800 e 1500 m/sec;

- una terza unità sismica, riconducibile ad una unità sismostratigrafica di medio – alta consistenza che si estende fino a circa 18-20 m dal p.c. e avente velocità di propagazione delle onde primarie (ONDE P) compresa tra 1500 e 2200 m/sec;

- una quarta e ultima unità sismica, riconducibile ad una unità sismostratigrafica di buona consistenza, che si estende fino a 30 nella RZ1 e 20 m nella RZ2 e velocità di propagazione delle onde primarie (ONDE P) variabili tra 2200 e 3000 m/sec.

In particolare, si vuole evidenziare un'anomalia sismica, rappresentata da una forte riduzione di velocità delle onde p, riscontrata nella sezione RZ2 alle progressive comprese tra 20 e 30 m alla profondità compresa tra 4 e 6 m dal p.c. (Fig. 3)



Sezione sismica ERZ2.

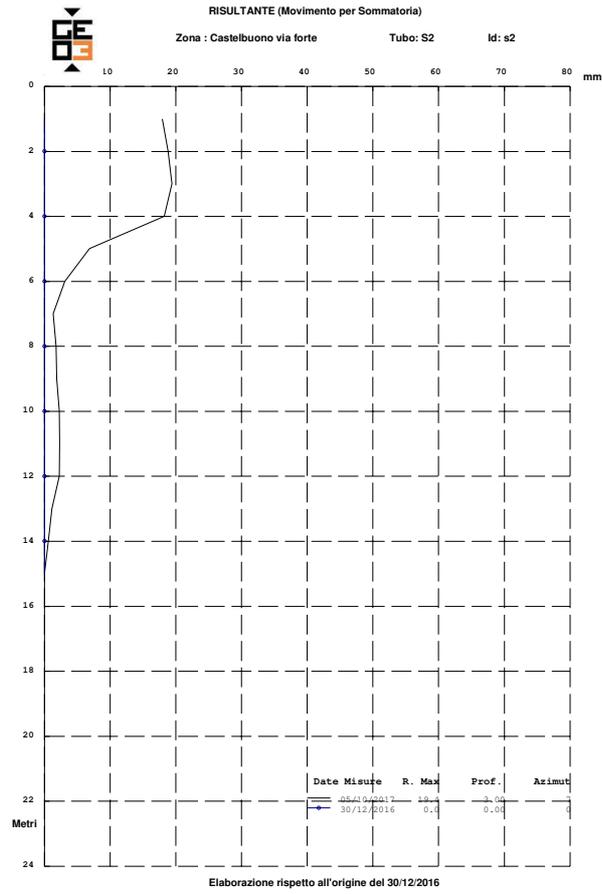
L'esecuzione delle prove sismiche di tipo MASW, denominate MASW 1 e MASW2, ha evidenziato la presenza dei seguenti strati:

- uno strato meno consistente di spessore variabile tra 3.80 e 4.50 m caratterizzato da una velocità delle onde S compresa tra 212 e 235 m/s;
- un secondo strato, avente spessore variabile tra 6.80 e 10 m, caratterizzato da una maggiore consistenza ($V_s = 380-567\text{m/s}$);
- strato delle argille integre caratterizzate da velocità V_s maggiori di 670 m/s.

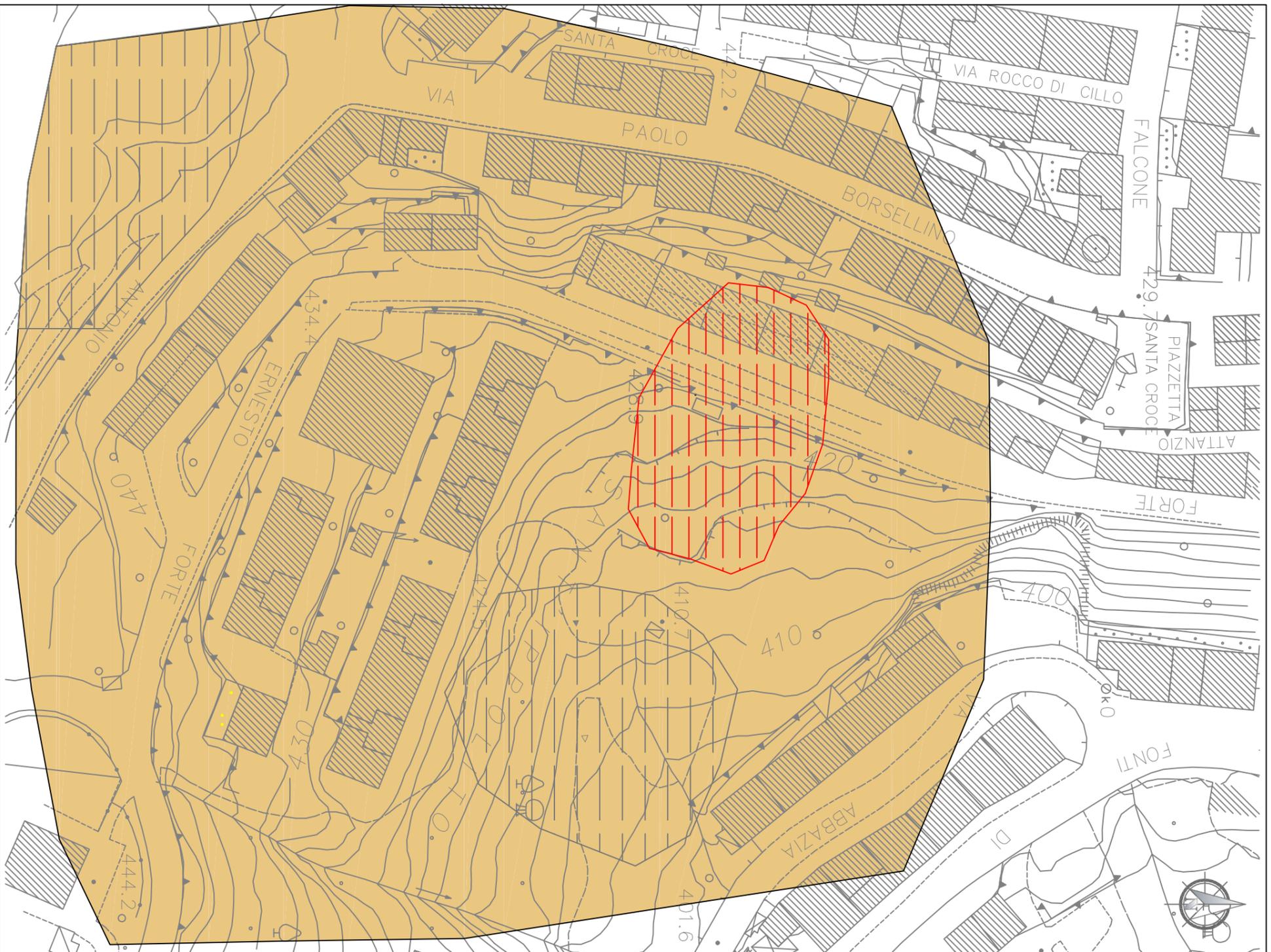
La velocità delle onde di taglio V_s mediata sui 30 m di spessore è risultata compresa tra **459** e **497** m/s. Tale parametro, secondo le NTC 2008, è fondamentale per effettuare un'analisi di risposta sismica locale mirata per esempio alla valutazione dell'azione sismica di progetto sulle strutture, sulle opere di sostegno e sui pendii o alla valutazione del rischio di liquefazione del terreno in sito, in base ai risultati ottenuti il profilo stratigrafico del suolo di fondazione rientra nella seguente categoria:

B	<i>Rocce tenere e depositi 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_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)</i>
----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Il profilo inclinometrico S2, misurato in data 05/10/2017, evidenzia uno scivolamento rigido di circa 20 mm in corrispondenza di una netta superficie di scivolamento ubicata a 4 m di profondità dal piano campagna.



Profilo inclinometrico del foro S2.



**OPERE DI DRENAGGIO E CONSOLIDAMENTO
IN VIA TENENTE ERNESTO FORTE
CASTELBUONO**

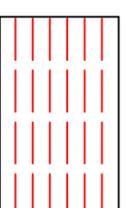
CARTA GEOLOGICA

Scala 1:200

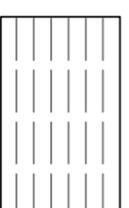
LEGENDA



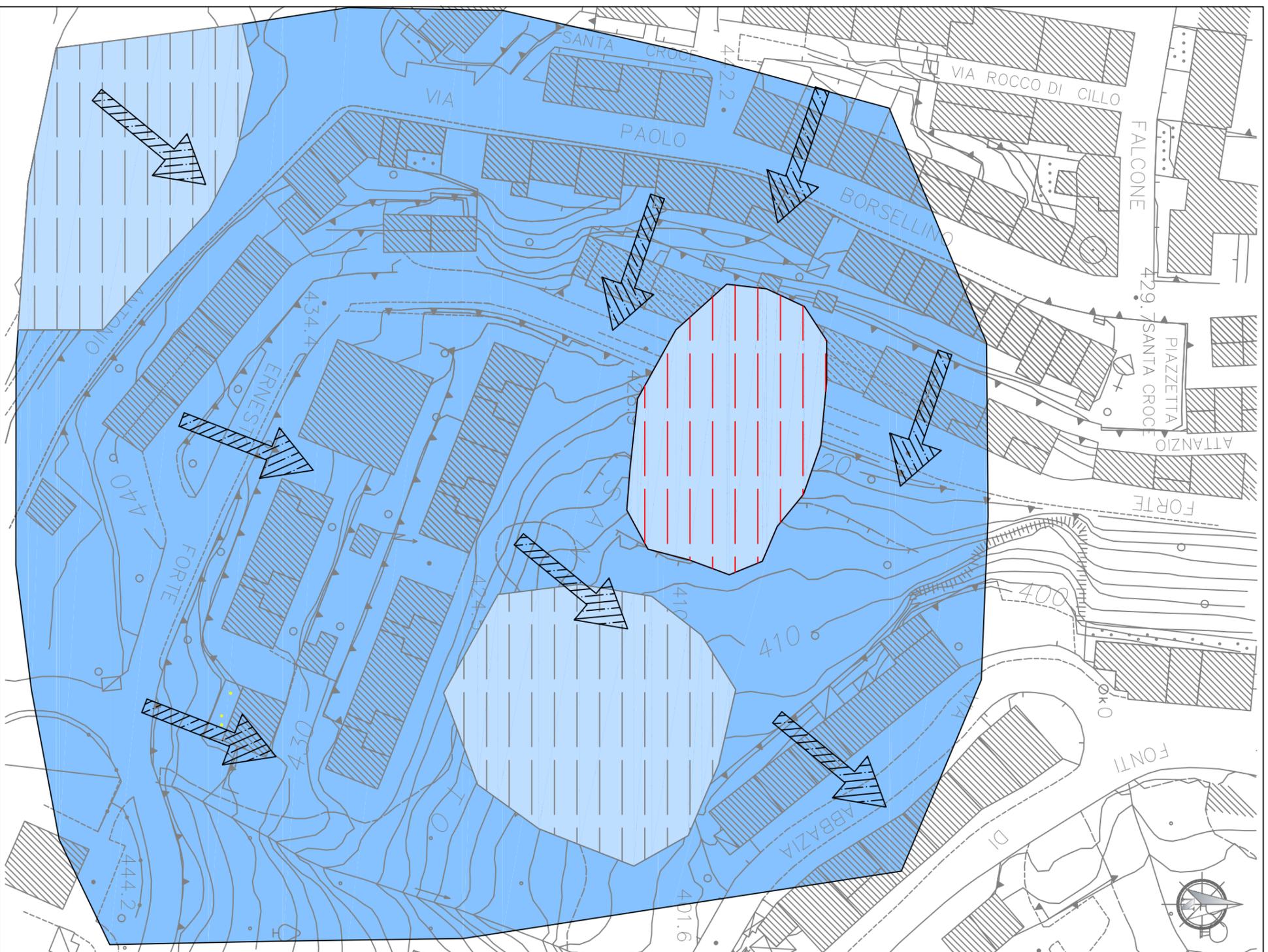
Argille di colore marrone tabacco, a struttura brecciata, debolmente limose e plastiche, intercalate a vari livelli da porzioni argillitiche



Area in frana in esame



Area in frana già censita nel P.A.I



OPERE DI DRENAGGIO E CONSOLIDAMENTO
 IN VIA TENENTE ERNESTO FORTE
 CASTELBUONO

CARTA IDROGEOLOGICA

Scala 1:200

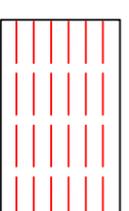
LEGENDA



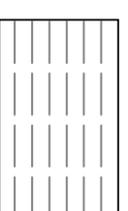
1E-5 < K < 1E-6



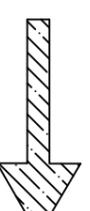
1E-3 < K < 1E-4



Area in frana in esame

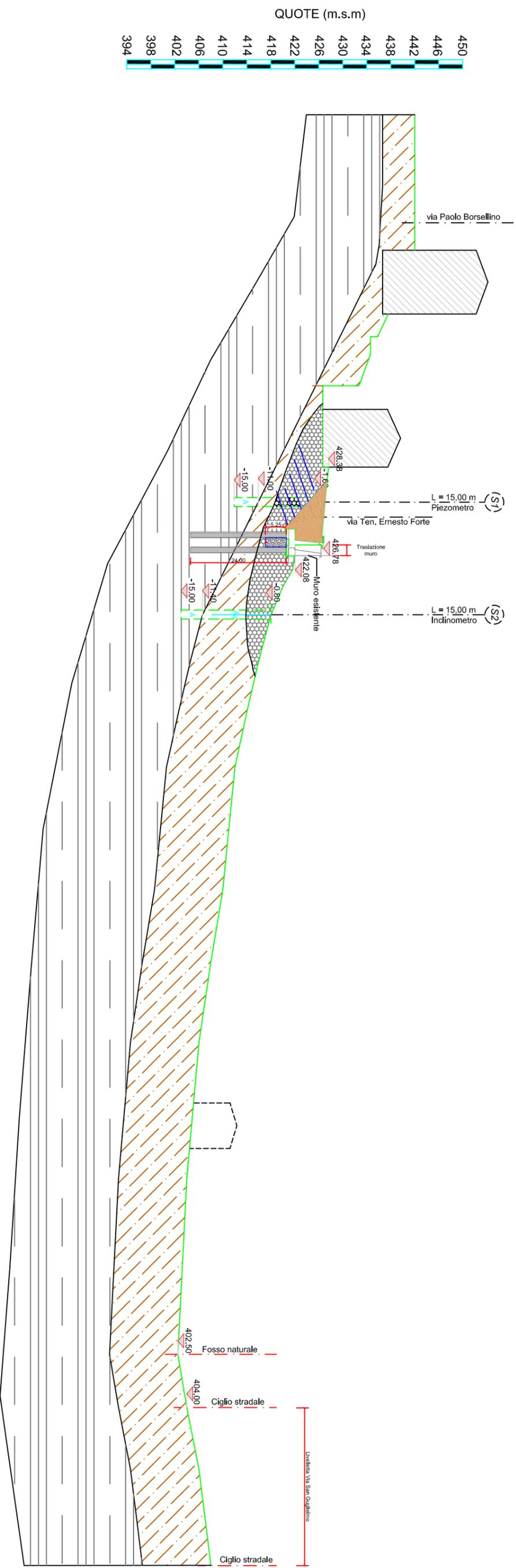


Area in frana già censita nel P.A.I.



Probabili direzioni di flusso

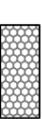
SEZIONE GEOLOGICA



LEGENDA

- 

- 

Riparti a tergo muro
- 

Probabile area in frana
- 

Argille di colore marrone tabacco, a struttura brecciata, debolmente limose e plastiche, intercalate a vari livelli da porzioni argilliche
- 

Argille di colore grigio debolmente coesiva e plastica, con struttura brecciata, intercalate a vari livelli da porzioni maggiormente argilliche con elementi di dimensioni decimetriche.

Sondaggi geognostici (campagna gennaio 2017) con perforazione a carotaggio in proiezione e lunghezza L

RISULTATI.

I risultati della campagna eseguita, l'interpolazione e la comparazione dei dati ottenuti dalle stratigrafie e dalla sismica, suggeriscono un assetto geologico nel quale le porzioni superiori del Flysch Numidico, alterate ed allentate dai fenomeni chimico fisici, sono probabilmente quelle che più di tutte governano l'evoluzione del movimento gravitativo, essendo quelle dotate di maggiore porosità e permeabilità e che più risentono delle variazioni nel contenuto d'acqua. Tra le cause di innesco del movimento vanno annoverate l'elevata acclività del pendio, la presenza di una circolazione idrica nel sottosuolo nel periodo invernale e l'incremento del peso del versante.

La frana in studio, sulla base della superficie di scorrimento identificata, può essere classificata come complessa, con una componente principale di scivolamento ed una secondaria di tipo rotazionale ed è stata inserita, ai fini dell'aggiornamento P.A.I. con il nuovo codice **026-6CU-072**. L'ipotetica superficie di distacco e scorrimento, è stata evidenziata con le indagini sismiche a rifrazione opportunamente distribuite sull'area ad una profondità intorno ai 6,00 - 7,00 metri dal p.c.

Non si evidenziano chiaramente le tre zone che caratterizzano una frana, distacco, scorrimento e accumulo, sia per l'elevata densità di edifici a monte del movimento franoso che non permettono di riconoscere e ricostruire adeguatamente la zona di distacco, ed anche perché il muro esistente ha seppur in minima parte contenuto il movimento così da non evidenziare una vera e propria zona di accumulo.

Per la caratterizzazione della pericolosità e del rischio si fa riferimento alla relazione generale del P.A.I. (edizione anno 2004).

La pericolosità è data dallo stato di attività della frana dalla tipologia e dall'estensione che ne determina la magnitudine.

Nel nostro caso la frana è da considerarsi **attiva** e di tipologia **T2**: frane complesse, scorrimenti e colamenti in roccia, detrito e terra; l'estensione della frana è compresa tra $10^4 \div 10^5$ mq che determina, in base alla tipologia della frana, determina una magnitudine di **M3**. Correlando insieme i vari dati si ottiene una pericolosità per l'area in esame di **P3** ovvero **pericolosità elevata**.

Per il calcolo del rischio si prendono in esame la pericolosità determinata precedentemente e gli elementi di rischio **E** nel nostro caso il fattore **E** è da

considerarsi come **E4** ovvero “Centri abitati - Edifici pubblici di rilevante importanza (es. scuole, chiese, ospedali, ecc.)” Per cui interpolando i due dati si ottiene un grado di rischio **R4 RISCHIO MOLTO ELEVATO**: per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socioeconomiche.

CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato affrontato lo studio geologico, geomorfologico e strutturale della frana di Contrada Passetto, nel Comune di Castelbuono (PA). Tale frana si è innescata nell'anno 2016 in conseguenza di un periodo caratterizzato da intense precipitazioni. Il fenomeno ha coinvolto una zona densamente edificata, proprio all'interno dell'abitato di Castelbuono, in via Tenente Ernesto Forte, a una quota compresa tra 400 e 480 metri s.l.m..

Nei ristretti limiti dell'area indagata affiora la porzione terrigena del Complesso Panormide; in particolare si tratta dei sedimenti terrigeni della Formazione del Flysch Numidico, che costituiscono il substrato dell'area indagata.

Dal punto di vista idrogeologico, i complessi litologici di natura Flyschioide affioranti nell'area in esame, possiedono una bassa conducibilità idraulica, nell'ordine di 10^{-5} a 10^{-6} (cm/sec).

La frana può essere classificata come complessa, poiché il movimento è caratterizzato a valle da una componente principale di scivolamento e a monte da una secondaria di tipo rotazionale ed è stata inserita, ai fini dell'aggiornamento P.A.I. con il nuovo codice 026-6CU-072. L'ipotetica superficie di distacco e scorrimento, è stata evidenziata con le indagini sismiche a rifrazione opportunamente distribuite sull'area ad una profondità intorno ai 6,00 - 7,00 metri dal p.c.

Per la caratterizzazione della pericolosità e del rischio si fa riferimento alla relazione generale del P.A.I. (edizione anno 2004).

La pericolosità è data dallo stato di attività della frana dalla tipologia e dall'estensione che ne determina la magnitudine e nel nostro caso la frana è da considerarsi **attiva** e di tipologia **T2**: frane complesse, scorrimenti e colamenti in roccia, detrito e terra; l'estensione della frana è compresa tra $10^4 \div 10^5$ mq che determina, in base alla tipologia della frana, determina una magnitudine di **M3**. Correlando insieme i vari dati si ottiene una pericolosità per l'area in esame di **P3** ovvero **pericolosità elevata**.

Per il calcolo del rischio si prendono in esame la pericolosità determinata precedentemente e gli elementi di rischio **E** nel nostro caso il fattore **E** è da considerarsi come **E4** ovvero "Centri abitati - Edifici pubblici di rilevante importanza (es. scuole, chiese, ospedali, ecc.)." Per cui interpolando i due dati si ottiene un grado

di rischio **R4 RISCHIO MOLTO ELEVATO**: per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socioeconomiche

Da tutto quanto esposto in precedenza si vede come sia assolutamente necessario dimensionare e realizzare tutta una serie di opere che portino nel più breve tempo possibile ad una stabilizzazione dell'area in esame, così da minimizzare il rischio per le famiglie che abitano gli edifici a monte della zona in frana ed ad un ripristino della viabilità dell'area.

Castelbuono
Ottobre 2017

IL GEOLOGO