



REGIONE SICILIA

CITTA' METROPOLITANA DI MESSINA

Legge Regionale n. 15 del 04.08.2015

III DIREZIONE

Viabilità Metropolitana

1° Servizio Viabilità Distretto Peloro-Eolie – 2° Ufficio Viabilità

DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE

Attività ex O.C.D.P.C. n° 257/2015

Piano dei primi interventi urgenti per il maltempo dal 16 febbraio al 10 aprile 2015 nelle province di Palermo, Agrigento, Caltanissetta, Enna, Messina e Trapani

ME 048

PROGETTO ESECUTIVO

LAVORI URGENTI PER LA RICOSTRUZIONE DEL PIANO VIABILE E CONTENIMENTO SCARPATE IN CORRISPONDENZA DEL KM 1+700 DELLA S.P. 87 DI CASTROREALE

ALLEGATI :

1. RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA
2. ELABORATI GRAFICI :
 - 2.1 Tavola di inquadramento su base aerofotogrammetria
 - 2.2 Stato attuale
 - 2.3 Stato progettuale
3. COMPUTO METRICO ESTIMATIVO/
QUADRO ECONOMICO
4. PIANO DI SICUREZZA
5. CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

6. ELENCO PREZZI

7. QUADRO TECNICO ECONOMICO
8. RELAZIONE GEOLOGICA PROGETTO ESECUTIVO
 - 8.1 – Relazione Geologica Progetto Esecutivo
 - 8.2 – Relazioni Indagini Geognostiche
9. VERIFICA IDRAULICA
10. CALCOLI STRUTTURALI ED ALLEGATI GRAFICI
11. SCHEMA DI CONTRATTO

ALLEGATO 8

RELAZIONE GEOLOGICA PROGETTO ESECUTIVO

8.1 – Relazione Geologica Progetto Esecutivo

Messina, li 04 maggio 2017

Gruppo di Progettazione :

Istruttore Direttivo Tecnico
Dott. Ing. Anna CHIOFALOIstruttore Direttivo Tecnico
Geom. Sebastiano MUFALEIstruttore Tecnico
Geom. Antonio DE TROVATO

Supporto Geologico

F.U.O.T.
Dott. Geol. Biagio PRIVITERA

Visti ed Approvazioni :

Si approva ai sensi dell'art. 5 della L.R.
n. 12/2011 per l'importo complessivo di
€ 1.000.000,00.

Parere nr. 43 del 18.12.2017

IL R.U.P.

Ing. Antonino SCIUTTERI



IL R.U.P. - Ing. Antonino Sciutteri



CITTA' METROPOLITANA DI MESSINA

L. R. N. 15 DEL 04 AGOSTO 2015

III^ DIREZIONE

VIABILITA' METROPOLITANA

**LAVORI URGENTI PER LA RICOSTRUZIONE DEL PIANO VIABILE E CONTENIMENTO
SCARPATE IN CORRISPONDENZA DEL Km. 1 + 700 DELLA S.P. 87 DI CASTROREALE
(Cod.: ME 048 OCDPC 257 DEL 2015)**



RELAZIONE GEOLOGICA PROGETTO ESECUTIVO

MESSINA, 18 aprile 2017

IL FUNZIONARIO GEOLOGO
(Geol. Biagio PRIVITERA)



CITTA' METROPOLITANA DI MESSINA

I. r. N. 15 DEL 04 AGOSTO 2015

III^ DIREZIONE

VIABILITA' METROPOLITANA

**LAVORI URGENTI PER LA RICOSTRUZIONE DEL PIANO VIABILE E CONTENIMENTO
SCARPATE IN CORRISPONDENZA DEL Km. 1 + 700 DELLA S.P. 87 DI CASTROREALE
(Cod.: ME 048 OCDPC 257 DEL 2015)**

RELAZIONE GEOLOGICA PROGETTO ESECUTIVO

1. Premessa

Nella presente nota sono esposti i risultati di uno studio condotto al fine di approfondire il quadro conoscitivo delle caratteristiche geologiche, litologiche, idrogeologiche e fisico - meccaniche dei terreni interessati dai “LAVORI URGENTI PER LA RICOSTRUZIONE DEL PIANO VIABILE E CONTENIMENTO SCARPATE IN CORRISPONDENZA DEL km. 1 + 700 DELLA s.p. 87 DI CASTROREALE, nel territorio del Comune di Castoreale (Me), attraverso l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche e prove in situ e di laboratorio su campioni di terreno prelevati in corso d'avanzamento dei sondaggi meccanici. Nel corso delle indagini, così come preventivamente programmate d'intesa con il progettista, sono state eseguite anche analisi e prove ai fini geotecnici differendo il modello geotecnico da quello geologico.

Il presente studio è stato redatto sulla base di quanto già esposto nella relazione geologica prodotta a supporto del progetto definitivo, integrato dai risultati delle indagini geognostiche esperite nel sito direttamente interessato dalle opere di progetto.

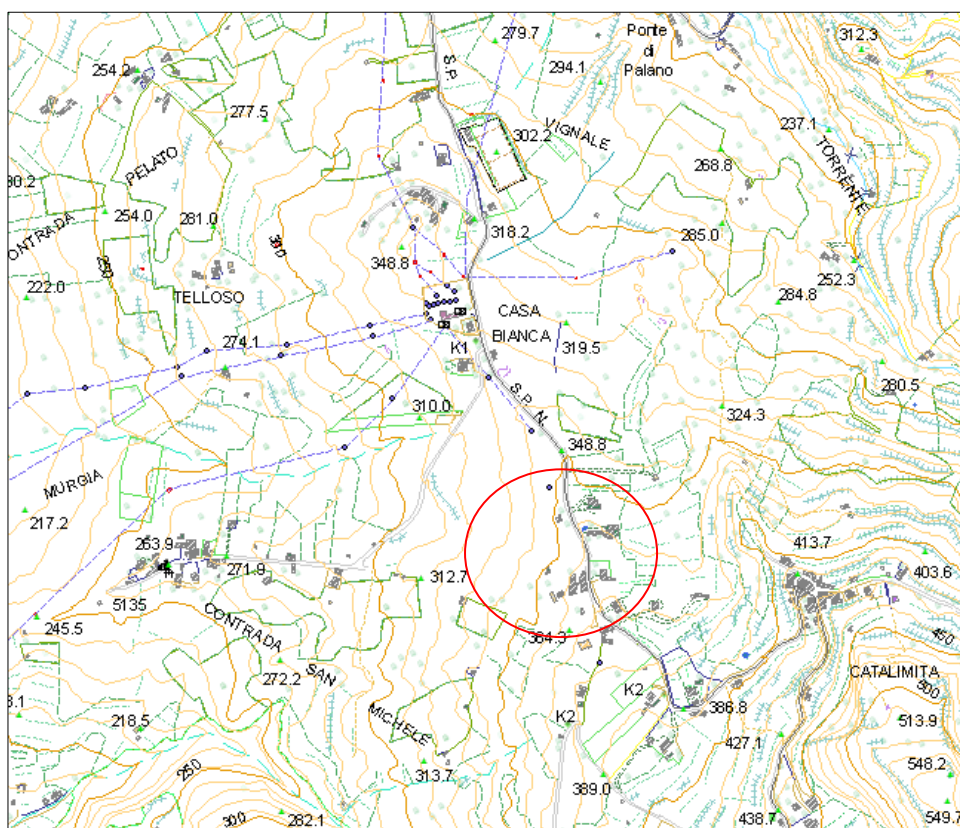
In questa sede sono, brevemente, trattati i seguenti argomenti:

- **Inquadramento geografico della zona;**
- **Caratteri geomorfologici e idrografici;**
- **Caratteri geolitologici;**
- **Caratteri idrogeologici,**
- **Descrizione campagna indagini geognostiche;**
- **Descrizione intervento di progetto;**

- **Caratteri fisico - meccanici dei terreni;**
- **Sismicità storica della zona;**
- **Conclusioni.**
-

2. Inquadramento geografico della zona

L'area in esame è rappresentata nell'ambito della Tavoletta "Furnari" III° NE del F. 253 della Carta d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano, scala 1: 25.000. Più in particolare, il sito interessato dai lavori di progetto resta localizzato lungo la SP 87 in corrispondenza del Km. 1 + 700 circa in località San Michele nel territorio Comunale di Castoreale (Me), ove un tratto di strada provinciale presenta vistosi fenomeni di dissesto, deformazioni e avvallamenti.



3. Caratteri geomorfologici e idrografici

I lineamenti morfologici della zona sono nel complesso caratterizzati da un'orografia basso collinare, con valori di acclività variabili in relazione alla diversa natura litologica dei terreni affioranti.

L'area di progetto resta localizzata in c/da San Michele sul versante occidentale di uno sperone collinare che si distende in direzione circa N- S per raccordarsi poi alla pianura alluvionale fluviale e costiera. Il tracciato stradale, nel tratto d'intervento, si presenta a mezzacosta con

Il fenomeno di dissesto osservato si ritiene sia riconducibile alla saturazione dei primi metri di copertura per effetto delle intense e persistenti piogge che hanno interessato il territorio provinciale dall'ottobre 2009 al marzo 2010 determinando il dissesto a carico del tratto di strada oggetto d'intervento progettuale e che interessa una porzione di circa 30 mt. del piano viabile causandone il progressivo ribassamento, con riattivazioni successive ed aggravamento delle condizioni di transitabilità, anche a seguito delle intense piogge della prima decade del mese di ottobre 2015 che hanno portato alla dichiarazione dello stato di emergenza ed emissione dell'ocdpc 257/2015.

3. Caratteri geolitologici

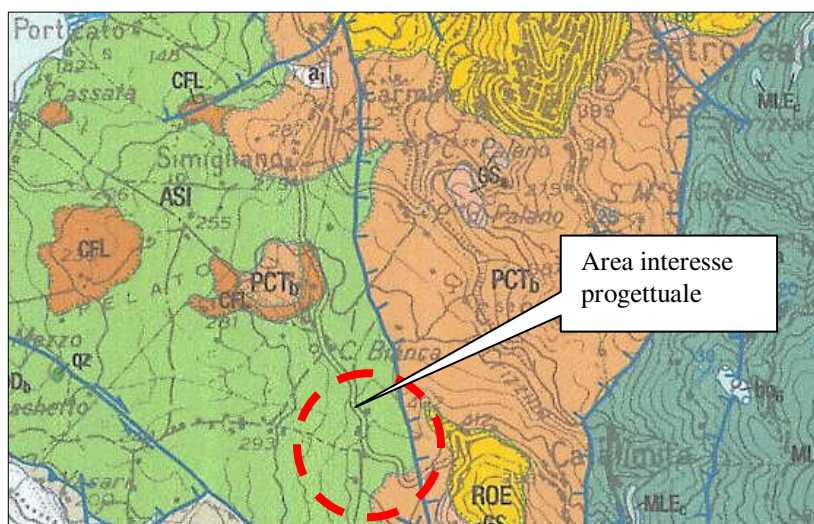
L'area d'interesse progettuale si inquadra geograficamente nella parte occidentale della catena dei Monti Peloritani costituita da un basamento metamorfico e coperture sedimentarie, che insieme con altre unità litostratigrafiche costituiscono l'Arco Calabro - Peloritano, segmento della catena Appennino - Magrebide.

La catena è il risultato della tettonogenesi Alpina che ha interessato vari domini paleogeografici che si erano già delineati durante il Mesozoico e li trasforma, attraverso una complessa storia deformativa in un edificio a falde e scaglie tettoniche.

I principali litotipi presenti nell'areale di progetto, sono costituiti da:

- **Coperture detritiche**
- **Formazione di San Pier Niceto (PCT_b)**
- **Argille Scagliose dei Peloritani (ASI)**

Vengono qua di seguito brevemente descritte le caratteristiche principali dei litotipi riscontrati adottando, sulla base dei dati disponibili, la classificazione proposta dalla Carta Geologica Foglio 600 Castoreale dal Servizio Geologico d'Italia (progetto CARG, versione provvisoria, in corso di stampa) e che in buona sostanza, per la zona in esame, riclassifica quanto rappresentato nella Carta Geologica della Provincia di Messina scala 1:50.000 (S.EL.CA., Firenze, 2000).



4.1 Argille Scagliose dei Monti Peloritani

La diffusione su tutta la catena Peloritana fa ritenere che originariamente le Argille Scagliose (AS) si estendessero a mantello prima di essere ridotte dall'erosione. Le AS sono costituite da una formazione di argille tettonizzate con evidenti segni di rimaneggiamento. le Argille Scagliose hanno l'aspetto di argille policrome a tessitura scagliosa, sovente in giacitura caotica, cui si possono intercalare argilloscisti bituminosi alternati a radiolariti variegata e straterelli argilloso arenacei inglobanti quarzareniti giallastre. Sono inoltre presenti frammenti di calcari micritici bianchi, siltiti carbonatiche grigie con intercalazioni di radiolariti e di calcari diasprigni nerastri. Localmente inglobano lembi di calcari nummulitici. L'età della formazione è riferibile al Cretacico Superiore. Lo spessore massimo, in genere, non supera i 100 m.

La struttura caotica della formazione testimonia i complessi fenomeni tettonici ed orogenetici che ha subito nel corso della sua storia geologica. La discreta erodibilità di questa formazione produce una morfologia generalmente blanda, data da pianori, avvallamenti e colline arrotondate.

La struttura a scaglie e l'elevato rimaneggiamento di questa formazione sono le cause principali dello scadente comportamento meccanico che le caratterizza. Dette argille si presentano prevalentemente di colore bruno rossastro, grigio piombo e bluastro, formante un ammasso caotico di scaglie centimetriche di argilliti compatte, di forma grossolanamente romboedrica appiattita, a superficie traslucida, la cui disposizione denota una giacitura disarticolata. Granulometricamente le AS si possono far rientrare nel campo dei limi argillosi debolmente sabbiosi.

La porzione superficiale, generalmente compresa nei primi metri, costituisce la fascia alterata e degradata della formazione.

Per le caratteristiche anzidette questo litotipo è spesso interessato da fenomeni di dissesto superficiale, specie in condizioni di maggiore acclività e presenza d'acqua. Le ASI costituiscono il substrato su cui si snoda parte della SP 87.

4.2 Formazione di San Pier Niceto

La "Formazione di San Pier Niceto" di età *Miocene Medio – Superiore*, qui costituita prevalentemente da un'alternanza di arenarie medio – grossolane, silt argillosi e sottili livelli di argille marnose spessa oltre 200 m.

Marne argillose grigie con sottili intercalazioni di arenarie fini arcosiche sono presenti alla base della successione. Livelli argilloso - siltosi o sabbiosi, spessi qualche decina di metri, sono presenti alla sommità della successione e talvolta si estendono a ricoprire direttamente il substrato.

Conglomerati ad elementi eterometrici cristallini; nella zona di San Pier Niceto costituiscono un corpo lenticolare di spessore fino a 200 m. poggiante sull'intervallo marnoso basale o direttamente sul substrato. Si ritiene che questa formazione costituisca parte del versante in esame nella porzione nord-occidentale. Sulla base dei primi dati ottenuti dai rilievi di superficie e dalla consultazione

della cartografia geologica esistente sulla zona si ritiene che parte della strada provinciale dissestata sia impostata su questa litologia.

4.3 Coperture detritiche

Estese coperture detritiche, di spessore non rilevabile da semplici ricognizioni di superficie, ma contenute nell'ordine di qualche metro e costituite dall'alterazione e disfacimento delle formazioni presenti nella zona, sono presenti lungo i versanti colmando con i maggiori spessori le depressioni.

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 esistenti tra terreni a diversa permeabilità relativa.

In relazione al tipo di permeabilità è in natura possibile riscontrare: litotipi porosi; litotipi fessurati; litotipi a permeabilità mista. In ognuno di essi la circolazione idrica avviene con modalità diverse.

Gli studi geolitologici ed i dati raccolti consentono una verosimile identificazione qualitativa delle caratteristiche dei terreni in esame, nella zona di progetto.

Le **Coperture di materiali sciolti** presentano nel complesso una buona permeabilità primaria, 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 risulta subordinata rispetto alla frazione più grossolana, per cui la permeabilità assume valori più alti. I valori orientativi del coefficiente di permeabilità K (m/sec), per questo litotipo, possono farsi rientrare nel seguente campo di variabilità: $10^{-2} < K(\text{m/sec}) < 10^{-4}$.

Le **Argille Scagliose dei Monti Peloritani**, presentano condizioni di permeabilità molto bassa e per tanto il campo di variabilità può essere compreso tra: $10^{-8} < K(\text{m/sec}) < 10^{-9}$.

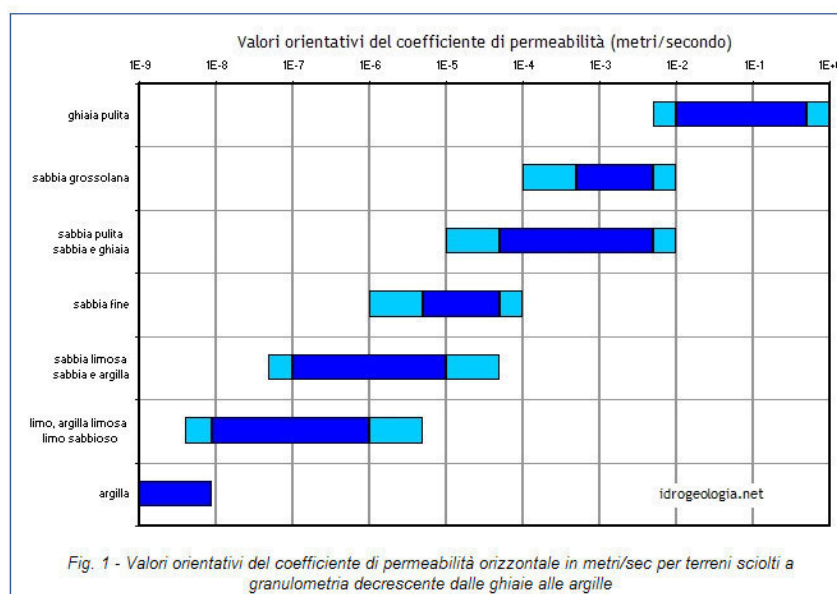
Nei livelli ove maggiore è la componente sabbioso – limosa i valori di permeabilità possono farsi rientrare nel seguente campo: $10^{-6} < K(\text{m/sec}) < 10^{-8}$.

L'alternanza **Arenaceo - siltosa (della Formazione di San Pier Niceto)** presenta condizioni di permeabilità in genere medio – bassi, per la presenza degli orizzonti più fini che ne condizionano la circolazione, favorendone l'andamento parallelamente agli strati più porosi.

Localmente, la possibilità di circolazione idrica si può instaurare nei livelli più sabbiosi o arenacei, i primi caratterizzati da permeabilità primaria o per porosità, i secondi da permeabilità secondaria o per fratturazione. Detti orizzonti possono essere sede di piccole falde confinate. La permeabilità delle coperture detritiche è fortemente condizionata dalle caratteristiche

granulometriche del litotipo che prevalentemente la compone e può essere sede di una falda sospesa la cui consistenza è direttamente condizionata dalle precipitazioni meteoriche.

Si ritiene pertanto che sussista un limite di permeabilità tra le formazioni pelitico – sabbiose e le Argille Scagliose lungo il quale sono favoriti i deflussi ed eventuali, temporanei, accumuli nei terreni soprastanti, in occasione degli eventi idrometeorici più persistenti. Infatti, nel corso dei sopralluoghi è stata osservata la presenza di alcuni pozzi presenti lungo il versante a valle del sito d'intervento.



6. Caratteri fisico - meccanici dei terreni

Oltre a fornire un quadro esaustivo del modello geologico utile di progetto, d'intesa con il progettista dei lavori si è ritenuto opportuno descrivere anche le principali caratteristiche qualitative del comportamento fisico-meccanico delle litologie riscontrate d'interesse progettuale.

Si ritiene opportuno precisare che in considerazione del limitato numero di dati diretti risultanti dalle specifiche prove condotte su campioni di terreno utili da sottoporre a prove di laboratorio, e la natura complessa della formazione delle argille scagliose quale substrato fondazionale, la definizione dei valori dei principali parametri fisico meccanici, rappresentativi del litotipo riscontrato, 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, i risultati dei sondaggi geognostici hanno evidenziato la presenza di due strati principali: un primo strato superficiale costituito da materiali sciolti di natura detritica e di riporto, rilevati fino alla profondità di 06,30 m (in S.3) ed un secondo strato costituito dalle Argille Scagliose, da alterate nella parte più superficiale della formazione, fino a moderatamente alterate o integre in profondità. Sempre, comunque da consistenti a estremamente consistenti.

Si è ritenuto opportuno distinguere:

- **Coperture sciolte;**
- **Argille Scagliose.**

6.1 Coperture sciolte

Qualitativamente si tratta di materiali detritici, costituiti da riporti fortemente eterometrici ed eterogenei che vanno a costituire una porzione del corpo strale danneggiato. Sono caratterizzati dalla presenza di trovanti lapidei spigolosi di varia pezzatura, inglobati casualmente in un'abbondante matrice sabbioso-ghiaiosa-limosa, occasionale la presenza di cocci di cotto. 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. Ai fini progettuali si consiglia l'asportazione completa di questo materiale sostituendolo con materiale arido di cava di idonea pezzatura ed adeguatamente compattato organizzato in modo da costituire un senta drenante in ragione della presenza della falda che satura parzialmente i materiali di copertura.

I valori orientativi dei principali parametri fisico – meccanici rappresentativi di questo litotipo, determinati sulla base delle limitate prove S.P.T. condotte in questo orizzonte, eliminando i valori esterni ed adottando la nota relazione di Shioi e Fukui (1982) $\phi' = \sqrt{N_{spt}} \cdot 15 + 15$, sono:

Coperture di materiali sciolti (spessore crescente da 2,7 mt. in S. 1 a 6,3 mt. in S.3):

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| - peso di volume | $\gamma = 1,8 \text{ t/mc}$ |
| - angolo attrito di picco | $\phi' = 26^\circ - 30^\circ$ |
| - coesione | $C' = 0,00 \text{ KN/mq.}$ |

6.2 Argille Scagliose

A tessitura scagliettata contenenti inglobati elementi litoidi e livelli argillitici, sono estremamente tettonizzati e/o caoticizzati a causa dei processi genetici orogenici di tipo traslativo che hanno determinato la loro storia evolutiva e messa in posto. Su questi terreni sono frequenti fenomeni di colamento, con superfici di scorrimento tendenti sempre a rinnovarsi ed approfondirsi, anche in presenza di pendenze lievi. In questo litotipo, frane per cedimento (deformazioni plastiche differenziali), senza una definita superficie di distacco, sono comuni. La formazione, essendo sostanzialmente impermeabile, presenta un fitto drenaggio superficiale che induce una accentuata attività erosiva sia lineare che areale ed un generale sviluppo di versanti a calanchi.

Come già detto in capitoli precedenti, si tratta di una formazione geologica a litologia complessa, in cui ad una spiccata variabilità litologica corrisponde una marcata variazione del comportamento meccanico. Il comportamento geotecnico dei terreni a prevalente componente limo – argillosa, quali sono queste argille, è direttamente condizionato dal suo contenuto in acqua. Comportamento, dovuto alla capacità dei minerali argillosi di adsorbire acqua all'interno della loro struttura mineralogica, determinando fenomeni di rigonfiabilità, ritiro, compressibilità, plasticità, ecc.. Attraverso i limiti di Atterberg è possibile definire i valori del contenuto in acqua che individuano stati fisici convenzionali dei terreni. In particolare: il limite Liquido definisce il punto di passaggio fra la fase liquida e quella plastica, il limite Plastico definisce il passaggio tra la fase Plastica e la fase semisolida, mentre il limite di Ritiro individua il passaggio tra la fase semisolida e la solida. La distribuzione ed orientamento spaziale delle scaglie, ne condiziona in modo spiccato il comportamento fisico – meccanico. La struttura a scaglie e l'elevato rimaneggiamento di questa formazione sono le cause principali dello scadente comportamento meccanico che le caratterizza. Dette argille si presentano prevalentemente di colore bruno rossastro, grigio piombo e bluastro, formante un ammasso caotico di scaglie centimetriche di argilliti compatte, di forma grossolanamente romboedrica appiattita, a superficie traslucida, la cui disposizione denota una giacitura disarticolata. Ne consegue che i risultati delle prove di taglio condotte sui campioni sono fortemente condizionati dalla giacitura relativa delle scaglie rispetto alla direzione dello sforzo di taglio applicato nella prova. inoltre, fattore estremamente condizionante è la presenza dell'acqua che tende a far “scivolare” le scaglie e quindi lubrificare le superfici. Ciò fa sì che anche con gradienti topografici con basso angolo, possano verificarsi, in questo litotipo, fenomeni di dissesto in presenza d'acqua. La porzione superficiale, generalmente compresa nei primi metri, costituisce la fascia alterata e degradata della formazione più sensibile alla dissestabilità.

6.3 Prove di laboratorio

I risultati ottenuti dalla campagna di indagini geognostiche forniscono un quadro unitario delle condizioni geologiche e fisico-meccaniche dei terreni oggetto di studio. I limiti della caratterizzazione sono essenzialmente connessi all'estrema complessità dei materiali presenti in sito e alle difficoltà di procedere al campionamento. Tuttavia, le prove di laboratorio condotte su n. 3 campioni indisturbati, contribuiscono a fornire un parametro orientativo soprattutto avuto riferimento alle prove di taglio diretto. I risultati delle prove sono esposti nell'allegato Certificato di Prove di Laboratorio cui si rimanda. La sintesi dell'interpretazione delle prove di laboratorio eseguite è esposta nella tabella riassuntiva che segue.

Progetto / Lavoro: Indagini geognostiche relative ai "Lavori urgenti per la ricostruzione del piano viabile e contenimento scarpate in corrispondenza del km 1+700

Località Prelievo Campione : S.P. 87 di Castoreale

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ_s	eo	n	Sr	limiti			Taglio				Trias.	Descrizione visiva
			(%)	(t/m ³)				(%)	LL	LP	Ic	c'	ϕ'	cr	ϕ_r	cu	
												KN/m ²	(°)	KN/m ²	(°)	KN/m ²	
S1P	C1	6,50 - 7,00	17,93	1,90	2,71	0,68	0,40	71,64	73	26	1,17	35	21	0	13	146	Argilla limosa con piccole porzioni argillificate di colore grigio a buona consistenza
S2DH	C1	15,00 - 15,40	13,88	1,96	2,77	0,61	0,38	63,44	43	23	1,48	34	21	--	--	169	Argilla limosa di colore grigio a buona consistenza
S 3	C 1	10,00 - 10,40	15,96	1,95	2,75	0,64	0,39	68,93	35	24	1,77	26	22	--	--	96	Argilla limosa con porzioni che presentano una struttura scagliettata, di colore grigio-azzurro a buona consistenza

IP	0 – 5	5 – 15	15 – 40	> 40
Campione terreno profondità in metri (m)	Non Plastico	Poco Plastico	Plastico	Molto Plastico
S1 C1 6,5 – 7,0				47
S2 C1 15,00 - 15,4			20	
S3 C1 10,00 – 10,4		11		

Sulla base dei valori ottenuti per IP, adottando i criteri proposti in letteratura per il “Grado di Plasticità”, i terreni analizzati si possono classificare “da poco a molto plastici”.

Sondaggio	Indice Consistenza
S.1 – C1	1,17
S.2 – C1	1,48
S.3 – C1	1,77

Ic	TERRENO
0 – 0,25	Fluido - Plastico
0,25 – 0,50	Molle - plastico
0,50 – 0,75	Plastico
0,75 – 1,00	Solido - plastico
> 1,00	Semisolido

L'indice di consistenza permette di considerare i terreni analizzati come “Semisolido”.

La Prova scissometrica (Vane Test) eseguita in foro di sondaggio, utilizzata per misurare la resistenza al taglio non drenata in terreni coesivi, eseguita a – 08,10 m. dal p. c. in S.2 ha dato valore “Su” fondo scala con $C_u > 2,43$ Kg/cm², coerente con i valori ottenuti dalle prove triassiali.

La prova consiste nella misura della massima forza di torsione applicata ad una paletta infissa nel terreno prima che inizi a ruotare. La resistenza al taglio non drenata (C_u) viene calcolata a partire dal momento torcente (M) richiesto per tagliare il terreno compreso fra le ali dello strumento.

Le prove S.P.T. condotte in avanzamento dei sondaggi confermano le considerazioni espresse in ordine alla consistenza dei terreni argillosi interessati.

6.4.1 Parametri fisico-meccanici Argille Scagliose

Considerata l'estrema eterogeneità del comportamento fisico – meccanico delle ASI è possibile osservare delle forti differenziazioni nel comportamento geomeccanico di questo litotipo anche in aree vicine.

tuttavia, ai fini della definizione del comportamento fisico – meccanico del volume significativo del modello geologico d'interesse progettuale, sulla base delle prove di laboratorio condotte su n. 3 campioni indisturbati, si ritiene di poter suggerire i seguenti valori orientativi:

facies Argille Scagliose

- peso di volume $\gamma = 1,900 \text{ t/mc}$
- angolo attrito di picco $\phi' = 21^\circ$
- angolo di attrito residuo $\phi_r = 13^\circ$
- coesione di picco $C' = 26,00 \text{ KN/mq.}$

facies Argille Scagliose (da prove triassiali)

- peso di volume $\gamma = 1,900 \text{ t/mc}$
- angolo attrito $\phi_u = 00,00^\circ$
- coesione $C_u = 96,00 - 169 \text{ KN/mq.}$

Ai fini delle analisi strutturali si ritiene opportuno suggerire di assumere, cautelativamente, che la superficie libera della falda possa, in condizioni di piogge intense, raggiungere il piano di campagna. Nell'ambito della campagna delle indagini geognostiche la falda è stata rilevata a – 03,40 mt. dal p.c. in S.1 (piezometro).

7. Descrizione programma delle Indagini geognostiche

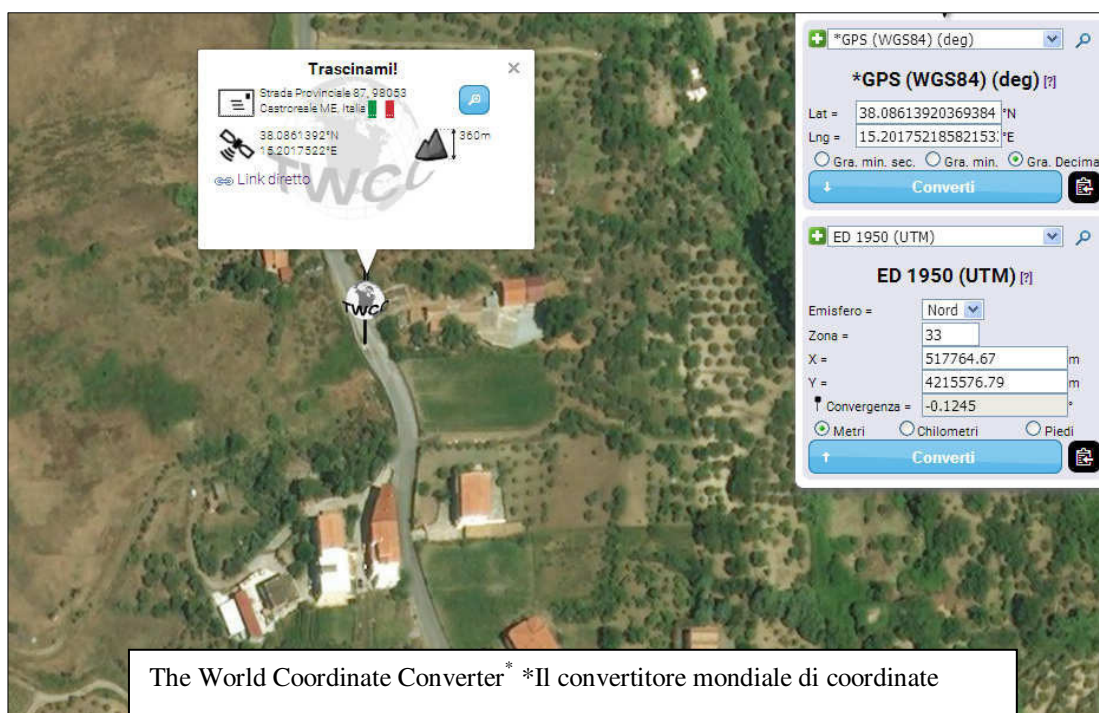
La campagna delle indagini geognostiche si è articolata in **n.° 3 sondaggi geognostici** meccanici verticali, per complessivi **mt. 80,00** di perforazione a rotazione e carotaggio continuo; esecuzione, in avanzamento dei sondaggi di **n.9 prove S. P. T.**; esecuzione di **n.° 3 tomografie sismiche**, **n. 1 prova DH in S.2**. Nel corso delle perforazioni, sono stati prelevati **n.° 3 campioni indisturbati** in avanzamento dei sondaggi **S.1, S.2 e S.3**, sui quali sono state svolte analisi di laboratorio. Localizzazione e risultati delle indagini in situ, analisi e prove di laboratorio e la descrizione delle metodologie utilizzate sono esposti nello specifico elaborato **RELAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE** prodotto dalla **Spett.le Ditta GEOSONDAGGI s.a.s., Via Venezia n. 21, Giardini Naxos (Me).**

L'interpretazione dei dati acquisiti dalle indagini sismiche non indicano un passaggio netto tra i vari orizzonti ma devono considerarsi, invece, come passaggi gradualmente che sfumano l'un l'altro. Infatti, soprattutto per quanto concerne il grado di alterazione della formazione argillosa indagata, questo, in generale, risulta decrescere in maniera graduale con la profondità. Come spesso si verifica nella realtà, infatti, l'indagine modella il sottosuolo in termini di variazioni e gradienti di velocità piuttosto che come successioni di sismostrati continui e geometricamente definiti.

Il gradiente sismico verticale, in definitiva, riflette dunque la presenza di una copertura detritica, sovrapposta ad un orizzonte argilloso alterato che sfuma in argille compatte. L'analisi delle tre traverse sismiche ha messo in evidenza la presenza di sismostrati eterogenei. In particolare da rilevare che lo sismostrato più superficiale cresce procedendo da T.1 a T.3, in accordo con la litologia locale, e che nell'ambito dello stesso sismostrato sono state localizzate, a profondità diverse, delle sacche, ove i valori di V_p sono al di sotto dei 500 m/s riferibili a fenomeni di marcata alterazione e scadimento della consistenza del deposito argilloso.

8. Intervento di progetto

Come già anticipato nei capitoli precedenti il progetto prevede l'esecuzione di n. 1 intervento di consolidamento lungo la sp. 87 localizzato, orientativamente, in corrispondenza della chilometrica 1 + 700 circa, al fine di consolidare un tratto di strada provinciale interessato da un fenomeno di dissesto nella porzione di testata. Si ritiene, tuttavia, necessario, preliminarmente, rappresentare il fatto che la strada provinciale n. 87 nel tratto impostato sulla formazione delle argille scagliose è naturalmente esposta a fenomeni di deformazione, cedimenti e dissesti connessi alla natura altamente dissestabile di detta formazione soprattutto in presenza d'acqua.



Pertanto, non è possibile escludere che ulteriori porzioni di detta strada, in quell'area, potranno essere interessate da altri fenomeni di dissesto. Ciò anche in considerazione del fatto che i versanti presentano evidenti segni di diffuso dissesto che potrebbero, evolvendo, interessare la sede stradale lungo la quale sono già visibili, in altri tratti, vistosi segni di dissesto in atto.



Tratto di muro lato valle lesionato in corrispondenza del Km. 1 + 700 SP. 87



L'intervento consiste nella realizzazione di opere di consolidamento e sostegno di un tratto di circa 50,00 mt. di strada provinciale, interessata da vistosi fenomeni di cedimento di un ampio tratto di piano viabile e vistose lesioni e deformazioni dei muri di sostegno e contenimento in quel tratto.

Detto fenomeno si ritiene sia l'effetto dell'azione di un esteso dissesto che già da diversi anni interessa il versante sottostante la strada. L'intervento di progetto è stato limitato al consolidamento della porzione sommitale del corpo di frana al fine di contenerne i costi, garantendo comunque la funzionalità della strada. Pertanto, esula dalle finalità dello studio la valutazione di altri più ingenti interventi che sarebbe comunque necessario eseguire al fine di contenere l'azione di dissesto in atto lungo il versante. Il dissesto è classificabile come fenomeno di colamento, con superfici di scorrimento tendenti sempre a rinnovarsi ed approfondirsi, anche in presenza di pendenze lievi. La profondità stimata dell'attuale fascia di plasticizzazione si ritiene localizzata intorno ai 06,50 mt. dal p.c. in S.2. La causa innescante si ritiene sia da ricondurre alla presenza d'acqua rilevata alla

quota di -03,40 m dal p. c. nel sondaggio n. 1 e che satura i terreni fino alla profondità di 05,15 m. in S. 2. Sulla base dei dati attualmente disponibili non è possibile definire con certezza la provenienza dell'acqua riscontrata. Infatti, è possibile ipotizzare sia un'origine naturale in ragione della presenza della formazione arenacea della Formazione S. Pier Niceto che drena una limitata porzione di territorio essendo la strada in prossimità dello spartiacque; sia un'origine antropica come conseguenza del danneggiamento di condotte idriche o fognarie presenti in zona.

I dati di superficie e le indagini geognostiche che è stato possibile eseguire hanno consentito di ricostruire la sezione geolitologica schematica interpretativa in allegato, condotta secondo la sezione topografica n. 2, che costituisce il modello geolitologico di riferimento compatibile con i dati, attualmente, disponibili. Inoltre, è di rilevante importanza la presenza di una zona di ristagno d'acqua localizzata qualche decina di metri più a valle del tratto di muro dissestato.

Considerato che l'intervento progettuale prevede la realizzazione di un'opera di sostegno su fondazioni indirette a contenimento della strada, si raccomanda di dimensionare l'opera tenendo cautelativamente presente che i terreni lato valle alla stessa struttura, almeno nelle porzioni più superficiali, non offrano alcun contributo al sostegno, in quanto, nel tempo, potrebbero essere interessati da fenomeni di scivolamento e dissesto portando così in esposizione le strutture realizzate. Di fondamentale importanza per la buona riuscita dell'opera è la previsione ed esecuzione di adeguate opere di drenaggio sia a monte dell'intervento, sia a valle dello stesso anche attraverso la realizzazione di setti drenanti. Inoltre, anche ove attualmente è osservabile un esteso ristagno di acqua e nel tratto a monte fino al costruendo muro, a valle del tratto di strada danneggiato, si ritiene necessario realizzare setti drenanti spinti fino ad incastrarsi nelle argille compatte. I setti drenanti dovrebbero essere disposti a spina di pesce ed adeguatamente collegati a sistemi di canalizzazione e smaltimento controllato delle acque fino al recettore finale. Per la realizzazione delle opere di canalizzazione delle acque, si consiglia l'adozione di materiali duttili e tali da tollerare possibili futuri cedimenti e deformazioni dei terreni d'imposta, data la natura altamente dissestabile delle argille scagliose in presenza d'acqua, su cui necessariamente dovranno essere impostate le opere. Particolare cura dovrà essere prestata anche alle opere di drenaggio del realizzando muro di sostegno attrezzandolo con fori drenanti disposti su più file ed a diverse altezze già dalla base. Realizzare a tergo del muro un efficiente drenaggio con materiale arido di idonea pezzatura, asportando l'attuale materiale di riempimento ritenuto non idoneo. Raccogliere e smaltire in modo controllato e regimato fino al recettore finale anche le acque di scolo superficiale e di drenaggio a presidio della strada evitandone lo smaltimento incontrollato. L'interpretazione dei risultati dei sondaggi geognostici e della geofisica di superficie, condotti nel tratto d'intervento, suggeriscono di prevedere che le opere di fondazione vadano ad incastrarsi per una profondità adeguata nella formazione delle argille compatte presenti al di sotto dei - 06,50 mt. dalla quota

boccaforo del sondaggio S. 3. Si raccomanda in fine la realizzazione di opere di raccolta e smaltimento acque del piano viabile e dei versanti a monte dello stesso.

8. Sismicità Storica della zona

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, 1739 e 1786 (IX° MCS) di Naso; Terremoto del 1717 (IX° MCS) e di Castoreale; 1908 (XI° MCS) di Messina; 1786 e 1978 (IX° MCS) di Patti.



Rappresentazione delle strutture sismogenetiche individuate attraverso studi geologici e geofisici (in giallo) e delle sorgenti "areali" (in rosso)

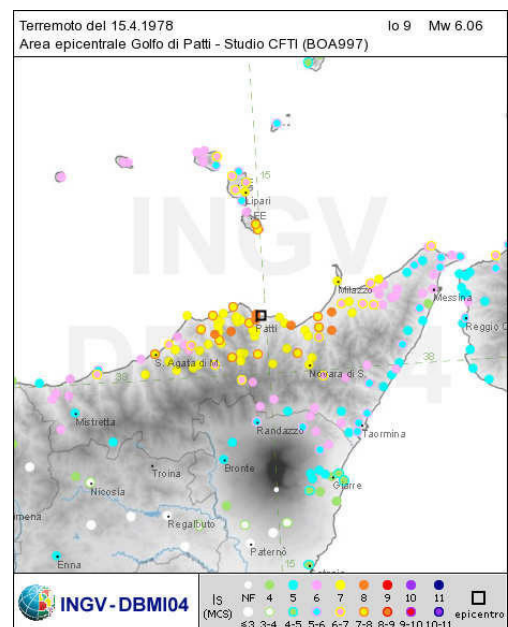
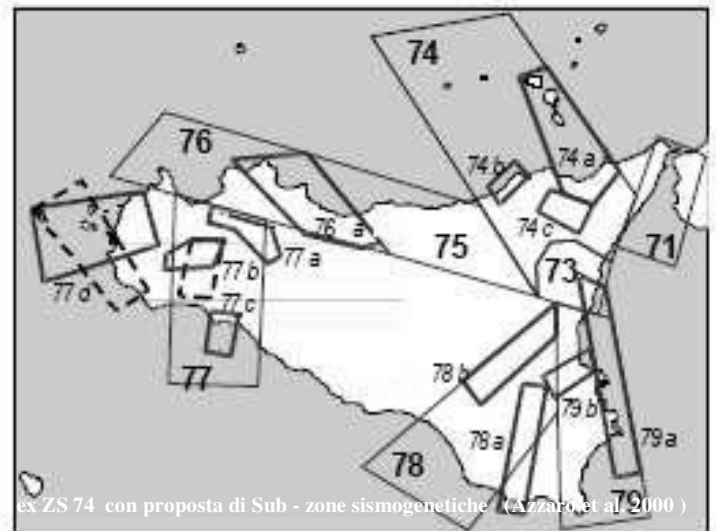
Recenti studi interpretativi della geodinamica di questo settore del mediterraneo, ipotizzano connessioni tra i processi neotettonici dell'Arco Calabro – Peloritano con l'arretramento verso SE (Lentini, 2003) dello slab ionico che immergendosi verso NO al di sotto dell'Arco Calabro – Peloritano e del Tirreno genera i terremoti intermedi o profondi.

Nel settore peloritano occidentale, la maggior parte dei terremoti sono localizzati sul versante tirrenico della ex ZS 74, in particolare lungo l'allineamento Patti-Vulcano-Salina (Antichi et al., 1998). Questa sismicità è associabile alle strutture trascorrenti destre orientate NO-SE come ad es. terremoto di Patti del 1978 (Barbano et al., 1979) che costituiscono l'espressione più settentrionale della zona di taglio crostale rappresentata dalla Linea Tindari-Giardini (ex ZS 74a) (Azzaro et alii, 2000).

Di magnitudo più bassa ed ipocentri più superficiali, i terremoti dell'area Novara di Sicilia-Raccua (ex ZS 74c) sembrano associabili a strutture esterne all'allineamento Patti-Isole Eolie. I terremoti di Naso (ZS 74b) potrebbero invece essere associati a faglie normali NE-SO responsabili del sollevamento della Catena. I pochi elementi di conoscenza sul ruolo giocato alle strutture Sud-Tirreniche (circa E-O), presenti in mare e responsabili degli eventi del settore più occidentale delle Eolie, non consentono di escludere che queste ultime potrebbero aver generato terremoti di magnitudo elevata come quello del 1823 ($M_S = 5.9$) (Azzaro et al., 2000).

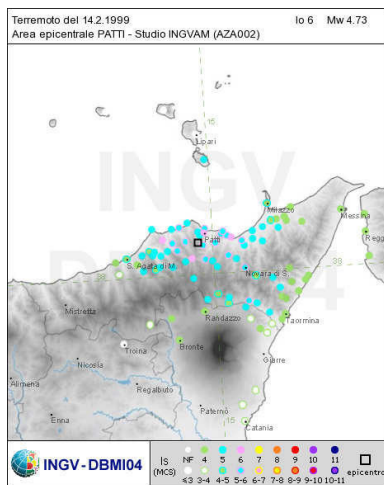
La ricerca si è basata su dati bibliografici e sui data – base della sismicità storica e strumentale dell'INGV, attraverso la consultazione dei principali cataloghi sismici.

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.



A queste strutture si attribuiscono terremoti distruttivi che hanno interessato la zona del Golfo di Patti come, ad esempio, quello del 1978.

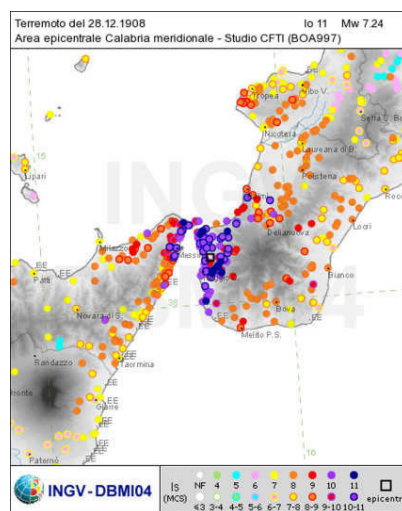
Da una prima analisi degli eventi sismici presenti nel catalogo



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

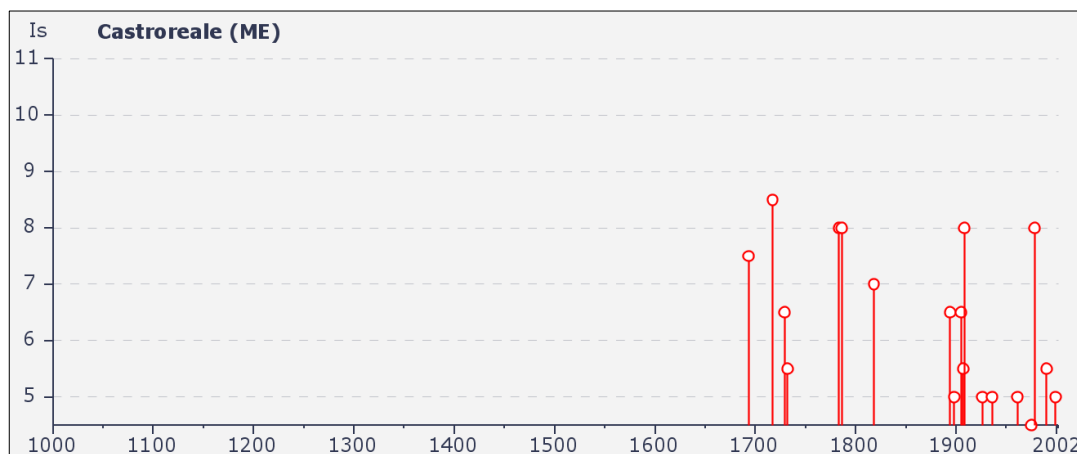
causare per la loro violenza sia dei danni notevoli agli edifici che perdite di vite umane, prendendo come riferimento i Comuni nell'ambito territoriale del quale ricade il sito d'interesse

rappresentato da Patti (Me). Questi terremoti, per la loro elevata magnitudo, sono stati avvertiti nel Comune riportando inoltre la corrispondente massima intensità in loco.



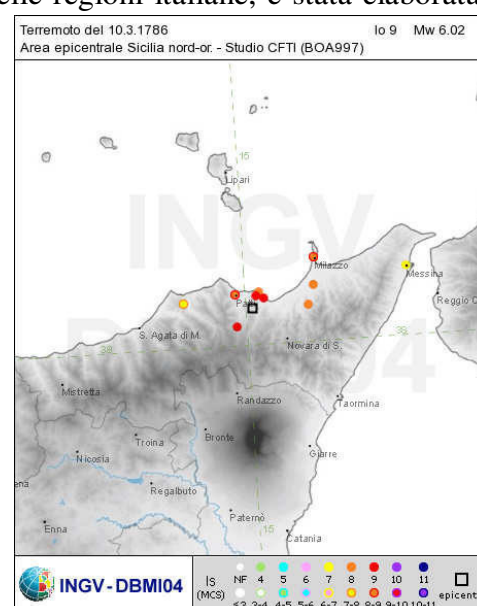
Storia sismica di Castoreale (ME) [38.099, 15.211]
 Osservazioni disponibili: 25

Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw	Rt	Rt1
8-								7-			
9	1717	04	22	05	20		Castoreale	8	0,24	CFTI	BOA997
8	1783	02	05	12			Calabria	11	0,31	CFTI	BOA997
8	1786	03	10	14	10		Sicilia nord-or.	9	0,25	CFTI	BOA997
							Calabria				
8	1908	12	28	04	20	27	meridionale	11	0,31	CFTI	BOA997
8	1978	04	15	23	33	47	Golfo di Patti	9	0,25	CFTI	BOA997
7-											
8	1693	01	11	13	30		Sicilia orientale	11	0,32	CFTI	BOA997
7	1818	02	20	18	15		Catanese	9	0,25	CFTI	BOA997
6-								6-			
7	1729	06	29	13			CASTROREALE	7	0,21	DOM	BAA996
6-							Calabria	8-			
7	1894	11	16	17	52		meridionale	9	0,25	CFTI	BOA997
6-											
7	1905	09	08	01	43	11	Calabria	11	0,30	CFTI	BOA997
5-								5-			
6	1732	03	28				CASTROREALE	6	0,21	DOM	BAA996
5-							Calabria	8-			
6	1907	10	23	20	28	19	meridionale	9	0,27	CFTI	BOA997
5-							Sicilia sud-				
6	1990	12	13		24	28	orientale	7	0,26	CFTI	BOA000
								6-			
5	1898	08	12				ROMETTA	7	0,21	DOM	BAA980
							ISOLA DI	7-			
5	1926	08	17	01	42		SALINA	8	0,23	DOM	GDTSP
5	1936	10	08	08	04		PATTI	6	0,22	DOM	BAA980
								5-			
5	1961	03	24	10	36		ASPROMONTE	6	0,21	DOM	BAA980
5	1999	02	14	11	45	54	PATTI	6	0,22	INGVAM	AZA002
4-							Stretto di	7-			
5	1975	01	16		09	45	Messina	8	0,23	CFTI	BOA997
							PIANA DI	6-			
4	1959	12	23	09	29		CATANIA	7	0,22	DOM	BAA980
							Calabria				
4	1978	03	11	19	20	44	meridionale	8	0,23	CFTI	BOA997
							Calabria				
3	1947	05	11	06	32	15	centrale	8	0,26	CFTI	BOA997
3	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	10	0,31	CFTI	BOA997
								6-			
NF	1949	10	08	03	08		NOTO	7	0,22	DOM	GDTSP
NF	1977	06	05	13	59		MISTRETTA	6	0,21	DOM	BAA980

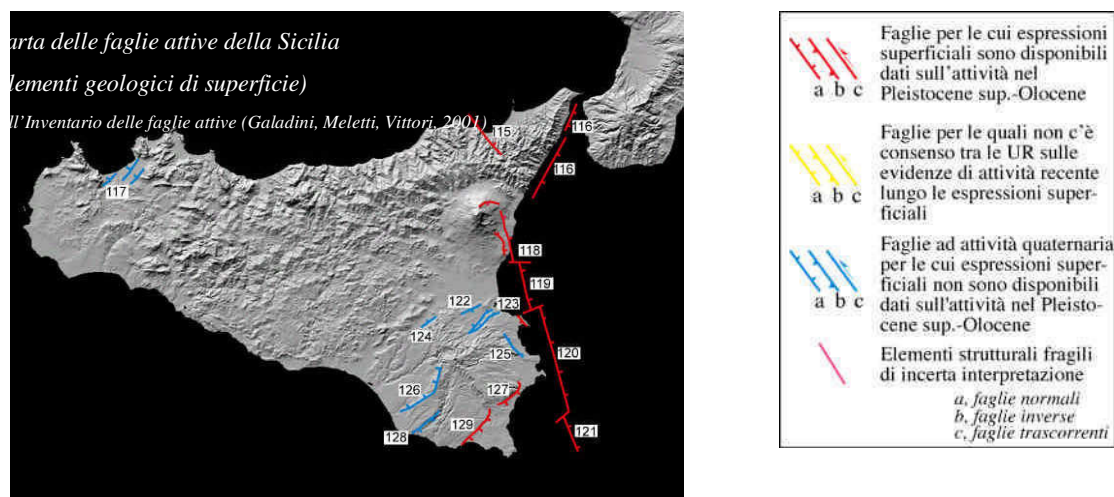


Stucchi et alii. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/> Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38.

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 ZS9 (fig. a), 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 orientale della Zona 932 (per la quale è stato adottando il principio del "bordo morbido" di 5 km di estensione), sia come area interessata da fenomeni sismici con epicentro in zone limitrofe siciliane e calabresi (929 e 930 con meccanismo di fagliazione prevalente del tipo normale). 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 in basso) 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 40 Km, attività Quaternario, (Tortorici et al., 1995; Monaco e Tortorici, 1995). Un'altra struttura capace di generare, secondo la relazione di Wells e Coppersmith (1984), terremoti di $M > 6.0$ è la faglia Lipari – Vulcano – G. di Patti, cui sarebbe associato il terremoto del 04/ 05/ 1978 con $M = 6.1$, con una lunghezza stimata di circa 30 Km. (Azzaro e Barbano, 2000) .

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).

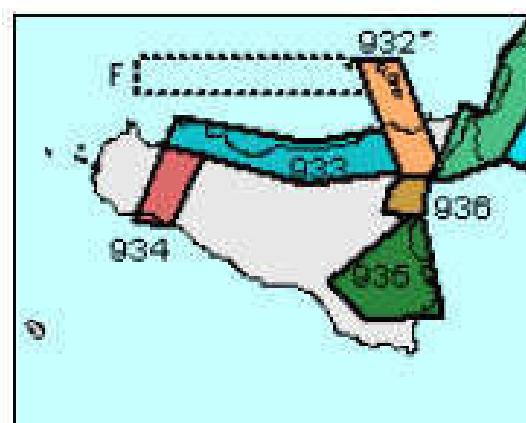


fig. a - Zonazione Sismogenetica (ZS9)

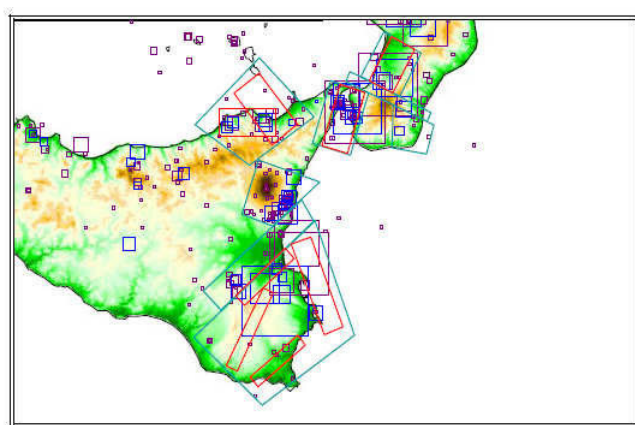
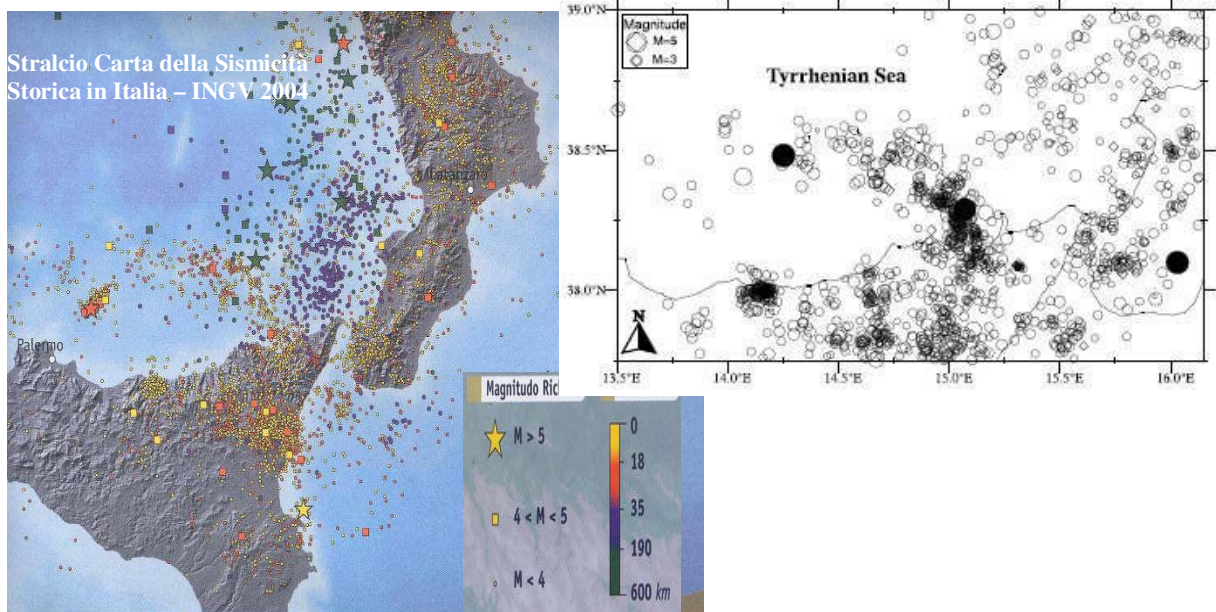


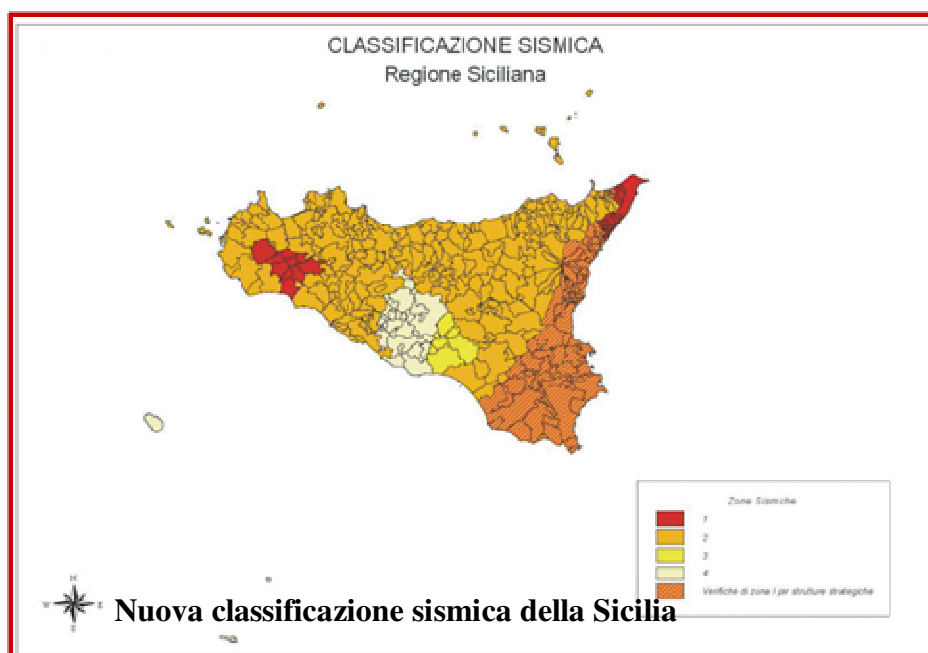
fig. b – Aree sorgente ed aree a sismicità diffusa

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.



Lo stralcio della Carta della Sismicità storica in Italia, realizzata a cura dell'INGV, mostra la distribuzione e l'intensità dei sismi registrati tra il 1981 ed il 2002 nella zona di interesse.

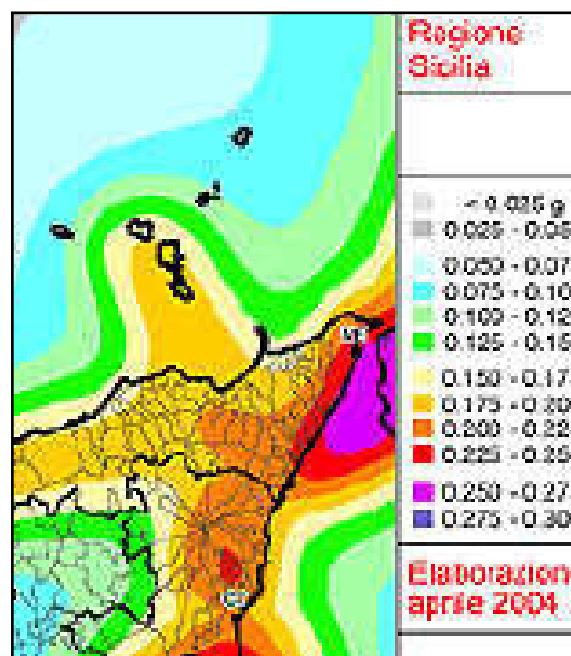
Secondo i criteri adottati nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 n. 3274, il territorio nazionale è stato suddiviso in 4 **“Zone Sismiche”**, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro dell'accelerazione orizzontale massima (a_g). I territori di **Castroreale**, 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, con valori a_g di 0,25 g.**



L'I.N.G.V., di recente, ha predisposto anche una mappa della pericolosità sismica (fig. c) quale 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.



stralcio mappa della pericolosità sismica – ingv –

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 [hppt://esse1.mi.ingv.it/](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.

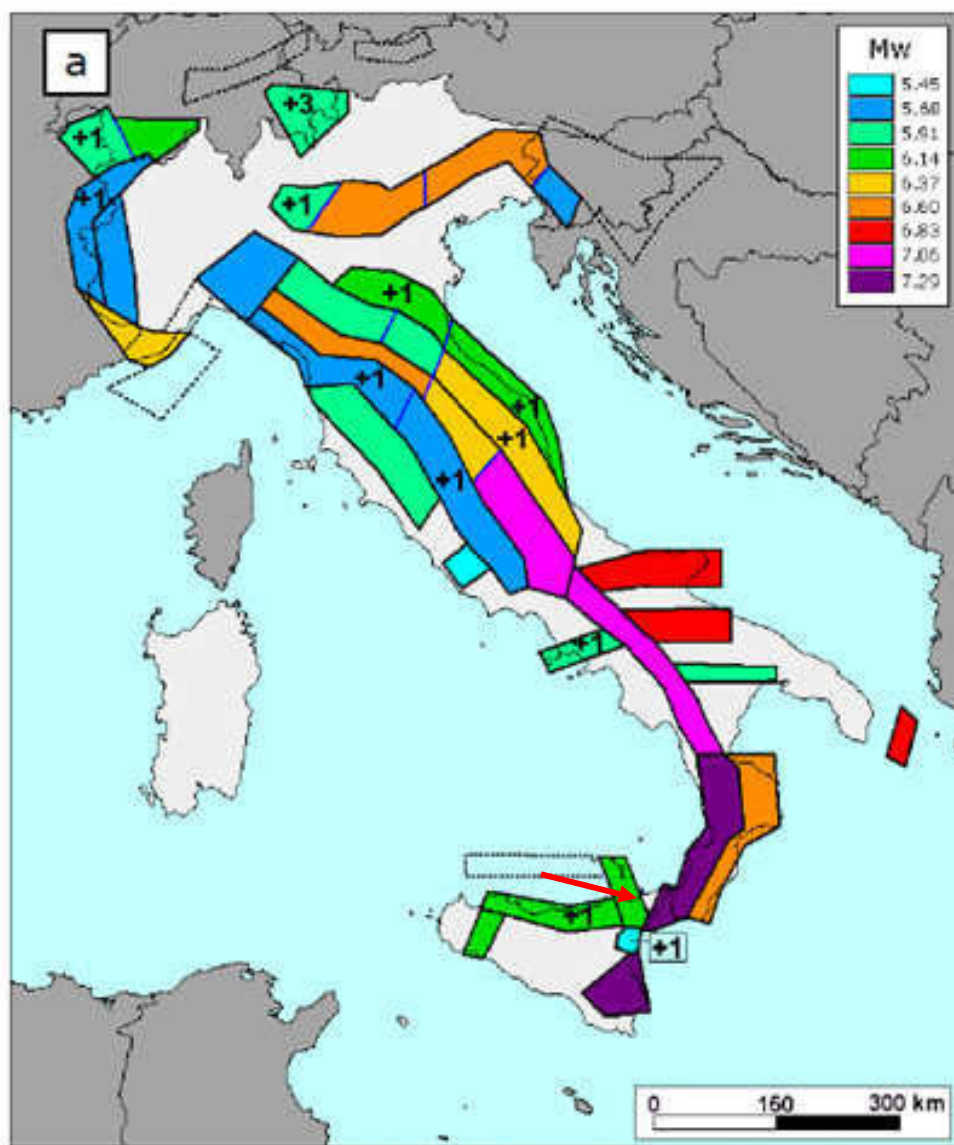


Figura 36. a) Valori di M_{wmax} "osservati"
Estratto dal Rapporto Conclusivo Mappa Pericolosità Sismica di cui All'OPCM 3274 /03

8.1 Classificazione categoria suolo e classificazione Topografica

Sulla base dei risultati dalla prova DH eseguita nell'area di progetto nell'ambito, nell'ambito del Sondaggio n. 2, la velocità delle onde V_{s30} (vedi Rapporto Indagini), al fine di definire il valore dell' "average shear wave velocity" V_{s30} applicando la:

$$1) \quad V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}} \quad \text{dove: } \begin{array}{l} h_i = \text{Spessore in metri dello strato } i\text{-esimo} \\ V_i = \text{Velocità dell'onda di taglio } i\text{-esima} \\ N = \text{Numero di strati} \end{array}$$

è $V_{s30} = 403,66 \text{ m/s}$

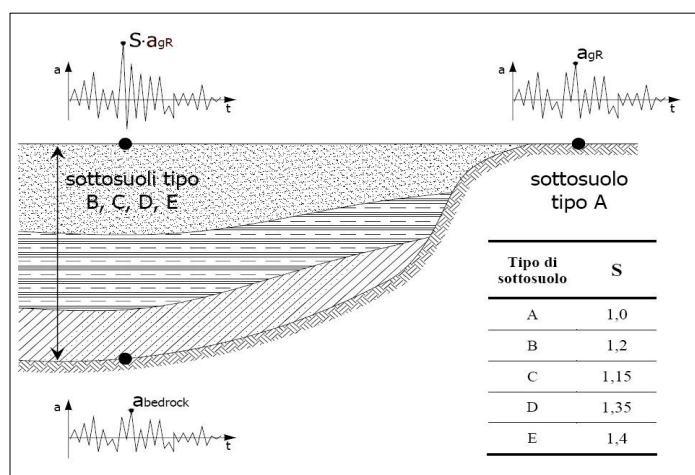
Pertanto, la categoria di Suolo di Fondazione da attribuire nel sito d'intervento é "B".

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

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

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 $10 < c_{u,30} < 20 \text{ kPa}$), 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.



Le **condizioni topografiche** dell'area in esame delineano un pendio lungo cui saranno impostate le opere di progetto con pendenze medie inferiori a 15°, tuttavia cautelativamente si consiglia, sulla base della tabella 3.2.IV, di derivare dalla **Categoria Topografica T2, il valore consigliato è:**

$$S_T = 1,2$$

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 $i > 30^\circ$

Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

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

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

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario.

9. Conclusioni

Le problematiche geomorfologiche rilevate nella zona di progetto integrano quanto indicato dalla consultazione della cartografia relativa al P.A.I. Castoreale (Me), CTR SEZIONE 600110, Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico, dove il tratto di strada provinciale danneggiato non è classificato. Lungo la stessa strada provinciale che si snoda poco più a valle dell'area d'interesse progettuale sono, localmente, visibili ulteriori segni di cedimento e dissesto.

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

- La presenza di una estesa copertura di materiali sciolti e caoticizzati, suggerisce di incastrare tutte le opere di fondazione delle opere in progetto nell'ambito della formazione argillosa di base, più integra e compatta;
- Le particolari condizioni di permeabilità nella zona di progetto (da scarsamente permeabili ad impermeabili nelle porzioni più alterate ed argillificate, fino ad altamente permeabili nelle zone a

maggiore componente sabbiosa o fratturazione) con la possibile formazione di micro falde sospese e sorgenti temporanee, impone la realizzazione di adeguati sistemi di drenaggio sia superficiali, onde ridurre l'infiltrazione, sia sub – superficiali e profondi per alleggerire il carico idraulico nelle coperture materiali sciolti e caoticizzati e formazione argillosa, ciò anche al fine di ridurre le sovrappressioni neutre concausa della mobilitazione delle aree instabili;

- Di particolare importanza si ritiene la realizzazione di opere di raccolta delle acque e drenaggio da realizzarsi in corrispondenza dell'intervento opportunamente esteso anche all'area a valle del tratto di strada oggetto di progetto. Si ritiene utile, in questo tratto, la realizzazione di un sistema trincee drenanti, o altre metodologie, disposte in maniera opportuna allo scopo di smaltire le acque i accumulo in quell'area. La profondità delle trincee drenanti dovrebbe essere spinta per alcuni metri di profondità;

- Realizzare setti e/o speroni drenanti all'interno del corpo stradale e per l'intera altezza nei tratti d'intervento allo scopo di allontanare le acque d'infiltrazione e/o di falda ed evitarne l'accumulo;

- Particolare cura dovrà essere prestata alle opere di drenaggio del muro di sostegno attrezzandolo con fori drenanti disposti su più file ed a diverse altezze ed avendo cura di garantirne il drenaggio già dalla base. Realizzare a tergo dell'opera di contenimento un efficiente drenaggio con materiale arido di idonea pezzatura;

- Raccogliere e smaltire in modo controllato e regimato anche nel 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 evitandone lo sversamento in aree già caratterizzate da fenomeni di instabilità;

- Ai fini delle analisi strutturali si ritiene opportuno, comunque, assumere cautelativamente che la superficie libera della falda possa, in condizioni di piogge intense, raggiungere il piano di campagna;

- I dati presentati offrono la possibilità di trarre alcune considerazioni, suffragate dalle evidenze di terreno, con particolare riferimento all'area dell'intervento. In detta area l'intervento è stato limitato al consolidamento della porzione sommitale del corpo di frana al fine di contenerne i costi, garantendo comunque la funzionalità della strada. Quindi esula dalle finalità dello studio la valutazione di altri più ingenti interventi che sarebbe comunque necessario eseguire al fine di contenere l'azione di dissesto in atto già dal piede del versante e lungo lo stesso, la cui azione se non adeguatamente contrastata e contenuta potrebbe nel tempo interessare anche le opere attualmente progettate. Considerato che l'intervento progettuale prevede solo la realizzazione di un'opera di sostegno su fondazioni indirette a contenimento della strada, si raccomanda di dimensionare l'opera tenendo conto che i terreni immediatamente a valle della stessa struttura, non

offriranno alcun contributo al sostegno, in quanto, in assenza di ulteriori interventi di contenimento, potranno essere interessati da fenomeni di scivolamento e dissesto portando così in esposizione le strutture realizzate. In detta porzione di versante si raccomanda, in ogni caso, la realizzazione di opere di drenaggio, raccolta e smaltimento delle acque sia superficiali, che più in profondità.

- Il presente elaborato è stato redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 14 gennaio 2008 “Nuove norme tecniche per le costruzioni” e soddisfa i requisiti normativi di rilevanza geologica;

- Le incertezze nel modello geologico proposto che posso risultare significative ai fini dello sviluppo del progetto sono essenzialmente legate alla litostratigrafia di dettaglio ed alla presenza di livelli idrici cumulati in funzione degli eventi stagionali.

- La storia sismica della zona in esame, anche se breve è, nel complesso, piuttosto intensa. Infatti, con riferimento solo ai tre secoli precedenti, la massima intensità storicamente osservata, pari ad $I_0 = 8$ è stata raggiunta in occasione del terremoto del 1908. Mentre, intensità prossime a quella. 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 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 è B, il fattore topografico consigliato è $ST = 1.2$;**

- Si ritiene opportuno precisare che il profilo geolitologico schematico ricostruito, condotto lungo sezione topografica significativa, allegato alla presente relazione, ha valore orientativo ed interpretativo compatibilmente con la validità dei dati attualmente disponibili ottenuti dalle indagini geognostiche eseguite e dai rilievi di campagna. In fase di esecuzione delle opere occorrerà verificare la corrispondenza tra quanto esposto nella presente nota e quanto riscontrato in cantiere, tarando, se del caso, le interpretazioni già formulate;

- Si segnala, in fine, che nel Sondaggio S. 1, è stata riscontrata la presenza di acqua a - 03,4 mt. dal p. c..

MESSINA, 18/04/2017

IL FUNZIONARIO GEOLOGO

(Geol. Biagio PRIVITERA)

PROFILO GEOLOGICO SCHEMATICO INTERPRETATIVO CONDOTTO SECONDO LA SEZIONE TOPOGRAFICA n° 3

- Riporti e detrito
- Coperture detritiche di versante
- Argille scagliose
- Superficie di scivolamento presunta
- Livelli argillitici
- H2O - Livello di falda
- Limiti geologici incerti

Sezione: 3
Sondaggio S2

