



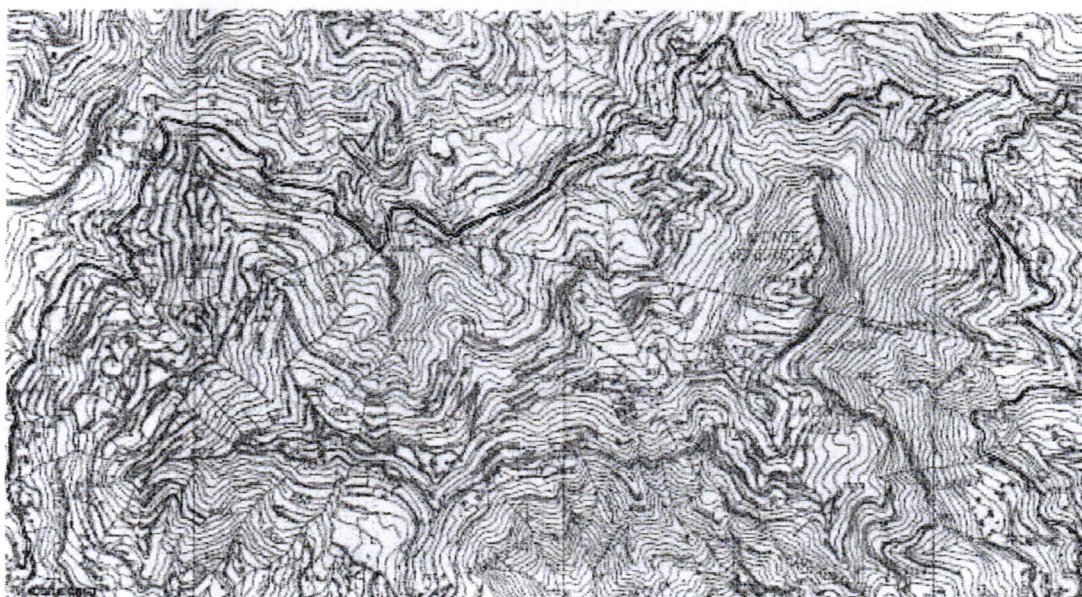
Città Metropolitana di Messina

III^a Direzione - Viabilità Metropolitana
2° Servizio - Distretto Costa Jonica

O.C.D.P.C. n° 340 del 9 Maggio 2016: Interventi urgenti sulla S.P. 19 ricadente nel territorio del Comune di Casalvecchio Siculo. **COD.340-C32**

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA



Progettisti: Ing. Giovanni LENTINI - Geom. Giovanni PINTO - Geom. Pasquale CHIAIA

Direttore dei Lavori: Ing. Giovanni LENTINI

Direttore Operativo: Geom. Giovanni PINTO

Ispettore di Cantiere: Geom. Pasquale CHIAIA

Visti ed approvazioni

Il Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Rosario BONANNO

31 MAG. 2017

Il Dirigente:
Arch. Vincenzo GITTO

TAVOLA N° C

Materiali: CLS: C25/30 Acciaio: B450C





Città Metropolitana di Messina

III[^] DIREZIONE
VIABILITA' METROPOLITANA
Servizio Protezione Civile

O.C.D.P.C. N. 340/16 – Interventi urgenti sulla S.P. 19 ricadente nel territorio del Comune di Casalvecchio Siculo. COD.340-C32



RELAZIONE GEOLOGICA PROGETTO ESECUTIVO

MESSINA, 31 Maggio 2017

IL FUNZIONARIO GEOLOGO
(Geol. Biagio PRIVITERA)



Città Metropolitana di Messina

(L.R. n. 15/04/2015)

III[^] DIREZIONE

VIABILITA' METROPOLITANA

Servizio Protezione Civile

RELAZIONE GEOLOGICA PROGETTO ESECUTIVO

1. Premessa

Nella presente nota sono esposti i risultati dello studio geologico esecutivo condotto al fine di definire un generale quadro conoscitivo delle caratteristiche geologiche, litologiche, idrogeologiche e geomorfologiche dei terreni interessati dalle opere di progetto, per meglio dettagliare il modello geologico di riferimento anche attraverso la consultazione di precedente campagna di indagini geognostiche e prove in sito eseguita sulla stessa litologia di terreni nell'ambito dei lavori O.C.D.P.C. N. 117 DEL 25/09/2013 – Progetto per il consolidamento a protezione della S.P: 23/Bis Misserio – Misitano – Rimiti nel Comune di Casalvecchio Siculo COD. CSV 1 – (Piano degli interventi ex O.P.C.M. 3865/10 e Disp. Comm. n° 06 del 20/07/2011).

Lo studio si è articolato attraverso consultazione di studi precedenti e cartografia geologica realizza da questo Ente cui si è fatto riferimento nella stesura del presente elaborato.

Nei paragrafi successivi verranno, brevemente, trattati i seguenti argomenti:

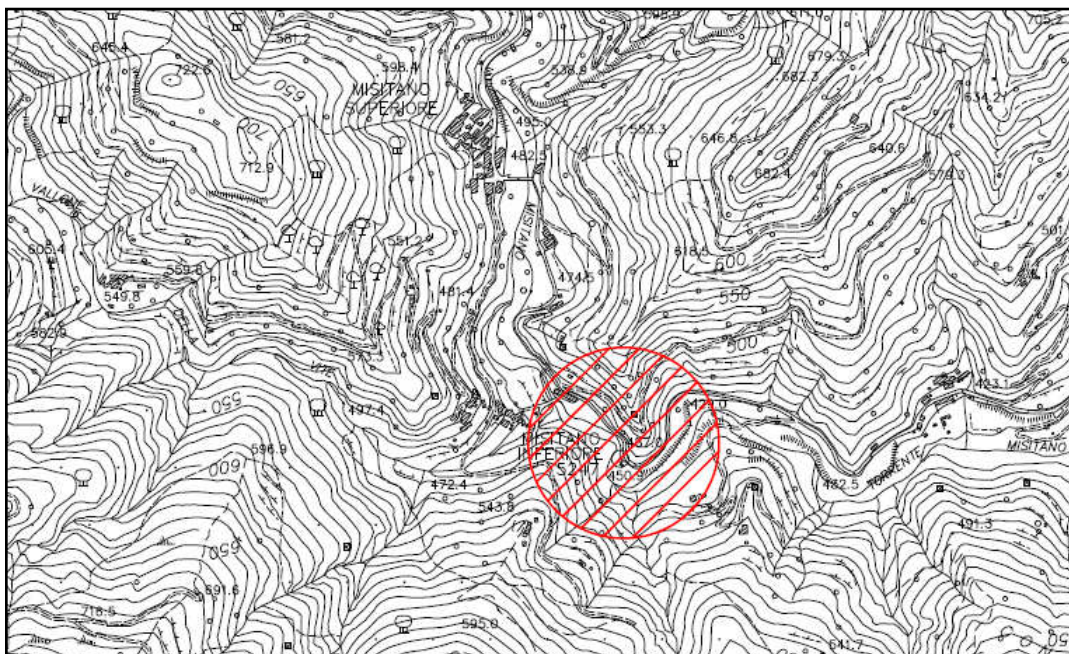
- Inquadramento geografico della zona;
- Caratteri geolitologici;
- Caratteri geomorfologici e fenomeni di dissesto;
- Caratteri idrogeologici;
- Descrizione intervento di progetto;
- Caratteri fisico – meccanici dei terreni;
- Sismicità storica della zona;
- conclusioni.

Sarà cura dello strutturista definire il modello geotecnico di progetto.

2. Inquadramento geografico della zona

L'area in esame è rappresentata nell'ambito della Tavoletta “*Santa Teresa Riva*” I NE del F. 262 della Carta d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano, scala 1: 25.000. Più in particolare, la strada sp 23/bis interessata dai lavori di progetto si snoda dall'abitato di Misserio, frazione di Casalvecchio Siculo (Me), e con andamento tortuoso e prevalentemente a mezza costa raggiunge gli abitati di Rimiti e Misitano.

Il sito di stretto interesse resta localizzato in corrispondenza della c/da Misitano Inf., frazione del Comune di Casalvecchio Siculo.

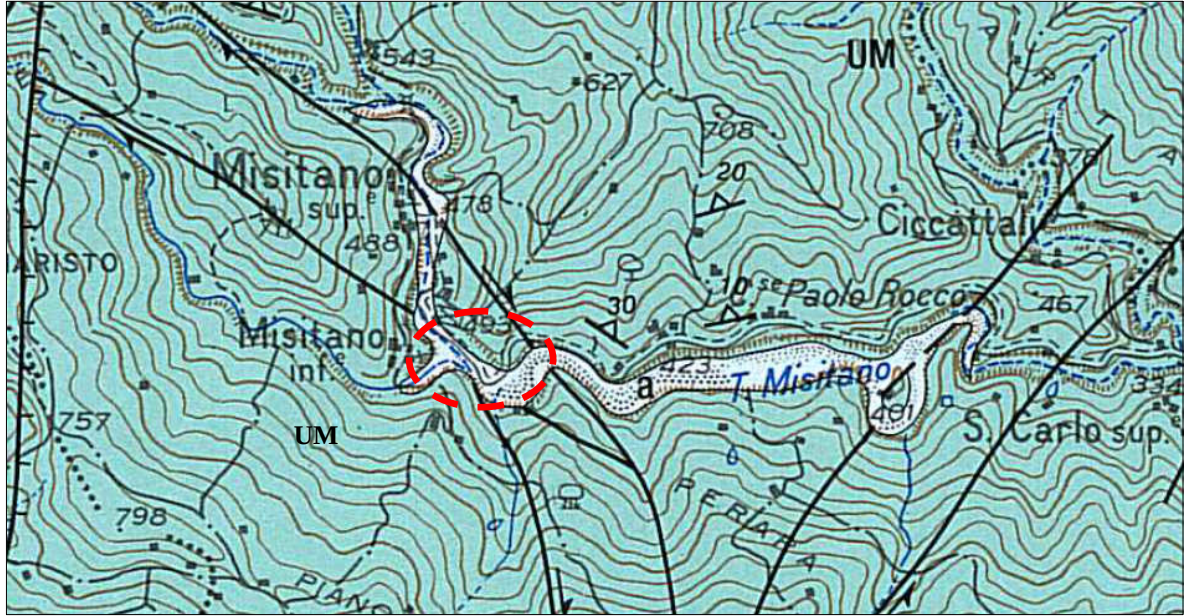


Localizzazione sito d'intervento. La freccia in rosso indica l'erosione laterale di sponda ad opera del T. Misitano in quel tratto.

3. Caratteri geolitologici

Il tratto di strada provinciale in oggetto resta localizzato sul versante ionico dei Monti Peloritani, segmento della catena Appennino – Maghrebide, risultato della tetto-genesi Alpina che ha interessato vari domini paleografici che si erano già delineati durante il mesozoico e li trasforma, attraverso una complessa storia deformativa, in un edificio a falde e scaglie tettoniche.

La strada si snoda nell’ambito dei termini metamorfici di basso grado, appartenenti alla Falda di Mandanici del Complesso Calabride. Sono presenti in copertura coltri di prodotti di disfacimento e di alterazione della formazione presente nella zona.



STRALCIO NON IN SCALA DALLA CARTA GEOLOGICA DELLA PROVINCIA DI MESSINA
1:50.000 – (F. Lentini et al., 2000 – SELCA Firenze)

UM =Unità di Mandanici  Area di progetto **a** = alluvioni attuali e recenti

Sono qui di seguito descritti, procedendo dall’alto verso il basso, i caratteri peculiari dei litotipi riscontrati:

- **copertura detritica e di riporto;**
- **Alluvioni fluviali;**
- **Unità di Mandanici.**

3. 1 Copertura detritica e di riporto

E’ il prodotto del disfacimento ed erosione della formazione geologica che costituisce il substrato del versante. Si tratta di materiali eterogenei costituiti da prevalente ciottoli a spigoli vivi, con sabbia e scarsa matrice limoso - argillosa, di natura metamorfica (prevalenti filladi e metareniti). Il colore è grigio - brunoastro. Localmente detta copertura rappresenta anche il prodotto del rimaneggiamento meccanico dell’accumulo di frana prodotto a seguito dell’evento che ha interessato la Strada Provinciale e che si è reso necessario rimuovere per ripristinare il transito autoveicolare. lo spessore stimato è compreso tra 3-4 mt. .

3. 2 Alluvioni fluviali

Rappresentano il prodotto della sedimentazione fluviale dei materiali erosi a monte e trasportati durante i periodi di piena. Sono presenti lungo l'asta principale del torrente Misserio che attraversa il territorio. Granulometricamente risultano costituite da sabbie, limi, ghiaie, ciottoli e rari blocchi.

Caratteristica peculiare, in particolare, delle alluvioni di fondovalle dei torrenti e delle fiumare siciliane è la limitata classazione dei materiali, a causa del regime idraulico che ne ha determinato la deposizione. Poiché la maggior parte dei materiali alluvionali viene depositata a seguito delle piene, che in regime idraulico turbolento trasportano a valle simultaneamente sia materiali grossolani che fini, in esse si rinvencono associazioni granulometriche molto variabili da punto a punto; si ha in definitiva una serie di contatti eteropici ad andamento irregolare.

Questi depositi sono interessati da processi di rielaborazione esercitati dagli ordinari processi torrentizi.

Lo spessore di questi depositi si ritiene dell'ordine di alcuni metri. L'età del deposito è attuale.

3. 3 Unità di Mandanici

Si tratta di una formazione metamorfica, nota nella letteratura geologica con il nome *filladi dell'Unità di Mandanici*. Le *filladi* sono terreni di natura cristallina che si sono formati per effetto di processi metamorfici di bassa temperatura e pressione cui sono stati sottoposti sedimenti di originaria natura pelitica o pelitico – arenacea. Rappresentano la formazione di base e risultano caratterizzati da termini epimetamorfici. I litotipi principali, in genere, sono costituiti da filladi, filladi quarzifere, filladi albitiche, filladi grafitose. Macroscopicamente si presentano di consistenza variabile e di colore poco uniforme con tonalità dal grigio al bruno nerastro al verde. L'aspetto cristallino non è sempre apprezzabile ad occhio nudo, la scistosità è particolarmente evidente nelle facies più ricche di mica.

Questi terreni, nel corso della loro storia geologica evolutiva, hanno subito stress tettonici che hanno comportato l'intensa deformazione, frantumazione, disarticolazione degli originari piani di scistosità che li caratterizzano e la formazione di fasce cataclastiche. I processi di alterazione chimico – fisica, cui sono sottoposte le filladi e che alle nostre latitudini sono prevalentemente esercitati dalle acque meteoriche, concorrono a renderle particolarmente degradate ed instabili, almeno nelle porzioni più superficiali. I fitti piani di discontinuità per spinta scistosità, nelle filladi, sono intervallati spesso da piccole lenti di quarzo bianco concordanti ai piani. La fratturazione riscontrata è in genere da centimetrica a decimetrica. La formazione talora è sostanzialmente integra fino ad essere interessata da fasce cataclastico-milonitiche dell'ordine metrico. Tale organizzazione concorre ad aumentare il grado di sfaldabilità delle filladi, secondo placche e lame sottili. Ciò comporta, dai versanti modellati in tali rocce, una abbondante produzione di mantelli detrico-colluviali ricchi di frammenti rocciosi eterometrici in matrice fine sabbioso – ghiaioso - limoso - argillosa. La giacitura dei piani di scistosità a franapoggio meno che caratterizza lo sperone roccioso interessato dal fenomeno di dissesto, e l'intensa fratturazione e disarticolazione dell'ammasso, conferisce alla zona un'elevata propensione ad ulteriori fenomeni di cedimento e crollo di massi di dimensioni variabili.

4. Caratteri geomorfologici e tipologia di dissesto

I lineamenti morfologici salienti della zona risentono sia della costituzione geologica e della storia tettonica, sia delle condizioni climatiche cui questi terreni sono stati e sono tuttora esposti, conferendo al paesaggio un aspetto morfologicamente giovanile caratterizzato da accentuata propensione all'erosione.

L'erosione non si propaga solo lungo i corsi d'acqua, ma ha riflessi anche sui fianchi dei versanti. La diversa risposta all'erosione dei termini litologici affioranti favorisce il maggior approfondimento all'interno degli orizzonti più facilmente erodibili.

La strada provinciale in esame si sviluppa prevalentemente a mezza costa, lungo un versante a morfologia aspra ed accidentata, in sinistra idrografica del Torrente Misitano. Le pendenze del versante sono nel complesso elevate, localmente accentuate per la presenza di costoni e speroni rocciosi ripidi. In siffatte condizioni, in genere, la mezzzeria di monte della sede stradale è impostata in scavi di sbancamento mentre quella di valle è impostata su terreni di riporto. Ciò comporta, di conseguenza, l'esistenza, spesso, di problemi di stabilità delle scarpate di monte ove non adeguatamente protette e di assestamenti e cedimenti delle parti su rilevato non sempre realizzato adeguatamente. Le condizioni di stabilità della fascia topografica interessata dalla strada sono, pertanto, legate alla dislocazione delle masse detritiche più consistenti, ai sistemi di frattura e disarticolazione dell'ammasso roccioso ed alle infiltrazioni idriche sotterranee.

In ragione delle peculiarità idrogeologiche, geomorfologiche, litologiche e climatiche esistenti,



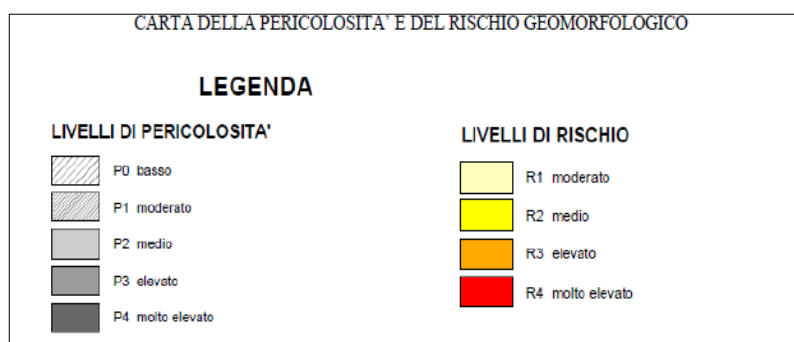
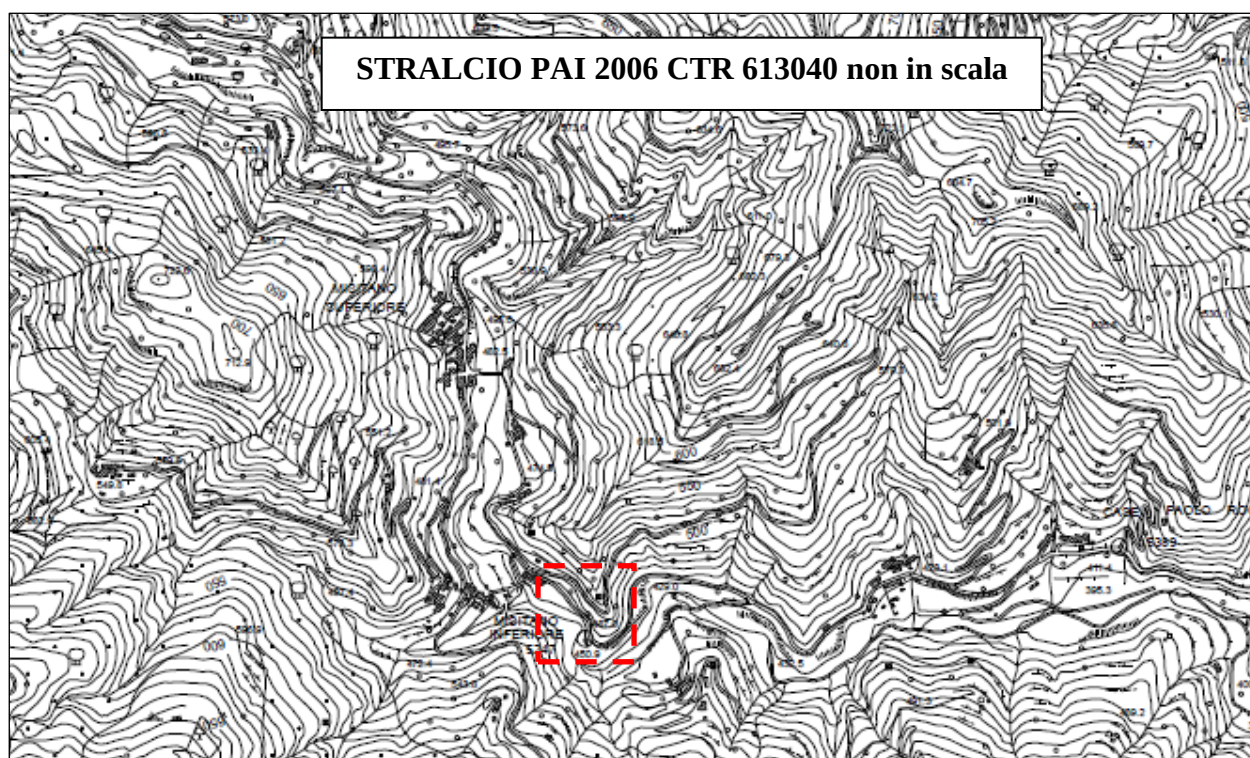
l'area in esame è stata interessata da un movimento gravitativo di limitate porzioni di terreno, in genere a livello superficiale, connesso, quale causa innescante, a fenomeni di scalzamento al piede del versante, in sponda idraulica sinistra, ad opera delle acque del T. Misitano. A questa tipologia di dissesto può ricondursi il fenomeno che ha interessato il sito in esame (vedi foto sopra) ove le condizioni di rischio residuo sono notevolmente elevate costituendo incombente rischio per gli utenti la strada provinciale in quel tratto. Successivamente all'evento è stato

eseguito un primo temporaneo intervento per ripristinare il transito. Quindi, è stato programmato l'intervento di mitigazione attraverso l'esecuzione delle opere previste in progetto.

La causa principale di questo fenomeno di dissesto va ricercata nelle caratteristiche geologiche del versante entro cui si è sviluppato, ovvero nella sovrapposizione di estese coperture detritiche su una formazione di metamorfiti marcatamente alterate e fratturate e che risente, inoltre, dei processi tettonici che ne hanno accompagnato la messa imposto, in assenza di preesistenti opere di difesa arginali al piede del versante.

La qualità meccanica di questo ammasso filladico può essere classificata tra le rocce deboli. In termini attuali, la causa fisica dell'attivazione dei fenomeni descritti è da ricercarsi soprattutto nei fattori idrogeologici, legati all'aumento dei livelli idrici e delle pressioni interstiziali, sia nell'ammasso roccioso che nelle coperture sciolte per effetto delle prolungate e intense piogge che hanno interessato la zona e dall'azione di scalzamento al piede ad opera delle acque del torrente Misitano in quel tratto.

Vista l'eterogeneità intrinseca, lo studio di questi terreni pone problemi sia dal punto di vista del rilevamento sul terreno sia di caratterizzazione in laboratorio e, di conseguenza, di classificazione e previsione del comportamento geomeccanico e della circolazione idrica. appare opportuno in ogni caso far presente che, i fenomeni morfoevolutivi cui può essere esposta la zona, in assenza di adeguate opere di sistemazione e consolidamento, sono essenzialmente riconducibili all'azione evolutiva retrogressiva nella zona di corona della frana ed a fenomeni di distacco di frammenti rocciosi dal versante lato monte in quel tratto ove si consiglia una bonifica e contenimento. La consultazione del PAI 2006 e del parziale aggiornamento 2013 per la CTR 613040 non presenta alcuna classificazione per la zona di progetto.



5. Caratteri Idrogeologici

Molteplici sono i fattori che condizionano la circolazione delle acque nel sottosuolo, ma tutti essenzialmente legati alle caratteristiche litologiche, di porosità e permeabilità dei terreni ed ai rapporti stratigrafici e tettonici a diversa permeabilità relativa.

In relazione al tipo di permeabilità è in natura possibile riscontrare: litotipi porosi, fessurati ed a permeabilità mista. In ognuno di essi la circolazione idrica avviene secondo schemi diversi.

Gli studi geolitologici ed i dati raccolti consentono una verosimile identificazione qualitativa delle caratteristiche idrogeologiche del territorio in esame.

La copertura di materiali sciolti (alluvioni e detriti) presenta, nel complesso, una medio – alta permeabilità principale, per porosità, variabile in ragione del contenuto in frazione fine a livello di matrice. Localmente ed in accordo con l'eterogeneità del litotipo, la frazione fine della copertura detritica può assumere valori più modesti e tali da condizionare la circolazione idrica temporanea in coincidenza con i maggiori eventi meteorici.

Il **basamento metamorfico** che costituisce l'ossatura del settore, risulta caratterizzato da una scarsa circolazione idrica sotterranea, limitata quasi esclusivamente in corrispondenza delle zone più corticali fratturate ed allentate. A maggiori profondità è possibile la presenza di una limitata circolazione idrica in corrispondenza della maggiore fratturazione. Il già modesto grado di permeabilità tende comunque a ridursi ulteriormente con la profondità.

Le modalità di circolazione idrica superficiale e sotterranea assumono una sostanziale rilevanza per la stabilità dei terreni e della strada. Il deflusso delle acque superficiali, con riferimento a quello derivante dagli eventi piovosi più prolungati ed intensi, appare non adeguatamente controllato ed incanalato perciò il rischio di fenomeni erosi e elevato.

La circolazione idrica sotterranea avviene preferenzialmente lungo la superficie di contatto tra coltre detritica e substrato metamorfico e lungo i sistemi di fratturazione più aperti. Le infiltrazioni idriche nel sottosuolo nei periodi di maggiore piovosità, tendono a saturare i materiali detritici determinando un progressivo deterioramento della consistenza e delle qualità geomeccaniche, con conseguenti fenomeni di cedimento favorito dall'elevata acclività dei versanti.

6. Caratteri fisico - meccanici di massima dei terreni

Allo scopo di fornire un quadro interpretativo del modello geologico utile di progetto si è ritenuto necessario descrivere anche le principali caratteristiche quali-quantitative del comportamento fisico-meccanico delle litologie riscontrate d'interesse progettuale.

Si ritiene opportuno precisare che in considerazione dell'assenza di indagini geognostiche in sito, la definizione dei valori dei principali parametri fisico meccanici, rappresentativi dei litotipi riscontrati, va considerata una stima la cui attendibilità dipende da diversi fattori da soppesare attentamente in ogni applicazione.

Nello specifico, nell'area interessata dalla realizzazione dell'intervento previsto in progetto, la interpretazione geometrico – spaziale del modello geologico ha evidenziato la presenza di due strati principali: un primo strato più superficiale costituito da materiali sciolti di natura detritica, colluviale eluviale, il cui spessore stimato è di mt. 03,00 – 04,00 ed un secondo strato costituito dalle filladi da marcatamente alterate nella parte più superficiale a moderatamente alterate in profondità, comunque sempre molto fratturate al di sotto delle coperture sciolte.

Pertanto, ai fini progettuali, si è ritenuto opportuno distinguere:

- Coperture sciolte;
- Metamorfiti.

6.1 coperture sciolte

Qualitativamente si tratta di materiali detritici e riporti fortemente eterometrici ed eterogenei accumulati lungo il versante ed ai piedi del pendio dopo breve trasporto per gravità e ruscellamento o meccanicamente rimodellati in loco. Sono caratterizzati dalla presenza di trovanti lapidei spigolosi di varia pezzatura derivanti dall'alterazione delle rocce di substrato, inglobati casualmente in un'abbondante e prevalente matrice sabbioso-ghiaiosa-limosa. A comportamento prevalentemente attritivo. Il valore della resistenza al taglio cresce all'aumentare dello stato di addensamento e della frazione più grossolana. Così come la coesione risente della presenza della frazione fine. La caratterizzazione dei principali parametri fisico – meccanici di questo tipo litologico è determinata su base esperienziale e dai risultati di indagini e prove condotte per altri lavori su terreni simili.

6.2 Metamorfiti

Preliminarmente è utile ricordare che per comprendere il comportamento fisico-meccanico di un ammasso roccioso è di fondamentale importanza la conoscenza degli aspetti geologici (litologia, struttura, stratificazioni, scistosità, faglie, tettonica, regime idrogeologico, ecc.). In particolare occorre distinguere: la matrice lapidea o roccia intatta; le discontinuità; le tensioni in sito esistenti; la circolazione idrica; l'alterazione.

Se il volume roccioso unitario è molto grande e i sistemi di giunti sono caratterizzati da modesta frequenza e continuità l'ammasso roccioso si può assimilare ad un sistema monocrpo le cui caratteristiche meccaniche sono simili a quelle della roccia che costituisce la matrice lapidea. Se, invece, il volume roccioso unitario ha dimensioni molto piccole ed i sistemi di giunti che interessano la matrice lapidea sono caratterizzati da alta frequenza e continuità l'ammasso roccioso assume l'identità di un terreno granulare.

In generale gli ammassi rocciosi si presentano come un sistema multicorpo a diverso grado di separazione che può essere inserito entro i due suddetti casi. Le discontinuità sono sede di raccolta delle fasi liquida ed aeriforme cosicché l'ammasso roccioso è da considerarsi un mezzo discontinuo, anisotropo ed eterogeneo per la coesistenza delle tre fasi fondamentali. Così anche le proprietà meccaniche di un ammasso roccioso si possono ritenere intermedie tra quelle della roccia che ne costituisce la matrice lapidea e quelle riferibili alle discontinuità da cui essa è attraversata. Anche le proprietà fisico-meccaniche ed idrauliche di un ammasso roccioso, come per i terreni granulari, possono essere correlate ad opportuni parametri che consentono la caratterizzazione del sistema multicorpo con cui esso si identifica. Questi parametri sono descrittivi e della matrice lapidea e dei sistemi di giunti che la attraversano. Le discontinuità costituiscono il punto debole dell'ammasso. I sistemi di fratturazione hanno anche un ruolo fondamentale nella valutazione della permeabilità del mezzo e dei flussi all'interno dello stesso.

Nello specifico, si tratta di rocce metamorfiche a prevalenti filladi che si presentano da scistosità compatte, da marcatamente a moderatamente alterati, localmente argillificati, comunque intensamente fratturati. Il comportamento meccanico di questi litotipi, in genere, è condizionato dai livelli argillificati e dalle discontinuità presenti nell'ammasso roccioso, le quali si rinvencono variamente orientate ed inclinate, spesso con interdistanza da alcuni centimetri fino a qualche decimetro. Le fratture sono piuttosto aperte quando arrivano in superficie (per detensionamento), mentre sono solitamente serrate in profondità.

Nelle porzioni più superficiali ed allentate i sistemi di frattura isolano poliedri di roccia generalmente di pochi decimetri nelle porzioni più competenti, mentre ove la roccia presenta maggiore scistosità la dimensione dei poliedri di roccia assume dimensioni centimetriche.

L'originaria consistenza della massa rocciosa, tuttavia, è spesso annullata, raggiungendo talora condizioni estreme con la formazione di mantelli di alterazione talmente spinta od orizzonti fortemente milonitizzati da conferire alla roccia un aspetto fortemente brecciato, presentandosi al carotaggio come deposito sciolto, come evidenziato dai sondaggi meccanici condotti nell'area d'interesse progettuale.

Copertura detritica (da 0,00 a – 03,00/04,00 mt. dal p.c.): ricopre con spessori variabili la formazione sottostante (potrebbe raggiungere anche i 05,00 mt. max di spessore); deriva dalla demolizione, trasporto e rimaneggiamento dei terreni presenti lungo la scarpata e da ricolmi. Si tratta di materiale incoerente costituito prevalentemente da frammenti litici eterometrici, immersi in una matrice prevalente a composizione sabbioso argilloso limosa.

I valori orientativi dei principali parametri fisico - meccanici da assumere per la **Copertura Detritica**, possono essere così riassunti, come determinati anche sulla base di precedenti indagini geognostiche condotte su litologie similari:

- peso di volume	$\gamma = 17 - 18 \text{ KN/mc}$
- coesione	$C' = 0,00 \text{ KPa}$
- angolo attrito interno di picco	$\varphi' = 26^\circ$

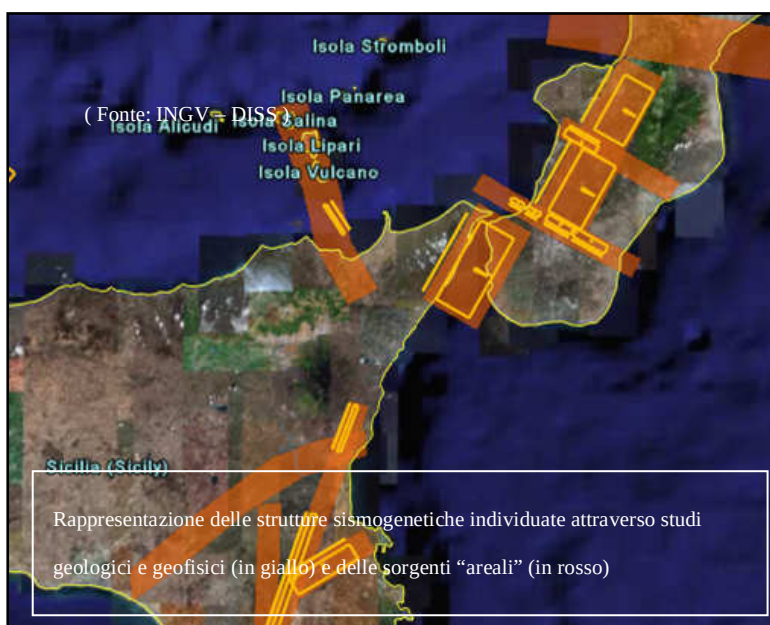
Metamorfiti: Con riferimento alle opere da realizzare in corrispondenza dell'intervento di progetto i parametri orientativi dei terreni presenti in sito, sono stati definiti sulla base di una stima dei parametri desunti da precedenti prove, tenendo conto dei limiti esposti in precedenza.

- peso dell'unità di volume	$\gamma = 19 - 20 \text{ kN/m}^3$
- coesione	$c' = 0,0 \text{ kPa}$
- angolo di resistenza al taglio di picco	$\varphi' = 36^\circ$

Ai fini delle analisi strutturali e verifiche di stabilità si ritiene opportuno suggerire di assumere, cautelativamente, che la superficie libera della falda, in condizioni di piogge intense, possa saturare i terreni e raggiungere il piano di campagna.

7. Storia sismica dell'area

L'esame della sismicità storica dell'area d'interesse, localizzata all'interno dell'Arco Calabro – Peloritano, ha lo scopo di definire il grado di intensità sismica registrato nella zona. L'Arco Calabro - Peloritano è tra le aree geologicamente più attive del mediterraneo centro meridionale. L'elevato livello di sismicità crostale dell'Arco Calabro - Peloritano, con ipocentri entro i 35 Km di profondità, è da mettere in relazione all'intensa attività neotettonica della regione, che si



genera attraverso sistemi di faglie estensionali o transtensive e con il rapido sollevamento della catena. La notevole sismicità si manifesta con eventi anche distruttivi e catastrofici con distruzioni e vittime, e in alcuni casi, la formazione di tsunami. Le zone sismicamente più attive ricadono nella zona dello Stretto di Messina, dei Monti Nebrodi, del Golfo di Patti, lungo una fascia che da Tindari si estende verso SSE e tra Milazzo e Messina.

Gli eventi sismici più severi di cui ha risentito la zona in esame, sono: Terremoti del 1693;1783 e 1908. Recenti studi interpretativi della geodinamica di questo settore del mediterraneo, ipotizzano connessioni tra i processi neotettonici dell'Arco Calabro – Peloritano con l'arretramento verso SE (Lentini, 2003) dello *slab ionico* che immergendosi verso NO al di sotto dell'Arco Calabro – Peloritano e del Tirreno genera i terremoti intermedi o profondi.

La ricerca si è basata su dati bibliografici e sui data – base della sismicità storica e strumentale dell'INGV, attraverso la consultazione dei principali cataloghi sismici.

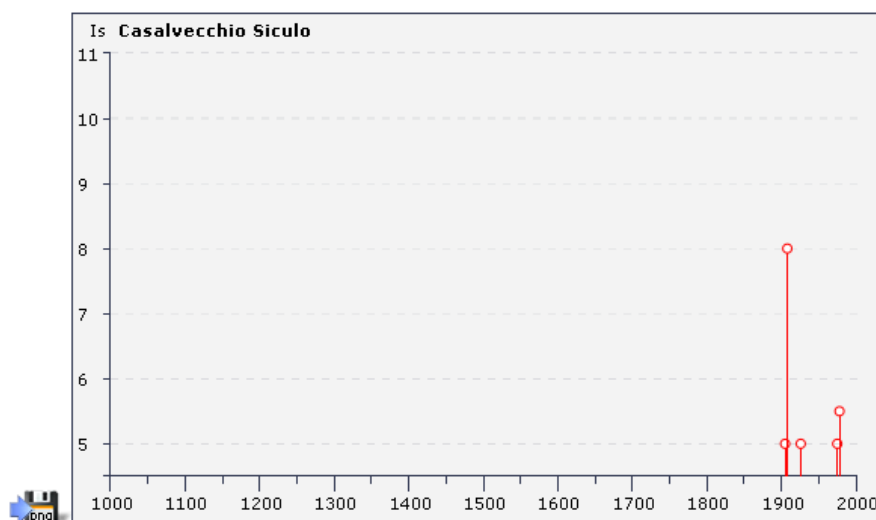
Tra le sorgenti sismogenetiche, identificate attraverso studi geologici e geofisici e le sorgenti “areali”, definite come sistemi di faglie geometricamente e cinematicamente omogenee ma non distinguibili in relazione alla genesi degli eventi che ricadono nell'area specifica, è possibile notare la presenza di un sistema di faglie con orientazione NNW – SSE prossime all'area in esame. Da una prima analisi degli eventi sismici presenti nel catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI04), sono stati selezionati e riportati in tabella, solo quelli che, avvenuti in un periodo comprendente la sismicità storica e quella recente, abbiano potuto causare per la loro violenza sia dei danni notevoli agli edifici che perdite di vite umane, prendendo come riferimento il Comune nell'ambito territoriale del quale ricade il sito d'interesse rappresentato da **Casalvecchio Siculo** (Me). Questi terremoti, per la loro elevata magnitudo, sono stati avvertiti nel Comune riportando inoltre la corrispondente massima intensità in loco.

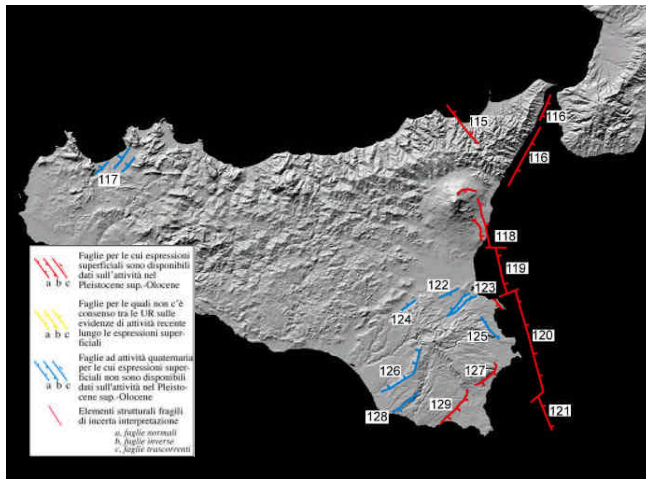
Storia sismica di Casalvecchio Siculo [37.957, 15.322]



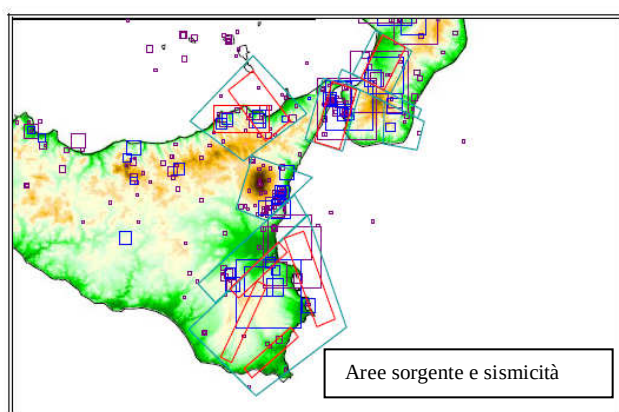
Numero di eventi: 9

Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
4	1898	08	12			ROMETTA	69	6-7	5.03
5	1905	09	08	01	43	Calabria	827	10-11	7.06
8	1908	12	28	04	20	Calabria meridionale	786	11	7.24
5	1926	08	17	01	42	ISOLA DI SALINA	44	7-8	5.32
5	1975	01	16	00	09	Stretto di Messina	346	7-8	5.38
4	1978	03	11	19	20	Calabria meridionale	126	8	5.36
5-6	1978	04	15	23	33	Golfo di Patti	332	8	6.06
4	1990	12	13	00	24	Sicilia sud-orientale	304	7-8	5.68
4	1999	02	14	11	45	PATTI	101	6	4.73





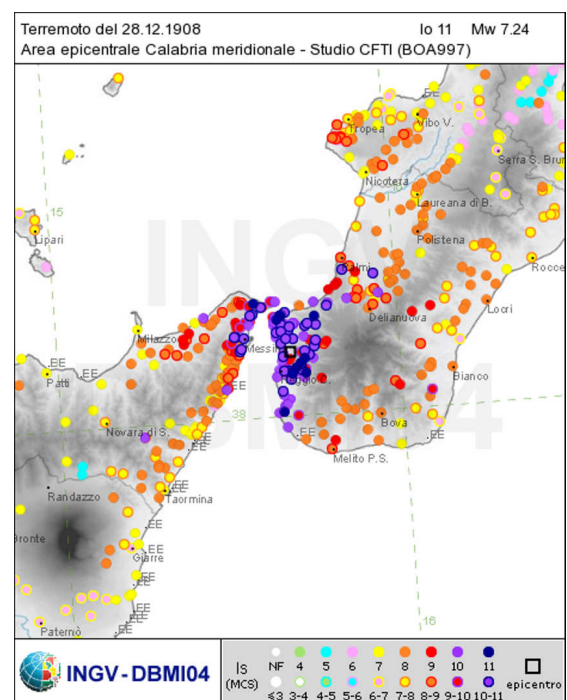
calabresi . In particolare, i terremoti con più elevata magnitudo delle zone-sorgente della Calabria sono riferibili alla 929 tra i quali si ricordano quelli del 1783, 1905, e 1908. La zona 932 (meccanismo di fagliazione prevalente trascorrente) include strutture note essenzialmente da esplorazione geofisica, attribuite a faglie legate allo svincolo dell'arco calabro e a strutture che segmentano il Golfo di Patti. Dai risultati del progetto "Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili", come descritti nello "Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie" (Galadini, Meletti, Vittori, 2001), sono riportate anche per la Sicilia (immagine a sinistra) le principali faglie, considerate attive. In particolare, la faglia Tindari-Novara di Sicilia (115)

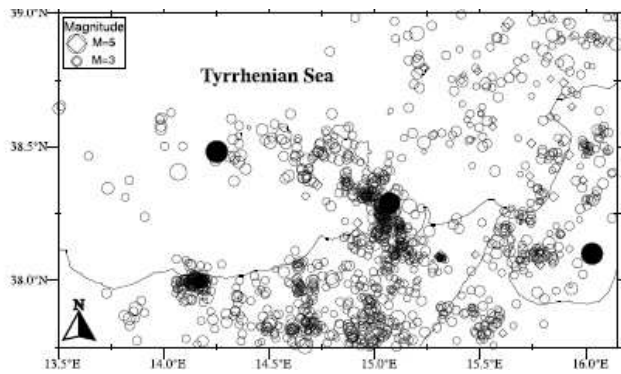


sembrerebbe essere stata caratterizzata da attività tardo-pleistocenica (Ghisetti, 1979; Lanzafame e Bousquet, 1997). Tuttavia, non sono disponibili dati sull'attività nel Pleistocene superiore-Olocene. La lunghezza della faglia è indicata 26 Km. e spessore dello strato sismogenetico da 5 a 15 Km.. La geometria della faglia Messina-Giardini (116), la cui lunghezza è indicata in 50 Km, risulta da dati di geofisica a mare (Finetti e Del Ben, 1995); l'intervallo cronologico quaternario e spessore dello strato sismogenetico 5 – 15 Km .

Secondo Azzaro e Barbano (2000) la faglia Tindari – Novara di Sicilia avrebbe uno sviluppo di circa 15 Km, attività Quaternario, terremoto associato 1786.03.09 M = 5.9 (Monaco e Tortorici, 1995; Lentini et al., 1995); La faglia Curcuraci – Larderia, lunghezza 16 Km., slip rate vert. min. (mm/a) 0.3 – 0.1, terremoto associato 28/12/1908 M=7.3 (Ghisetti, 1984, 1992) e La faglia Messina – Giardini, lunghezza 50 Km, attività Quaternario, (Tortorici et al., 1995).

Allo scopo di consentire valutazioni di pericolosità sismica nelle regioni italiane, è stata elaborata ed adottata la Zonazione Sismogenetica, recentemente aggiornata. Sulla base dell'attuale zonazione sismogenetica, adottata dal 2003, risultato della rivisitazione e correzione della precedente zonazione ZS4, il comprensorio d'interesse progettuale si configura sia come area epicentrale, essendo localizzata al margine sud - occidentale della Zona 929, sia come area interessata da fenomeni sismici con epicentro in zone limitrofe siciliane e

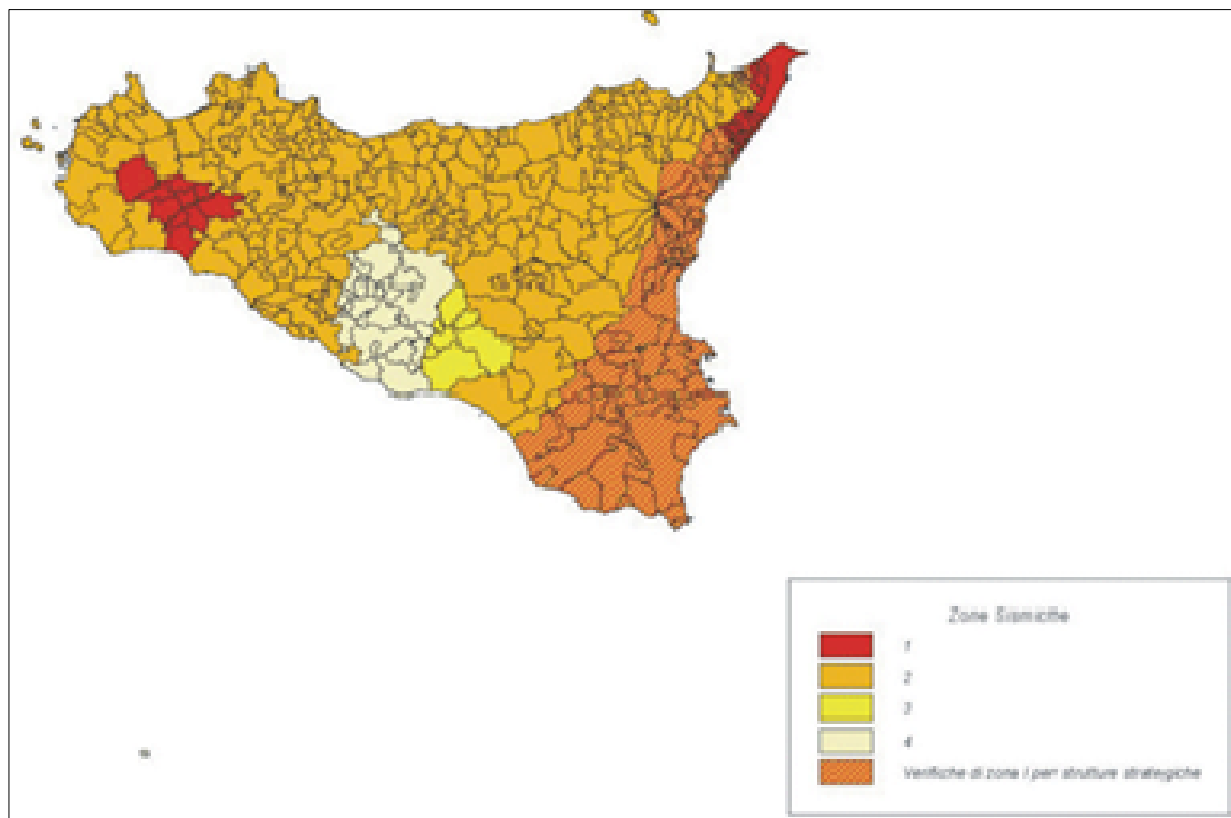




L'esame della sismicità storica ha consentito di valutare la pericolosità sismica correlabile anche ad aree a sismicità diffusa (per terremoti d'intensità moderata) ed a aree sorgente (per grandi terremoti).

La sismicità storica della zona, riferita al periodo compreso tra 1978 al 2001 (immagine accanto), secondo Neri et al. (2003) si ritiene riferibile ad attività di faglie secondarie.

Secondo i criteri adottati nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 n. 3274, il territorio nazionale è stato suddiviso in 4 **"Zone Sismiche"**, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro dell'accelerazione orizzontale massima (a_g). Il territorio di **Casalvecchio Siculo (Me)**, ove è compresa l'area in esame, sulla base della **"nuova classificazione sismica"** adottata dalla Regione Siciliana con delibera di Giunta del 19/12/2003 n. 408, giusto Decreto 15 gennaio 2004 pubblicato G.U.R.S. del 13 febbraio 2004, n. 7, in cui è stato pubblicato l'elenco dei comuni della Sicilia classificati sismici, è stato classificato e confermato nella **ZONA 2**.



Nuova classificazione sismica della Sicilia

L'I.N.G.V., di recente, ha predisposto anche uno strumento di riferimento per gli aggiornamenti di competenza regionale. La mappa si basa sui livelli di accelerazione massima attesi sul territorio al bed - rock.

E' possibile infatti osservare che in uno stesso terremoto l'ampiezza delle vibrazioni agli strati superficiali di depositi alluvionali con spessore dell'ordine di poche decine di metri, non necessariamente in condizioni sciolte, tende ad essere maggiore che su roccia, a causa di fenomeni di riflessione multipla e di interferenza costruttiva delle onde sismiche. Inoltre, fenomeni di focalizzazione "geometrica" dell'energia sismica incidente possono anche instaurarsi a causa di irregolarità topografiche, con esaltazione dell'ampiezza delle onde laddove il rilievo è più prominente oppure in corrispondenza di irregolarità della morfologia di un substrato roccioso (ad esempio presso i bordi di valli alluvionali o in corrispondenza di brusche variazioni di spessore di depositi superficiali).

Attivazione o riattivazione di movimenti franosi, cedimenti differenziali o abbassamento del piano d'imposta delle fondazioni dovuti a liquefazione di terreni sabbiosi saturi o densificazione o dilatanza di terreni granulari sopra falda sono tra i fenomeni che possono essere innescati da una forte sollecitazione sismica. La valutazione di tutti queste manifestazioni costituisce la base per uno studio di microzonazione efficace.

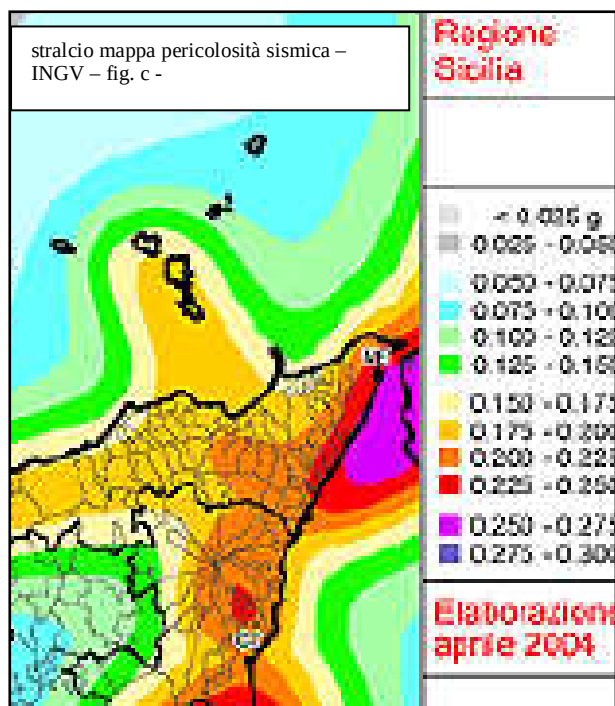
La nuova normativa tecnica per le costruzioni (DM 14/01/2008) ha introdotto il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni di sito di riferimento rigido e superficie topografica orizzontale. La nuova normativa introduce il concetto di nodo di riferimento di un reticolo composto da 10751 punti in cui è stato suddiviso il territorio nazionale ed i cui dati sono pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Per ciascuno di detti nodi, definiti con passo di 10 Km., e per ciascuno dei tempi di ritorno considerati dalla pericolosità sismica, la normativa fornisce tre parametri :

a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;

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

T_c periodo di inizio tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

mappa della pericolosità sismica (fig. c) quale



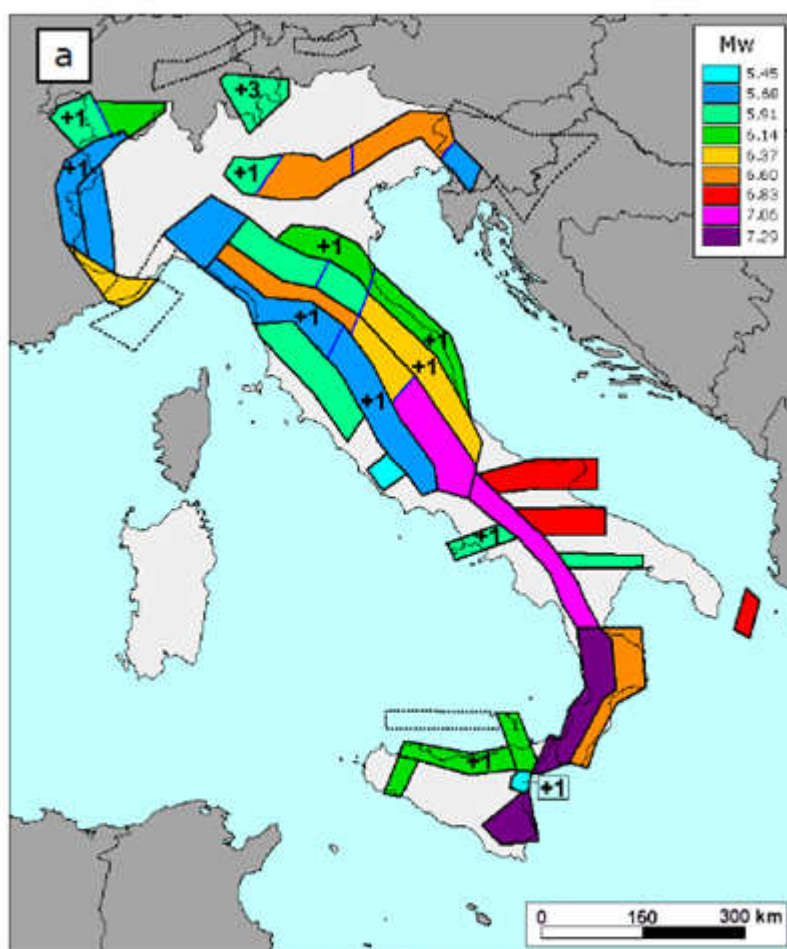


Figura 36. a) Valori di M_{wmax} "osservati"
Estratto dal Rapporto Conclusivo Mappa Pericolosità Sismica di cui All'OPCM 3274/03

Il Valore dell'**Intensità Sismica Massima Osservata per la zona di Casalvecchio Siculo (Me), Zona Sismica 929 Calabria Tirrenica**, ove ricade l'area di progetto, è $M_w = 7.29$ come ricavato dalla Tab. 6, colonna 8, pag. 38 del Rapporto Conclusivo per la Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica di cui all'OPCM 3274/03.

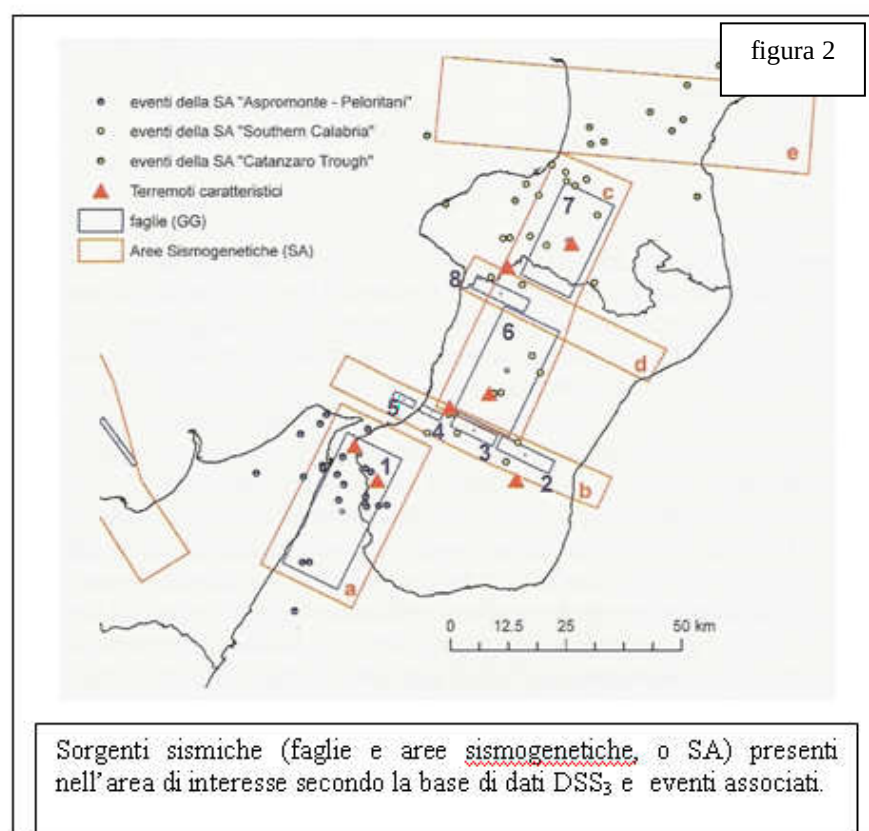
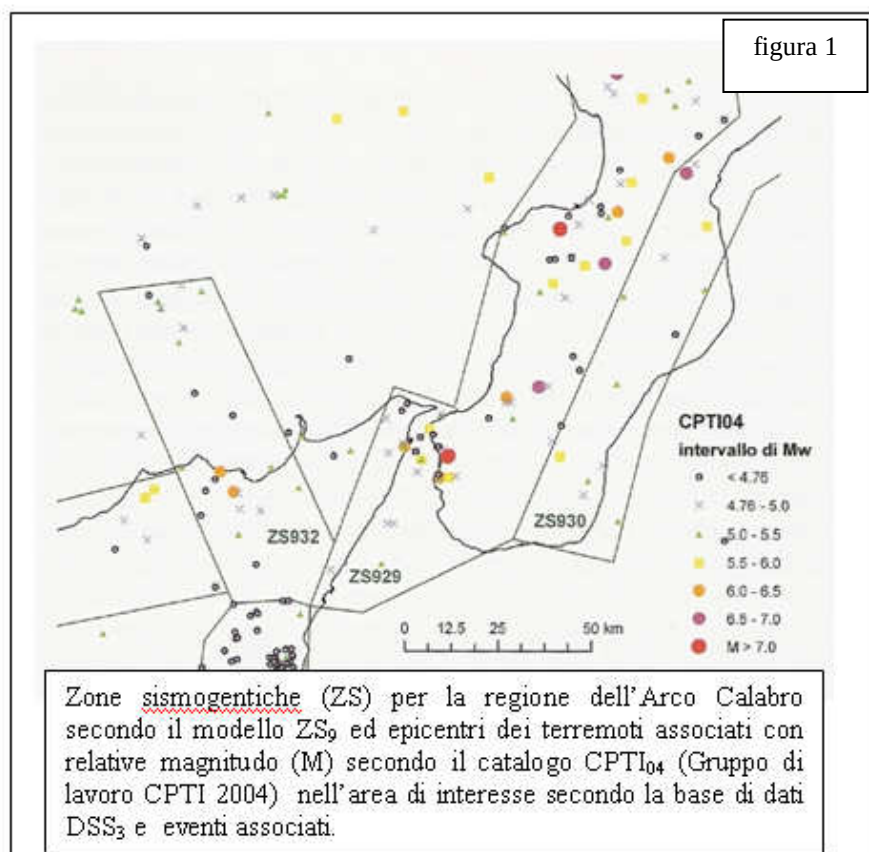


Figure estratte da: *Pericolosità sismica e simulazione di forti terremoti nell'area dello Stretto di Messina* (2008) - E. Faccioli, M. Vanini e M. Villani – Il Terremoto e il Maremoto del 28 dicembre 1908 - Grafiche Finiguerra – Lavello (PZ) 2008.

In particolare per l'area sismogenetica **“Aspromonte – Peloritani”** e **faglia “Messina Straits”** (**“a”** e **“1”** in figura 2): sismicità di tipo poissoniano fino a magnitudo Mw 5.5 e terremoto caratteristico con magnitudo nell'intervallo 7.0 ± 0.2 .

ZS	Parametri			
	v_0	b	M_{min}	M_{max}
ZS929	0.39	0.82	4.76	7.29
ZS930	0.14	0.98	4.76	6.60
ZS932	0.12	1.21	7.76	6.14

La mappa della pericolosità vigente (Norme Tecniche 2008), per la zona in esame, figura 1, assume tre ZS le cui caratteristiche sono riportate nella tabella precedente, dove (V_0) rappresenta il tasso annuo di occorrenza dei terremoti, parametro b della relazione di Gutenberg – Richter, e intervallo di Magnitudo tra il valore Minimo (M_{min}) e massimo (M_{max}) per le ZS che governano la pericolosità nella zona dello stretto.

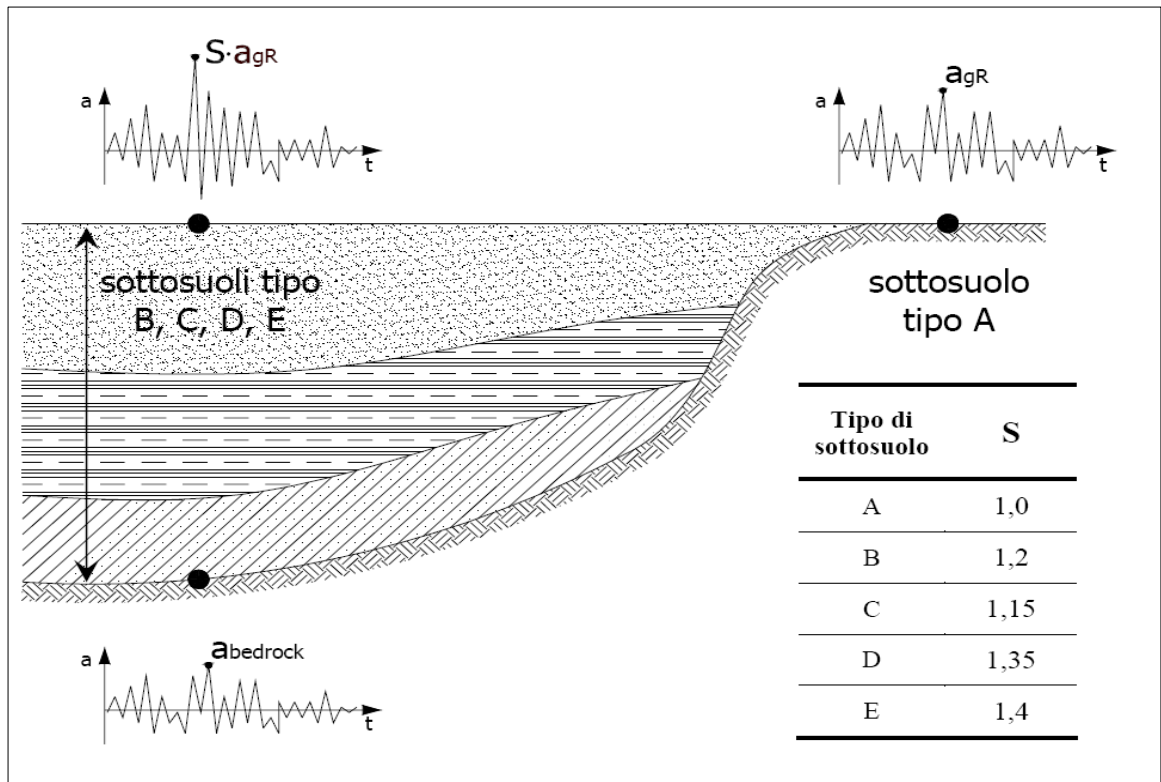
8. Classificazione Categorie di sottosuolo

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.



Sulla base delle precedenti esperienze, in questa fase si ritiene che la categoria di

La Categoria di Suolo di Fondazione da attribuire al sito d'intervento progettuale sulla base di precedenti prove condotte in situazioni similari è la "B".

Categoria Topografica

Le **condizioni topografiche** dell'area in esame delineano un pendio lungo cui saranno impostate le opere di progetto con pendenza media superiori ai 30°. Pertanto, sulla base della tabella 3.2.IV si consiglia di derivare dalla **Categoria Topografica T4**, adottando la seguente formula :

$$ST = [1,4 - 0,4 * (H-h)/H]$$

dove:

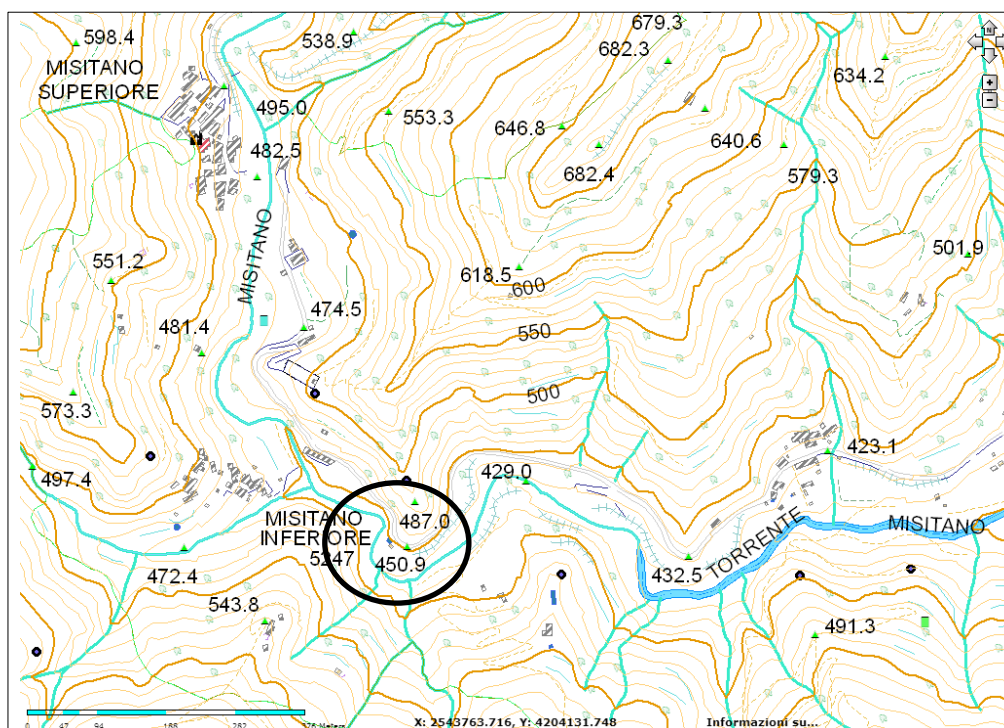
H = altezza del pendio di riferimento (CTR 1:10.000)

circa 487 mt. s. l. m.

h = altezza media relativa del sito di progetto(CTR 1:10.000)

circa 456 mt. s. l. m.

applicando e sostituendo si ottiene $S_T = 1,3$



pertanto, il valore medio consigliato è:

$$S_T = 1,3$$

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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

9. Opere di progetto

Le scelte progettuali sono il risultato di una serie di considerazioni che hanno riguardato in modo particolare: la sicurezza dei lavori e delle operazioni connesse; la stabilizzazione ed il contenimento del dissesto ed il mantenimento in esercizio della strada anche durante il corso dei lavori.

Gli interventi di progetto, inoltre, dovranno essere finalizzati all'alleggerimento idraulico del versante ed alla stabilizzazione del corpo di frana attraverso la realizzazione di strutture di sostegno in cemento armato, realizzate su fondazioni che dovranno incastrarsi nella formazione metamorfica più integra e compatta ed attrezzate con adeguati sistemi di drenaggio. Si ritiene, inoltre, necessario prevedere opere di stabilizzazione della scarpata lato monte già interessata da modesti fenomeni di crollo e scivolamento di masse detritiche e blocchi di roccia i cui effetti evolutivi se non mitigati andrebbero ad interessare la strada provinciale.

In particolare, l'orientamento progettuale prevede la realizzazione di una paratia di pali posizionata a mezza costa lungo il tratto di scarpata sottostante la strada a protezione del costruendo muro di sostegno a monte (Vedi profilo geolitologico schematico interpretativo A-A allegato). Si consiglia di approfondire la paratia di pali incastrandole per almeno i 2/3 della sua altezza al di sotto della quota dell'alveo del T. Misitano. Considerato, inoltre, che in quel tratto il torrente opera un'azione di erosione geomorfologica con scalzamento al piede si consiglia prudenzialmente di considerare la paratia a sbalzo per l'intera altezza senza tenere conto dell'azione di sostegno della copertura al piede perché suscettibile di essere potenzialmente eroso. Il costruendo muro di sostegno, previsto a monte della paratia ed a sostegno del corpo stradale, dovrà incastrare le opere di fondazione nella formazione metamorfica più integra. considerato che parte della fondazione, lato valle, potrebbe interessare terreni di riporto si ritiene necessario bonificare la zona sostituendo tutto il cuneo di riporto con materiale arido di cava opportunamente addensato e costipato in modo da offrire le stesse caratteristiche di resistenza al taglio delle metamorfiti, ciò al fine di evitare eventuali fenomeni di cedimento differenziale per effetto della diversa risposta dei terreni d'impasto. di fondamentale importanza si ritiene il mantenimento e, possibilmente, il consolidamento dell'opera di difesa spondale al piede del versante.

10. Considerazioni conclusive

In considerazione dell'orientamento progettuale si ritiene di suggerire i seguenti criteri cautelativi da adottare in fase esecutiva:

- La presenza di una copertura di materiali sciolti, suggerisce di incastrare le fondazioni delle opere in progetto nell'ambito della formazione metamorfica di base, più integra e compatta, eseguendo la costruzione per tratti di modesta ampiezza ed avendo cura di contrastare il fronte di neo formazione con adeguate opere di contenimento provvisori in ragione di possibili sfornellamenti di volumi significativi di terreno per effetto del detensionamento connesso agli sbancamenti;
- Si raccomanda di dimensionare la paratia di pali tenendo cautelativamente presente che i terreni lato valle alla stessa struttura, almeno nelle porzioni più superficiali e fino alla quota alveo del torrente, non offrano alcun contributo al sostegno, in quanto, nel tempo, potrebbero essere interessati da fenomeni di scalzamento per erosione laterale di sponda, ad opera delle acque del T. Misitano, portando così in esposizione le strutture realizzate;
- Particolare cura dovrà essere prestata alle opere di drenaggio del muro di contenimento attrezzandolo con fori drenanti disposti su più file ed a diverse altezze fin dalla base. Realizzare a tergo del muro di contenimento un efficiente drenaggio con materiale arido di idonea pezzatura;

- Smaltire in modo controllato e regimato fino al recettore finale le acque di deflusso superficiale raccolte dalle opere d'arte realizzate a presidio della sede stradale. Anche le acque intercettate dalle opere di drenaggio dovranno essere smaltite in modo controllato;

- La stabilizzazione e messa in sicurezza del versante lato monte, in roccia, può essere ottenuta basandosi su varie tipologie d'intervento: lavorando sulla parete rocciosa per stabilizzare con interventi attivi gli elementi lapidei in condizioni di precario equilibrio; intercettando o deviando i blocchi che si possono mobilitare verso valle con interventi di protezione passiva; ricorrendo a specifici monitoraggi. In pratica, si utilizzano due grandi famiglie di tecniche:

a) interventi di difesa attiva, comprendendo in questa classe tutte le opere che impediscono il distacco degli elementi lapidei del versante, mantenendoli in posto sulla parete o aumentandone il coefficiente di sicurezza, e tutti gli interventi che prevedono l'asportazione di elementi instabili mediante abbattimento;

b) interventi di protezione passiva che hanno lo scopo di intercettare, deviare o fermare blocchi già in movimento;

- La presenza del reticolo di fratture e diaclasi nella formazione filladica costituisce elemento di debolezza dell'ammasso roccioso, con possibili riflessi sul condizionamento, orientamento e circolazione idrica sub-superficiale, potendo esercitare anche un controllo sui fenomeni di dissesto;

- Le particolari condizioni di permeabilità manifestate dall'ammasso metamorfico nella zona di progetto con la possibile formazione di sorgenti temporanee e microfalde sospese, impone la realizzazione di adeguati sistemi di drenaggio sia superficiali, onde ridurre l'infiltrazione, sia sub – superficiali per alleggerire il carico idraulico nella formazione metamorfica ed evitare gli effetti negativi esercitati dalle acque di accumulo sul comportamento meccanico dei terreni di cui bisognerà tenerne conto nell'intervento;

- Le incertezze nel modello geologico proposto che possono risultare significative ai fini dello sviluppo del progetto sono essenzialmente legate alla litostratigrafia di dettaglio per la presenza di giunti o piani di scistosità a franapoggio a maggiore debolezza (argillificati, scollati, ecc.) che possono condizionare la stabilità complessiva dell'ammasso anche a maggiore profondità, nonché allo spessore delle coperture sciolte presenti in corrispondenza delle previste opere di fondazione del muro ed il relativo andamento laterale. Il profilo geolitologico schematico interpretativo, ricostruito sulla base di ricostruzione geometrica, compatibile con i dati di superficie, individua possibile eteropia di facies tra deposito sciolto e substrato tale da incidere significativamente sul comportamento del terreno sotto sollecitazioni di carico e delle sollecitazioni dinamiche. In fase esecutiva occorrerà verificare la coerenza tra quanto desunto sulla base di quanto esposto nella presente nota e quanto riscontrato in cantiere durante gli sbancamenti, tarando se del caso le interpretazioni e conclusioni qui rappresentate;

- La storia sismica della zona in esame è nel complesso piuttosto intensa. Infatti, con riferimento solo ai tre secoli precedenti, la massima intensità storicamente osservata, pari ad $I_0 = 10 - 11$ è stata raggiunta in occasione del terremoto del 1905 e del 1908. Mentre, intensità prossime a quella massima, con valori I_0 pari a 8 e 9, sono state raggiunte in più occasioni : terremoti del 1894, 1907 e 1975. Lo studio della sismicità storica, oltre che a definire il massimo grado di intensità sismica registrata, ha permesso di distinguere una sismicità locale ed una sismicità remota cui è esposta l'area di progetto, presentando un grado di sismicità molto elevato.

- Il territorio ove è compresa l'area in esame, sulla base della “**nuova classificazione sismica**” adottata dalla Regione Siciliana con delibera di Giunta del 19/12/2003 n. 408, giusto Decreto 15 gennaio 2004 pubblicato G.U.R.S. del 13 febbraio 2004, n. 7, in cui è stato pubblicato l'elenco dei comuni della Sicilia classificati sismici, è stato riclassificato ed inserito nella **ZONA 2**.

- La categoria di suolo che si consiglia di adottare in questa fase preliminare è **B**. Il fattore topografico consigliato è $S_T = 1.3$;
- La zona d'interesse progettuale non presenta vincoli o classificazioni relative al PAI 2006 come rilevabile dallo stralcio della CTR 613040, tuttavia non è possibile escludere che il tratto di strada in esame possa risentire di fenomeni di dissesto connessi a processi di erosione e scalzamento spondale esercitati dalle acque del T. Misitano che defluisce ai piedi del versante in assenza di opere di regimazione idraulica e difesa spondale dell'asta fluviale.
- Ai fini delle analisi strutturali e verifiche di stabilità si ritiene opportuno suggerire di assumere, cautelativamente, che la superficie libera della falda, in condizioni di piogge intense, possa raggiungere il piano di campagna;

Messina, 31 Maggio 2017

IL FUNZIONARIO GEOLOGO
(*Geol. Biagio PRIVITERA*)

PROFILO GEOLITOLOGICO SCHEMATICO INTERPRETATIVO

-  Materiale di riempimento da cava opportunamente addensato e costipato
-  Detrito / riporto
-  Metamorfiti
-  Limite geolitologico incerto

