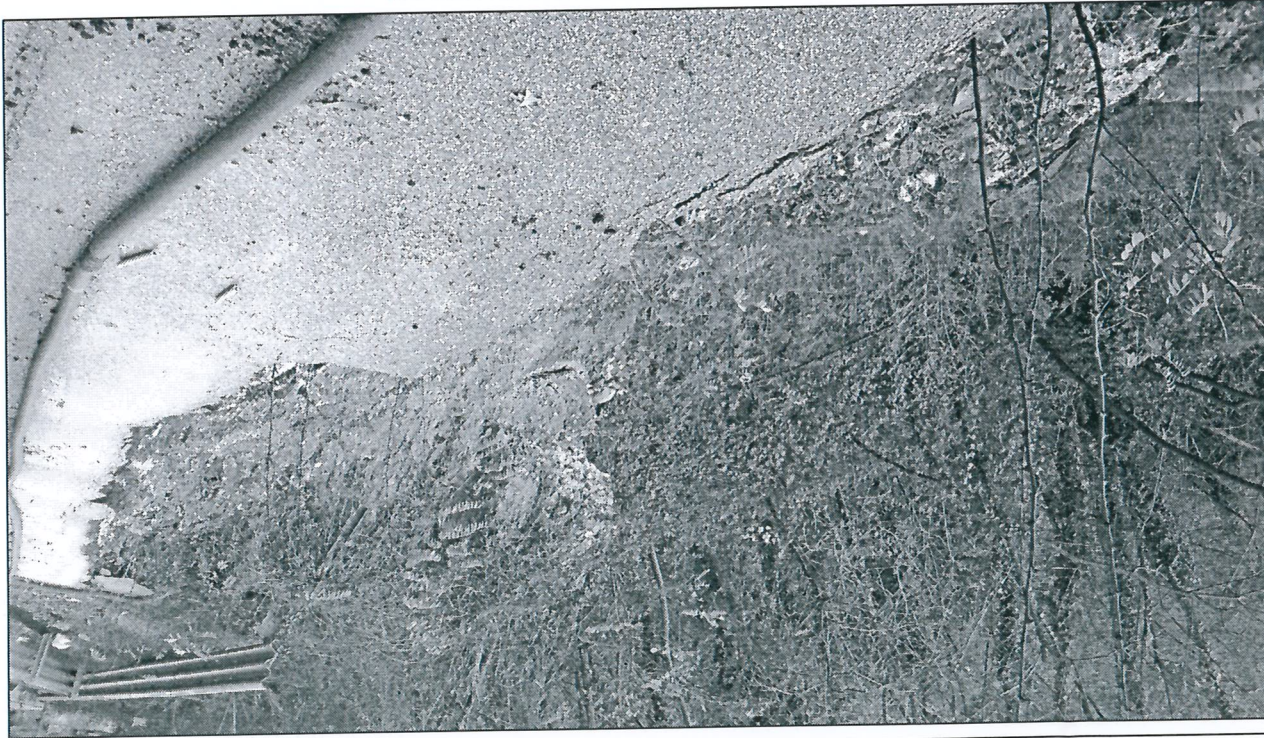




PROGETTO ESECUTIVO

(artt.33-43 D.P.R. 5 ottobre 2010 n. 207)

Lavori di risanamento frana in prossimità dell'ex complesso alberghiero "La Roccia delle Rose" lungo la S.P. n.1 Ciardelli - tratto Benevento - San Leucio del Sannio.



REL. 03

**RELAZIONE
GEOLOGICA**

data:

REL.01 - relazione generale
REL.02 - indagini e sondaggi
REL.03 - relazione geologica
REL.04 - relazione geotecnica
REL.05 - relazione sui materiali
REL.06 - relazione sulle fondazioni
REL.07 - relazione di calcolo
REL.08 - piano di manutenzione dell'opera
REL.09 - piano di sicurezza e coordinamento
REL.10 - cronoprogramma

CONT.01 - computo metrico estimativo e quadro economico
CONT.02 - elenco prezzi unitario
CONT.03 - stima incidenza manodopera
CONT.04 - stima incidenza sicurezza
CONT.05 - capitolato speciale d'appalto e schema di contratto d'appalto

TAV.01 - stralcio strumento urbanistico
TAV.02 - corografia generale 1:25.000
TAV.03 - stralcio aerofotogrammetrico 1:2.000
TAV.04 - stralcio catastale 1:2.000

TAV.05 - planimetria e sezioni stato attuale 1:200
TAV.06 - planimetria e sezioni di progetto 1:200
TAV.07 - sezioni - particolari costruttivi- carpenterie
TAV.08 - grafici delle sollecitazioni - degli spostamenti - stabilità

progettazione:

geom. Serafino GENITO

geom. Carmine RANDELLI

ing. Stefania RISPOLI

Responsabile del procedimento:

ing. Stefania RISPOLI

Dirigente



Dr. SALVATORE MAIO
IL GEOLOGO

**RELAZIONE
GEOLOGICA
ESECUATIVA**



OGGETTO: Lavori di risanamento frana in
prossimità dell'ex complesso alberghiero
"La Roccia delle Rose" lungo la S.P. n° 1 Ciardelli
tratto Benevento-San Leucio del Sannio

ENTE: Provincia di Benevento
Settore Infrastrutture-Viabilità e Trasporti
Risorse Idriche - Ambiente-Rifiuti
Servizio Viabilità

RELAZIONE GEOLOGICA

INDICE

1 pag.	- Premessa.....
3 pag.	- Caratteristiche morfologiche.....
5 pag.	- Descrizione e cause del dissesto.....
8 pag.	- Caratteristiche geotettoniche.....
11 pag.	- Indagini geognostiche e stratigrafia locale.....
12 pag.	- A) Sondaggi meccanici.....
13 pag.	- B) Prove Standard Penetration Test (SPT).....
15 pag.	- C) Prova Down-Hole.....
16 pag.	- D) Analisi e prove geotecniche di laboratorio.....
19 pag.	- Osservazioni macrosismiche.....
	- Disaggregazione magnitudo-distanza e stima della
23 pag.	- magnitudo attesa.....
25 pag.	- Caratteristiche idrogeologiche.....
27 pag.	- Modalità della circolazione idrica sotterranea.....
28 pag.	- Lineamenti climatologici.....
29 pag.	- Caratteristiche geotecniche.....
32 pag.	- Categoria del sottosuolo di fondazione.....
33 pag.	- Condizioni topografiche.....
33 pag.	- Valutazione dello stato tensionale.....
34 pag.	- Considerazioni conclusive.....

- corografia generale in scala 1:25000
- estratto P.A.I. autorità di bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno
- carta geomorfologica in scala 1:5000
- carta geologica in scala 1:5000
- modello geologico di riferimento in scala 1:2000
- carta idrogeologica in scala 1:5000
- sezione idrogeologica in scala 1:2000
- planimetria di progetto in scala 1:300
- sezione geologica in scala 1:200

ALLEGATI

di campioni rappresentativi.

terreni di fondazione, valutarne la resistenza meccanica e permettere il prelievo continuo, hanno permesso di ricostruire le condizioni litostatiche del

In particolare, i sondaggi meccanici, effettuati a rotazione e carotaggio prelevati nel corso dei sondaggi meccanici.

- prove geotecniche di laboratorio effettuate su n° 6 campioni rappresentativi
- n° 1 sismica in foro (Down-Hole);
- prelievo di n° 7 campioni indisturbati;
- corso dei sondaggi a rotazione;
- n° 4 prove penetrometriche dinamiche discontinue (SPT) eseguite nel corso dei sondaggi a rotazione;
- n° 2 sondaggi meccanici a rotazione spinti a profondità variabili da mt. 25 a mt. 30 dal p.c.;
- n° 4 prove penetrometriche dinamiche discontinue (SPT) eseguite nel corso dei sondaggi a rotazione;

(NA):

laboratorio eseguite dalla Ditta Trivel Sondaggi S.r.l. con sede in Crispano

realizzazione della seguente campagna di indagini geognostiche in situ ed in caratteristiche meccaniche ed elastiche dei litotipi riscontrati, si è proceduto alla

Per la determinazione dello spessore dei terreni di fondazione e delle litostatiche locali.

modello geologico dell'area di progetto e ricostruire la successione

In particolare, il rilevamento di superficie ha permesso di definire il

geologica locale ed allo stato delle conoscenze della zona oggetto di indagine.

all'importanza del realizzando intervento; alla complessità della situazione

progettuale e proporzionato alle dimensioni, alle caratteristiche ed

di superficie, opportunamente esteso al di fuori dell'area di stretto interesse

Tali condizioni sono state valutate tramite un accurato rilievo geologico

idrogeologiche e geotecniche del sito in esame.

descrivere le condizioni morfologiche, litologiche, geologico-strutturali,

riguardo D.M. 11 Marzo 1988 e § 3.2.2 del D.M.I.T. 14.01.2008, si è provveduto a

Come previsto dalle vigenti disposizioni in materia, con particolare

Benevento-San Leucio del Sannio finalizzato al recupero della viabilità.

terreno interessato dai *"Lavori di risanamento frana in prossimità dell'ex complesso alberghiero "La Roccia delle Rose" lungo la S.P. n° 1 Ciardelli tratto*

Servizio Viabilità- si è provveduto ad effettuare uno studio geologico del

Settore Infrastrutture, Viabilità e Trasporti, Risorse Idriche, Ambiente, Rifiuti -

Si incarico della Spett.le Amministrazione Provinciale di Benevento -

PREMESSA

- Le prove penetrometriche SPT hanno permesso di valutare le caratteristiche geotecniche dei terreni di copertura mentre le prove geotecniche di laboratorio hanno permesso la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di substrato.
- L'indagine sismica in foro (Down-Hole) ha infine permesso di valutare le caratteristiche elastiche dei terreni esaminati e determinare la categoria del sottosuolo di fondazione ai sensi della normativa vigente.
- Alla presente relazione geologica, si allegano i seguenti elaborati:
- corografia generale in scala 1:25000;
 - estratto carta pericolosità e rischio frana edita da Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno;
 - carta geomorfologica in scala 1:5000;
 - carta geologica in scala 1:5000;
 - modello geologico di riferimento in scala 1:2000;
 - carta idrogeologica in scala 1:5000;
 - sezione idrogeologica in scala 1:2000;
 - planimetria di progetto in scala 1:300;
 - sezione geologica in scala 1:200.

CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE

L'area oggetto di intervento ricade nella tavola in scala 1:25000 "Benevento" II° NO del foglio n° 173 della Carta d'Italia edita dall'I.G.M. e risulta localizzabile attraverso le seguenti coordinate geografiche:

Lat. 41.080712° N
Long. 14.765335° E

In particolare, tale area risulta ubicata, ad una quota prossima a mt 325 s.l.m., ad una distanza di circa 800 m in direzione NE dal centro urbano di San Leucio del Sannio, interessando la S. P. n° 1 "Ciardeili" per un tratto prossimo a 30 ml.

L'area di interesse progettuale risulta caratterizzata dalla presenza di una strada "a mezzacosta" con estese scarpate che si sviluppano sia a monte che a valle, facendo assumere, al versante in cui si trova inserita, pendenze medie prossime al 50%.

L'elevata energia del rilievo rende, il territorio esaminato, particolarmente vulnerabile nei confronti della degradazione meteorica e dell'erosione, oltre che ai movimenti gravitativi di massa nei versanti.

L'area oggetto di intervento si inserisce infatti all'interno di un paesaggio collinare dove i lineamenti morfologici risultano alquanto compositi e strettamente legati alla natura litologica dei terreni affioranti, alla condizioni giaciture ed allo stato di alterazione; essendo caratterizzati spesso da depositi detritici formati per alterazione chimico-fisica delle formazioni geologiche esistenti ad opera degli agenti esogeni.

Le caratteristiche di permeabilità dei litotipi affioranti possono determinare un modellamento plastico della superficie topografica (colamenti gravitativi, scosondamenti) in relazione al grado di saturazione raggiunto. Tali condizioni di "disordine geomorfologico" provoca conseguenze negative sui manufatti ed infrastrutture esistenti, imponendo continue opere di manutenzione e ripristino al fine di rallentare l'evoluzione e contrastarne gli effetti.

Il principale carattere morfologico dell'area in esame risulta dato dalla presenza di una dorsale che, con andamento Nord-Sud, separa il bacino idrografico del Fiume Sabato dal Torrente Serretelle, presentando una depressione morfologica in corrispondenza del V.ne di S.Vito, il cui andamento risulta sub-parallelo all'asse della predetta dorsale.

Quest'ultima, sul fianco orientale, risulta incisa da numerosi corsi d'acqua, a carattere torrentizio ed andamento W-E, che esercitano una intensa azione erosiva sui terreni attraversati, prima di confluire a pettine nel Fiume Sabato che rappresenta il collettore di tutte le acque di ruscellamento superficiale presenti nel territorio.

Il fianco occidentale della predetta dorsale presenta invece acclività diverse e andamenti alquanto vari a seconda delle azioni idrogeomorfologiche che le hanno interessate.

Immediatamente a valle dell'area oggetto di intervento si individua un thalweg (affluente del V. ne Trasi) la cui pendenza media risulta prossima al 20%, evidenziando lo stadio evolutivo del bacino idrico (decisamente giovanile) caratterizzato da intensa erosione di fondo.

L'azione erosiva esercitata dalle acque incanalate all'interno di tale solco di erosione, durante le fasi di piena, potrebbe provocare fenomeni di "scalzamento al piede" sui versanti adiacenti, favorendo lo scioglimento gravitativo delle coperture detritiche attraverso un meccanismo di reazione a catena che si propaga dal basso verso l'alto.

Durante il rilevamento geologico di superficie, nell'area oggetto di intervento non sono state riscontrate linee di impluvio preferenziali allo scorrimento delle acque meteoriche.

Con riferimento agli scenari di rischio previsti dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Liri-Garigliano e Volturno, l'area oggetto di intervento non ricade in zona a rischio ("carta della pericolosità da frana") redatta dalla predetta Autorità di Bacino.

Con riferimento alla "carta di rischio frana" la zona oggetto di intervento ricade all'interno delle "aree di possibile ampliamento dei fenomeni franosi, ovvero dei fenomeni di primo distacco, per la quale si rimanda al D.M. 11 marzo 1988 - C1".

A valle ed esternamente al sito oggetto di intervento, in corrispondenza del thalweg precedentemente indicato, si individuano condizioni di criticità legate alla presenza del corso d'acqua e valutate come "Area di alta attenzione-A4" nella carta del rischio frane redatta dall'Autorità di Bacino in quanto "...potenzialmente interessata da fenomeni di distacco, transito ed invasione di frana a massima intensità attesa".

L'andamento morfologico precedentemente descritto permette quindi di evidenziare come le acque di precipitazione meteorica e di ruscellamento superficiale esercitano una intensa azione morfoevolutiva sul territorio esaminato.

La trana si è sviluppata in corrispondenza di terreni limo-argillosi e il movimento gravitativo è avvenuto tramite un moto rotazionale lungo le discontinuità presenti nei livelli superficiali della massa litologica satura, senza coinvolgere la stabilità globale del rilievo collinare in cui si trova inserito.

Il movimento franoso risulta databile 04.04.2014 e le evidenze di campagna mostrano che l'evento parossistico si è esplicito attraverso un distacco rapido ed improvviso di una falda di terreno lungo una superficie di neoformazione arcuata e concava verso l'alto, in corrispondenza della quale si è verificato il superamento della resistenza al taglio residua dei materiali coinvolti.

L'area oggetto di intervento risulta interessata da un movimento franoso classificabile, secondo la letteratura geologica, come "rotational sliding" (Cruden & Varnes, 1996).

DESCRIZIONE E CAUSE DEL DISSESTO

L'andamento e la distribuzione delle isopse sulla cartografia generale in scala 1:25000, unitamente alla carta geomorfologica in scala 1:5000 allegata alla presente relazione, evidenziano infine le peculiarità morfologiche del territorio esaminato e manifestano la suscettibilità idrogeologica della zona.

L'area oggetto di intervento, non è stata comunque interessata dall'evento alluvionale che, nella notte tra il 14 e 15 ottobre 2015, ha coinvolto il comprensorio di Benevento attraverso violenti rovesci temporaleschi (indotti da fenomeni di tipo "V-Shaped Storm" autorigeneranti) con indici di "rain rate" valutati in circa 200 mm (contro una piovosità media mensile valutabile in 100 mm circa).

In particolare, i fenomeni di plasticizzazione dovuti alla saturazione dei litotipi affioranti, possono ridurre la resistenza al taglio di tali materiali, fino a generare movimenti gravitativi sotto l'effetto del loro stesso peso.

Foto n° 2: Particolare dell'"ungghia" di frana



La "massa" franata presenta una lunghezza complessiva di circa 20 ml in versante veniva "tampionato" attraverso la messa in opera di gabionate. quanto la scarpata principale si individua in corrispondenza della predetta S.P. n° 1 "Ciardelli" mentre "l'ungghia" della frana (foto n° 2) si individua in

Foto n° 1: Particolare della scarpata principale con i diversi "strati" di bitumazione della sede stradale



Le evidenze di campagna mostrano come, tale evento, sia stato preceduto, nel corso degli anni, da ripetuti cedimenti in relazione al grado di saturazione raggiunto dai materiali ivi presenti. Tali cedimenti hanno causato continui abbassamenti della sede stradale la cui funzionalità veniva ripristinata attraverso la sovrapposizione di diversi strati di "tappetino d'usura" (foto n° 1) mentre il movimento gravitativo cui era sottoposto il

corrispondenza del thalweg che incide il fondovalle per un dislivello complessivo valutabile in 20 m circa.

L'assenza di fessure da trazione in corrispondenza del coronamento del corpo di frana (coincidente con la sede stradale) e movimenti gravitativi a carico del versante retrostante, indicano che il dissesto in esame non ha subito alcuna evoluzione retrogressiva e/o ampliamento della superficie coinvolta dopo l'evento parossistico e che esso si trova, attualmente, in fase "quiescente".

Sebbene il dissesto in esame non ha subito fenomeni di "mobilitazione" a seguito delle intense precipitazioni piovose del 15.10.2015, non si esclude che l'evento gravitativo possa riattivarsi qualora la saturazione dei materiali affioranti raggiunga livelli di plasticizzazione tali da superare la resistenza al taglio residua dei materiali coinvolti.

Tra i motivi che hanno portato all'innescio e all'evoluzione della frana si possono indicare i seguenti:

- le ingenti precipitazioni meteoriche che, riversandosi sul territorio provinciale di Benevento durante l'inverno 2014, hanno portato ad un elevato stato di imbibizione dei terreni affioranti, con aumento delle pressioni neutre e conseguente riduzione delle caratteristiche meccaniche di resistenza dei terreni.
- un possibile graduale aumento, nel tempo, del grado di alterazione dei terreni affioranti in corrispondenza della scarpata, le cui pendenze appaiono troppo accentuate in rapporto alle caratteristiche geotecniche scaturite dalle indagini geognostiche.

CARATTERISTICHE GEOTETTONICHE

Il rilievo geologico è stato ampliato anche alle zone circostanti l'area di stretto interesse progettuale, allo scopo di ottenere un inquadramento di questa in quella che è la geologia locale.

L'assetto attuale dell'Appennino Meridionale, all'interno del quale va inquadrata l'area oggetto di intervento, è dovuto a fasi compressive e traslative (avvenute tra il Tortoniano Sup. e il Pleistocene Inf.) determinate dall'arretramento di una zona di avampese causato dall'ampliamento del bacino di retroarco tirrenico e contemporanea subduzione di un settore relitto e frammentato della litosfera padano-adriatico-ionica (*Patacca & Scandone, 1989*).

L'arco appenninico meridionale risulta pertanto costituito da coltri di ricoprimento derivati dalla deformazione dei domini paleogeografici appartenenti al margine settentrionale della placca africano-adriatica, rappresentati da piattaforme carbonatiche di mare basso e da bacini più o meno profondi.

In particolare, la fase tettonica Messiniana ha determinato la formazione di zone ribassate occupate da bacini evaporitici formati in conseguenza di episodi distensivi successivi a quello di compressione. Il bacino di avanfossa è stato inizialmente riempito da depositi pelagici e torbiditici nel Pliocene Inf. e, successivamente, da argille emipelagiche (argille sub-appennine) nel Pliocene Medio-Pleistocene.

Le fasi tettoniche prevalentemente distensive del Pliocene Inf.-Medio hanno accentuato l'individuazione di zone subsidenti, con conseguente ingressione marina, connessa alla generale invasione del Mediterraneo ad opera delle acque dell'Atlantico dopo la crisi di salinità del Messiniano. Le successive fasi tettoniche medio-plioceniche hanno causato la completa emersione dell'area con la formazione delle zone strutturalmente più elevate osservabili nei massicci carbonatici mesozoici e quelle più depresse delle unità terrigene cretacio-mioceniche.

Dopo quest'ultima fase tettonica è iniziato un lungo periodo di erosione il cui risultato finale è stata la formazione di una paleosuperficie che modella sia i rilievi carbonatici mesozoici dislocati dalle precedenti fasi, che le unità terrigene cretacio-mioceniche (*Aprile et alii, 1978*).

Ne consegue che la catena Sud-appenninica risulta costituita da numerose successioni stratigrafiche che derivano dalla deformazione di differenti domini paleogeografici. Tali successioni sono delimitate a letto da superfici di sovrascorrimento

- conglomeratica)
- 1) "membro conglomeratico inferiore" (a dominante facies
 - 2) "membro sabbioso inferiore" (a dominante facies sabbiosa)
 - 3) "membro pelitico-arenaceo" (a dominante facies argillosa)
 - 4) "membro sabbioso superiore" (a dominante facies sabbiosa)
- conglomeratica)
- 5) "membro conglomeratico superiore" (a dominante facies

tra di loro secondo la seguente successione cronostatigrafica:
 litostatigrafiche, dal basso verso l'alto, cinque membri informali, in continuità
 ove affiora, tali da permettere di individuare distinti sottobacini e, su basi
 sostanziali differenze nei caratteri evolutivi all'interno dei vari settori geografici
 Nell'ambito della Formazione della Baronia è possibile evidenziare
 precedenti alla sua deposizione.

fasi deformative che hanno interessato la regione le quali risultano, pertanto,
 l'intero ciclo sedimentario, non appare essere stato coinvolto nelle principali
 Varicolori) tendendo a seppellire ed occultare i principali *thrust* tettonici e,
 substrato pre-pliocenico (costituito generalmente dalla formazione delle Argille
 Tali depositi poggiano in discordanza angolare al di sopra delle unità del
 all'interno di una zona inizialmente subsidente, soggetta ad ingressione marina.
 compresi tra l'alluvionale, il costiero e il marino di piattaforma depositati
 depositi prevalentemente clastici (argille, sabbie e conglomerati) di ambienti
 ciclo sedimentario trasgressivo-regressivo completo, essendo formata da
 La Formazione della Baronia, affiorante nell'area in studio, forma un
 Formazione del T.te Cervaro (Pliocene Medio).

comprende due formazioni: La Formazione della Baronia (Pliocene Inf.) e la
 In particolare si rinvengono termini appartenenti all'Unità di Ariano che
 transazionali appartenenti alla successione sin-orogena.

esame, affiorino facies rappresentative di ambienti sedimentari continentali e
 rilievo geologico di superficie è stato possibile osservare come, nell'area in
 Tenendo presente lo schema evolutivo di cui sopra, durante il
 riferibile alla Piattafoma Apulia interna (Mostardini & Merlini, 1986).

Queste unità si sono strutturate ed accavallate sopra un sistema sepolto
 limitate a tetto da superfici di natura tettonica o stratigrafiche discordanti.
 prevalentemente silico-clastiche (di età compresa tra il Langhiano e il Pliocene)
 di importanza regionale (Bonardi et alii, 2000) e sono formate da successioni pre-
 di importanza regionale (Bonardi et alii, 2000) e sono formate da successioni pre-

riconoscere livelli conglomeratici con intercalazioni sabbiose potenti qualche decimetro. I livelli conglomeratici risultano costituiti da ciottoli arenacei eterometrici, ben arrotondati, con immersione verso i quadranti settentrionali e giacitura a reggipoggio. Lateralmente, tali livelli appaiono interdigitati con intervalli sabbiosi. Questi ultimi, di colore giallastro, risultano a granulometria fine con livelli e lenti di materiale siltoso, in cui si vedono accenni di laminazione piano parallela con lamine spesso arrossate.

Foto n° 3: sezione stratigrafica affiorante in corrispondenza di uno sbancamento presente a monte della S.P. n° 1 Ciardelli



Nel territorio esaminato affiorano depositi prevalentemente limosi-argillosi alla base, passanti con gradualità a depositi sabbiosi-arenacei ed arenaceo-conglomeratici verso la sommità ed attribuibili alla porzione regressiva della Formazione della Baronia. In particolare, nei pressi dell'abitato di S. Leucio del Sarnio e lungo il fondovalle del Fiume Sabato affiorano depositi sabbioso-conglomeratici sovrapposti alla litofacies pelitico-arenacea. Le osservazioni effettuate sulle pareti di alcuni tagli artificiali presenti in aree circostanti quella oggetto di intervento, unitamente alle risultanze stratigrafiche emerse dai sondaggi meccanici effettuati nel mese di agosto 2015, mostrano come il passaggio dalla litofacies pelitico-arenacea alla sovrastante sabbioso-conglomeratica, possa essere posizionato poco a valle della S.P. n° 1 "Ciardelli". In particolare, a monte della predetta S.P. (foto n° 3) è possibile

Al fine di individuare le condizioni litostatiche e geomecaniche dell'area oggetto di intervento, si è proceduto all'esecuzione della seguente campagna di indagini geognostiche:

A) n° 2 sondaggi meccanici a rotazione e ad andamento verticale per complessivi ml 55 di perforazione;

B) n° 4 prove penetrometriche dinamiche discontinue (SPT) eseguite nel corso dei sondaggi a rotazione;

C) n° 1 sismica in foro (Down-Hole);

D) prove geotecniche di laboratorio su n° 6 campioni rappresentativi prelevati lungo le verticali esplorate con i fori di sondaggio.

INDAGINI GEOGNOSTICHE E STRATIGRAFIA LOCALE

Dal punto di vista paleoambientale, tale successione risulta interpretabile come afferente ad ambienti provvisti di elevata energia deposizionale, cui si intercalano ambienti ascrivibili a canali abbandonati.

A valle della S.P., l'esecuzione dei sondaggi meccanici ha invece messo in evidenza la presenza di materiale a granulometria "fine" appartenente alla facies pelitico-arenacea.

L'ubicazione delle indagini geognostiche viene riportata nella planimetria di progetto, in scala 1:300, allegata alla presente relazione mentre si rimanda alla nota illustrativa dei lavori, redatta dalla Ditta appaltatrice, per la descrizione delle modalità esecutive delle singole prove, unitamente ai moduli grafici relative alle indagini e prove geotecniche di laboratorio effettuate. Di seguito viene fornito un quadro riepilogativo delle condizioni litostratigrafiche riscontrate:

A) SONDAGGI MECCANICI

DENOMINAZIONE SONDAGGIO	PROFONDITA' DAL P.C. (mt.)	STRATIGRAFIA
S1	0,00 ÷ 1,80	Terreno di riporto
	1,80 ÷ 4,00	Copertura detritica eluvio-colluviale costituita da sabbie ed arenarie scarsamente cementate con inclusi ghiaiosi eterometrici arrotondati
	4,00 ÷ 30,0	Alternanza eterometrica di livelli arenacei aventi grana medio-fine e livelli pelitici generalmente poco plastici, di colore che varia dal grigio al verdastro, granulometria limo-sabbiosa e struttura prevalentemente caotica. Presenza di livelli idrici sin dalla profondità di mt. 19,0 dal p.c.
	0,00 ÷ 1,00	Terreno di riporto
	1,00 ÷ 3,30	Copertura detritica eluvio-colluviale costituita da sabbie ed arenarie scarsamente cementate con inclusi ghiaiosi eterometrici arrotondati e struttura caotica
S2	3,30 ÷ 25,0	Livelli pelitici variamente plastici con granulometria variabile da limo-sabbiosa a limo-argillosa con incluso un livello arenaceo alla profondità di mt. 17,3 dal p.c. e il cui spessore risulta valutabile in 2,7 m. Presenza di livelli idrici, probabilmente in pressione, sin dalla profondità di mt. 12,5 dal p.c.

B) PROVE STANDARD PENETRATION TEST

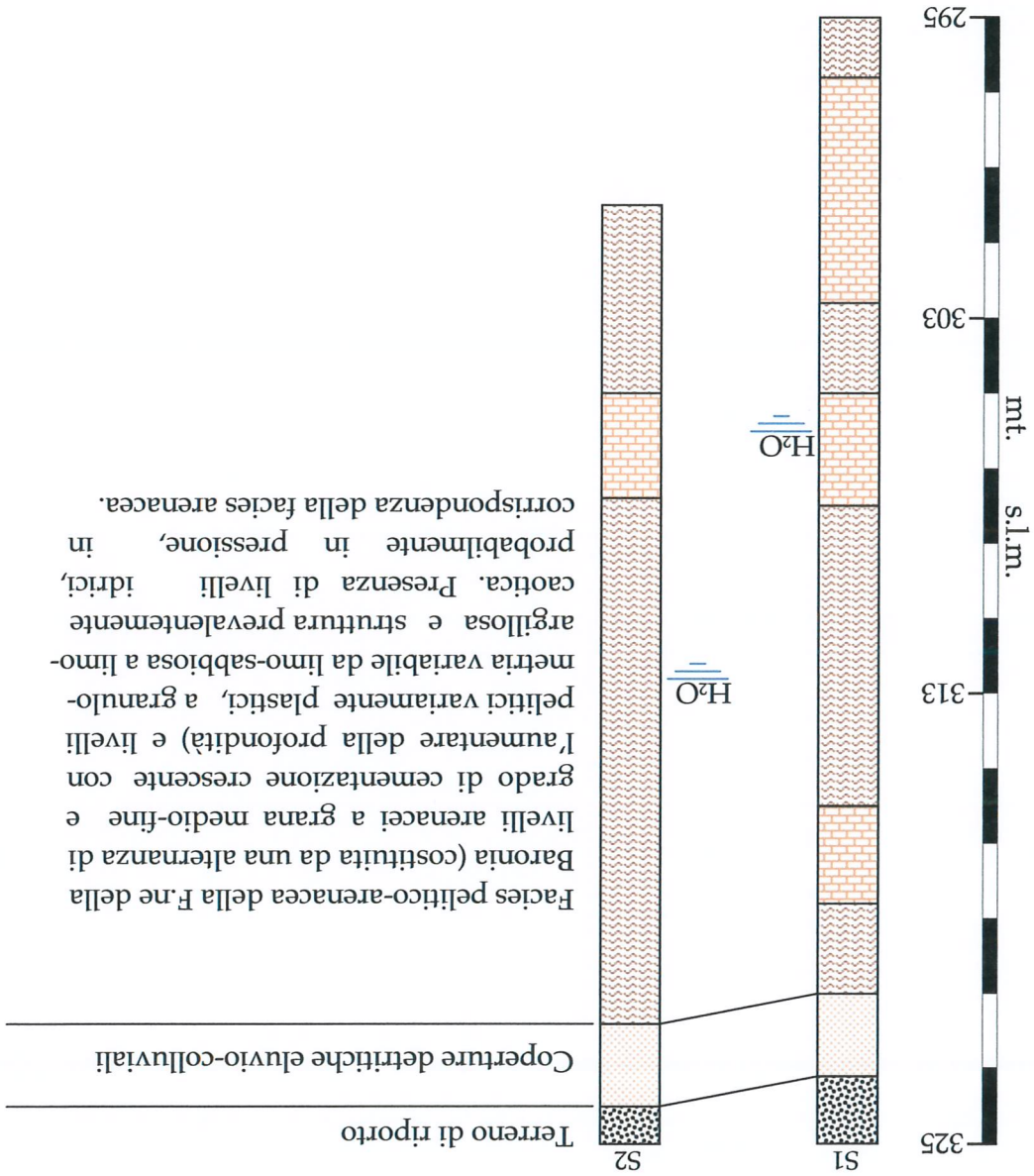
Le prove penetrometriche S.P.T. permettono di valutare lo stato di addensamento dei terreni e sono state eseguite, per i terreni di copertura, secondo le norme dello *Standard Penetration Test* (S.P.T.) in accordo a standard esistenti: ASTM 1586/68 "*Penetration Test and Split Barrel Sampling of Soil*" e le indicazioni introdotte da Pasqualini in "*Standard Penetration Test*".

I valori ottenuti in situ dalle prove penetrometriche figurano nelle allegate colonne stratigrafiche.

Il sondaggio S1 è stato attrezzato per l'esecuzione di prove sismiche in foro di tipo Down-Hole inserendo, all'interno del foro, un tubo in PVC del diametro 80 mm e saturando l'intercapedine tra la parete esterna del predetto tubo e il foro mediante boiacca cementizia.

Durante l'esecuzione dei sondaggi meccanici, si è anche provveduto alla determinazione in situ delle caratteristiche meccaniche dei terreni mediante l'esecuzione di n° 4 prove penetrometriche dinamiche secondo le modalità previste dallo "*Standard Penetration Test*"; alla misurazione dei livelli piezometrici e al prelievo di n° 7 campioni indisturbati rappresentativi degli orizzonti litici attraversati.

Le risultanze stratigrafiche dei sondaggi meccanici possono essere riassunte nel grafico (scala 1:200) di pagina seguente mentre si rimanda agli elaborati prodotti dalla Soc. Triviel Sondaggi S.r.l. per l'esame delle colonne stratigrafiche di dettaglio di ogni singolo sondaggio; unitamente allo spessore degli strati attraversati, la percentuale di carotaggio durante le diverse fasi di avanzamento, i risultati delle prove geomeccaniche effettuate in situ e le profondità di prelievo dei campioni di terreno.



C) PROVA DOWN-HOLE

La metodologia Down-Hole, rispetto alla sismica a rifrazione, presenta il vantaggio di valutare i tempi di arrivo delle onde longitudinali (onde P) e trasversali (onde S) man mano che penetrano negli strati più profondi, senza subire fenomeni di rifrazione e indipendentemente dall'aumento della velocità di propagazione con la profondità, condizione necessaria per l'esecuzione delle proiezioni sismiche a rifrazione.

Risulta quindi possibile valutare eventuali inversioni di velocità nell'ambito di uno stesso litotipo e la conoscenza preventiva della stratigrafia puntuale, permette di scegliere il passo di misura più idoneo al fine di caratterizzare strati anche di spessore ridotto.

Nel caso in esame, lungo la verticale del foro di sondaggio S1, sono state eseguite n° 15 letture per l'acquisizione delle onde P e n° 15 letture per l'acquisizione delle onde S ed il grafico seguente (Fig. n° 1) permette di visualizzare le variazioni del valore di Vs alle diverse profondità di lettura, relazionandole con la stratigrafia del sondaggio S1.

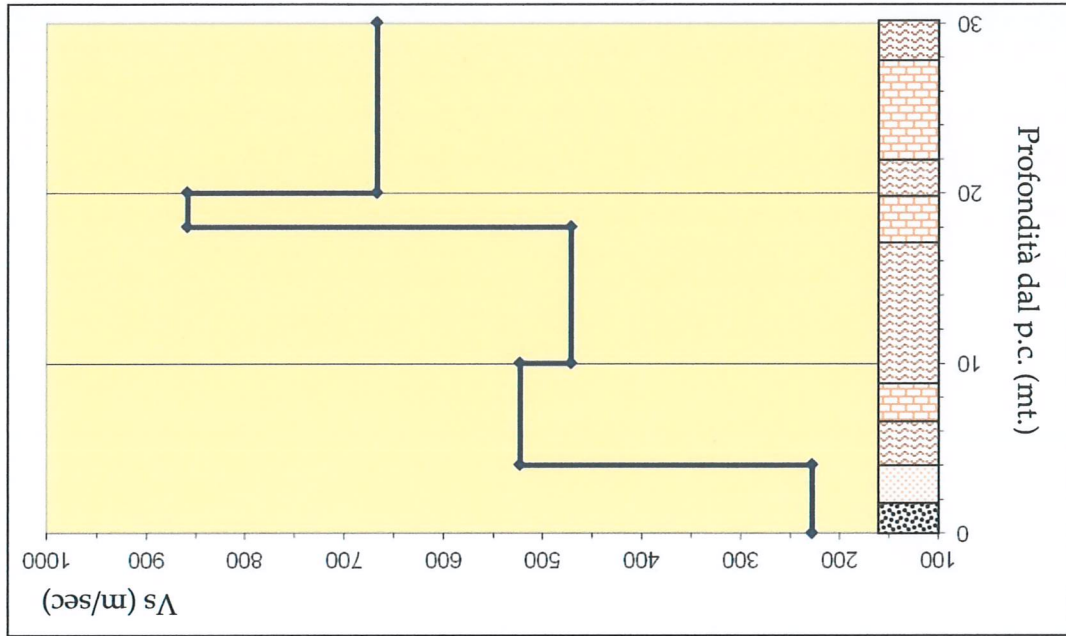


Fig. n° 1: Variazioni verticali dei valori Vs con la profondità. Sondaggio S1

terreni aventi consistenza da "molle-plastica" a "plastica", capace di assicurare un
Il valore dell'indice di consistenza ($0,53 < I_c < 0,85$) risulta indicativo di
venga sottoposta a condizioni idrate.

cristallino, permette alla massa litologica di subire variazioni di volume qualora
argille, Fig. 3) in quanto, la presenza di Kaolinite all'interno del reticolo
campioni esaminati, come "normalmente attivi" (diagramma di attività delle
of Temerloh, Pahang. J. Eng. Tech., 1,1, 63-74") permette di classificare, i
1079") e Muzamir Bin H. et al., 2010, ("The correlations and soil properties analysis
Thirteenth Southeast Asia Geotechnical Conf., 16-20 November, Taipei, Taiwan, 1073-
characteristics of residual soils from sedimentary Jurong Formation in Singapore.
adottato i criteri proposti da Kong S.K. e Yang D.Q., 1998 ("Shear strength
contenuto in argilla (%CF) effettuata assumendo il valore medio dopo aver
media plasticità" (Carta di plasticità di Casagrande, Fig. 2) e la stima del
I campioni analizzati rientrano nel campo delle "argille inorganiche di
(Limiti di Atterberg).

state effettuate analisi per la determinazione delle caratteristiche di consistenza
Su tutti i campioni sottoposti a prove geotecniche di laboratorio sono
D-1) LIMITI DI ATTERBERG:

seguenti considerazioni:
delle caratteristiche fisiche e di consistenza, dalle quali è possibile dedurre le
Su tutti i campioni analizzati, si è altresì proceduto alla determinazione
efficaci che tensioni totali.
valutazione delle caratteristiche di resistenza al taglio sia in termini di tensioni
I prova di rottura ad espansione laterale libera (ELL) al fine di ottenere una
triassiali consolidata-non drenata con misura delle pressioni interstiziali (CU+u) e n°
diretto del tipo consolidata drenata "CD"; n° 1 prova edometrica; n° 4 prove
Su tali campioni, si è proceduto all'esecuzione di n° 1 prova di taglio
laboratorio.

7 campioni indisturbati da sottoporre ad analisi e prove geotecniche di
profondità e compatibilmente con la natura litologica dei terreni attraversati, n°
Nel corso dei sondaggi di perforazione sono stati prelevati, a varie

D) ANALISI E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

discreto margine di sicurezza alla rottura di fronte alle sollecitazioni di "taglio" ma non l'assenza di cedimenti differenziali a causa della compressibilità tipica delle formazioni argillose.

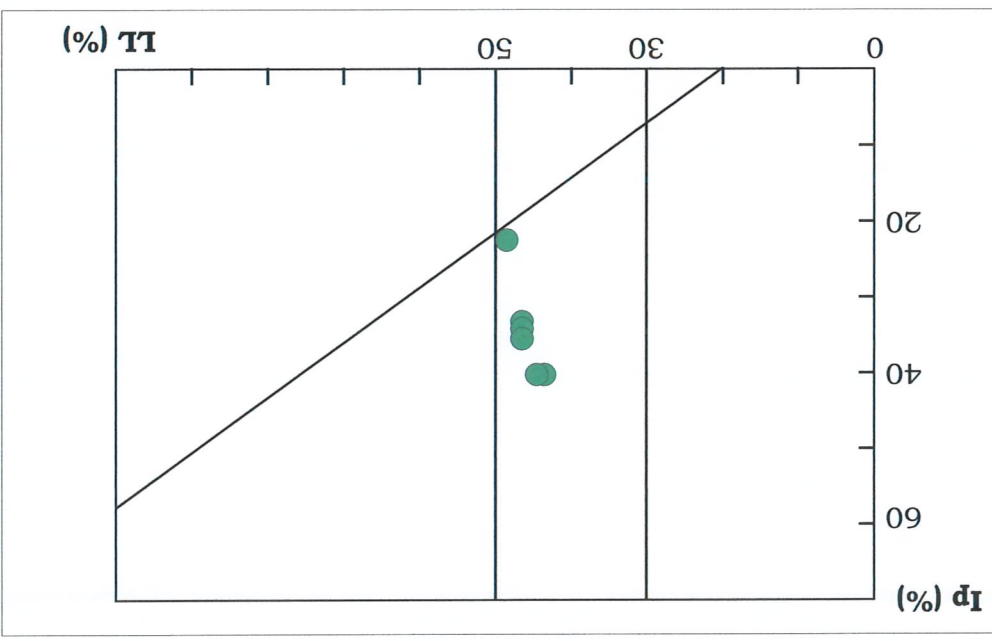


Fig. 2: carta di plasticità di Casagrande

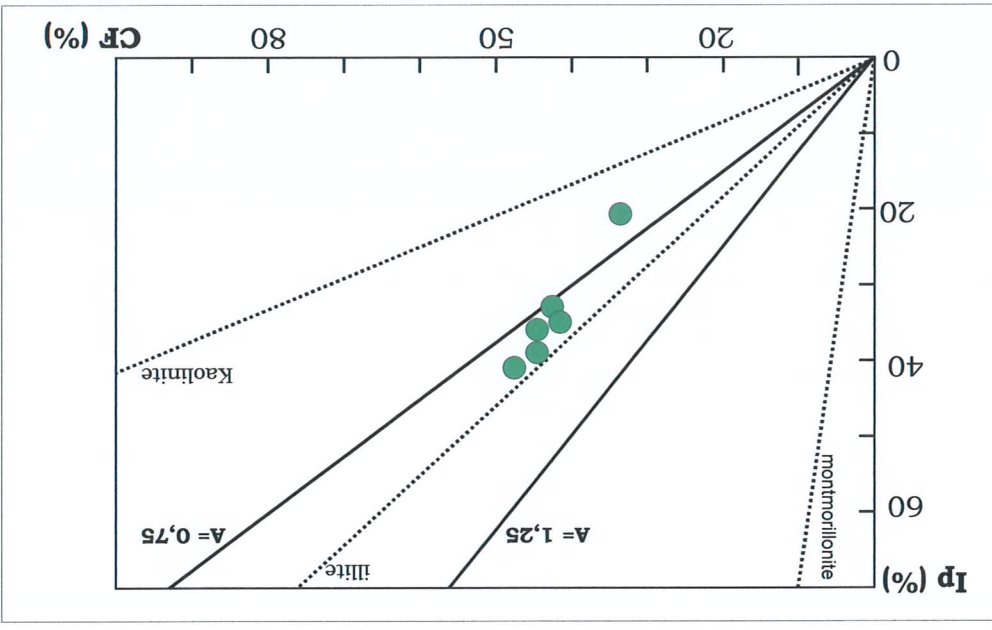


Fig. 3: Diagramma di attività delle argille (da Lambe 1951, modificato)

D-2) CARATTERISTICHE FISICHE

Si evidenzia il valore elevato del grado di saturazione riscontrato nei campioni analizzati (86,7% < S < 98,6%) e tale da suggerire che le caratteristiche di resistenza al taglio e deformabilità dei terreni di fondazione risultano fortemente influenzate dal contenuto d'acqua.

Le schede tecniche fornite dalla Soc. Trivel Sondaggi S.r.l. evidenziano infine le caratteristiche fisico-meccaniche dei singoli campioni, unitamente alla loro definizione litologica.

In essa, il parametro "Is" indica l'intensità macrosismica al sito; "Io" l'intensità macrosismica all'epicentro mentre con "Mw" viene indicata la magnitudo momento. Da essa si evince come, nel territorio comunale di San Leucio del Sannio, il massimo valore dell'intensità macrosismica avvertito sia pari a 8.

In particolare, il territorio in esame risulta classificato ad "elevata sismicità" secondo la classificazione sismica della Regione Campania ai

Tab. A: Storia sismica del Comune di San Leucio del Sannio

Is	Anno	Mese	Gior	Ora	Min	Sec	AE	Io	Mw
7	1930	07	23	00	08	43	Irpinia	10	6.62 ±0.09
8	1962	08	21	18	19	30	Irpinia	9	6.13 ±0.10
7	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	10	6.89 ±0.09
4	1984	05	07	17	49	43	Appennino abruzzese	8	5.89 ±0.09
4-5	1990	05	05	07	21	22	Potentino		5.80 ±0.09
3	1991	05	26	12	26	01	Potentino	7	5.11 ±0.09
5	1996	04	03	13	04	36	Irpinia	6	4.93 ±0.09
3	1997	03	17	23	10	50	Matese	6	4.55 ±0.09
NF	1997	10	14	15	23	11	Appennino umbro-marchigiano	7-8	5.65 ±0.09
NF	2003	12	30	05	31	38	Monti dei Frentani	5-6	4.57 ±0.09

L'elenco completo è indicato nella tabella seguente (Tab. A).

prossima o superiore alla soglia di danno.

del territorio comunale di San Leucio del Sannio e la cui intensità è risultata individuare n° 10 eventi sismici accaduti tra il 1930 e il 2003 registrati all'interno *Italiano, anno 2011*) reperibile sul sito www.emidius.mi.ingv.it permette di In particolare, l'esame dei dati relativi al DBM11 ("Data Base Macrosismico distribuzione spazio-temporale degli eventi sismici.

Tale stato tensionale determina una marcata instabilità con conseguente lungo il margine occidentale.

di compressione in corrispondenza del margine orientale e di distensione Tali strutture risentono di una attività geodinamica riconducibile a spinte distribuiscono i principali eventi sismici.

L'area di interesse progettuale, risulta caratterizzato tettonicamente da un sistema di strutture sismogenetiche in corrispondenza delle quali si L'Appennino Centro Meridionale, all'interno del quale va inquadrata

OSSERVAZIONI MACROSISMICHE

senso del Dgr 5447/2002 (Fig. 4) avente grado di sismicità 1 con



Fig. 4: Stralcio cartografico riportante la classificazione sismica regionale

accelerazione massima al suolo (a_{max}) corrispondente a

$$a_g > 0,25$$

con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Fig. 5) ai sensi

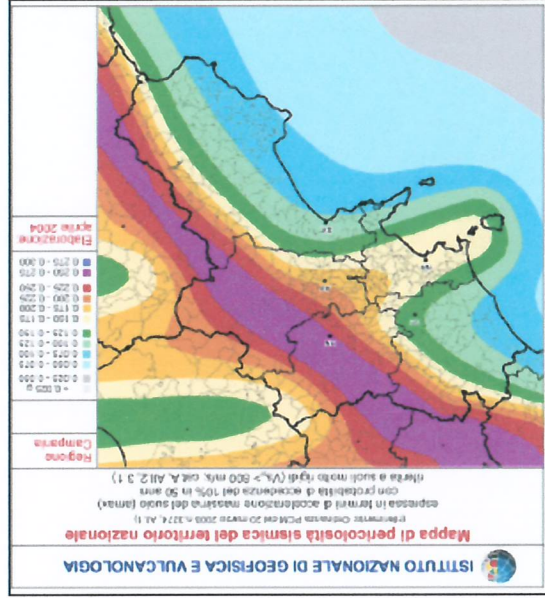


Fig. 5: Stralcio mappa di pericolosità sismica della Regione Campania

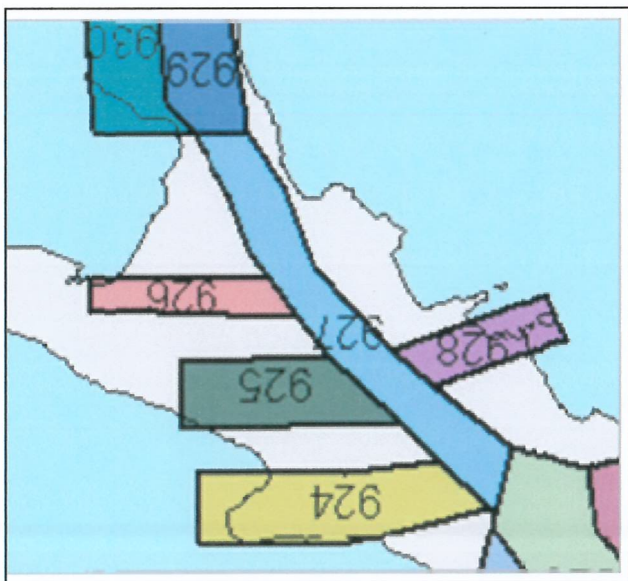
Il foglio di calcolo "Spettro-NTC vers. 1.0.3" rilasciato dal Consiglio Superiore Lavori Pubblici permette infine di inserire l'area di interesse progettuale all'interno di un quadrilatero delimitato da 4 dei 10751 nodi sismici in cui è suddivisa l'intera penisola italiana fino ad individuare il nodo sismico

Sismica intervallati da periodi di quiescenza anche prolungati. circoscritta e definibile ma a sorgenti differenziate, con periodi di attività Sannio, l'attività sismica non appare associabile ad una struttura tettonica ben In particolare, con riferimento al territorio comunale di San Leucio del la dorsale appenninica.

All'interno di tale area, le principali strutture sismogenetiche sono riconducibili ad un sistema di faglie avente andamento NW-SE coincidente con 15 gennaio 2008.

Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile e recepita con O.P.C.M. n° 3519 del 28 aprile 2006 diventando la mappa di riferimento prevista dal D.M. sismica di base dell'intero territorio nazionale, approvata dalla Commissione "Carta Magnitudo Momento Massima" (M_{wmax}) pari a 7,06 come previsto dalla "Carta delle Zone Sismogenetiche ZS9" da cui trae origine la definizione della pericolosità

Fig. 6: Zonazione sismogenetica ZS 9 (da AA.VV. INGV, 2004)

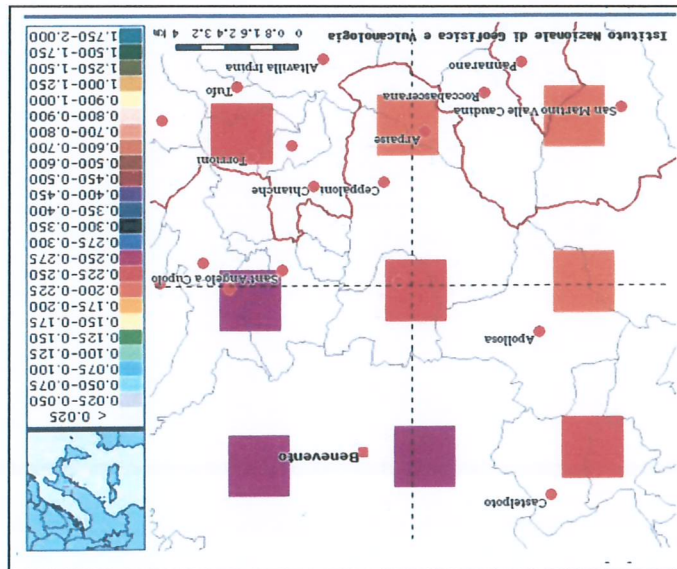


dell'Ord. Pres. Cons. Min. n° 3274 del 20 marzo 2003 e ricade all'interno della zona sismogenetica 927 (Fig. 6, Appennino Abbruzzese-Sannio-Irpinia-Basilicata) cui viene associato il valore di

Parametro	Valore
Accelerazione al sito	$a_g = 0,242g$
Fattore di amplificazione spettro orizzontale	$F_o = 2,339$
Inizio tratto a velocità costante spettro orizzontale	$T^*_c = 0,367sec$

32098) fornendo i seguenti valori della pericolosità sismica di base riferite allo "stato limite di vita" (SLV) con tempi di ritorno pari a 475 anni:

Fig. 7: mappa interattiva di pericolosità sismica (da *esstl-gis.mi.ingv.it*)



più vicino (Fig. 7) all'area di interesse progettuale (nel nostro caso il numero

DISAGGREGAZIONE MAGNITUDO-DISTANZA E STIMA

DELLA MAGNITUDO ATTESA

La zona sismogenetica 927, entro cui ricade l'area oggetto di intervento, risulta caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione che, a partire da circa 0,7 Ma, ha interessato l'Appennino Meridionale (Patacca et al., 1990). Tale zona comprende il settore assiale della catena appenninica fino al confine calabro-lucano.

La valutazione delle diverse sorgenti sismiche in sito, viene stimata attraverso la procedura di disaggregazione proposta da McGuire (1995) e Bazzurro-Cornell (1999). Attraverso tale procedura è possibile definire il contributo di sorgenti sismogenetiche poste a distanza R dal sito oggetto di indagine e capaci di generare terremoti di magnitudo M.

Nella figura seguente (Fig. 8) viene riportato il grafico di disaggregazione per l'area in esame facendo riferimento a tempi di ritorno dell'evento atteso pari a 475 anni (SLV).

In particolare, dal grafico seguente si evince come, la pericolosità sismica

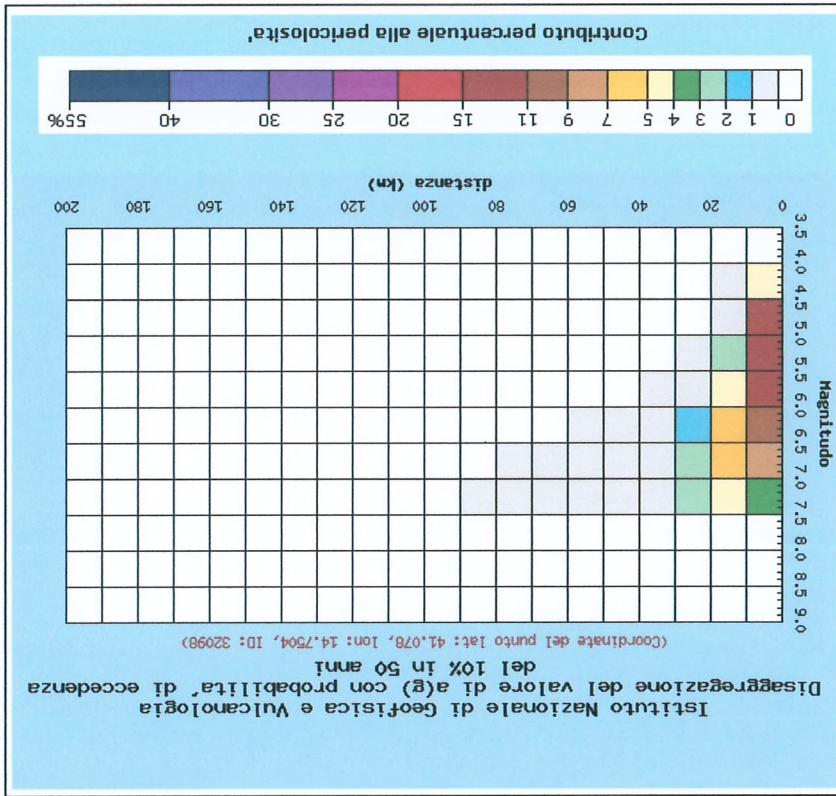


Fig. 8: grafico di disaggregazione magnitudo-distanza (da *essetl-gis.mi.ingv.it*)

Studi condotti da diversi Autori, permettono altresì di valutare come estremamente probabile che le zone sorgenti siano mascherate da un notevole spessore di successioni sedimentarie e che, in occasione dell'evento sismico, non si sviluppino una dislocazione lungo una direttrice principale di fratturazione, ma un insieme di fratture.

$$a_{max} = 0,284g$$

con il seguente valore di accelerazione massima prevista al sito:

Tab B: valori medi del "terremoto di scenario"

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.940	9.400	0.724

del sito in esame, sia determinata dalla probabilità del verificarsi di un evento sismico di Magnitudo 4.0 ÷ 7.5 entro 30 km di distanza con la probabilità massima del verificarsi di un evento sismico ("terremoto di scenario") avente il valore di magnitudo, distanza epicentrale (Km) e deviazione standard riportato nella tabella seguente:

$$1,0 \times 10^{-10} < K \text{ (m/sec)} < 9,8 \times 10^{-12}$$

edometrica:
 coefficiente di permeabilità (K) scaturito dall'esecuzione della prova
 pressoché impermeabili, come dimostrato dal seguente range di variazione del
 In corrispondenza dei livelli limo-argillosi, si hanno invece condizioni
 compatte litologica.

media ad elevata, in relazione al grado di fratturazione raggiunto dalla
 dei livelli arenacei, sia possibile riscontrare una permeabilità secondaria, da
 Ne consegue che, parallelamente alla stratificazione, in corrispondenza
 Tale caratteristica si definisce come "permeabilità orientata".

variabile in relazione alla litologia dello strato o al livello al quale si riferisce.
 meno fratturati (permeabili) conferendo, alla massa litologica, una permeabilità
 estreme, date dai livelli limo-argillosi (impermeabili) e dai livelli arenacei più o
 Nell'ambito dell'alternanza in questione, si riscontrano quindi situazioni
 spessore eterometrico.

l'esecuzione delle indagini geostatiche e dalle intercalazioni arenacee di
 Risultata costituito dai limi argillosi localmente sabbiosi riscontrati durante

B) COMPLESSO PELTICO-ARENACEO

agricoli.
 permettendo la formazione di falde idriche utilizzate stagionalmente per scopi
 In entrambi i casi la permeabilità risulta da media ad elevata
 nei conglomerati.

permeabilità primaria per porosità nelle sabbie e secondaria per fratturazione
 artificiali situate a monte della S.P. n° 1 "Ciardelli". E' possibile riscontrare una
 Si riconosce in corrispondenza delle numerose sezioni naturali ed

A) COMPLESSO SABBIOSO-CONGLOMERATICO

superficie hanno permesso di distinguere le seguenti strutture idrogeologiche:
 In particolare, i terreni riscontrati durante il rilevamento geologico di
 dissoluzione o su altri elementi che interrompono la continuità strutturale.

osservazioni sullo stato di alterazione e fratturazione, sui fenomeni di
 stata effettuata tramite analisi delle caratteristiche stratigrafiche, integrata da
 La valutazione della permeabilità delle formazioni litologiche affioranti è

CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Ne deriva che l'alternanza, nel suo complesso, si comporta come un terreno poco permeabile o, addirittura, impermeabile nella direzione perpendicolare alla stratificazione; si può invece riscontrare una discreta permeabilità nella direzione parallela alla stratificazione, relegata ai livelli arenacei più o meno alterati e/o fratturati.

In definitiva, non si ha un "acquifero" nel senso classico della parola, ma piuttosto una serie di livelli a permeabilità variabile, in funzione della fratturazione, che talora possono anche essere in connessione idraulica fra loro ma, più spesso, risultano separati da intercalazioni pelitiche.

Laddove la facies pelitica si presenta in affioramento, ne deriva la rapida saturazione dei livelli superficiali in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi e prolungati, accompagnati da aliquote di ruscellamento superficiale piuttosto elevate e fenomeni di erosione accelerata particolarmente evidente sui versanti a scarsa vegetazione.

MODALITA' DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA

Sulla scorta delle caratteristiche litologiche osservate durante il

rilevamento geologico di superficie, si è provveduto ad evidenziare lo schema

della circolazione idrica relativamente all'area indagata.

Poiché l'idrodinamica superficiale e sotterranea risulta determinata dai

limiti idrogeologici che si instaurano al passaggio tra una facies e l'altra (sia in

senso orizzontale che verticale) ne deriva che, nell'area indagata, le acque di

precipitazione meteorica possono infiltrarsi nel sottosuolo grazie alla

distribuzione areale dei termini sabbioso-conglomeratici formando falde

reatiche superficiali a carattere stagionale o semi-stagionale.

La sottostante facies pelitica del ciclo sedimentario costituente la F.ne

della Baronia agisce da "*impermeabile relativo*", tamponando e condizionando la

circolazione idrica sotterranea.

In corrispondenza del limite idrogeologico presente al contatto tra i due

litotipi può pertanto verificarsi una moderata circolazione idrica temporanea

legata ai periodi di maggiore piovosità e, la presenza di tali livelli idrici, dovrà

essere tenuta presente, sia in fase progettuale che costruttiva, per i problemi di

pressioni interstiziali che può arrecare.

Occorre altresì considerare che la facies pelitica, contiene al suo interno (e

a varie profondità) spessori eterometrici di termini arenacei all'interno dei quali

è possibile riscontrare una circolazione idrica la cui alimentazione può anche

essere esterna rispetto al bacino idrografico (Fiume Sabato) afferente l'area

oggetto di studio.

Ne deriva la presenza di un acquifero multilivello che può assumere

portate significative a seguito di precipitazioni atmosferiche particolarmente

intense e prolungate; oltre che acquisire un carico idraulico tale da permettere la

risalita della piezometrica qualora venga interrotta.

In particolare, durante l'esecuzione dei sondaggi meccanici, all'interno

dei litotipi arenacei, è stata riscontrata la presenza di livelli idrici alla profondità

di mt. 19,0 e 12,5 dal p.c. rispettivamente per i sondaggi S1 ed S2.

Tali livelli piezometrici possono subire oscillazioni periodiche in

funzione delle precipitazioni atmosferiche e la loro presenza (analoga a

quanto avviene in corrispondenza dei limiti idrogeologici più superficiali) va

tenuta presente, sia in fase progettuale che costruttiva, per i problemi di

pressioni interstiziali che possono arrecare sulle realizzande opere ed a causa

dell'azione di degradazione ed erosione che esercitano al contatto con i termini

sabbioso-argillosi facilmente erodibili.

LINIAMENTI CLIMATOLOGICI

Dal punto di vista climatico le condizioni meteo sono legate ai flussi di aria fredda provenienti dai quadranti nord-orientali che, nella stagione invernale, portano le temperature medie prossime allo 0° C. Nei mesi estivi, i venti caldi sud-occidentali innalzano le temperature fino a valori prossimi ai 30° C.

Statisticamente, le precipitazioni sono concentrate principalmente nel periodo ottobre-maggio con una piovosità media annua di poco inferiore a 1000 mm distribuita su un arco temporale di 85-90 giorni.

In particolare, l'esame statistico dei dati disponibili negli annuali idrologici, parte prima, redatti dall'Ufficio Idrografico e Mareografico di Napoli, permette di registrare i seguenti valori medi annui dei parametri climatologici:

PARAMETRO	PERIODO DI OSSERVAZIONE	STAZIONE	VALORE
Piovosità	1960÷1999	S. Leucio del Sarnio	946,4 mm/a
Temperatura	1972÷1996	Benevento (Genio Civile)	13,6 °C

con i seguenti valori previsti delle altezze massime di pioggia registrabili con tempi di ritorno pari a 10, 30, 50, 100 e 200 anni:

Tr	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
10 anni	h _{max} = 41,24	52,29	56,27	66,78	89,34
30 anni	h _{max} = 51,89	65,68	68,73	80,87	110,77
50 anni	h _{max} = 56,75	71,80	74,42	87,30	120,55
100 anni	h _{max} = 63,31	80,05	82,09	95,98	133,74
200 anni	h _{max} = 69,84	88,27	89,73	104,62	146,89

Si segnala comunque che, tali soglie pluviometriche, possono subire un "innalzamento" in relazione ai recenti mutamenti climatici riscontrabili in tutta l'area mediterranea con formazione di eventi meteorici estremi caratterizzati da precipitazioni piovose particolarmente intense e concentrate in un arco temporale di poche ore.

Ne deriva una amplificazione generale dei fattori erosivi a danno delle condizioni di equilibrio geomorfologico ed idrogeologico del territorio.

$$C_N = \sqrt{98,1/\sigma_v}$$

dove C_N è un coefficiente (Liao & Whitman, 1986) che assume il seguente valore:

$$N_2 = C_N(N_1)$$

Il valore di N_1 ottenuto è stato "normalizzato" per la pressione litostatica efficace al fine di rendere comparabili prove eseguite a profondità diverse adottando la seguente relazione:

$$N_1 = 0,7N$$

Nel caso specifico, scartando preventivamente i valori andati "a rifiuto" a causa della presenza di livelli arenitici, l'uso della punta conica ha richiesto l'applicazione della correzione prevista da *Stuart & Palmer*:
 acquifera.

Le modalità esecutive delle prove S.P.T. richiedono che, i valori (N) ottenuti in situ, siano corretti in relazione all'uso della punta conica al posto della "scarpa" standard, in relazione alla pressione litostatica (σ_v) agente alla quota di esecuzione della prova e in relazione alla presenza della falda

A) COPERTURE DETRITICHE ELUVIO-COLLUVIALI (DA MT. 1,80 A MT. 4,00 DAL P.C.)

Per la valutazione delle caratteristiche geomecchaniche dell'area interessata dai lavori di risanamento frana, nel corso dell'esecuzione dei sondaggi meccanici si è proceduto all'esecuzione di n° 4 prove di resistenza meccanica (SPT) e al prelievo di n° 7 campioni indisturbati da sottoporre ad analisi e prove geotecniche di laboratorio.
 In particolare, le prove penetrometriche SPT eseguite a varia profondità, hanno permesso di valutare le caratteristiche geomecchaniche dei terreni di copertura mentre le analisi e prove geotecniche di laboratorio hanno permesso di parametrizzare i terreni del substrato permettendo di effettuare la seguente distinzione geomecchanica (con esclusione degli spessori relativi al terreno di riporto per i quali si consiglia l'asportazione):

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

essendo σ'_{vo} il valore della tensione litostatica efficace (KPa) alla profondità di esecuzione della prova.
 Si è in tal modo ottenuto il valore di N_2 , coincidente con N_{SPT} , riportato nella tabella seguente (Tab. C) non essendo necessario procedere all'esecuzione di ulteriori correzioni a causa dell'assenza di livelli idrici alle profondità di esecuzione.

Sondaggio	Profondità dal p.c. (mt.)	N	N_1	σ'_{vo} (KPa)	C_N	$N_2 = N_{SPT}$
S1	3,00 ÷ 3,45	13	9	60,9	1,27	11
	2,50 ÷ 2,95	47	33	52,1	1,37	45
S2	5,00 ÷ 5,45	82	57	98,8	1,00	57

Tab. C: elaborazione prove SPT

I valori di N_{SPT} ottenuti sono stati elaborati statisticamente al fine di individuare il valore corrispondente al 5° percentile della distribuzione gaussiana determinata dall'insieme del numero (N) dei colpi di maglio necessari per 30 cm di avanzamento ottenendo il seguente valore "caratteristico":

$$N_{SPT} = 14$$

La determinazione dell'angolo di attrito, viene effettuata utilizzando la relazione proposta da *Yokitake Shioi e Jiro Fukuni* (in *Road Bridge Specification*, 1982) ottenendo:

$$\phi = 29^\circ$$

mentre, essendo in presenza di un deposito clastico incoerente, è da considerare nullo il vincolo della coesione in quanto i granuli costituenti sono facilmente separabili per mezzo di una semplice agitazione meccanica.
 Il peso di volume J (*da Brusch, 2005*) risulta pari a

$$J = 1,91 \text{ t/m}^3$$

mentre il grado di addensamento della tratta indagata, viene ottenuto attraverso la relazione proposta da *Terzaghi & Peck (1948)* dalla quale si evince:

$$D_r = 48\%$$

Peso di volume	$J = 2,0 \text{ t/m}^3$
Peso di volume immerso	$J' = 0,94 \text{ t/m}^3$
Angolo di attrito	$\phi_u = 0^\circ$
Coesione non drenata	$c_u = 1,10 \text{ Kg/cm}^2$

tali terreni, ottenendo il seguente quadro parametrico:
 incremento delle pressioni neutre a causa della difficoltà di drenaggio insite in
 l'applicazione dei carichi strutturali sui terreni a grana fine, genera un
 comportamento geomeccanico anche in condizioni non drenate in quanto,
 analizzati ($S_{medio} > 90\%$), si rende opportuno procedere ad una valutazione del
 In relazione all'elevato grado di saturazione (S) mostrato dai campioni
 compressibilità del terreno di fondazione.

La prova edometrica, eseguita sul campione S1C2 prelevato alla
 profondità di mt. 11 dal p.c., ha permesso di rilevare l'entità dei cedimenti al
 variare delle tensioni normali, la determinazione del carico di rottura ($\sigma = 2,20$
 Kg/cm²) e la valutazione del modulo edometrico E ($\approx 50,0 \text{ Kg/cm}^2$) per tensioni
 normali comprese tra $1,0 \div 2,0 \text{ Kg/cm}^2$ sottolineando, in tal modo, l'elevata

Peso di volume	$J = 2,0 \text{ t/m}^3$
Peso di volume immerso	$J' = 0,94 \text{ t/m}^3$
Angolo di attrito	$\phi = 22^\circ$
Coesione	$c = 0,5 \text{ Kg/cm}^2$

Dall'esame dei tabulati relativi a tali prove, scaturisce il seguente quadro
 parametrico indicativo, in termini di tensioni efficaci, del comportamento
 meccanico attribuibile alla facies pellica che condiziona il comportamento
 meccanico d'insieme:

Sui campioni prelevati nel corso dei sondaggi meccanici sono state
 effettuate analisi per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al
 taglio attraverso n° 4 prove del tipo consolidata-non drenata "CU" e n° 1 prova
 ad espansione laterale libera ("ELL").
 B) LIMI ARGILLOSI CON INTERCALAZIONI ARENITICHE (OLTRE MT. 4,00 DAL P.C.)

$$E' = 299 \text{ Kg/cm}^2$$

parametro indicativo di un deposito "mediamente addensato"
 Dal valore di N_{SPT} , si ricava inoltre un valore orientativo del modulo
 elastico o di compressibilità E' dei terreni attraverso la relazione proposta da
 Denver (1982) dalla quale risulta:

$$S_s = 1,174$$

A tale categoria di sottosuolo, per il sito in esame, corrisponde il seguente valore del coefficiente di amplificazione stratigrafica ai sensi della Tab. 3.2.V del D.M.I.T. 14.01.2008:

("Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati, o terreni a grana fine 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 e 800 m/sec.").

Tale valore permette di classificare il terreno di fondazione ai sensi del § 3.2.2 del D.M.I.T. 14.01.2008 come appartenente alla categoria di sottosuolo B

$$V_{s30} = 474 \text{ m/sec}$$

La misura diretta della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio lungo la verticale del foro di sondaggio S1 effettuata tramite metodologia Down-Hole, ha permesso di determinare il seguente valore medio della velocità di propagazione delle onde S entro 30 mt di profondità dal p.c.:

CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE

In definitiva, per l'area oggetto di intervento è possibile definire il quadro parametrico riportato nella tabella di pagina seguente (Tab. D) utilizzabile, se condiviso, dal progettista incaricato in fase di redazione della relazione geotecnica.

OGGETTO : RISANAMENTO FRANA IN PROSSIMITA' DELL'EX COMPLESSO ALBERGHIERO LA ROCCIA DELLE ROSE

PROF. DAL P.C. (mt.)	TERRENO	TENSIONI EFFICACI						TENSIONI TOTALI			
		J	J'	ϕ	c	σ	E	J	J'	ϕ_u	c_u
0,00 ÷ 1,80	TERRENO DI RIPORTO	Se ne consiglia la totale asportazione per cui non viene considerato ai fini geotecnici									
1,80 ÷ 4,00	COPERTURE DETRITICHE ELUVIO-COLLUVIALI	1,91		29	0,00		299,0				
>4,0	LIMI ARGILLOSI CON INTERCALAZIONI ARENITICHE	2,00	0,94	22	0,50	2,20	50,0	2,0	0,94	0	1,10

Tab. D: Parametrizzazione geomeccanica dell'area oggetto di intervento. (La quota 0,00 coincide con quella della sede stradale)

LEGENDA

- J = Peso di volume (t/m³)
- J' = Peso di volume immerso (t/m³)
- ϕ = angolo di attrito (°)
- c = coesione (Kg/cm²)
- σ = carico di rottura (Kg/cm²)
- E = Modulo edometrico (Kg/cm²)
- c_u = coesione non drenata (Kg/cm²)

indicativo di un deposito "leggermente sovracosolidato" in quanto, nelle sua storia geologica, ha subito tensioni effettive di poco superiori rispetto quelle cui è sottoposto attualmente.

$$\text{OCR} = 4$$

La valutazione del grado di consolidazione ($\text{OCR} = \sigma^p / \sigma^v$) definito dal rapporto tra il massimo sforzo verticale efficace che ha subito il terreno nel corso della sua storia geologica (carico di preconsolidazione " σ^p ") e il carico litostatico efficace attuale (σ^v) viene definito attraverso i tabulati della prova edometrica dalla quale risulta:

VALUTAZIONE DELLO STATO TENSIONALE

In relazione all'andamento della superficie topografica e alle condizioni morfologiche locali, l'area oggetto di intervento risulta classificabile come appartenente alla categoria topografica T2 ("Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ ") ai sensi della tabella 3.2.IV del D.M.I.T. 14.01.2008.

Ad essa, per il sito in esame, corrisponde il seguente valore del coefficiente di amplificazione topografica ai sensi della Tab. 3.2.VI delle NTC 2008:

$$S_t = 1,00$$

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

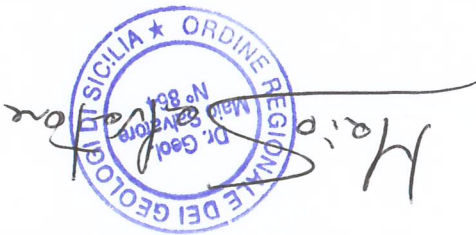
Le caratteristiche fisico-meccaniche dell'area oggetto di intervento, sono state determinate attraverso l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche in situ ed in laboratorio.

In sintesi di quanto precedentemente esposto circa le caratteristiche morfologiche, geologico-strutturali, idrogeologiche e geotecniche del sito esaminato, è possibile rilevare quanto segue:

- In corrispondenza dell'area di interesse progettuale è possibile riconoscere in affioramento depositi sabbioso-conglomeratici sovrapposti alla facies peltico-arenacea appartenente al ciclo regressivo della Formazione della Baronia (Pliocene Inf.).
- Tale formazione litologica si presenta alterata e decompressa nei livelli superficiali dando vita ad una copertura detritica a prevalente componente sabbio-ghiaiosa.
- A valle della S.P. n° 1 si individua la facies peltico-arenacea il cui spessore risulta maggiore della profondità di interesse geotecnico e le caratteristiche geomecchaniche si presentano scadenti a causa delle condizioni di dissesto geomorfologico ed idrogeologico riscontrato.
- La facies peltico-arenacea risulta altresì provvista di media-elevata erodibilità potenziale per deformazioni plastiche in relazione al livello di saturazione raggiunto e, ad aprile 2014, è stata interessata da fenomeni di "scorrimento rotazionale".
- La zona di distacco e relativo coronamento, si individua a ridosso dell'abitato di San Leucio del Sannio, in corrispondenza della S.P. n° 1, per una ampiezza prossima a 13 ml.
- Le cause del dissesto sono legate alla azione delle acque che, da un lato svolgono un ruolo determinante sulle pressioni interstiziali e quindi sulla stabilità globale del pendio e, dall'altro, venendo a contatto con i litotipi argillosi presenti nell'area, ne determinano il decadimento delle proprietà geotecniche.
- Con riferimento agli scenari di rischio previsti dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Liri-Garigliano e Volturno, l'area oggetto di intervento non ricade in zona a rischio ("carta della pericolosità da frana") ma in "aree di possibile ampliamiento dei fenomeni franosi, ovvero dei fenomeni di primo distacco, per la quale si rimanda al D.M. 11 marzo 1988 - C1" (carta di rischio frana).

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

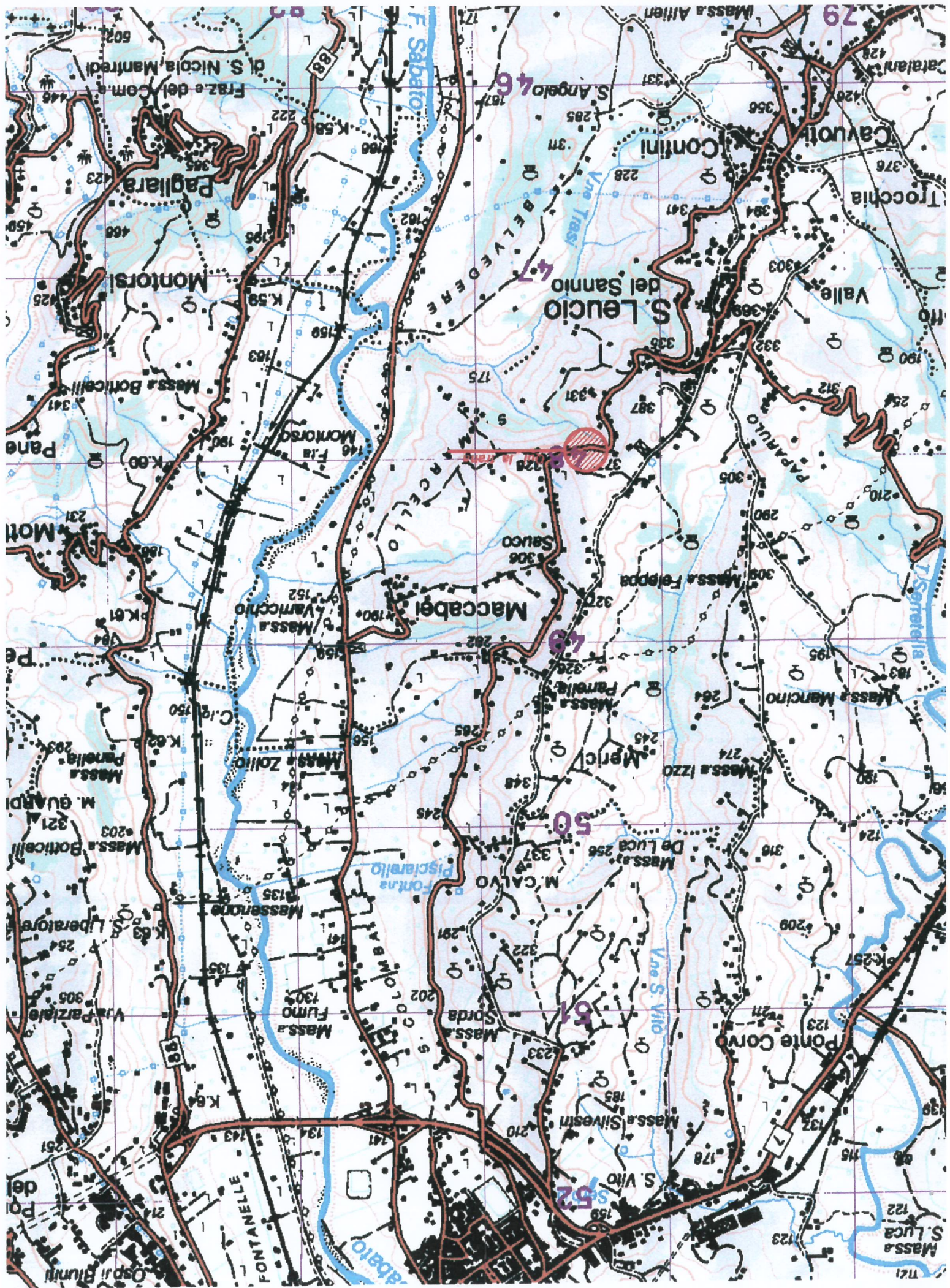
- Il fenomeno franoso non ha subito riattivazione a seguito dell'evento alluvionale del 15.10.2015.
- Dal punto di vista idrogeologico, durante l'esecuzione dei sondaggi meccanici è stata riscontrata la presenza di livelli idrici, provvisi di carico piezometrico, alle profondità di mt. 19,0 dal p.c. (sondaggio S1) e 12,5 dal p.c. (sondaggio S2) legati alla presenza di circolazione idrica entro gli orizzonti arenitici intercalati nella facies limosa.
- Tali livelli idrici possono subire oscillazioni periodiche in funzione delle precipitazioni atmosferiche.
- Le acque di precipitazione meteorica e di ruscellamento superficiale esercitano una intensa azione morfoevolutiva sul territorio esaminato, amplificandone i fattori erosivi.
- Considerata l'elevata suscettibilità idrogeologica della zona, gli elementi a rischio possono essere individuati nell'insieme di tutte le presenze umane, manufatti ed infrastrutture che insistono sul territorio esaminato.
- Dal punto di vista sismico, l'area oggetto di intervento risulta classificata ad "elevata sismicità" secondo la classificazione sismica della Regione Campania, con grado di sismicità 1 e accelerazione massima prevista al sito 0,284g (SLV).
- Ai sensi del D.M.I.T. 14 gennaio 2008, il terreno di fondazione viene classificato come appartenente alla categoria di sottosuolo "B".
- Durante l'esecuzione delle indagini geognostiche e dei rilievi di campagna, non sono emersi movimenti gravitativi profondi a carico del versante per cui, l'area di interesse progettuale (categoria topografica T2) si può ritenere geologicamente idonea alla ricezione delle strutture previste in progetto.
- Tuttavia, in relazione alla situazione di "disordine geomorfologico" ed alle mediocri caratteristiche geomecchaniche riscontrate nei terreni affioranti, si consiglia:
 - l'utilizzo di fondazioni indirette con "pali" pienamente ammorsati all'interno della formazione di substrato ed in grado di trasferire in essa le azioni indotte dalle strutture, considerando altresì un adeguato margine di sicurezza nei riguardi della possibilità delle condizioni di collasso (S.L.U.).
 - Migliorare le condizioni di stabilità del versante mediante il controllo della circolazione idrica superficiale assicurando un accurato e consistente drenaggio tramite la canalizzazione e allontanamento di tutte le acque che, in varia forma, dovessero affluire nell'area di sedime in quanto, le



IL GEOLOGO
Dott. SALVATORE MAIO

Benevento, lì 09.12.2015

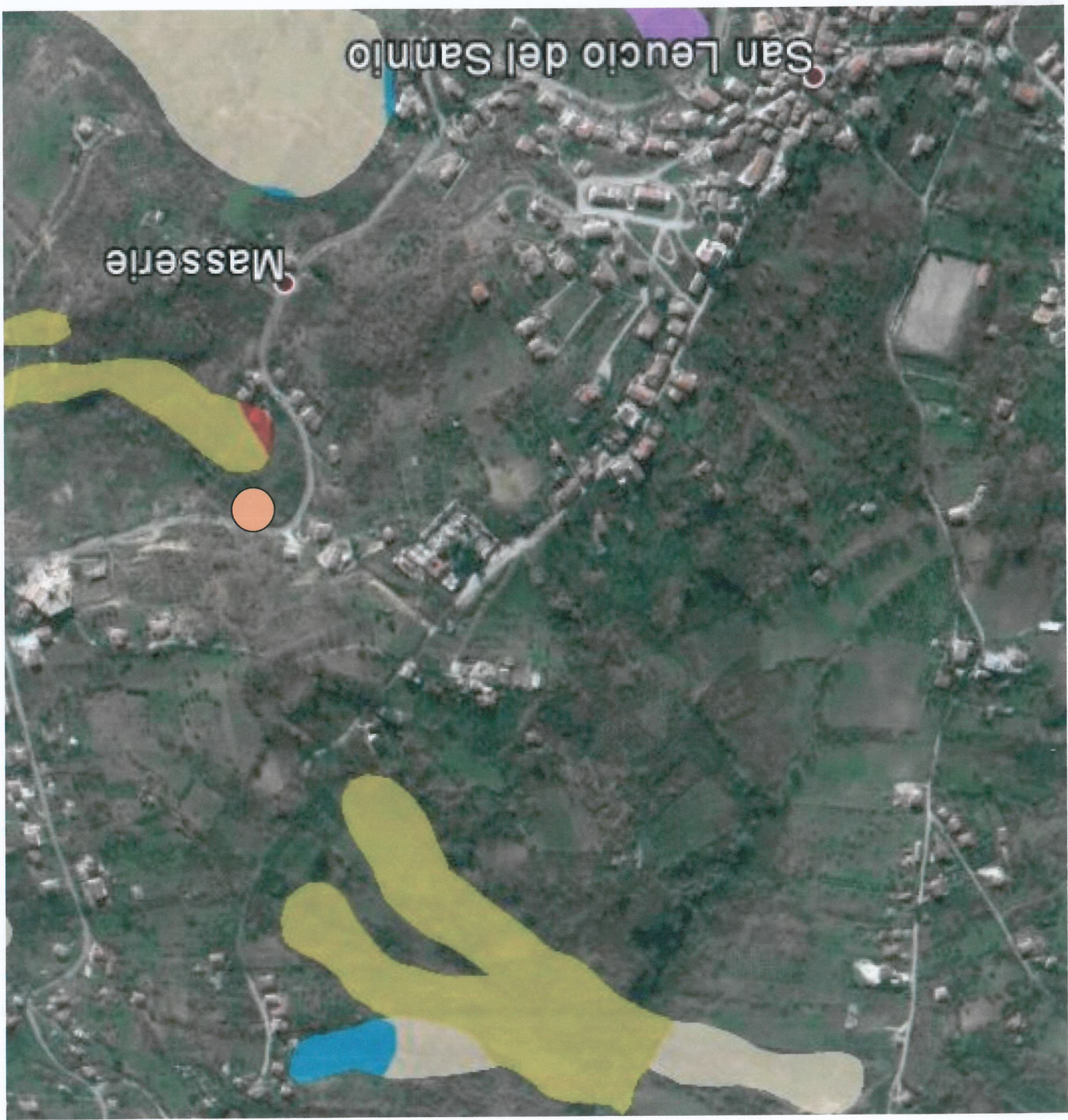
- caratteristiche meccaniche dei terreni esaminati (ed in particolare quelle di resistenza al taglio) decadono in presenza d'acqua.
- Attenzione, sia in fase progettuale che esecutiva, le pressioni di rigonfiamento e la presenza di livelli idrici in pressione dotando, le realizzande opere, di un adeguato sistema di smaltimento delle acque che dovessero eventualmente accumularsi a tergo delle stesse, al fine di evitare l'insorgere di pressioni neutre che possano incidere negativamente sulla stabilità dei manufatti.
 - Favorire le condizioni di inerbimento naturale rallentando l'azione erosiva esercitata dalle acque di precipitazione meteorica in corrispondenza della scarpata sottostante la sede stradale.
 - Impedire eventuali fenomeni di scalzamento al piede in corrispondenza del thalweg sottostante la sede stradale attraverso la messa in opera di opere spondali di sostegno (quali possono essere, ad esempio: pietrame a secco, pietrame e mattoni, muri cellulari, terre rinforzate, gabbionate, palificata viva spondale, presidi al piede, ecc...).



PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)
AUTORITA' DI BACINO LIRI-GARIGLIANO E VOLTURNO

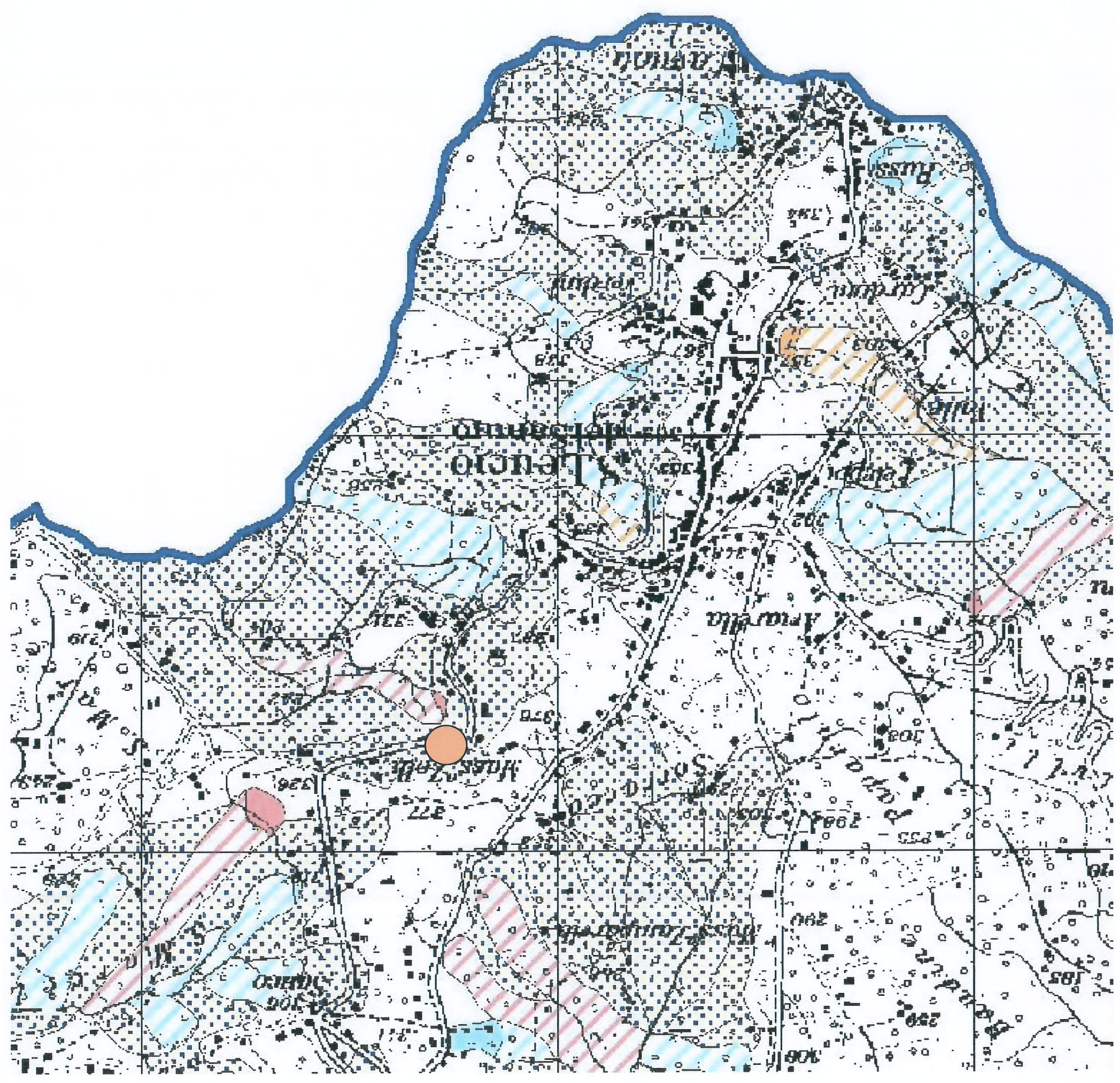
CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA

Area oggetto di intervento



CARTA RISCHIO DI FRANA

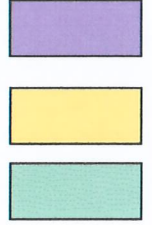
● Area oggetto di intervento





Frauna per "scorrimento rotazionale". Quiescente. Rischio residuo elevato a carico della S.P. qualora la plasticizzazione dei terreni dovesse superare la resistenza al taglio residua

Aree morfologicamente stabili anche in versanti a media-alta acclività
Aree potenzialmente instabili per fenomeni di dilavamento del terreno
Aree di fondovalle instabili in quanto potenzialmente interessate da fenomeni di distacco, transito e/o invasione da frana; deflussi idrici



Thalweg



LEGENDA

CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1:5000





--- Traccia del modello geologico di riferimento

~ Contatto litologico

● Area oggetto di intervento

■ Facies pelitico-arenacea (limi sabbio-argillosi con intercalazioni arenacee)

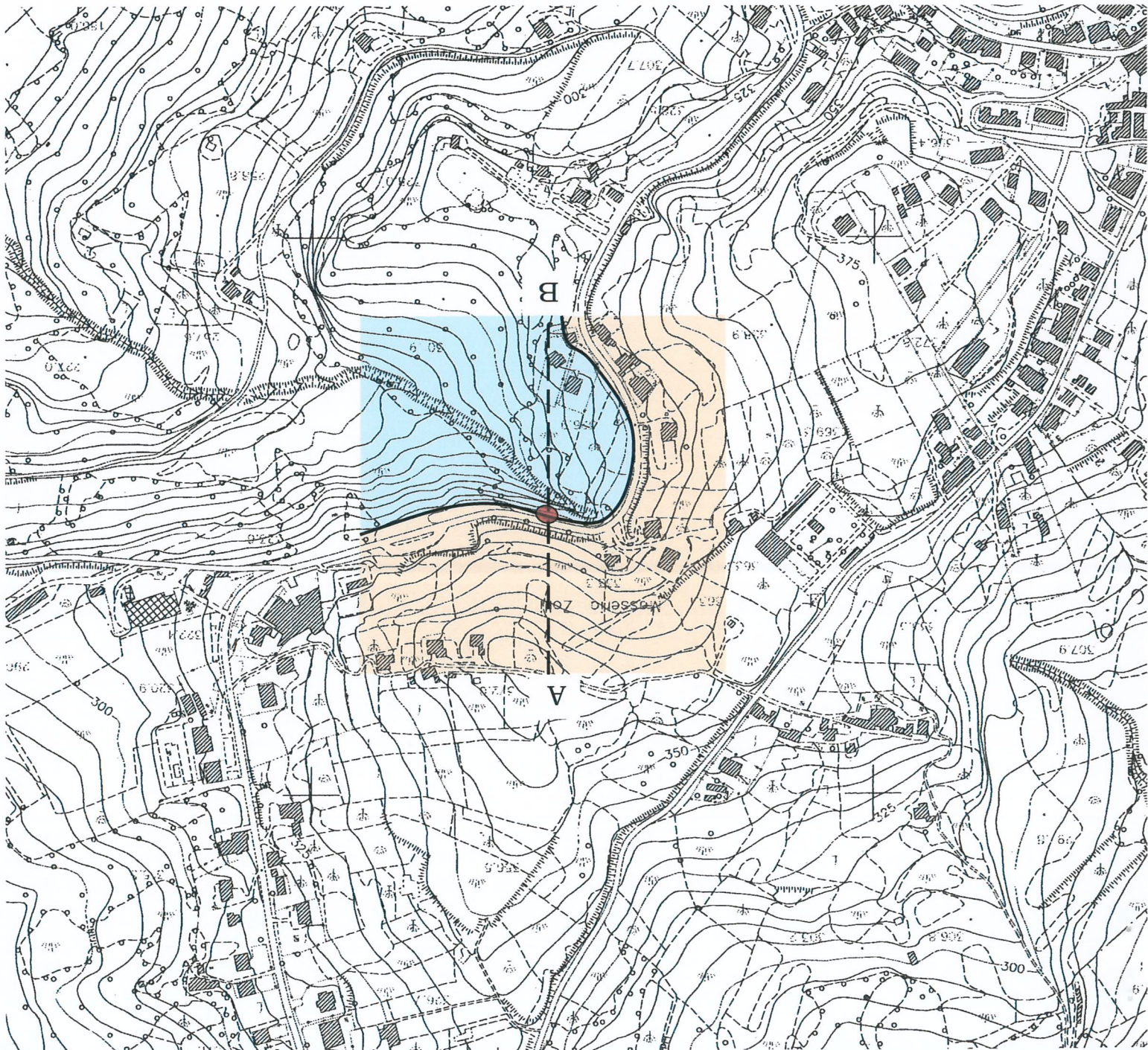
■ Facies sabbioso-conglomeratica (livelli conglomeratici con intercalazioni sabbiose)

FORMAZIONE DELLA BARONIA (*Pliocene Inferiore*)

LEGENDA

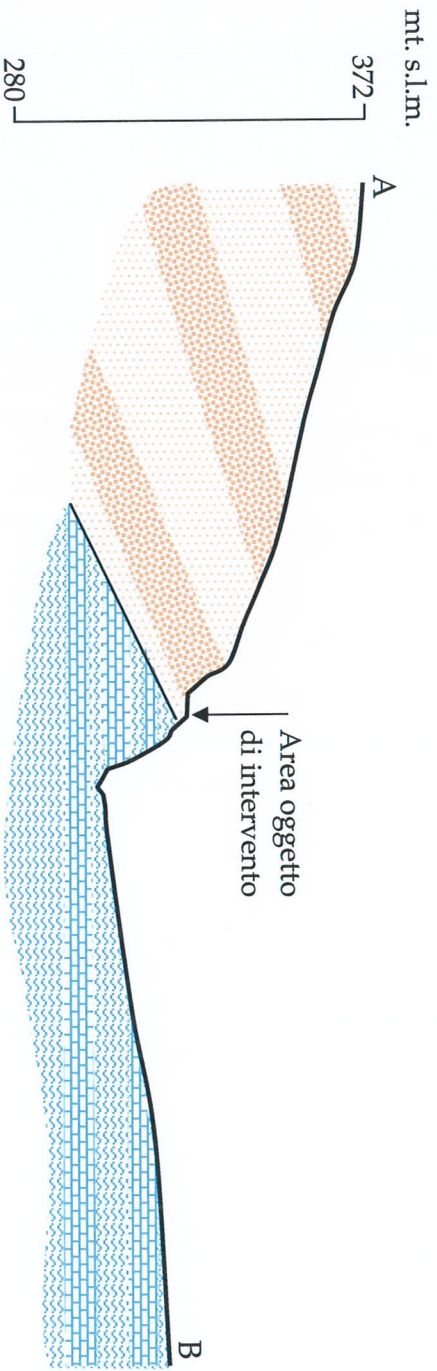
Scala 1:5000

CARTA GEOLOGICA



MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Scala 1:2000



LEGENDA

FORMAZIONE DELLA BARONIA (*Pliocene Inferiore*)

- Facies sabbioso-conglomeratica (livelli conglomeratici con intercalazioni sabbiose)
- Facies pelitico-arenacea (limi sabbio-argillosi con intercalazioni arenacee)





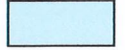
--- Traccia della sezione idrogeologica

~ Limite di permeabilità

● Area oggetto di intervento

idrici in pressione.

secondaria, da media ad elevata, nella facies arenacea. Possibile presenza di livelli
Permeabilità nulla qualora prevalga la componente limosa. Permeabilità
Complesso pelitico-arenaceo (limi sabbio-argillosi con intercalazioni arenacee).



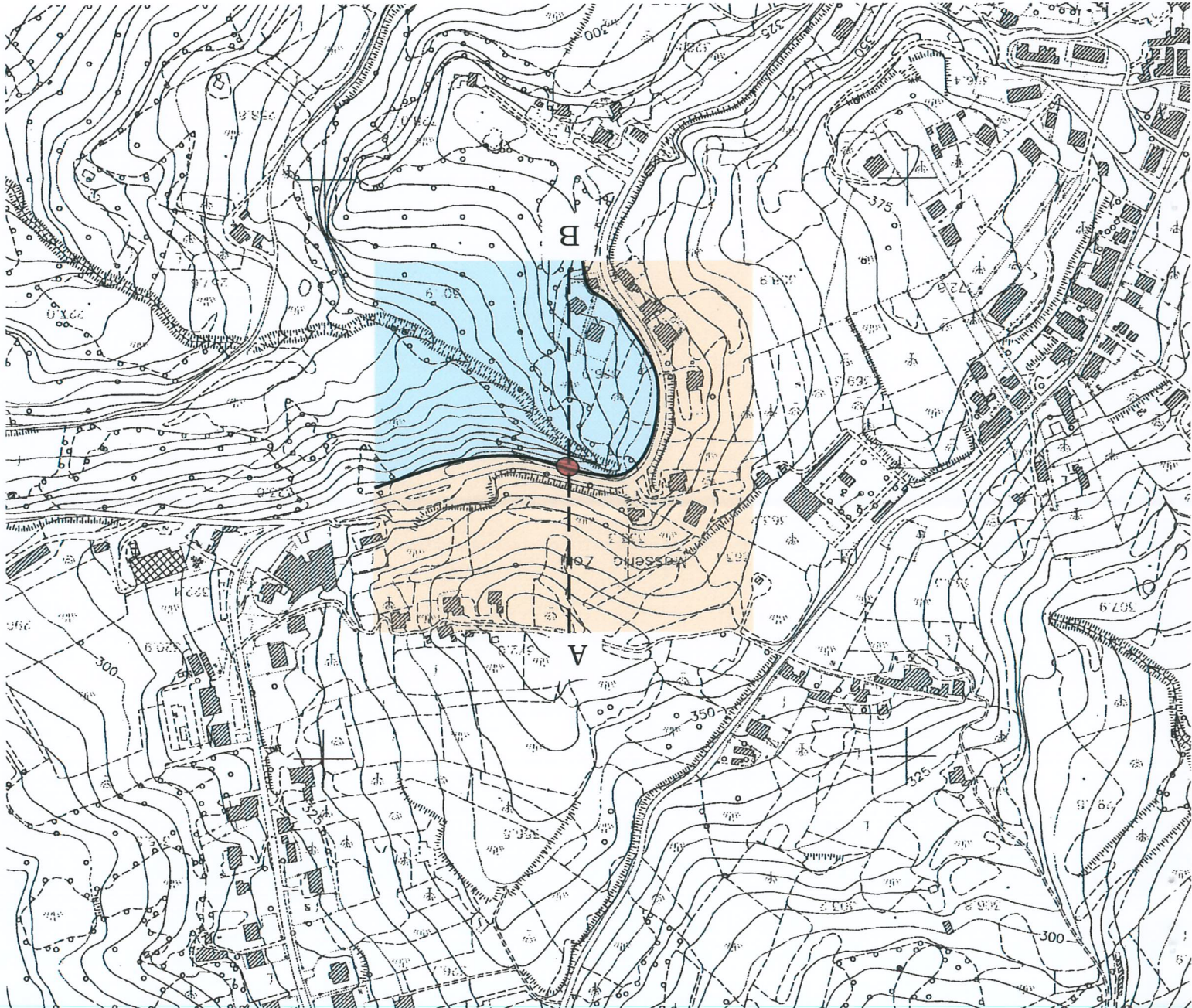
fratturazione nei livelli conglomeratici
sabbiose). Permeabilità da media ad elevata per porosità nelle sabbie e per
Complesso sabbioso-conglomeratico (livelli conglomeratici con intercalazioni



LEGENDA

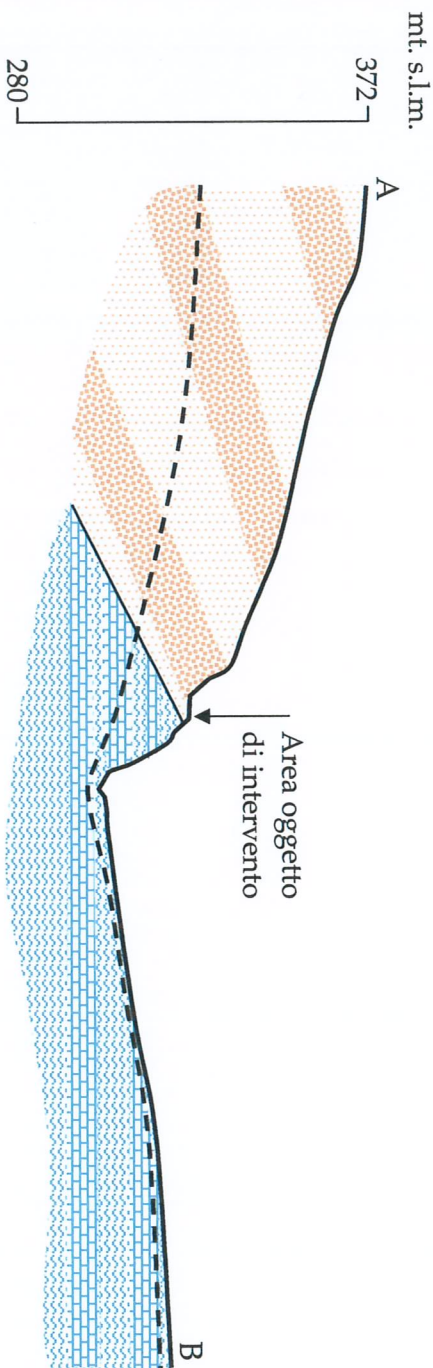
Scala 1:5000

CARTA IDROGEOLOGICA




SEZIONE IDROGEOLOGICA

Scala 1:2000



LEGENDA

 Complesso sabbioso-conglomeratico (livelli conglomeratici con intercalazioni sabbiose). Permeabilità da media ad elevata per porosità nelle sabbie e per fratturazione nei livelli conglomeratici

 Complesso pelitico-arenaceo (limi sabbio-argillosi con intercalazioni arenacee). Permeabilità nulla qualora prevalga la componente limosa. Permeabilità secondaria, da media ad elevata, nella facies arenacea. Possibile presenza di livelli idrici in pressione.

 Superficie piezometrica (agosto 2015)

