

# CITTA' METROPOLITANA DI MESSINA

3<sup>a</sup> Direzione – Viabilità Metropolitana

APQ “Area Interna Nebrodi”- PO.FESR. 2014-2020  
Delibera CIPE 52/2018

## “ITINERARIO STRADALE S. P. 161 ALCARA LI FUSI”

### PROGETTO ESECUTIVO

(Art. 23 Comma 8 D. Lgs. 18 aprile 2016 N° 50)

**Elaborati:**

- |   |   |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. RELAZIONE TECNICA</li><li>2. FASCICOLO FOTOGRAFICO</li><li>3. ELABORATI GRAFICI</li><li>4. RELAZIONE GEOLOGICA E INDAGINI</li><li>5. RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE</li><li>6. ESECUTIVI DEI FERRI STRUTTURE IN C.A.</li><li>7. ANALISI PREZZI</li></ol> | <ol style="list-style-type: none"><li>8. ELENCO PREZZI</li><li>9. COMPUTO METRICO E QUADRO ECONOMICO</li><li>10. STIMA COSTI DI SICUREZZA AZIENDALE</li><li>11. TEMPI DI ESECUZIONE</li><li>12. CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO</li><li>13. PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO</li><li>14. PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA</li></ol> |
|---|---|

#### 4.a - RELAZIONE GEOLOGICA

Messina 19/07/2021

**I PROGETTISTI:**

Ing. Giovanni LENTINI

Geom. Carmelo MANGANO

Geom. Antonino LETIZIA



VERIFICA PROGETTO  
Art. 26 del D. Lgs N° 50/2016

Verbale in data 23/09/2021



IL VERIFICATORE

APPROVAZIONE IN LINEA TECNICA

VERBALE DI VALIDAZIONE del 27/09/2021

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Rosario BONANNO





# ***Città Metropolitana di Messina***

***IV^ DIREZIONE - Servizi Tecnici Generali***  
***Servizio Protezione Civile***



***PROGETTO LAVORI 7.4.1 – PO FESR 2014-2020 -SICILIA – AREA INTERNA  
NEBRODI – ITINERARIO STRADALE S. P. 161 ALCARA LI FUSI  
CUP B37H19002050002***

## ***RELAZIONE GEOLOGICA CONCLUSIVA***

***MESSINA, 01/06/2021***

***IL FUNZIONARIO GEOLOGO***

***(Geol. Biagio PRIVITERA)***



# Città Metropolitana di Messina

IV^ DIREZIONE - Servizi Tecnici Generali  
Servizio Protezione Civile

## RELAZIONE GEOLOGICA CONCLUSIVA

### **1. PREMESSA**

Nella presente nota sono esposti i risultati di uno studio geologico condotto al fine di definire il quadro conoscitivo delle caratteristiche geologiche, litologiche, idrogeologiche, geomorfologiche e fisico-meccaniche dei terreni interessati dai lavori di consolidamento del piano viabile rispettivamente previsti alle chilometriche: Km. 1 + 900 SP 161 Alcara – Longi; Km 14 + 150 SP 161; Km 14 + 240 SP 161 e Km 14 + 700 SP 161, ricadenti nel territorio del Comune di Alcara li Fusi (Me).

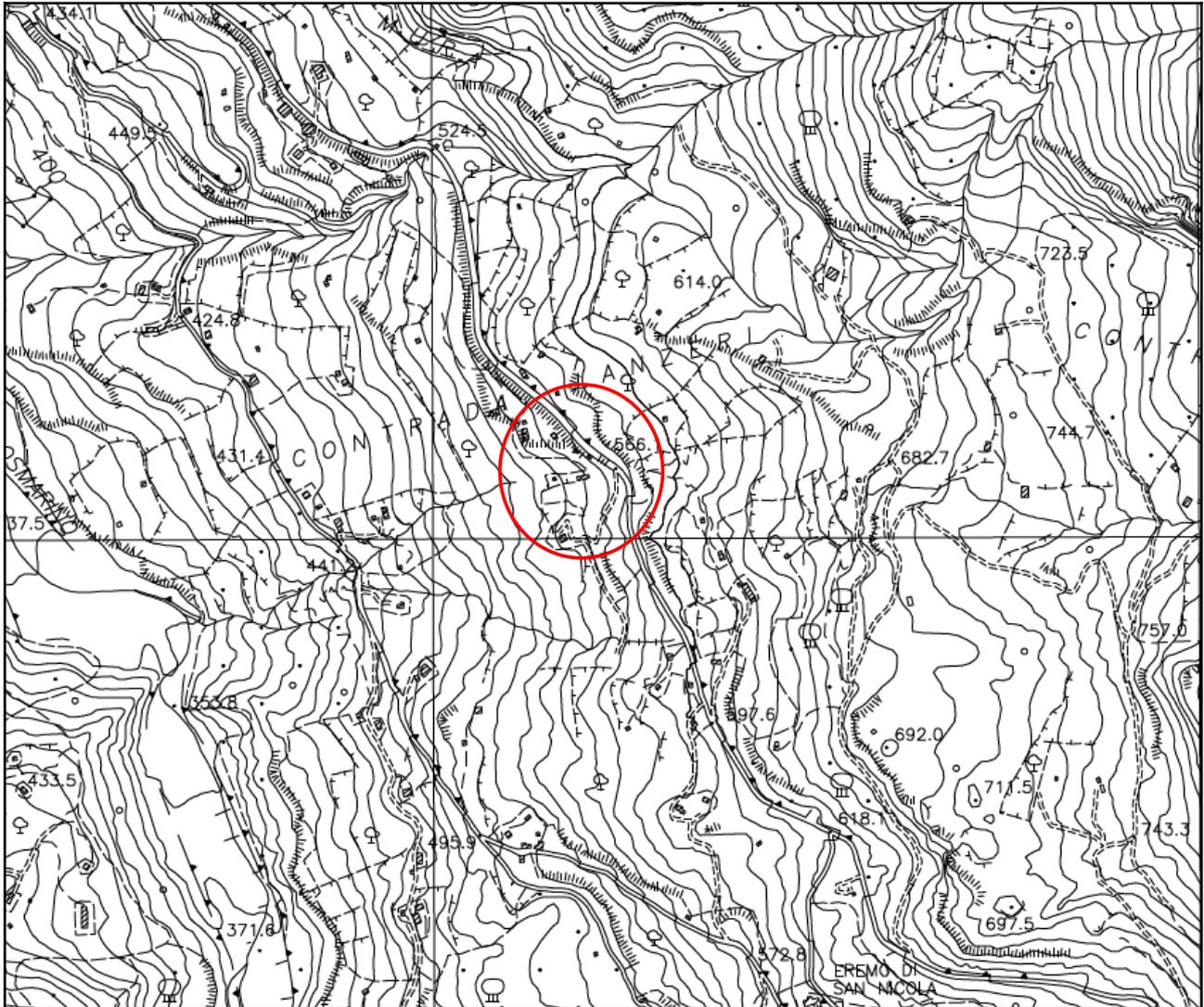
Il presente elaborato è stato redatto sulla base di quanto osservato a seguito di ricognizione di superficie sui luoghi, dalla consultazione di cartografia geologica della zona, da dati di letteratura e di altri lavori condotti su litologie simili, nonché dalle indagini geognostiche eseguite dalla Spett.le **Ditta GEODRILL di Santoro Maria**, con sede a Gioiosa Marea (Me) in Via Umberto I, per conto della Città Metropolitana di Messina e programmate per il presente lavoro.

Di seguito sono, brevemente, trattati i seguenti argomenti:

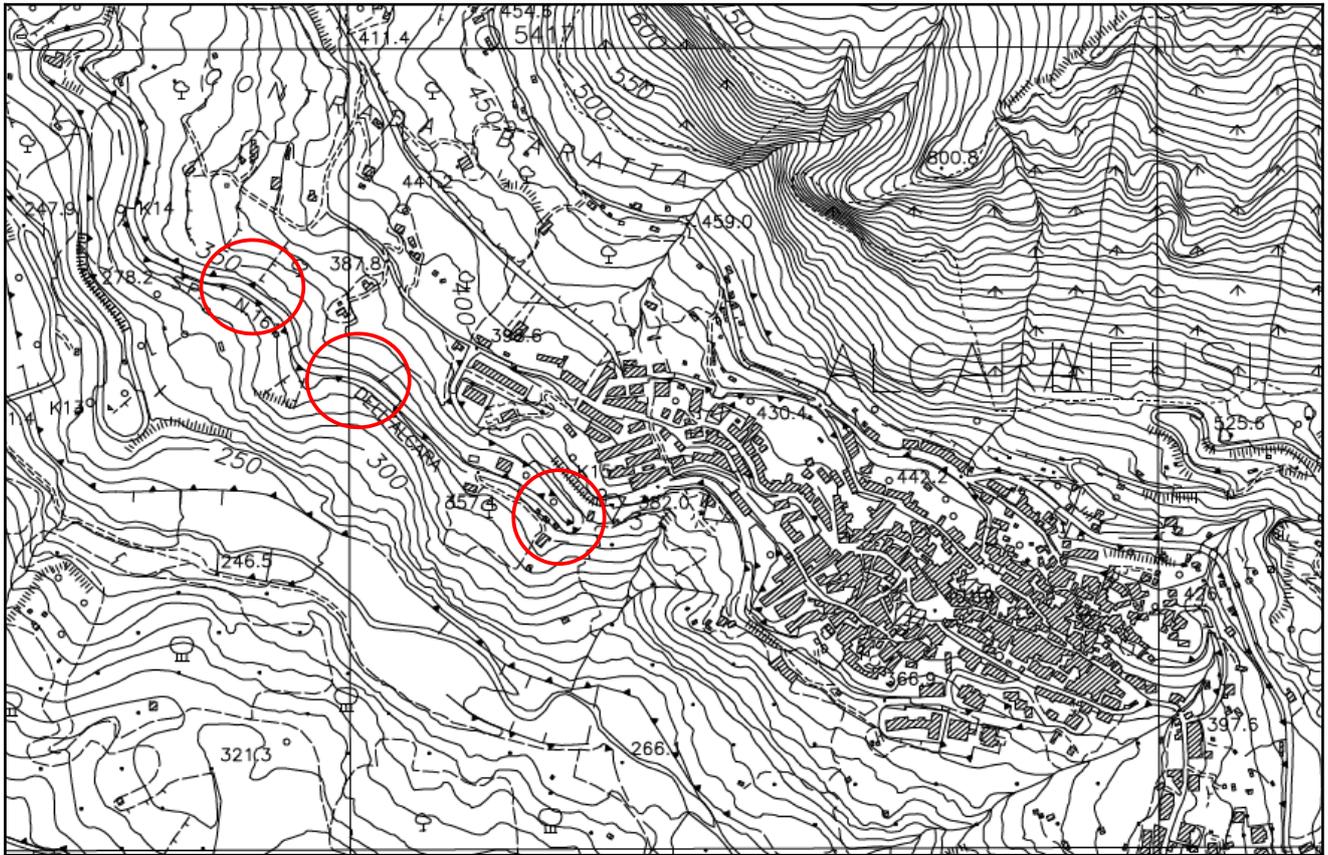
- Inquadramento Geografico della zona;
- Aspetti geologico-strutturali;
- Aspetti geologici del sito d'intervento;
- Descrizione Idro-geomorfologica del territorio d'intervento;
- Descrizione sintetica delle indagini geognostiche eseguite;
- Caratteri fisico – meccanici dei terreni;
- Descrizione interventi di progetto;
- Calcolo dell'azione sismica secondo il D.M. 14/01/2008;
- Conclusioni.

## **2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELLA ZONA**

I siti d'interesse progettuale restano localizzati nell'ambito del Foglio 599 Patti, scala 1:50.000 della Carta d'Italia. Detti siti, nel dettaglio, ricadono nell'ambito della Sezione della Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000 n. 599130 "Alcara li Fusi", ad una quota compresa tra i di circa 330 m. e i 550 m. s.l.m., lungo la SP 161.



Stralcio CTR 599130 localizzazione intervento Km 1 + 900 c/da Lanzeri sp 161 Alcara - Longi



Stralcio CTR 599130 interventi Km. 14+150 – Km. 14 + 250 e Km 14 + 700 SP 161 Alcara

### **3. ASPETTI GEOLOGICO-STRUTTURALI**

L'edificio tettonico compreso tra le Madonie ed i Monti Nebrodi rappresenta un segmento della Catena Appenninico-Maghrebide formata da un sistema a thrust pellicolare con vergenza verso SE nel tratto siculo-maghrebide e verso ENE in quello appenninico. Questo sistema comprende sequenze mesozoico-terziarie sia di piattaforma che di bacino, con le relative coperture flyschoidi mioceniche, ritenute da diversi autori appartenenti ad un paleomargine afro-adriatico. La Catena, sulla base dei dati scientifici disponibili, risulta costituita da una serie di falde di ricoprimento derivanti dalla deformazione di sequenze depositatesi in diversi domini paleogeografici ubicati tra il paleomargine africano e quello europeo. Questo sistema a thrust è compreso tra la Catena Kabilo-Calabride a tetto ed il sistema a thrust esterno a letto.

Al fine di fornire una descrizione attualizzata delle caratteristiche geologiche del territorio in esame, in questa sede è stata adottata la classificazione geologica recentemente proposta nell'ambito della redazione della Carta Geologica d'Italia, Foglio 599 Patti, scala 1:50.000, prodotta dall'ISPRA, ed esposta nelle Note Illustrative, 2013, cui si rimanda per gli approfondimenti di dettaglio.

La zona d'interesse si colloca sulla terminazione meridionale dell'arco Calabro-Peloritano ed è

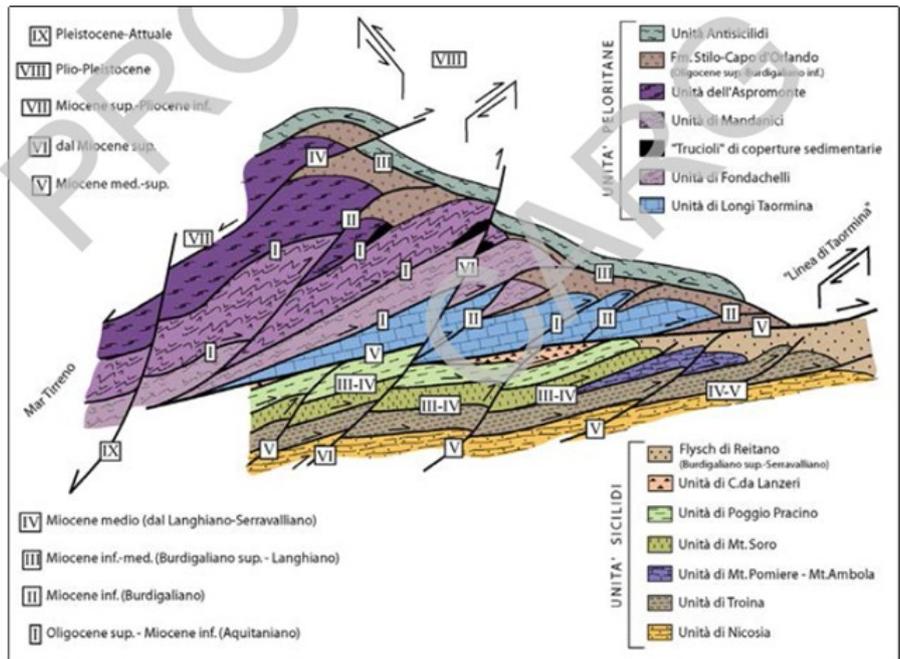


Fig. 36 - Schema dell'architettura della Sicilia nord-orientale e della ricostruzione dell'ordine sequenziale delle deformazioni (in numeri romani), da GIORGLANI et alii, 2007.

compresa in una porzione del contatto tettonico tra le Unità Calabridi e le Unità Maghrebidi (Sicilidi), sui Monti Nebrodi. Questa parte di Catena Appennino - Maghrebide è il risultato di una complessa storia della sua evoluzione geologico-strutturale profondamente caratterizzata e condizionata dagli effetti connessi ad una tettonica deformativa che si è espressa, a partire dall'Oligocene (vedi schema pagina precedente estratto dalle Note Illustrative Foglio 599 Patti), attraverso un complicato sistema di sovrascorrimenti, tettonica trascorrente ed estensionale, in un intricato sistema di thrust e faglie, che ha interessato questo territorio e che ancora non ha esaurito i suoi effetti.

Le porzioni di territorio in esame, localizzate rispettivamente a est (intervento Km. 1 + 900 c.da Lanzeri) ed a Ovest (interventi Km. 14+150 - Km 14 + 250 e Km 14+700) del centro abitato di Alcara li Fusi, sono costituite, in affioramento, da terreni afferenti sia alle Unità Sicilidi, sia alle Unità Peloritane. Appartengono alle Unità Peloritane i Calcari di Longi, il gruppo del Medolo e la Scaglia. Fanno parte delle Unità Sicilidi la Formazione di c.da Lanzeri, costituita da arenarie e siltiti torbiditiche bruno-nerastre afferenti all'Unità Tettonica di c.da Lanzeri, di età Giurassico - Cretacico; le Argille Scagliose Superiori, costituite dall'alternanza di argille marnose e marne argillose, afferenti all'Unità tettonica di Poggio Pracino, età Cretacico ed il Flysch di Monte Soro, alternanza argilloso-calcareo, prevalente alla base e talora al tetto e di una facies mediana quarzarenitico-argillosa, del Cretacico.

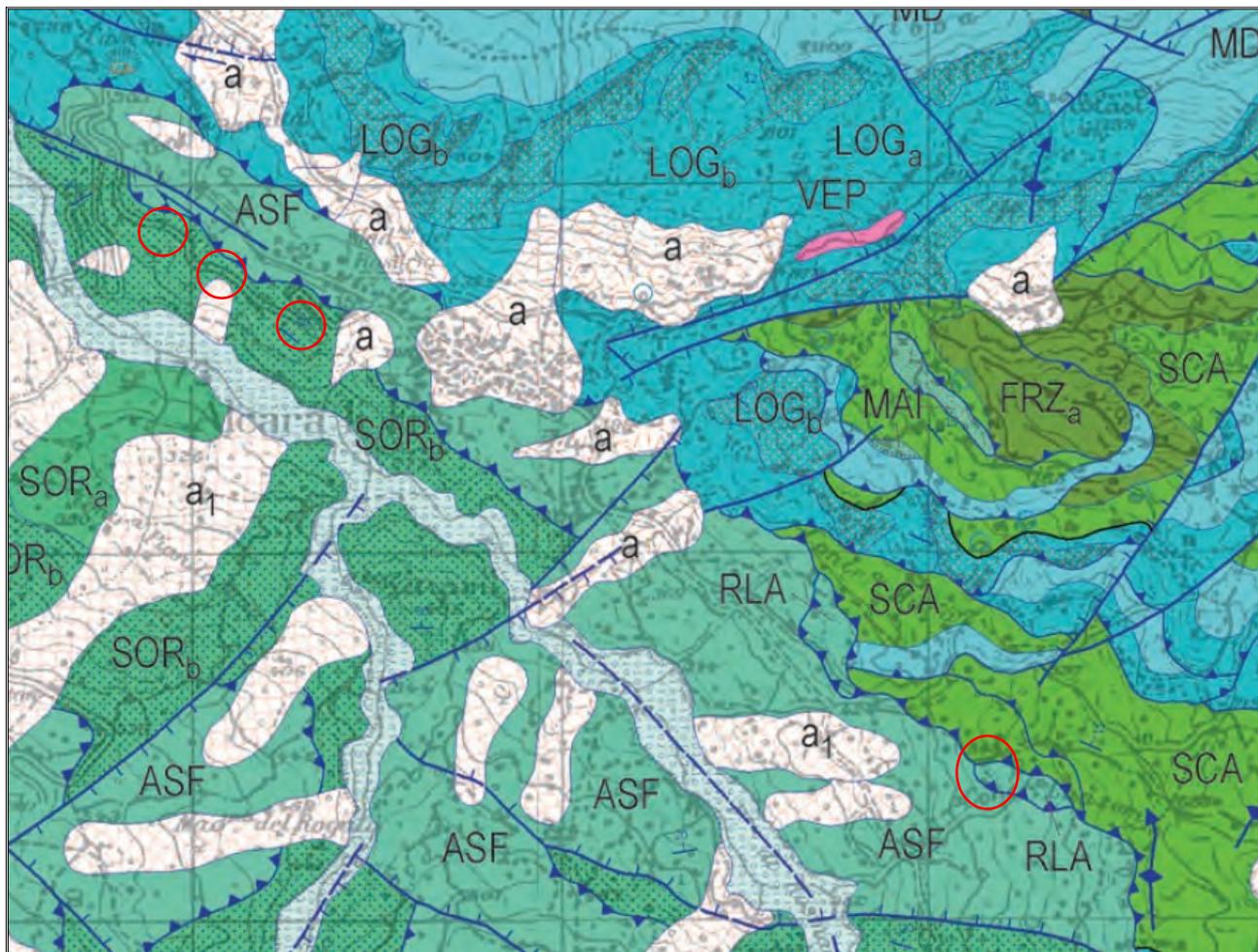
Nel dettaglio, La costituzione geologica dei terreni che conformano le porzioni di territorio oggetto degli interventi strutturali interessate da fenomeni di dissesto è caratterizzata, per l'intervento di c.da Lanzeri, dalla presenza dell'Unità Tettonica di Poggio Pracino, costituita dalle Argille Scagliose Superiori, dalla formazione di c.da Lanzeri e dalla Scaglia. Gli altri interventi sono caratterizzati dalla presenza del Flysch di Monte Soro e dalle Argille Scagliose Superiori.

Dette Unità geologiche sono estesamente ammantate da **coperture detritiche** prodotte dall'alterazione, erosione e disfacimento delle litofacies che caratterizzano il versante, con spessori compresi da pochi decimetri a diversi metri. Si tratta di detriti eterometrici costituiti da una matrice di natura prevalente argilloso - marnoso - sabbiosa inglobante blocchi rocciosi anche di grosse dimensioni.

La storia tettonica delle descritte Unità, la presenza di strutture quali faglie e sovrascorrimenti, le condizioni idrogeologiche delle formazioni, la conformazione piano altimetrica del versante, le caratteristiche climatiche e meteorologiche, il disordine idraulico, concorrono a determinare, nella zona, condizioni di diffuso esteso dissesto geomorfologico.

#### 4. ASPETTI GEOLOGICI GENERALI AREA DEI SITI D' INTERVENTO

Con riferimento alla descrizione e classificazione geologica generale dei terreni interessati dai lavori di cui alla presente nota, si è fatto riferimento alla **Carta Geologica d'Italia Foglio 599 Patti, 1: 50.000**, edita dalla ISPRA, 2009, progetto Carg Sicilia, di cui uno stralcio non in scala è di seguito riportato.



Le principali litologie che caratterizzano l'area dei siti d'intervento sono costituite da :

- Coperture detritiche e riporti (non cartografabili);
- Scaglia **SCA** (Sottounità di Longi);
- Formazione di Contrada Lanzeri **RLA** (Unità Tettonica di c.da Lanzeri – Unità Tettoniche Sicilidi);
- Argille Scagliose Superiori **ASF**/<sub>b</sub> (Unità Tettonica di Poggio Pracino);
- Flysch di Monte Soro **SOR**<sub>a</sub> /<sub>b</sub> (Unità Tettonica di Monte Soro).

Sono qui di seguito brevemente descritte le caratteristiche geolitologiche principali:

#### **4.1 Coperture detritiche e riporti**

Coperture detritiche e riporti prevalentemente localizzate in corrispondenza della carreggiata lato valle della strada o lungo i versanti, caratterizzano ampie porzioni del territorio ispezionato. Lo spessore è variabile e compreso nell'ordine da alcuni decimetri fino a diversi metri nelle porzioni maggiori in corrispondenza della mezzeria di valle dei tratti di strada realizzati a mezzacosta. Sono prodotti dall'alterazione e disfacimento delle formazioni presenti nella zona e, ove riporti, da inerti o materiali di scavo rielaborati riferibili alle fasi di costruzione della strada. Risultano prevalentemente costituiti da un deposito incoerente, raramente cementato, formato da materiale eterometrico e spigoloso, localmente sono presenti grossi blocchi, immersi in una matrice sabbioso – ghiaiosa a volte prevalente.

L'età della formazione è attuale.

#### **4.2 Formazione di C.da Lanzeri (RLA)**

Questa formazione è prevalentemente costituita da siltiti ed arenarie torbiditiche di colore bruno – rossastro, passanti a conglomerati e ad elementi filladici e gneissici provenienti dai basamenti delle unità peloritane e dalle relative coperture giurassiche; queste ultime sono rappresentate da elementi calcarei a Saccocoma di età Kimmerdigiana. La parte superiore della successione è costituita da alcuni metri di radiolariti silicizzate e torbiditi rossastre, con intercalazioni di brecce e livelli clastico detritici. Le radiolariti sono ricoperte da un'alternanza di marne e microbrecce calcaree contenenti un'associazione di fossili indicante un'età Berriasiano medio.

Lo spessore massimo, dai dati di letteratura, si ritiene sia compreso nell'ordine di circa 50 m. E non è facile calcolarlo a causa della spessa copertura detritica.

#### **4.3 Argille Scagliose Superiori (ASF)**

Afferiscono all'Unità Tettonica di Poggio Pracino, interposta tra le Unità di C.da Lanzeri ed il Flysch di Monte Soro. Rimane tuttavia da chiarire se il contatto tra l'Unità di Poggio Pracino e l'Unità di Monte Soro è interpretabile come un ricoprimento di carattere regionale, o più semplicemente corrisponda ad una superficie di scollamento che si è sviluppata all'interno di un'unica successione originaria.

si tratta di una sequenza torbiditica a prevalente matrice argillosa di colore grigio piombo, con livelli di calciliti marnose di colore avana, frattura prismatica. La sequenza affiora spesso in assetto caotico, con i litotipi più tenaci immersi in quelli argillosi costituiti da quarzareniti talora argillose, analoghe a quelle attribuite al flysch di Montesoro, da cui si distinguono unicamente sulla base della loro posizione geometrica. La sequenza in esame infatti, è interpretabile come l'originario substrato sedimentario del Flysch di Monte Soro, oggi in posizione tettonica invertita. La litofacies principale è argilloso-marnoso-calcareo (ASF) con intercalazioni argilloso-arenacee (ASFa) verso l'alto.

La litofacies ASF è caratterizzata da argille marnose e marne argillose grigio-nerastre con livelli medio-sottili di torbiditi calcareo marnose grigiastre, avana all'alterazione.

La litofacies argilloso-arenacea (ASFa) è rappresentata da torbiditi silicoclastiche prevalenti al tetto della sequenza, caratterizzata da un estremo grado di tettonizzazione che difficilmente consente di ricostruirne la stratigrafia. Le arenarie sono subarcose in strati di spessore da decimetrico a metrico, con stratificazione piano parallela; la granulometria è medio-fine e la composizione piuttosto omogenea a quarzo prevalente e scarse percentuali di litici cristallini, per lo più ruditi, e rarissimi clasti carbonatici.

Lo spessore complessivo della sequenza, difficilmente stimabile per la intensa tettonizzazione, non dovrebbe superare i 400 m.

L'età è CRETACICO.

#### **4.4 Flysch di Monte Soro (SOR)**

si tratta di una formazione torbiditica costituita da una litofacies argilloso-calcareo(SOR<sub>a</sub>) prevalente alla base e talora al tetto della successione e da una mediana quarzoarenitico-argillosa (SOR<sub>b</sub>). Nell'areale in esame affiora la parte medio-bassa della successione con uno sviluppo maggiore della litofacies quarzoarenitico-argillosa.

La litofacies basale (SOR<sub>a</sub>) è caratterizzata da argille e argille marnose grigiastre finemente laminate, e da marne grigie a frattura concoide in strati da sottili a medi. Lo spessore di questa litofacies è difficilmente calcolabile.

La litofacies arenitico-pelitica (SOR<sub>b</sub>) è caratterizzata da torbiditi argilloso-arenacee costituite da argille scagliettate grige e nere, localmente policrome da bruno a verdastro in fitta alternanza in strati sottili di quarzoareniti verdastre a grana fine, passanti verso l'alto a quarzoareniti feldspatiche grigio-giallastre, massive o in banchi. Alla base degli strati si osservano strutture sinsedimentarie da carico.

Lo spessore anche per questa formazione è difficilmente calcolabile a causa delle duplicazioni tettoniche, si ritiene possa variare da pochi metri a 350 m.

L'età è Cretacico.

#### **4.5 Scaglia (SCA)**

E' costituita da calcari e calcari marnosi e marne, rossi, verdi e giallastri, e subordinate calcareniti e calciscisti.

I calcari sono biomicriti più o meno marnose ricche di foraminiferi planctonici, talora con sottili intercalazioni silicastiche, o calcareniti fini intraclastiche. Verso l'alto le marne si arricchiscono gradualmente in livelli di spessore da 5 a 50 cm di siltiti giallastre e arenarie gradate, fino a dare luogo ad un'alternanza arenaceo-argillosa ritmica che prelude al successivo Flysch di Frazzanò. I vari litotipi presentano laminazione parallela o obliqua, che intersecandosi con un clivaggio di frattura ne determina una caratteristica suddivisione in scagliette. Tutta la formazione è spesso interessata da sistemi di coniugati di pieghe strette.

L'età della formazione è Cretacico superiore – Eocene.

Lo spessore è difficilmente valutabile a causa di numerosi scollamenti e ripetizioni tettoniche, dovrebbe essere contenuto nei 200 m.

### **5. DESCRIZIONE IDRO - GEOMORFOLOGICA DEL TERRITORIO D'INTERVENTO**

Il tracciato stradale nei siti d'intervento si snoda con andamento a mezzacosta lungo versanti che presenta un'acclività da media a elevata in corrispondenza degli interventi previsti. Dette caratteristiche morfologiche rispecchiano la natura geolitologica dei terreni che conformano quelle porzioni di territorio, riferibili, in particolare, alla formazione del Flysch di Monte Soro, Alle Argille Scagliose Superiori e all'Unità di C.da Lanzeri, in ragione della prevalenza dei livelli argillosi, marnosi o delle bancate quarzoarenitiche e della loro giacitura strutturale, su cui l'azione degli agenti climatici svolge una intensa e costante azione di modellamento ed erosione. Lungo i versanti sono apprezzabili: avvallamenti, contropendenze e gradini di ribassamento, chiari indizi di fenomeni deformativi e di dissesto pregresso o in atto. Anche la vegetazione arborea presente nella zona risente e manifesta evidenti segni di dissesto. Segni evidenti di cedimenti e dissesto, inoltre, sono apprezzabili anche a carico dell'infrastruttura stradale e/o di manufatti in prossimità dei siti d'intervento.

Il reticolo idrografico, costituito dalle linee di deflusso secondarie in destra idraulica del Torrente Rosmarino in quel tratto di territorio, è scarsamente inciso e poco gerarchizzato, presentando

localmente anche andamenti del percorso che hanno risentito di fenomeni di dissesto conformandone i contorni. La scarsa gerarchizzazione ed incisione è condizione tipica dei terreni a bassa permeabilità, ciò determina, di conseguenza, in occasione di eventi pluviometrici intensi, un deflusso delle acque scarsamente controllato e divagante che è spesso causa di fenomeni di sopra-saturazione dei terreni, soprattutto nella porzione sommitale, in ragione della maggiore o minore permeabilità degli stessi, con conseguenti fenomeni di dissesto tipo scivolamenti e/o colamenti.

A questa tipologia di eventi sono, probabilmente, da ricondurre il fenomeni di dissesto che interessano i tratti di strada provinciale oggetto d'intervento progettuale ove l'assenza di adeguate opere di contenimento o sostegno della strada o la loro ormai inadeguatezza e vetustà hanno determinato il formarsi di avvallamenti, deformazioni, lesioni e ribassamenti che limitano il regolare transito auto veicolare in sicurezza. Inoltre, fenomeni di dissesto imponenti e diffusi sono osservabili lungo i versanti dei rilievi che caratterizzano questa porzione di territorio spesso innescati di imponenti fenomeni di scalzamento al piede operato dall'azione erosiva prodotta dalle acque del torrente Rosmarino.

Le modalità di circolazione idrica sotterranea sono condizionate dalla presenza di terreni a permeabilità da medio-alta (coperture detritiche) sovrapposta ad un substrato caratterizzato da permeabilità bassa (Argille Scagliose Superiori; Flysch di Monte Soro; Formazione Lanzeri). Le coperture detritiche, in particolare, ai fini della permeabilità e circolazione idrica risentono della presenza di livelli argilloso-limosi, in ragione della formazione dalla cui degradazione derivano. La frazione grossolana all'interno di dette coperture aumenta il valore delle permeabilità.

In generale, si ritiene opportuno rappresentare ai fini di un inquadramento generale delle condizioni idrogeologiche della zona del Comune di Alcara li Fusi, come il massiccio carbonatico che caratterizza i rilievi ai piedi dei quali si sviluppa l'urbanizzato, è caratterizzato da una permeabilità principale per fessurazione o per fenomeni carsici, pertanto lo sviluppo ed orientamento di detto sistema è difficilmente rilevabile. Le acque d'infiltrazione, raggiunta la base del massiccio carbonatico, tendo a defluire lungo la superficie di contatto tra calcari ed il substrato prevalentemente impermeabile o a bassa permeabilità risentendo dell'andamento topografico di detta superficie di contatto. La presenza di estese coperture di detrito di falda, presenti dalla base del massiccio calcareo per tutto il versante, obliterano il deflusso che alimenta la falda idrica presente nel detrito e le diffuse sorgenti presenti nella zona. Detta condizione è chiaramente rappresenta, nello specifico, nell'intervento previsto al Km 14 + 150, 3ed è concausa, più in generale, delle condizioni di instabilità e diffuso d'issesto che caratterizzano questo territorio.

## **6. DESCRIZIONE SINTETICA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE**

La campagna delle indagini geognostiche si è articolata in n.° 9 sondaggi geognostici meccanici verticali, a carotaggio continuo, per complessivi mt. 170,00, prove SPT n. 20 in corso d'avanzamento dei sondaggi; prelievo di n. 13 campioni di terreno in fase di avanzamento, compreso i rimaneggiati, alcuni dei quali da sottoporre ad analisi di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisiche, analisi granulometria e taglio diretto; esecuzione di n. 4 prova MASW, n. 4 tomografie sismiche e n. 2 tomografie elettriche. Nonché installazione di strumentazione geotecnica consistente in n. 2 piezometri e n. 2 inclinometri e relativi set di letture. I risultati delle indagini sono esposti nella nota illustrativa Report e Relazione Tecnica, in allegato, prodotta dalla Spett.le Ditta esecutrice a firma del Dott. Geol. Giuseppe Bellardina n. q. Di Direttore Tecnico, cui si rimanda per gli aspetti di dettaglio e gli eventuali approfondimenti metodologici. In fase di avanzamento delle indagini geognostiche, sulla base degli esiti e delle condizioni litostratigrafiche sito specifiche si è reso necessario introdurre alcune modifiche quantitative e qualitative al programma al fine di migliorare gli esiti della campagna geognostica connessi alle finalità del progetto e per tenere conto delle manifestate difficoltà esecutive in ragione della natura dei terreni interessati come già descritti, sempre nel rispetto delle previsioni economiche complessive. Condizioni queste che hanno influenzato anche la qualità dei campioni dei terreni prelevati da analizzare.

## 7. CARATTERI FISICO – MECCANICI DEI TERRENI

Qualsiasi modello che cerchi di definire un terreno naturale, all'interno di una classe omogenea deve sempre ritenersi una semplificazione molto approssimata. Le caratteristiche utilizzate per la descrizione e caratterizzazione delle unità litologiche a mesoscala impiegate per le finalità geologiche, possono essere adattate per finalità geotecniche selezionando però, opportunamente, i caratteri significativi per lo scopo. Per la caratterizzazione fisico – meccanica dei terreni che caratterizzano i siti di intervento progettuale si è ritenuto adottare, in fase di avanzamento dei sondaggi, l'esecuzione di prove Standard Penetration Test (S.P.T.), nonché il prelievo di campioni indisturbati o rimaneggiati, da sottoporre a prove di laboratorio, come meglio riassunte e descritte nelle tabelle allegate nel testo. La natura geologica variabile delle litologie, a prevalente composizione argillosa, in esame è sostanzialmente confermata anche dai risultati delle prove fisico – meccaniche condotte per la caratterizzazione dei principali parametri geotecnici, ove nell'ambito della stessa litostratigrafia è possibile riscontrare una anisotropia nei parametri fisico-meccanici ed elastici dai quali dipende il comportamento del terreno. Per le finalità del presente lavoro si è ritenuto opportuno, ai fini della sicurezza, adottare, tra i valori ottenuti, quelli ritenuti più cautelativi e rappresentativi delle litologie riscontrate. Utile, inoltre, è stato il confronto dei dati ottenuti con precedenti esperienze e campagne di indagini geognostiche condotte su litologie simili nell'areale degli interventi in progetto.

**Tabella interpretazione prove SPT**

N° Sonda ggio	N° S.P.T.	Profondità inizio prova dal p.c. (m)	Profondità fine prova dal p.c. (m)	N° Colpi	Correzione per uso punta conica ( $N^1=N^*0,7$ )	peso di volume (t/mc)	Pressione litostatica (Kg/cm <sup>2</sup> )	C <sub>n</sub>	N <sup>2</sup> (C <sub>n</sub> *N <sup>1</sup> )	Correzione per falda (per N>15)	$\varphi^1=0,3^*N$ <sup>^2+27</sup>
1	1	3,00	3,45	10	7	2	0,7	1,18	8,28	No	29,49
1	2	6,00	6,45	55	38,5	2	1,3	0,87	33,62	No	37,09
1	3	9,00	9,495	61	42,7	2	1,9	0,69	29,46	No	35,84
1	4	12,00	12,45	R	Rifiuto	2	2,5	0,57		No	
1	5	15,00	15,45	61	42,7	2	3,1	0,49	20,88	No	33,26
1	6	18,00	18,455	34	23,8	2	3,7	0,43	10,15	No	30,04
2	1	3,00	3,45	21	14,7	2	0,7	1,18	17,40	No	32,22
2	2	6,00	6,45	52	36,4	2	1,3	0,87	31,79	No	36,54
2	3	9,00	9,45	25	17,5	2	1,9	0,69	12,11	No	30,63
2	4	12,00	12,45	31	21,7	2	2,5	0,57	12,44	No	30,73
2	5	15,00	15,45	R		2	3,1	0,49	0,00		
2	6	18,00	18,45	R		2	3,7	0,43	0,00		
3	1	6,00	6,45	27	18,9	2	1,3	0,87	16,51	No	31,95
3	2	9,00	9,45	R		2	1,9	0,69	0,00		
3	3	12,00	12,45	R		2	2,5	0,57	0,00		
3	4	15,00	15,45	R		2	3,1	0,49	0,00		
4	1	3,00	3,45	51	35,7	2	0,7	1,18	42,25	No	39,67
4	2	9,00	9,45	R		2	1,9	0,69	0,00		
4	3	12,00	12,45	R		2	2,5	0,57	0,00		
5	1	3,00	3,45	R		2	0,7	1,18	0,00		

## TABELLE RIEPILOGATIVE PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI PRELEVATI E ANALIZZATI

Località Prelievo Campione : Itinerario Stradale S.P. 161 Alcara Li Fusi

Sond.	Camp.	prof. (m)	W (%)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$	eo	n	Sr (%)	granulometria				limiti			Taglio		Descrizione visiva	
									Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL	LP	Ic	CLASS. UNI 10006	c' KN/m <sup>2</sup>		$\varphi'$ (°)
S1	C 1	5,00 - 5,50	11,84	1,99	2,72	0,53	0,34	61,21	40,52	28,00	18,93	12,54	22	13	1,08	A2-4	25	29	Limo argilloso sabbioso di colore beige, a tratti grigio, con inclusi litici di varia dimensione a media consistenza
S1	C 2	16,50 - 16,90	10,61	2,06	2,75	0,48	0,32	60,79	22,48	18,03	41,50	18,00	19	13	1,41	A4	38	22	Limo argilloso a tratti sabbioso, con inclusi litici di colore grigio scuro a buona consistenza
S2	C 1	4,50 - 5,00	12,73	2,07	2,67	0,45	0,31	74,79	37,40	28,20	20,75	13,65	24	16	1,38	A2-4	21	26	Limo sabbioso a tratti di colore marrone chiaro, con inclusi ghiaiosi a struttura caotica, media consistenza
S2	C 2	12,00 - 12,50	8,81	2,08	2,73	0,43	0,30	55,90	32,79	17,02	30,80	19,39	18	12	1,60	A4	21	24	Argilla limosa a tratti sabbiosa di colore marrone, con inclusi litici a buona consistenza
S3	C 1	7,00 - 7,35	16,35	1,89	2,69	0,65	0,40	67,20	--	--	--	--	--	--	--	--	30	22	Limo argilloso sabbioso di colore beige carbonatico a media consistenza
S5	C 2	10,00 - 10,30	24,10	1,86	2,69	0,79	0,44	81,96	4,78	8,05	51,37	35,80	--	--	--	--	27	19	Limo argilloso umido di colore grigio a consistenza medio-bassa
S6	C 1	7,50 - 8,00	23,08	1,91	2,70	0,74	0,42	84,49	--	--	--	--	--	--	--	--	31	27	Limo sabbioso a struttura caotica con livelli centimetrici siltici tenaci di colore grigio

Con riferimento ai quattro siti d'intervento strutturale si è ritenuto opportuno trattarli separatamente, nel capitolo che segue, in modo da fornire indicazioni omogenee per le finalità di progetto.

### **8. DESCRIZIONE INTERVENTI DI PROGETTO**

Come già anticipato nei capitoli precedenti il progetto prevede l'esecuzione di quattro distinti interventi di consolidamento di tratti della SP 161 di Alcara li Fusi rispettivamente localizzati alle seguenti chilometriche: Km 1 + 900 sp 161 Alcara – Longi; Km. 14 + 150 – Km. 14 + 250 – Km 14 + 700 sp 161 Alcara, tutti ricadenti nel territorio del comune di Alcara li Fusi (ME).

Allo scopo di fornire una omogenea e sintetica rappresentazione dei singoli interventi si è ritenuto opportuno descriverli in specifici paragrafi inserendo gli elementi e dati utili per le finalità progettuali.

#### **8.1 INTERVENTO Km 1 + 900**

Questo primo intervento va ad interessare un tratto di strada provinciale ove il piano viabile presenta vistosi ribassamenti, deformazioni, fessure di trazione e lesioni. Si tratta di un dissesto attivo dove si è verificato il parziale cedimento di un tratto della carreggiata stradale per una lunghezza di circa 50 mt. (fotografia 1), soprastante un fabbricato di civile abitazione (fotografia 2), e da un fenomeno di erosione accelerata lineare lungo un tratto dell'impluvio posto poco più a monte, con conseguente azione di scalzamento dei fianchi e scoscendimento delle scarpate e delle coperture detritiche (fotografia 3) che ha interessato marginalmente il piano viabile della SP 161 e danneggiato le opere di raccolta e smaltimento acque in un'area già interessata da dissesto (vedi Figura 4 e 5 stralcio PAI CTR 599130- agg. 2016).



Figura 1: Intervento Km 1 + 900 località Lanzeri - foto anno 2019 -



Figura 2: Intervento Km 1 + 900 località Lanzeri - anno 2019 - fabbricato sottostante la strada

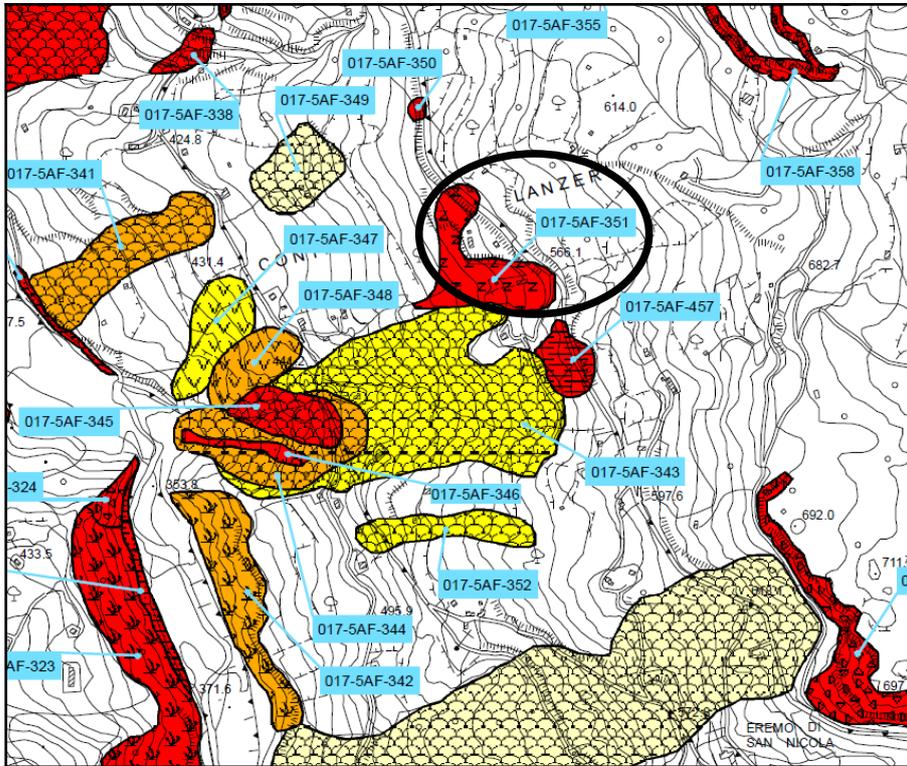


Figura 4: Stralcio Cartografia PAI CTR 599130 - Carta dei Dissesti

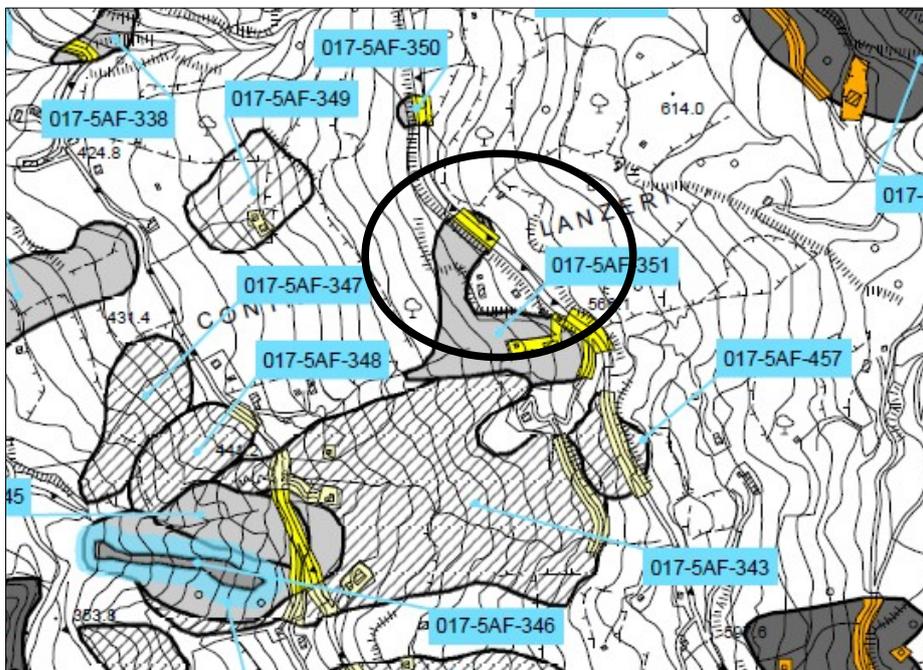


Figura 5: Stralcio Cartografia PAI CTR 599139 - Carta Pericolosità e Rischio geomorfologico



Il fenomeno di dissesto si era già manifestato in quell'areale ed aveva interessato parzialmente il piano viabile (codice dissesto 017-5AF - 351 ed era stato classificato come deformazione superficiale lenta attiva, portando ad un pericolosità P2 e rischio R2 per limitate porzioni della strada provinciale.

In detto sito, al fine di poter ricostruire la litostratigrafia di dettaglio, sono stati eseguiti n. 2 sondaggi meccanici verticali a rotazione e carotaggio continuo spinti fino ad una profondità di 20 m ciascuno, per complessivi 40 m di perforazione. In considerazione della natura e del tipo di fenomeno si ritiene che il dissesto sia oggi classificabile come complesso in ragione del fatto che risente sia del cinematisimo di frana per scivolamento rotazionale, sia della deformazione superficiale lenta.

○ Ubicazione sondaggi a rotazione



Figura 6: estratta dal report sulle indagini

Al fine di una migliore comprensione delle caratteristiche geometriche e cinematiche del fenomeno di dissesto si è ritenuto necessario eseguire n. 1 MASW e n. 1 tomografia sismica.

Per la caratterizzazione fisico meccanica dei terreni, in avanzamento dei sondaggi, sono state condotte complessivamente n. 12 prove SPT (n. 6 per ogni sondaggio) eseguite con punta chiusa o aperta in ragione della consistenza dei terreni e distribuite ad intervalli regolari. Inoltre è stato possibile prelevare n. 4 campioni di terreno da sottoporre ad analisi di laboratorio.

La prova MASW n 1 di cui al report sulle indagini geognostiche, condotta nel sito d'intervento, ha evidenziato valori di  $V_{Sequivalente} = 476,13$  m/s.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto facendo riferimento ad un approccio semplificato, il valore di  $V_{seq}$  calcolato, se raffrontato alla Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato del DM 17/01/2018, poiché ricade nell'intervallo di velocità  $360 < V_s < 800$  m/s, consente di attribuire la **categoria di sottosuolo di riferimento "B" al substrato investigato.**

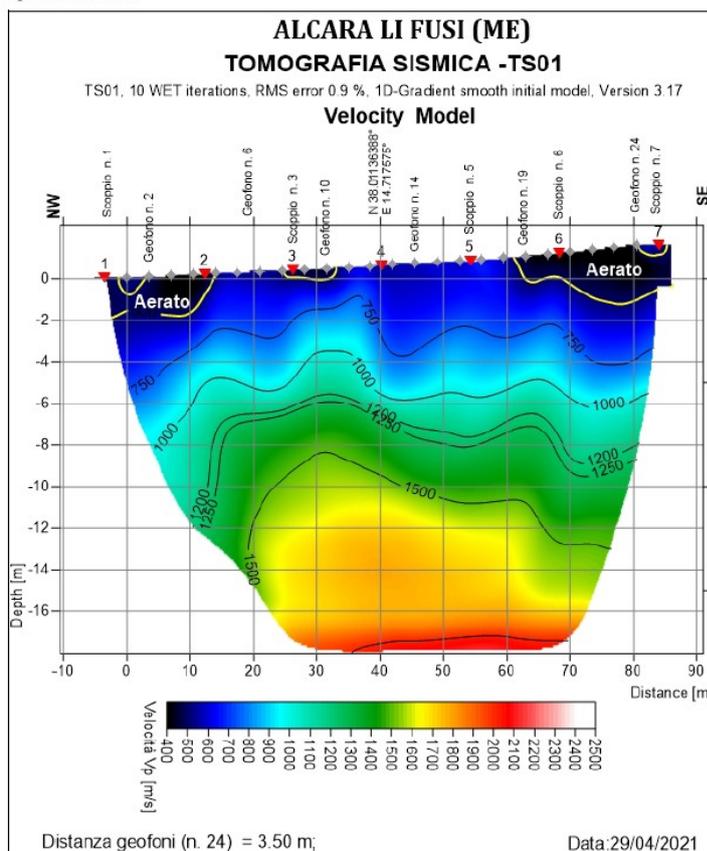


FIG. 32 – INTERPRETAZIONE TOMOGRAFICA DELLO STENDIMENTO TS01.

Dalla comparazione della tomografia sismica con i risultati dei sondaggi geognostici condotti nella zona, pur con i limiti connessi alla realizzazione ed interpretazione della prova, si ritiene di poter associare i valori di  $V_p \geq 1.500$  m/s a litologie imposte.

La tomografia sismica condotta nel tratto in esame, in accordo con i caratteri di superficie, ha consentito di evidenziare un substrato più competente e regolare al di sotto dei 12 m di profondità con velocità  $V_p$  maggiori di 1.500 m/s. La porzione soprastante evidenzia bulbi a bassa velocità corrispondente alle zone di maggiore disturbo morfologico.

### 8.1.1 Litostratigrafia di dettaglio

Dalla consultazione delle litostratigrafie prodotte nel Report sulle indagini geognostiche con riferimento ai Sondaggi S. 1 ed S. 2 è possibile distinguere i seguenti livelli litologici:

#### **Riporto/Detrito spessore compreso tra 06,00 (S.2) e 7,50 (S.1) circa**

risulta costituito da materiali di natura limosa argillosa sabbiosa con inclusi elementi litici di varia natura arenacea, calcarea e quarzarenitica.

#### **argilliti alterate e livello litoide**

In S. 1 da -07,70 a -14,30 circa è stato riconosciuto un orizzonte di livelli litologici compatti e consistenti con evidenti segni di alterazione di probabile natura quarzarenitica. Tuttavia questo livello non ha continuità laterale, infatti in S. 2 non è stato riscontrato passando ad un livello di argilliti con elementi litoidi molto alterate.

#### **Argilliti con elementi litoidi**

Riscontrate sia in S.1 che in S.2 queste argilliti localmente contengono elementi litoidi.

Dal punto di vista geologico si ritiene necessario precisare che il sito d'intervento progettuale ricade in un'area di notevole complessità per la presenza di sovrascorrimenti tettonici tra Scaglia, Formazione Lanzeri e Argille Scagliose Superiori, con conseguenti difficoltà interpretative per gli effetti deformativi ed i disturbi strutturali in una zona di transizione. Tuttavia, si ritiene di poter attribuire le litologie imposte alle Argille Scagliose Superiori.

### **8.1.2 Caratterizzazione fisico meccanica del sito**

sulla base di quanto osservato, dagli esiti della campagna delle indagini geognostiche e delle prove in sito e di laboratorio, nonché da precedenti esperienze in terreni simili si ritiene che la litostratigrafia di dettaglio e la caratterizzazione fisico meccanica della stessa possa così riassumersi:

#### **Riporto e detrito da 0,00 a – 06,00/07,70 m circa dal p.c.**

- peso di volume naturale	$\gamma = 19 \text{ KN/mc}$
- peso di volume saturo	$\gamma = 21 \text{ KN/mc}$
- coesione	$C' \leq 10,00 \text{ KN/mq}$
- angolo attrito interno	$\varphi' = 26^\circ$

#### **Argille prevalenti da – 06,00/07,70 a fondo fori di sondaggio**

(esiti prove di laboratorio su S1 C2 e S.2 C2 )

- peso di volume naturale	$\gamma = 19 \text{ KN/mc}$
- peso di volume saturo	$\gamma = 21 \text{ KN/mc}$
- coesione	$C' \leq 20 \text{ KN/mq}$
- angolo attrito interno	$\varphi' = 22^\circ - 24^\circ$

Le prove di laboratorio eseguite sui campioni S.1 C2 (limo ghiaioso, argilloso sabbioso) e S.2 C2 (ghiaia con limo, argillosa e sabbiosa) hanno evidenziato valori dell'angolo di attrito leggermente diversi, ciò probabilmente è da mettere in relazione con la presenza della frazione granulometrica ghiaiosa.

L'interpretazione delle prove SPT condotte nei sondaggi S.1 e S.2 hanno dato valori dell'angolo di attrito interno compresi tra i 29° e i 36°. Si ritiene che questi valori possano essere soprastimati in ragione della frazione grossolana presente nel litotipo ed alle forti pressioni litostatiche cui questa unità geologica è stata sottoposta nel corso della sua storia evolutiva. Tuttavia gli elevati valori espressi dalle prove SPT sono indicativi di un litotipo consistente.

Il tracciato stradale in questo tratto si sviluppa a mezzacosta su un versante a morfologia fortemente ondulata con evidenti segni di dissesto (contropendenze, avvallamenti, fessure trattive, cigli di distacco). L'acclività è nel complesso medio alta.

Il reticolo idrografico è costituito dalla linea di impluvio che defluisce al margine meridionale ove si sono verificati i vistosi fenomeni di erosione concentrata a solchi danneggiando le opere di raccolta e smaltimento esistenti.

### **Categoria Topografica**

Le **condizioni topografiche** dell'area in esame delineano pendii lungo cui saranno impostate le opere di progetto con pendenza media maggiore a 15°. Pertanto, sulla base della tabella 3.2.IV si consiglia di derivare dalla **Categoria Topografica T2**,

$$S_T = 1,2$$

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 del Comune di **Alcara li Fusi**, 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 inserito **nella ZONA 2, con valori  $a_g$  di 0,25 g.**

### **Osservazioni e raccomandazioni**

Le programmate opere di consolidamento mitigheranno le condizioni di dissesto in quel tratto, ma ciò non esclude la possibilità che altre porzioni di strada, in prossimità dell'area di intervento, possano essere interessate da un'evoluzione retrograda del corpo di frana in ragione della sua estensione, in assenza di ulteriori ampi interventi di risanamento e sistemazione idrogeologica.

Le opere di consolidamento dovranno andare ad incastrarsi nell'ambito della formazione presente al di sotto dei primi 08,00 m e per una profondità opportuna.

In fase di programmazione di eventuali opere di fondazione indiretta bisognerà tenere conto della possibilità di intercettare orizzonti litoidi più consistenti e tenaci, come evidenziato in S. 1 e che caratterizzano una porzione del sito di indagine.

L'intervento progettuale, inoltre dovrà essere orientato a regimare il deflusso delle acque meteoriche superficiali ed incanalate, ripristinando e migliorando, estendendole anche verso valle, le opere danneggiate, nonché a drenare le acque d'infiltrazione che alimentano la falda adottando anche sistemi drenanti sub-superficiali ed estendendoli lato monte curando di addurre in modo controllato le acque così emunte al recettore finale.

La superficie di scivolamento del dissesto, sulla base degli elementi di superficie e degli esiti delle indagini in sito, nella zona della nicchia di distacco impostata sul piano viabile, ove l'orientamento progettuale prevede l'inserimento delle opere di consolidamento, si ritiene possa essere collocata ad una profondità di -07,00 m in S.2.

### **8.2 INTERVENTO Km 14 + 700**

Questo secondo intervento va ad interessare uno stretto tornante di un tratto di strada provinciale ove il piano viabile presenta un esteso avvallamento. Lesioni sono anche osservabili a carico di alcuni manufatti. Si tratta, anche in questo caso, di un fenomeno attivo da diverso tempo, come testimoniato dai contrafforti in cemento armato realizzati a contenimento del preesistente muro in pietrame a carico del quale sono visibili evidenti dissesti che si esprimono con sistemi di fessure beanti, ampie anche diversi centimetri. La struttura in cemento armato di consolidamento, realizzata qualche decennio fa, sostiene anche una soletta che ha consentito un ampliamento del tornante.



Figura 7: Intervento Km 14 + 700 - tornante sp 161 - Quartiere San Giovanni - Alcara



Figura 8: Particolare dei dissesti a carico del preesistente muro in pietrame e della struttura di contenimento

Figura 9: Intervento Km 14 + 700 -Particolare delle fessure beanti: si apprezza anche l'incipiente crollo di conci di pietra in posizione distale.

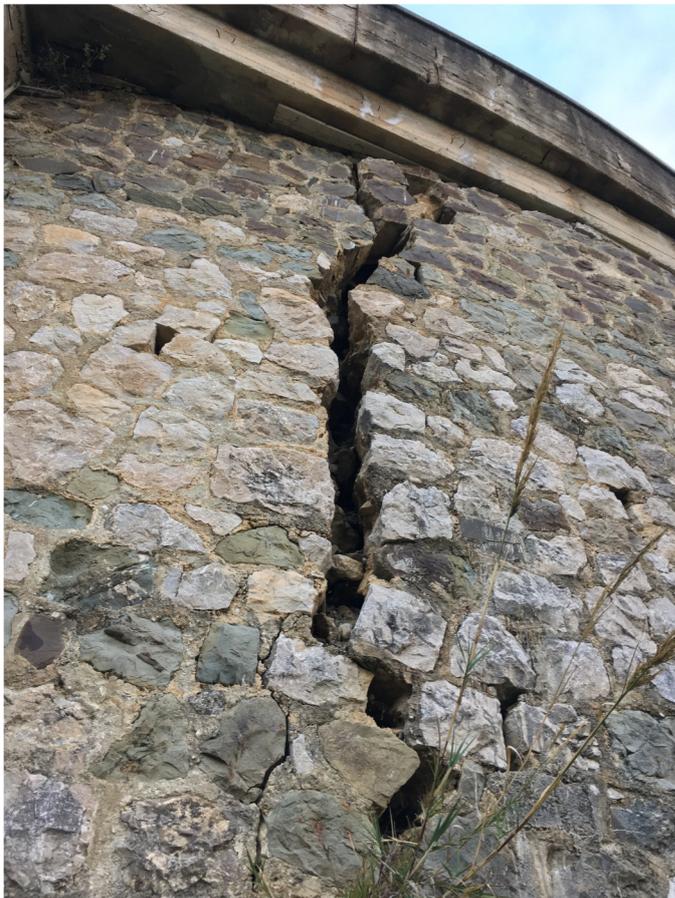




Figura 10: Intervento Km 14 + 700 - ulteriori dissesti a carico anche delle strutture in cemento.



Figura 11: Intervento Km 14 + 700 - si apprezza avvallamento piano viabile



La Consultazione della cartografia PAI CTR 599130 Carta dei Dissesti, identifica un fenomeno di dissesto codice 017 – 5AF – 418 come scorrimento attivo.

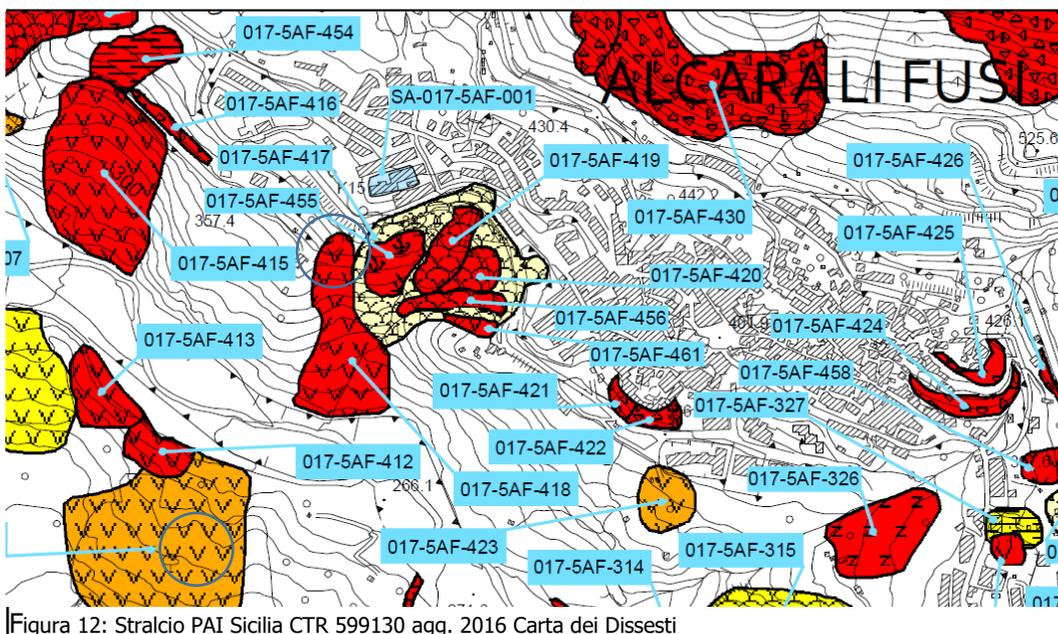


Figura 12: Stralcio PAI Sicilia CTR 599130 agg. 2016 Carta dei Dissesti

La consultazione della Carta della Pericolosità e Rischio geomorfologico identifica l'area a pericolosità P3 e rischio R4 per il tratto del tornante interessato, nonché il *buffer* di potenziale evoluzione del fenomeno. Fenomeno che è comunque da correlare con i dissesti adiacenti.

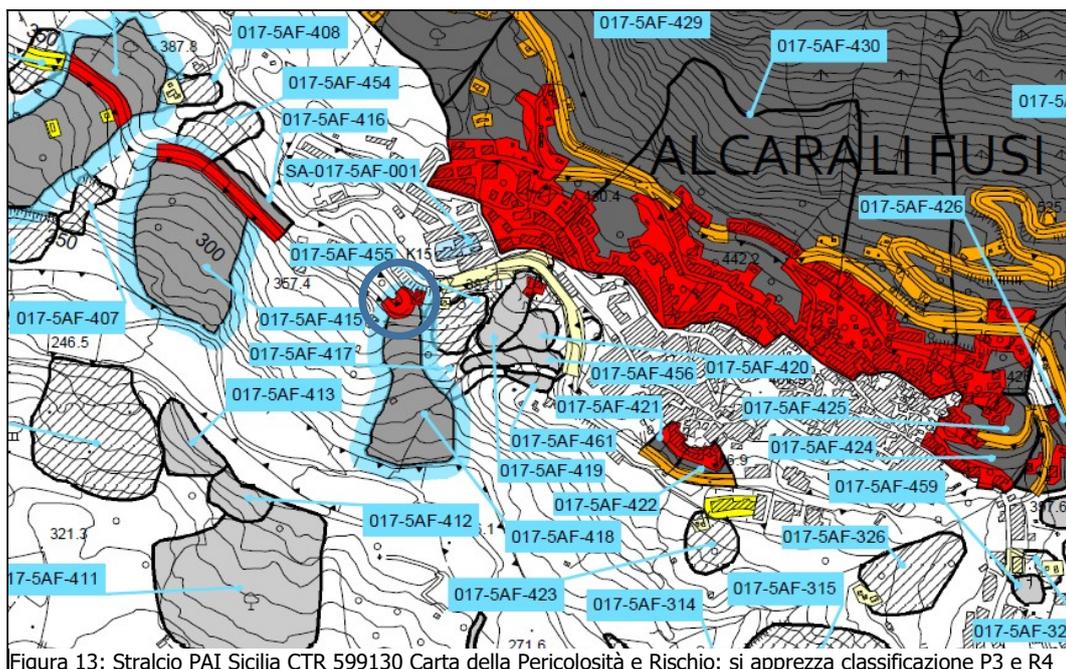


Figura 13: Stralcio PAI Sicilia CTR 599130 Carta della Pericolosità e Rischio: si apprezza classificazione P3 e R4

In questo sito, al fine di poter ricostruire la litostratigrafia di dettaglio, sono stati eseguiti n. 3 sondaggi meccanici verticali a rotazione e carotaggio continuo spinti fino ad una profondità max di 25 m in S. 3 per complessivi 55 m. di perforazione. Il sondaggio S.3 è stato attrezzato con inclinometro per l'intera lunghezza. Il sondaggio S.4 con piezometro per l'intera lunghezza.

Per la caratterizzazione fisico meccanica dei terreni, in avanzamento dei sondaggi, sono state condotte complessivamente n. 8 prove SPT (n. 4 in S.3, n. 3 in S.4 e n 1 S.5) eseguite con punta chiusa in ragione della consistenza dei terreni e distribuite ad intervalli regolari. La maggior parte

di dette prove SPT ha dato valori a rifiuto. Inoltre è stato possibile prelevare n. 2 campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio, rispettivamente in S. 3 C.1 e S.5 C.2.

Sono state, inoltre, eseguite indagini indirette quali: n. 1 M.A.S.W., n. 1 Tomografia sismica.

La prova MASW n. 2 di cui al report sulle indagini geognostiche, condotta nel sito d'intervento, ha evidenziato valori di **V<sub>Sequivalente</sub> = 505,05 m/s**.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto facendo riferimento ad un approccio semplificato, il valore di V<sub>seq</sub> calcolato, se raffrontato alla Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato del DM 17/01/2018, poiché ricade nell'intervallo di velocità 360 <V<sub>s</sub> <800 m/s, **consente di attribuire la categoria di sottosuolo di riferimento "B" al substrato investigato.**

## TOMO 2

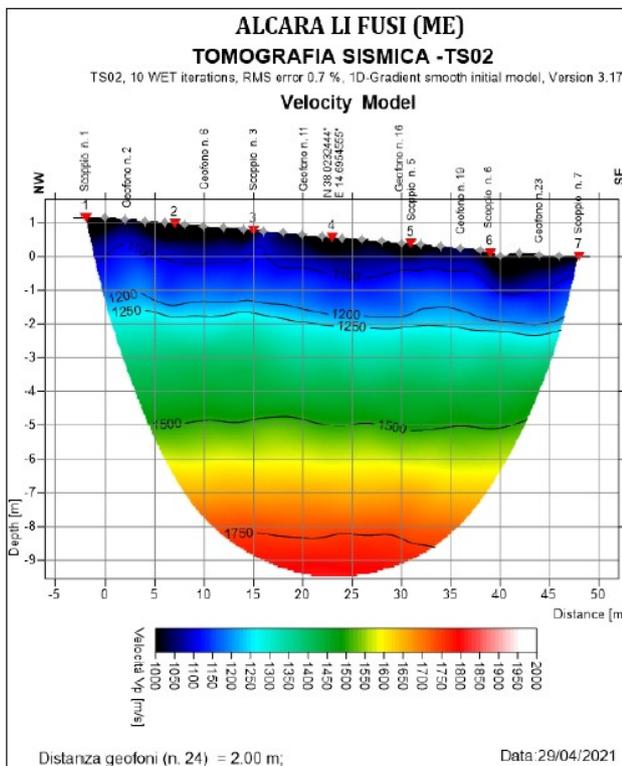


FIG. 55 - INTERPRETAZIONE TOMOGRAFICA DELLO STINDIMENTO TS02.

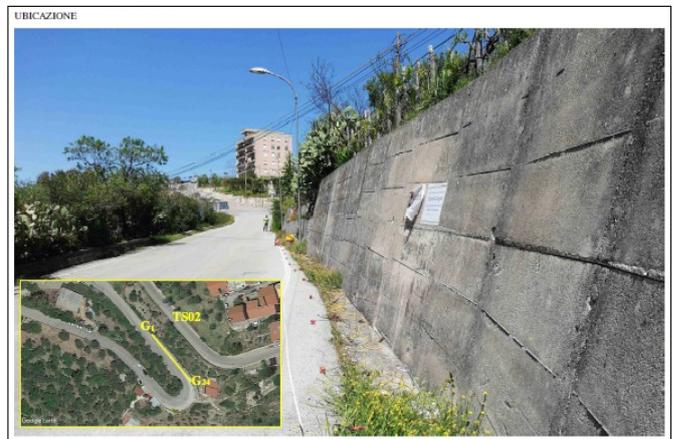


FIG. 53 - UBICAZIONE TRAVESSA SISMICA TS02

Dalla comparazione della tomografia sismica con i risultati dei sondaggi geognostici condotti nella zona ed in particolare con il sondaggio S.4, pur con i limiti connessi alla realizzazione ed interpretazione della prova, si ritiene di poter associare i valori di  $V_p \geq 1.200$  m/s a litologie imposto.

### 8.2.1 Caratterizzazione fisico meccanica del sito

sulla base di quanto osservato, dagli esiti della campagna delle indagini geognostiche e delle prove in sito e di laboratorio, nonché da precedenti esperienze in terreni simili si ritiene che la litostratigrafia di dettaglio e la caratterizzazione fisico meccanica della stessa possa così riassumersi:



## **Osservazioni e raccomandazioni**

L'intervento progettuale dovrà essere orientato a consolidare il tornante prevedendo la realizzazione di opere le cui fondazioni vadano ad incastrarsi nell'ambito della formazione imposta superando gli spessori delle coperture detritiche e della potenziale superficie di scivolamento la cui profondità non è stato possibile localizzarla in quanto l'inclinometro installato nel sondaggio S. 3 non ha registrato spostamenti utili. Tuttavia, sulla base di una plausibile evoluzione del fenomeno di dissesto si ritiene cautelativo ipotizzare che una possibile zona di deformazione possa essersi impostata nelle argilliti alterate nell'intervallo compreso tra 07,00 e 08,00 m dal p.c. in S.3. Fenomeno attualmente quiescente non avendo dato segni di movimento nell'inclinometro. Necessaria si ritiene inoltre la regimazione ed il drenaggio delle acque meteoriche superficiali, nonché drenare le acque d'infiltrazione di circolazione all'interno delle coperture detritiche superficiali, adottando eventualmente anche sistemi drenanti sub-superficiali e provvedendo a recapitare in modo controllato al recettore finale. Il rilevamento nel piezometro installato nel sondaggio S.4 ha dato un livello idrico a -04,20 m. Le programmate opere di consolidamento mitigheranno le condizioni di dissesto in quel tratto, ma ciò non esclude la possibilità che altre porzioni di strada, in prossimità dell'area di intervento, possano essere interessate da un'evoluzione retrograda dei diversi corpi di frana censiti ed evidenziati nella cartografia PAI in assenza di ulteriori estesi interventi di risanamento e sistemazione idrogeologica.

### **8.3 INTERVENTO Km 14 + 250**

Il Terzo intervento va ad interessare un tratto di strada provinciale ove il piano viabile presenta un esteso avvallamento. Si tratta, anche in questo caso, di un fenomeno attivo da diverso tempo, come testimoniato dalla pregressa documentazione consultata e confermato dalla consultazione della cartografia PAI della zona.



Figura 14: Intervento Km 14 + 250 si apprezza deformazione del piano viabile ed antico ciglio di frana (rottura di pendenza a valle della strada)



Figura 16: Intervento Km 14 + 250 Lesioni muro lato monte



Figura 15: Particolare delle lesioni per cedimento fondazionale



Figura 17: Intervento Km. 14 + 250: Affioramento flysch di Monte Soro sormontato dalle Argille Scagliose Superiori

La Consultazione della cartografia PAI CTR 599130 Carta dei Dissesti, identifica nella zona d'intervento un sistema di fenomeni di dissesto rispettivamente identificati con i codici: 017 – 5AF – 415 – 417 e 454 riferibili a tipologie diverse ma insistenti nello stesso areale, quali rispettivamente scorrimento, Crollo ed erosione accelerata.

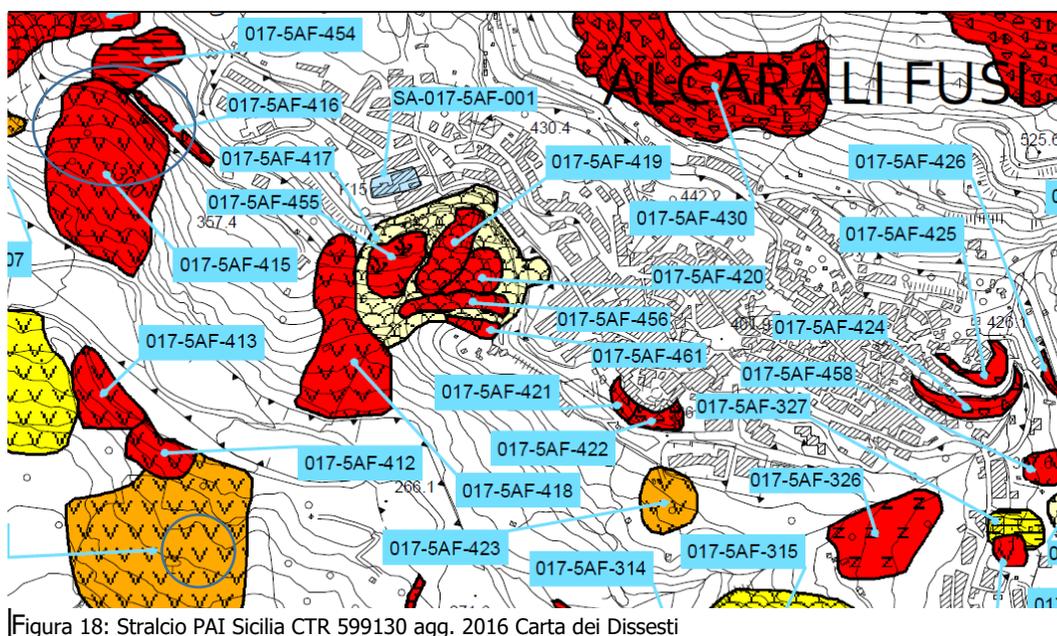


Figura 18: Stralcio PAI Sicilia CTR 599130 agg. 2016 Carta dei Dissesti

La consultazione della Carta della Pericolosità e Rischio geomorfologico identifica l'area a pericolosità P3 e rischio R4 per il tratto di strada interessato, nonché il *buffer* di potenziale evoluzione del fenomeno.

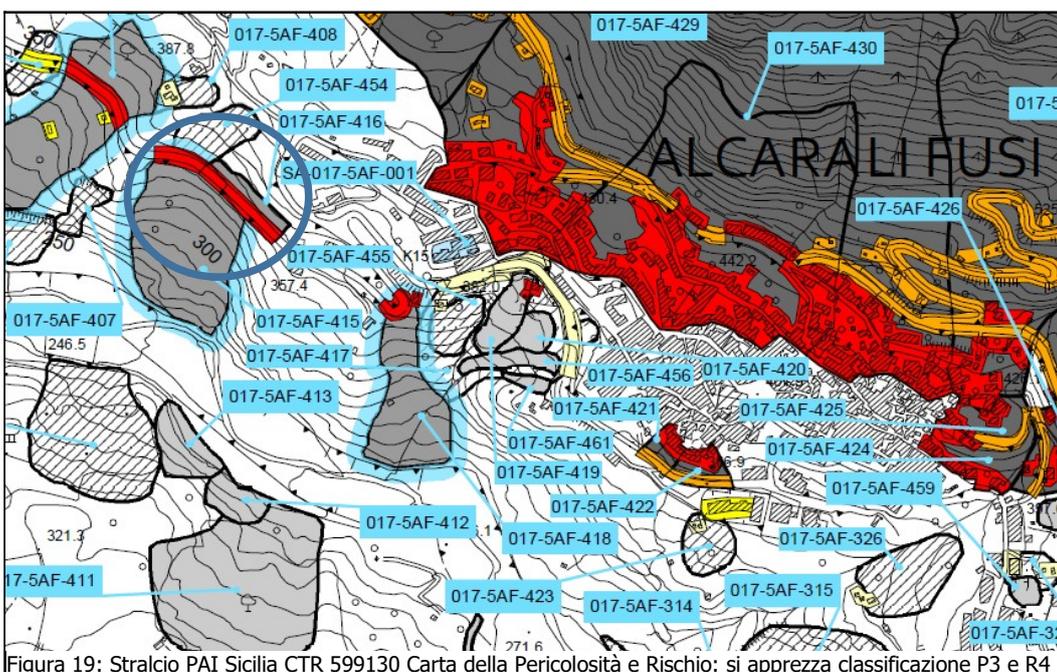


Figura 19: Stralcio PAI Sicilia CTR 599130 Carta della Pericolosità e Rischio: si apprezza classificazione P3 e R4

In questo sito, al fine di poter ricostruire la litostratigrafia di dettaglio, sono stati eseguiti n. 2 sondaggi meccanici verticali a rotazione e carotaggio continuo spinti fino ad una profondità max di 15 m per complessivi 30 m. di perforazione denominati S.6 e S.7.  
 Per la caratterizzazione fisico meccanica dei terreni, in avanzamento dei sondaggi è stato possibile prelevare n. 1 campione da sottoporre ad analisi di laboratorio in S. 6 C.1.



Figura 20: Localizzazione sondaggi geognostici: si apprezza lo scalzamento al piede del versante ad opera del Torrente Rosmarino

Sono state, inoltre, eseguite indagini indirette quali: n. 1 M.A.S.W., n. 1 Tomografia sismica e n. 1 Tomografia elettrica.

La prova MASW n. 3 di cui al report sulle indagini geognostiche, condotta nel sito d'intervento, ha evidenziato valori di  **$V_{Sequivalente} = 645,19 \text{ m/s}$** .

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto facendo riferimento ad un approccio semplificato, il valore di  $V_{seq}$  calcolato, se raffrontato alla Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato del DM 17/01/2018, poiché ricade nell'intervallo di velocità  $360 < V_s < 800 \text{ m/s}$ , **consente di attribuire la categoria di sottosuolo di riferimento "B" al substrato investigato.**

## TOMO 3

### 3.4 TRAVERSA SISMICA TS03



FIG. 36 - UBICAZIONE TRAVERSA SISMICA TS03

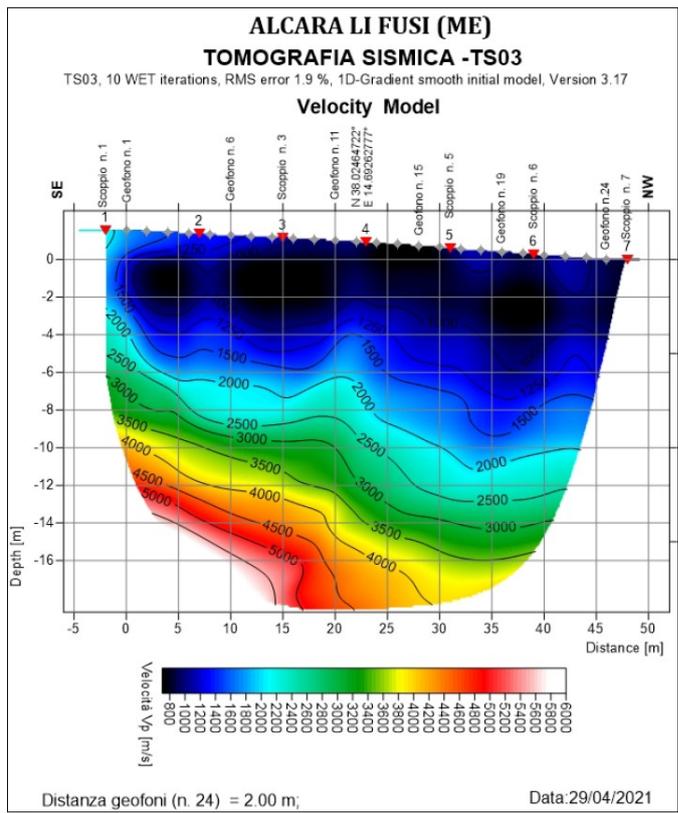


FIG. 38 - INTERPRETAZIONE TOMOGRAFICA DELLO STENDIMENTO TS03.

Dalla comparazione della tomografia sismica con i risultati dei sondaggi geognostici condotti nella zona e la tomografia elettrica, pur con i limiti connessi alla realizzazione ed interpretazione della prova, si ritiene di poter associare i valori di  $V_p \leq 800$  m/s a litologie assimilabili a detriti/riporto e/o formazione marcatamente destrutturata ed alterata.

**INDAGINI GEOFISICHE**

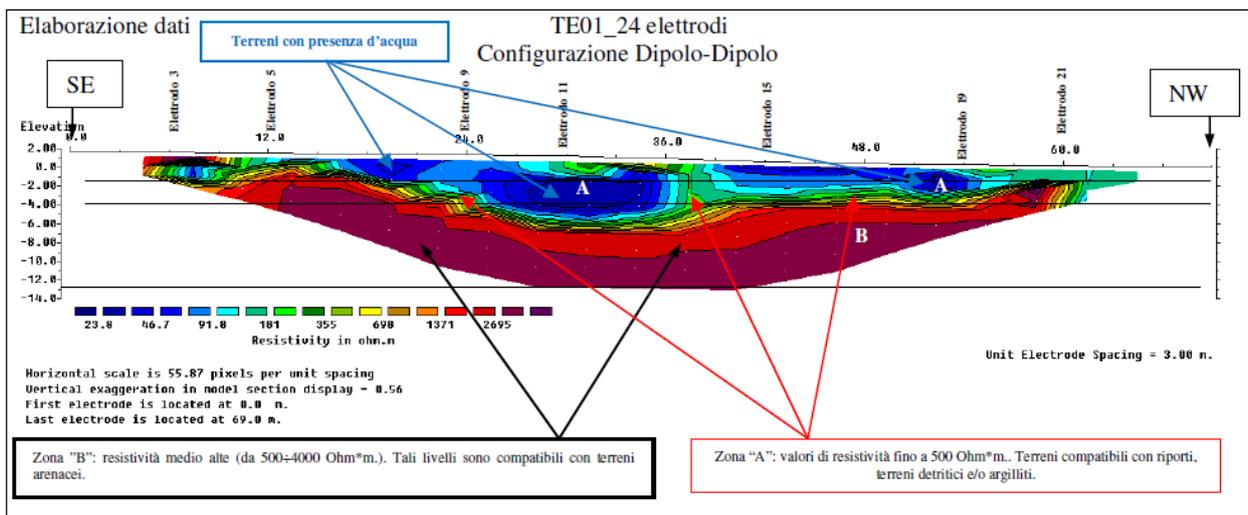


FIG. 46 - INTERPRETAZIONE DELLA TOMOGRAFIA 2D DI RESISTIVITÀ ELETTRICA (OHM-M) RELATIVA ALLO STENDIMENTO EFFETTUATO TE01.

Nella Tomografia Elettrica 01 si osservano delle zone centrali (A) con resistività inferiore a 50 Ohm\*m di colore blu scuro corrispondenti a zone con presenza d'acqua. È da notare un interessante corrispondenza tra i dati dell'elettrica e l'espressione in superficie delle lesioni a carico del muro.



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 (ag). Il territorio del Comune di **Alcara li Fusi**, 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

### **Osservazioni e raccomandazioni**

L'intervento progettuale dovrà essere orientato a consolidare il tratto di strada prevedendo la realizzazione di opere le cui fondazioni vadano ad incastrarsi nell'ambito della formazione imposto superando gli spessori delle coperture detritiche. Considerato che l'orientamento progettuale prevede la demolizione del muro di sostegno il corpo stradale e successiva ricostruzione su fondazioni indirette si raccomanda di incastrare dette opere di fondazione nella formazione imposto compatta rappresentata in questo sito dal Flysch di Monte Soro. Considerato che dalla comparazione dei due sondaggi meccanici si rileva una discontinuità laterale dei livelli più competenti, alternati agli orizzonti argillitici, si raccomanda in fase di progettazione esecutiva di tenere conto di questa eteropia di facies laterale in ragione della maggiore resistenza allo scafo dei livelli più competenti. Necessario si ritiene inoltre la regimazione ed il drenaggio delle acque meteoriche superficiali, nonché drenare le acque d'infiltrazione di circolazione all'interno delle coperture detritiche superficiali, adottando eventualmente anche sistemi drenanti sub-superficiali e provvedendo a recapitare in modo controllato al recettore finale. Ciò anche in considerazione dei risultati della tomografia Elettrica che hanno evidenziato presenza d'acqua localizzata entro i primi 3 – 4 m.

Le programmate opere di consolidamento mitigheranno le condizioni di dissesto in quel tratto, ma ciò non esclude la possibilità che altre porzioni di strada, in prossimità dell'area di intervento, possano essere interessate da un'evoluzione retrograda dei diversi corpi di frana censiti ed evidenziati nella cartografia PAI in assenza di ulteriori estesi interventi di risanamento e sistemazione idrogeologica.

### **8.3 INTERVENTO Km 14 + 150**

Il quarto intervento va ad interessare un tratto di strada provinciale ove il piano viabile presenta un vistoso avvallamento. Si tratta, anche in questo caso, di un fenomeno attivo da diverso tempo, come testimoniato dalla pregressa documentazione consultata e confermato dalla consultazione della cartografia PAI della zona.



Figura 21: Intervento Km 14 + 150 : vistoso avvallamento piano viabile zona fontana

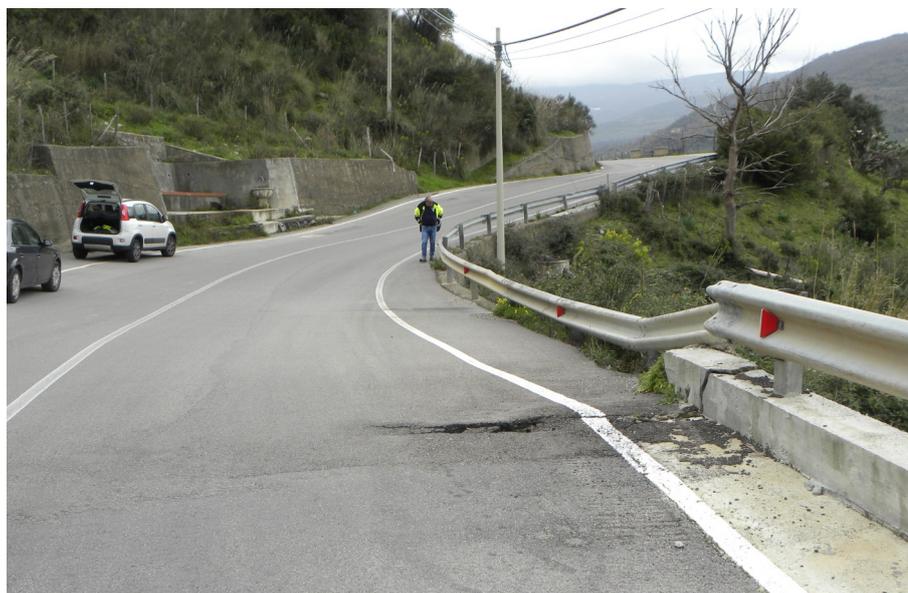


Figura 22: Intervento Km 14 + 150 lesioni a carico infrastrutture



Figura 23: Intervento Km 14 + 150 opere di scarico delle acque addotte dalla strada e dalla fontana

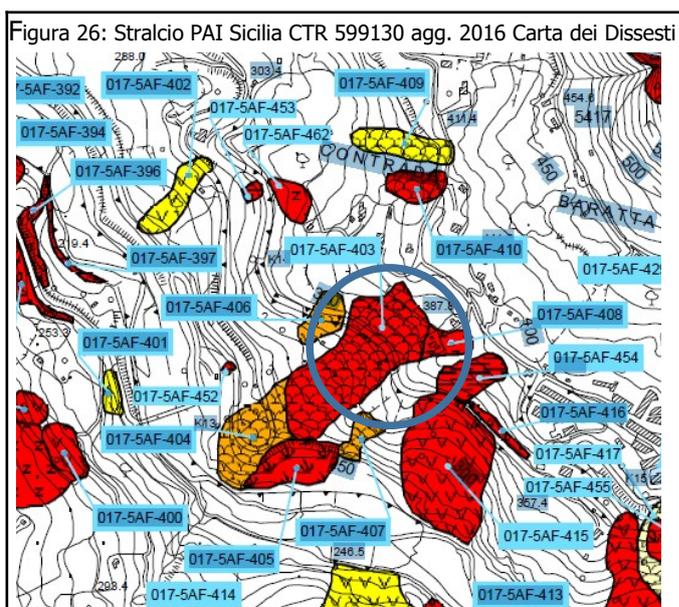


Figura 24: Intervento Km 14 + 150 si apprezza la fontana che drena acque provenienti da monte e il sistema di scarico a valle della strada ove sono convogliate acque provenienti da altre captazioni idriche oltre a quelle addotte dalla strada.

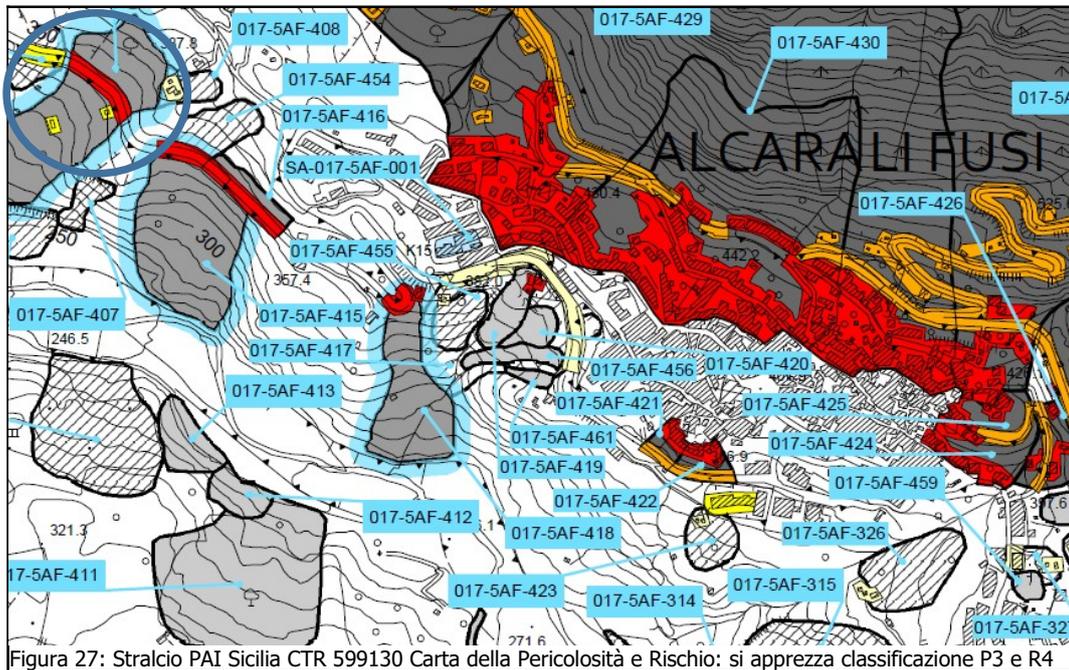


Figura 25: Intervento Km 14 + 150 opere provvisorie di convogliamento acque.

La Consultazione della cartografia PAI CTR 599130 Carta dei Dissesti, identifica nella zona d'intervento un sistema di fenomeni di dissesto rispettivamente identificati con i codici: 017 – 5AF – 403 – 408 – 404 e 405, riferibili a tipologie diverse ma insistenti nello stesso areale, il più rilevante dei quali e che intessa la strada provinciale nel sito d'intervento è di tipo complesso attivo.



La consultazione della Carta della Pericolosità e Rischio geomorfologico identifica l'area a pericolosità P3 e rischio R4 per il tratto di strada interessato, nonché il *buffer* di potenziale evoluzione del fenomeno. Fenomeno che è comunque da correlare con i dissesti adiacenti.



In questo sito, al fine di poter ricostruire la litostratigrafia di dettaglio, sono stati eseguiti n. 2 sondaggi meccanici verticali a rotazione e carotaggio continuo spinti fino ad una profondità max di 25 m per complessivi 45 m. di perforazione, identificati con S. 8 e S.9. Il sondaggio S.8 è stato attrezzato con inclinometro. Il sondaggio S.9 con piezometro.



Figure 28: Localizzazione sondaggi geognostici: si apprezza lo scalzamento al piede del versante ad opera del Torrente Rosmarino

Sono state, inoltre, eseguite indagini indirette quali: n. 1 M.A.S.W., n. 1 Tomografia sismica e n. 1 Tomografia elettrica.

La prova MASW n. 3 di cui al report sulle indagini geognostiche, condotta nel sito d'intervento, ha evidenziato valori di  **$V_{\text{sequivalente}} = 614,05 \text{ m/s}$** .

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto facendo riferimento ad un approccio semplificato, il valore di  $V_{\text{seq}}$  calcolato, se raffrontato alla Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato del DM 17/01/2018, poiché ricade nell'intervallo di velocità  $360 < V_s < 800 \text{ m/s}$ , **consente di attribuire la categoria di sottosuolo di riferimento "B" al substrato investigato.**

## TOMO 4

### 3.5 TRAVERSA SISMICA TS04

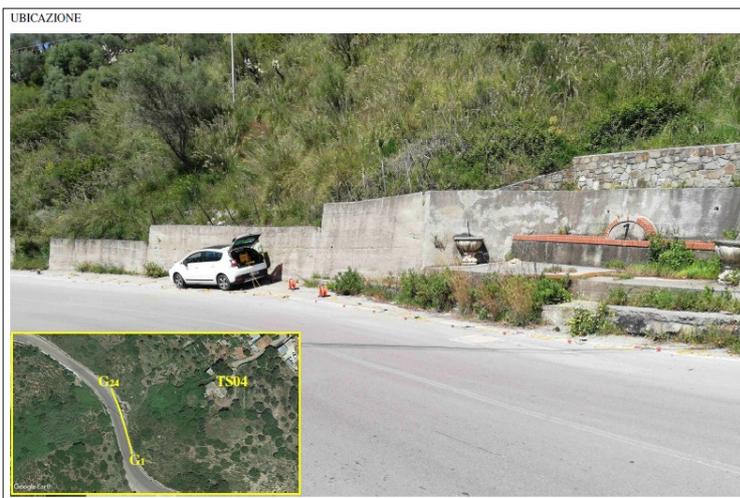
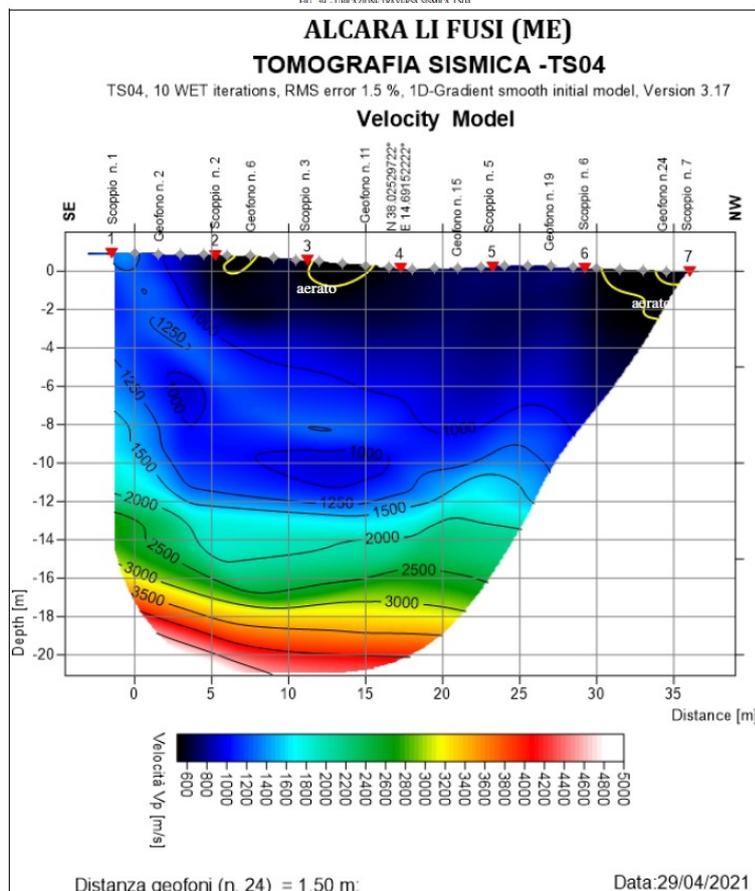


Fig. 30 - Ubicazione Traversa Sismica TS04



Dalla comparazione della tomografia sismica con i risultati dei sondaggi geognostici condotti nella zona e la tomografia elettrica, pur con i limiti connessi alla realizzazione ed interpretazione della prova, si ritiene di poter associare i valori di  $V_p \leq 800$  m/s ( aree in nero) litologie assimilabili a detriti/riporto e/o formazione marcatamente destrutturata ed alterata.

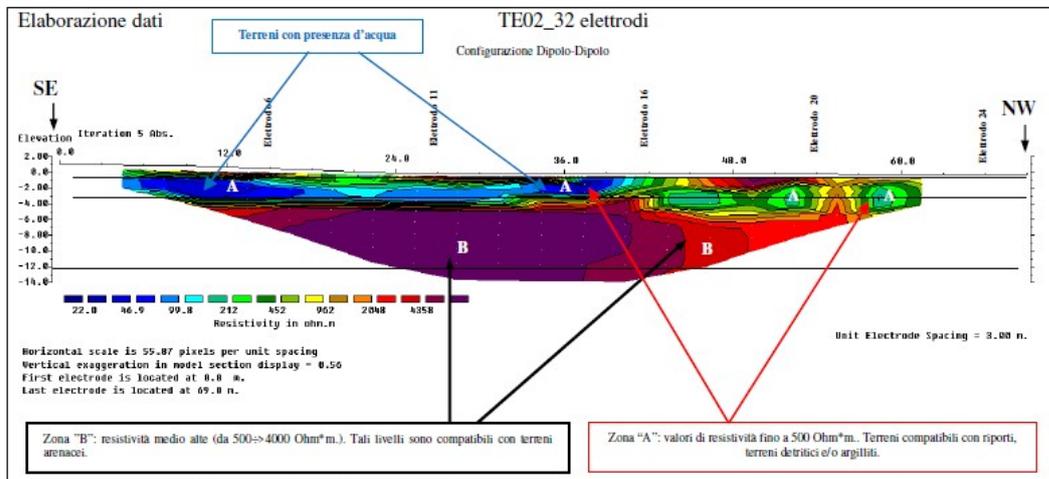


FIG. 50 – INTERPRETAZIONE DELLA TOMOGRAFIA 2D DI RESISTIVITÀ ELETTRICA (OHM-M) RELATIVA ALLO STENDIMENTO EFFETTUATO TE02.

Nella Tomografia Elettrica 02 condotta parallelamente alla tomografia sismica 04, si osservano delle zone centrali (A) con resistività inferiore a 50 Ohm\*m di colore blu scuro corrispondenti a zone con possibile presenza d'acqua.

#### 8.4.1 Caratterizzazione fisico meccanica del sito

sulla base di quanto osservato, dagli esiti della campagna delle indagini geognostiche e delle prove in sito e di laboratorio, nonché da precedenti esperienze in terreni simili si ritiene che la litostratigrafia di dettaglio e la caratterizzazione fisico meccanica della stessa possa così riassumersi:

##### **Riporto e detrito da 0,00 a – 08,00 m max dal p.c.**

- peso di volume naturale  $\gamma = 19$  KN/mc
- peso di volume saturo  $\gamma = 21$  KN/mc
- coesione  $C' \leq 10,00$  KN/mq
- angolo attrito interno  $\varphi' = 26^\circ$

##### **Alternanza di Argille e livelli competenti da -08,00 m a fondo foro di sondaggi S.8 e S.9**

(riferibili al Flysch di Monte Soro )

- peso di volume naturale  $\gamma = 19$  KN/mc
- peso di volume saturo  $\gamma = 21$  KN/mc
- coesione  $C' \leq 20$  KN/mq
- angolo attrito interno  $\varphi' = 20^\circ - 27^\circ$

I livelli litoidi riscontrati in fase di avanzamento dei sondaggi sono caratterizzati di consistenza tenace e caratteristiche geotecniche più elevate, tuttavia si ritiene che il comportamento fisico – meccanico d'insieme di questi terreni possa essere condizionato dai livelli argillosi lungo i quali si possono innescare superfici di scivolamento. Pertanto, si consiglia di adottare valori dell'angolo di attrito cautelativi nella porzione medio-inferiore della forbice proposta.

Il tracciato stradale in questo tratto si sviluppa a mezza costa. La morfologia del versante si presenta con acclività nel complesso media elevandosi in corrispondenza degli affioramenti più

competenti. La geomorfologia del versante in esame esprime le caratteristiche di un'area di disturbo morfologico, come evidenziato dalla presenza di lesioni a carico dei manufatti in corrispondenza del tratto di strada già classificato a rischio nel PAI.

Il reticolo idrografico è riferibile ad una linea di impluvio di primo ordine che raccoglie le acque dell'anfiteatro morfologico e del versante soprastante, nonché le acque provenienti dalla zona della fontana e dalle altre scaturigi presenti in quell'area. Si ritiene necessario rappresentare che le condizioni di instabilità complessive del versante siano strettamente connesse all'azione di saturazione delle coperture detritiche e prima fascia alterata e destrutturata della formazione geologica imposto. Detto fenomeno si esprime in maniera marcata anche nel tratto di versante compreso tra la SP 161 in corrispondenza della fontana ed il tornante della stessa strada provinciale presente a valle. Infatti, nel corso di precedenti sopralluoghi eseguiti a seguito di pregressi accentuazione dei dissesti (2018) è stato osservato come le acque provenienti dal sistema di raccolta e smaltimento dalla zona dell'intervento defluivano in modo incontrollato saturando ed impaludando ampie porzioni del versante, fino a riversarsi parte sulla sp 161 in corrispondenza del tornate, e parte nel T. Rosmarino (vedi fotografie a seguire).





### **Categoria Topografica**

Le **condizioni topografiche** dell'area in esame delineano pendii lungo cui saranno impostate le opere di progetto con pendenza media superiore ai 30°. Pertanto, sulla base della tabella 3.2.IV si consiglia di derivare dalla **Categoria Topografica T3**, adottando la seguente formula :

$$S_T = [1,2 - 0,2 * (H-h)/H]$$

dove:

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

circa 970 mt. s. l. m.; h

= altezza media relativa del sito d'intervento da CTR 10.000

330 mt. s. l. m.;

applicando e sostituendo si ottiene  $S_T = 1,12$  pertanto, il valore medio consigliato è:

$$S_T = 1,1$$

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 (ag). Il territorio del Comune di **Alcara li Fusi**, 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

### **Osservazioni e raccomandazioni**

Il monitoraggio inclinometrico nel sondaggio S. 8 ha evidenziato, già dalla prima lettura dopo quella a zero, uno apprezzabile spostamento tra i -06,00 m e i -07,00 m . Il sondaggio s. 9 è stato attrezzato con tubo piezometrico rilevando un livello di falda a - 2,10 m .

L'intervento progettuale, pertanto, dovrà essere orientato a consolidare il tratto di strada prevedendo, lato valle, la realizzazione di opere di sostegno la strada le cui fondazioni vadano ad incastrarsi nell'ambito della formazione imposto superando gli spessori delle coperture detritiche e prima fascia alterata e destrutturata della formazione. Lo spessore della fascia alterata e destrutturata della formazione sottostante i detriti è stato valutato in circa 05,00. Dalla comparazione dei due sondaggi meccanici localizzati rispettivamente sul margine di valle e di monte del piano viabile, si rileva una discontinuità laterale dei livelli più competenti. Necessario si ritiene inoltre la regimazione ed il drenaggio delle acque meteoriche superficiali, nonché drenare le acque d'infiltrazione di circolazione all'interno delle coperture detritiche superficiali, adottando eventualmente anche sistemi drenanti sub-superficiali e provvedendo a recapitare in modo controllato al recettore finale. Ciò anche in considerazione dei risultati della tomografia Elettrica che hanno evidenziato presenza d'acqua localizzata entro i primi 3 - 4 m. e dal rilievo piezometrico con presenza d'acqua già a -02,10 m dal p. c. . Detto livello è ovviamente sensibile alle precipitazioni meteoriche in occasione delle più prolungate ed intense potrà saturare tutto il materasso detritico e di riporto peggiorando le condizioni di stabilità.

Le programmate opere di consolidamento mitigheranno le condizioni di dissesto in quel tratto, ma ciò non esclude la possibilità che altre porzioni di strada possano essere interessate da un'evoluzione dell'instabilità morfologica del versante soprattutto in assenza dei consigliati interventi di canalizzazione e regimazione delle acque fino al T. Rosmarino attualmente defluenti in modo incontrollato e divagante.

## **9. CONCLUSIONI**

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni". Le incertezze nel modello geologico proposto che possono risultare significative ai fini dello sviluppo del progetto esecutivo sono essenzialmente legate alla litostratigrafia di dettaglio, potendosi riscontrare, localmente, eteropie di facies laterali in ragione della possibile presenza di maggiori spessori di coperture sciolte e loro natura, bancate quarzarenitiche tenaci, presenza di deflussi idrici. Dette incertezze dovranno essere meglio verificate nel corso dell'esecuzione delle opere.

In ogni caso, gli orientamenti progettuali dovranno tenere conto di quanto esposto nella presente nota prevedendo di incastrare le opere di contenimento e consolidamento nel substrato imposto compatto secondo le indicazioni esposte nel paragrafo "Osservazioni e raccomandazioni" dei singoli interventi.

Si suggerisce, inoltre, di:

- Realizzare opere di drenaggio e smaltimento delle acque sia superficiali, sia sub – superficiali al fine di ridurre le cause innescanti i fenomeni di dissesto identificate nella soprassaturazione idrica dello strato rimaneggiato. Dette opere di raccolta e smaltimento acque, localizzate sia a drenaggio delle opere di sostegno, sia sul piano viabile, sia a monte che a valle dello stesso, dovranno essere opportunamente canalizzate e convogliate fino al recettore finale evitando dispersione libera sul suolo che potrebbe causare o contribuire ad innescare fenomeni di erosione concentrata e/o dissesti;

- Realizzare a tergo delle opere di sostegno un adeguato sistema di drenaggio tale da evitare la formazione di accumuli idrici anche temporanei;

Il sito d'intervento di progetto nella nuova classifica sismica sono inseriti in Zona 2.

La categoria di suolo per i quattro interventi è B, come da prove MASW;

Il fattore Topografico consigliato è compreso tra St 1,1 e 1,2 come dettagliato nel Cap. 8 per ogni intervento.

Sarà cura dello strutturista definire il modello geotecnico dei terreni per ogni singolo intervento programmato. La caratterizzazione fisico meccanica esposta nella presente nota è stata orientata da criteri cautelativi tenuto conto dell'eterogeneità litologica e complessità della storia geologica dei terreni riscontrati.

In fase esecutiva, durante la realizzazione delle opere di consolidamento, sarà possibile, se del caso, confermare o rivalutare le considerazioni esposte nella presente nota.

**Messina, 01/06/2021**

**IL FUNZIONARIO GEOLOGO**

(Geol. Biagio PRIVITERA)

