

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
PROGETTI PALERMO

SOGGETTO TECNICO:



DIREZIONE TERRITORIALE PRODUZIONE DI PALERMO
S.O. INGEGNERIA

PROGETTAZIONE:

SINTAGMA S.r.l. - ITALIANA SISTEMI S.r.l.

TIMBRO E FIRMA DEL PROGETTISTA



PROGETTO DEFINITIVO

ELETTRIFICAZIONE LINEA: PALERMO - TRAPANI (Via Milo)
TRATTA: CINISI(e) - ALCAMO DIRAMAZIONE(i)

SOTTOSTAZIONE ELETTRICA (SSE) DI ALCAMO DIRAMAZIONE
Elaborati di carattere generale
Relazione geologica ed idrogeologica

SCALA -

Foglio - di -

PROGETTO/ANNO	SOTTOPR.	LIVELLO	NOME DOC.	PROGR.OP.	FASE FUNZ.	NUMERAZ.
3 0 4 8 1 7	S 0 1	P D	T T S S	4 8	0 0 1	E C 0 0 2

Revis.	Descrizione	Progettista	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione	Ing. Granieri	MAG. 19						
B	Aggiornamento	Ing. Granieri	Giu. 20						

LINEA	SEDE TECN.	NOME DOC.	NUMERAZ.
Verificato e trasmesso	Data	Convalidato	Data

 <p>RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo</p>	<p>ELETTRIFICAZIONE LINEA: PALERMO - TRAPANI (Via Milo) TRATTA: CINISI(e) - ALCAMO DIRAMAZIONE(i)</p>
304817_S01_PD_TTSS_48_001_EC002	SSE di ALCAMO DIRAMAZIONE - Relazione Geologica ed Idrogeologica

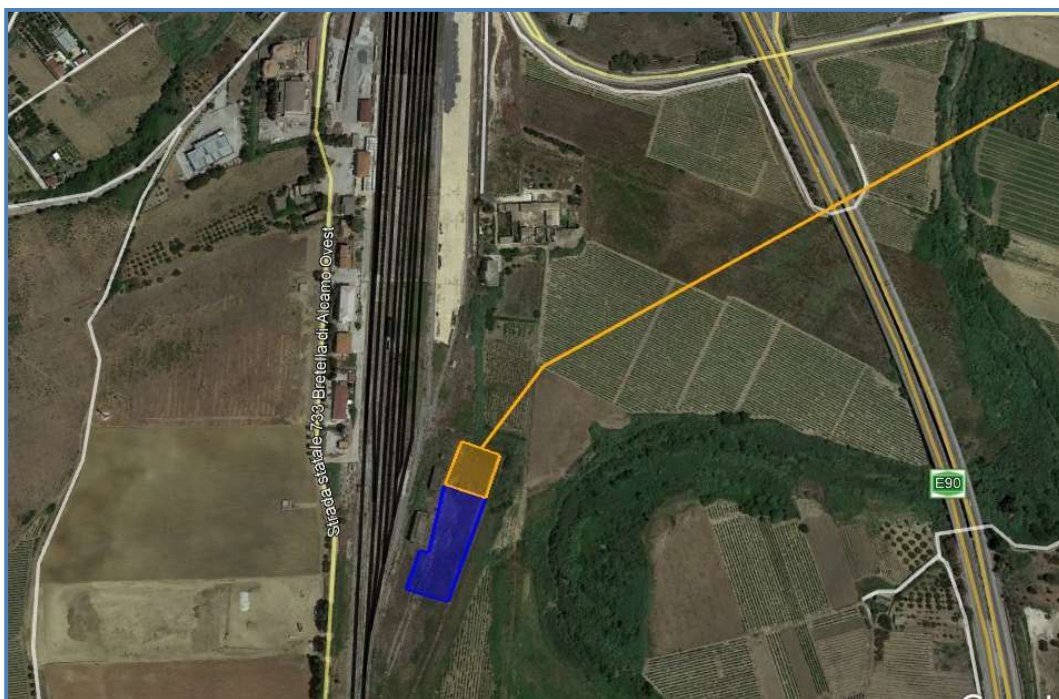
Sommario

1	Introduzione.....	2
2	Caratteristiche geologiche	3
3	Caratteristiche idrologiche.....	7
4	Caratteristiche geomorfologiche	8
4.1	Valutazione del rischio geomorfologico ed idrogeologico.....	8
4.1.1	Piano per l'assetto idrogeologico (PAI).....	8
4.2	Pericolosità geomorfologica.....	10
4.2.1	Pericolosità da frana	10
4.2.2	Pericolosità Idraulica.....	12
5	Indagini geognostiche e geofisiche	12
5.1	Prove in sito e di laboratorio 2019.....	12
5.2	Prove in sito e di laboratorio 2017	14
5.3	Indagini geofisiche 2019.....	15
6	Inquadramento sismico dell'area e pericolosità sismica di base.....	16
6.1	Categoria di Sottosuolo e categoria topografica.....	26

1 Introduzione

Nell'ambito dell'Accordo Quadro n.341/2016 la Direzione Territoriale Produzione di Palermo ha affidato alla scrivente (con contratto applicativo n.22/2018) la **"Progettazione definitiva dei lavori relativi alla realizzazione degli impianti di Trazione Elettrica ferroviaria, Sottostazioni Elettriche e Luce e Forza Motrice in galleria delle tratte e stazioni comprese tra la stazione di Cinisi e la stazione di Trapani, compresa la Cabina TE di Piraineto"**.

La nuova SSE di Alcamo D.ne verrà realizzata in prossimità dell'omonima Stazione. Le aree di proprietà RFI sono molto ampie in quanto in passato Alcamo rappresentava una Stazione di primaria importanza anche nell'ambito della movimentazione delle merci. La nuova sottostazione troverà quindi alloggiamento in aree già di proprietà RFI in una zona marginale lato Trapani ove, un tempo, era presente un impianto di manutenzione del materiale rotabile abbandonato ormai da decenni.



La nuova SSE di Alcamo sarà costituita da due piazzali indipendenti e dotati di accessi distinti:

- il piazzale TERNA (evidenziato in giallo), di superficie 1650 mq circa in cui verranno realizzate a cura di TERNA tutte le apparecchiature di recapito in AT;
- il piazzale RFI (evidenziato in blu), di superficie 4350 mq circa in cui vengono realizzate le apparecchiature di trasformazione AT/MT, il fabbricato tecnologico, le linee di distribuzione e gli alimentatori.

I piazzali saranno tutti delimitati da muri di cinta in c.a. di altezza superiore a due metri, saranno interamente pavimentati e dotati di un idoneo sistema di smaltimento delle acque meteoriche, nonché di un impianto di illuminazione.

All'interno del piazzale RFI verrà inoltre realizzato un edificio tecnologico di superficie 220 mq circa ed altezza 5,30 metri fuori terra. La struttura sarà costituita da un telaio in c.a., copertura piana in lastre prefabbricate alleggerite e tamponature in laterizio intonacato.

Nel piazzale trovano alloggio inoltre i due trasformatori di potenza 3,6 MVA cadauno con raffreddamento ad olio minerale. I due trasformatori saranno installati sopra a delle idonee vasche in c.a. di contenimenti di eventuali perdite di olio.

2 Caratteristiche geologiche

L'area dove verrà realizzata la sottostazione elettrica di Alcamo si inserisce a grande scala nel contesto geologico dei **Monti di Trapani**.

Quest'ultimi rappresentano le estreme porzioni nord-occidentali della Catena Appenninico-Maghrebide che caratterizza da Est ad Ovest la fascia settentrionale della Sicilia, e si estende dai Monti di Trapani fino ai Monti Nebrodi.

La sottostazione elettrica di Alcamo, sarà realizzata nel piazzale adiacente alla stazione di Alcamo diramazione, come visibile nell'immagine sottostante.



Figura 1 –Localizzazione della sottostazione di Alcamo

Dalla consultazione della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000- Foglio n°258-Alcamo, si evince che la sottostazione elettrica è interessata dalla presenza di:

- **Alluvioni recenti ed attuali (a) - Pleistocene Sup.-Olocene**

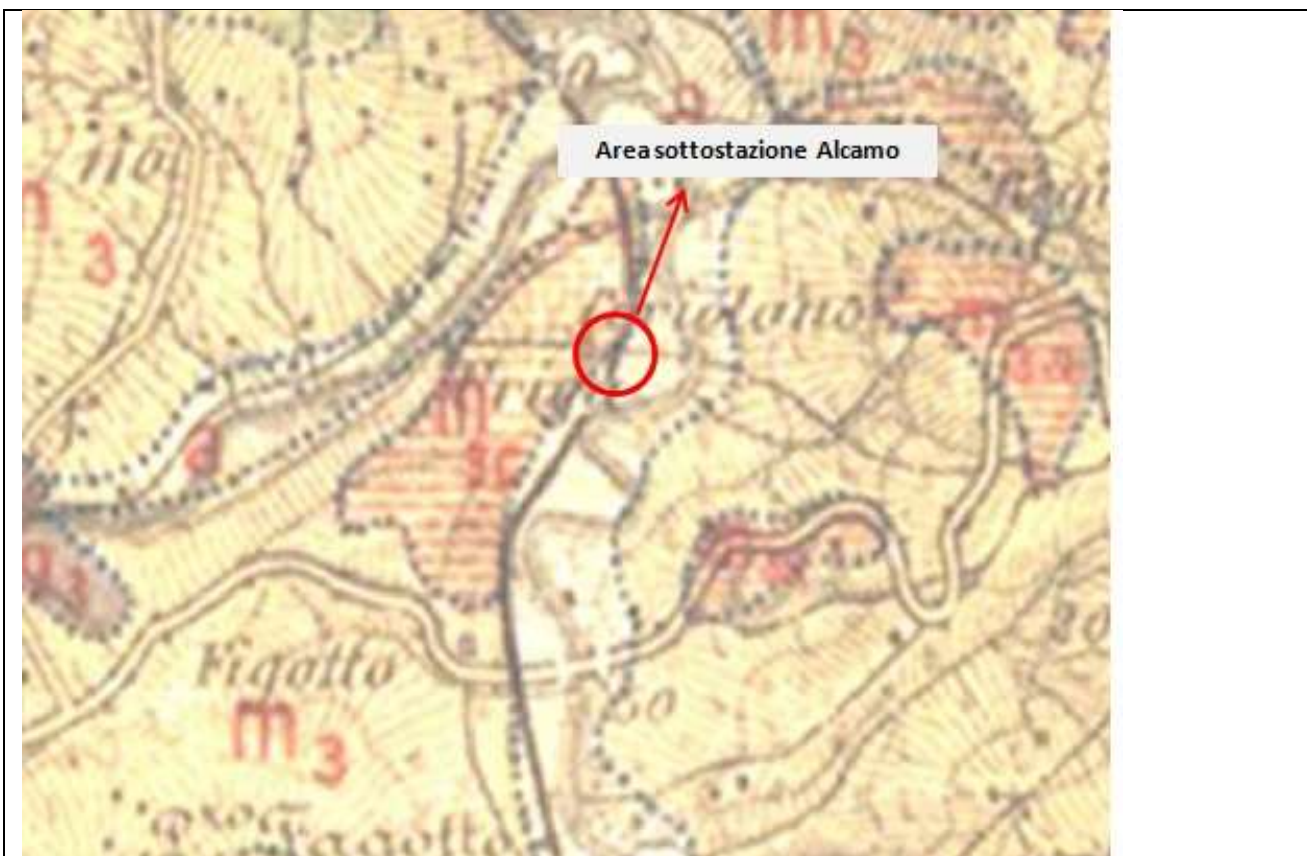
Le alluvioni sono costituite da litologie prevalentemente ghiaiosi, sabbiosi e limosi, e si riconducono a depositi di terrazzo fluviale su più ordini che interessano le aree di fondovalle e le aree di piana alluvionale. Presentano spessori variabili dai 5 ai 20 m di spessore.

I conglomerati sono costituiti da elementi di varia natura, in particolare sabbie e arenarie, e argille sabbiose a vario grado di cementazione.

- **Argille sabbiose (m3) -Miocene Superiore**

Si tratta di argille, argille sabbiose in cui si rinvenivano cristalli di Salgemma, a cui si associano zone conglomeratiche formate da elementi di varia natura (argille sabbiose, sabbie e arenarie) a diverso grado di cementazione (m_{3c})

Di seguito si riporta un estratto della Carta geologica d'Italia, dove è stata evidenziata la zona oggetto di intervento.



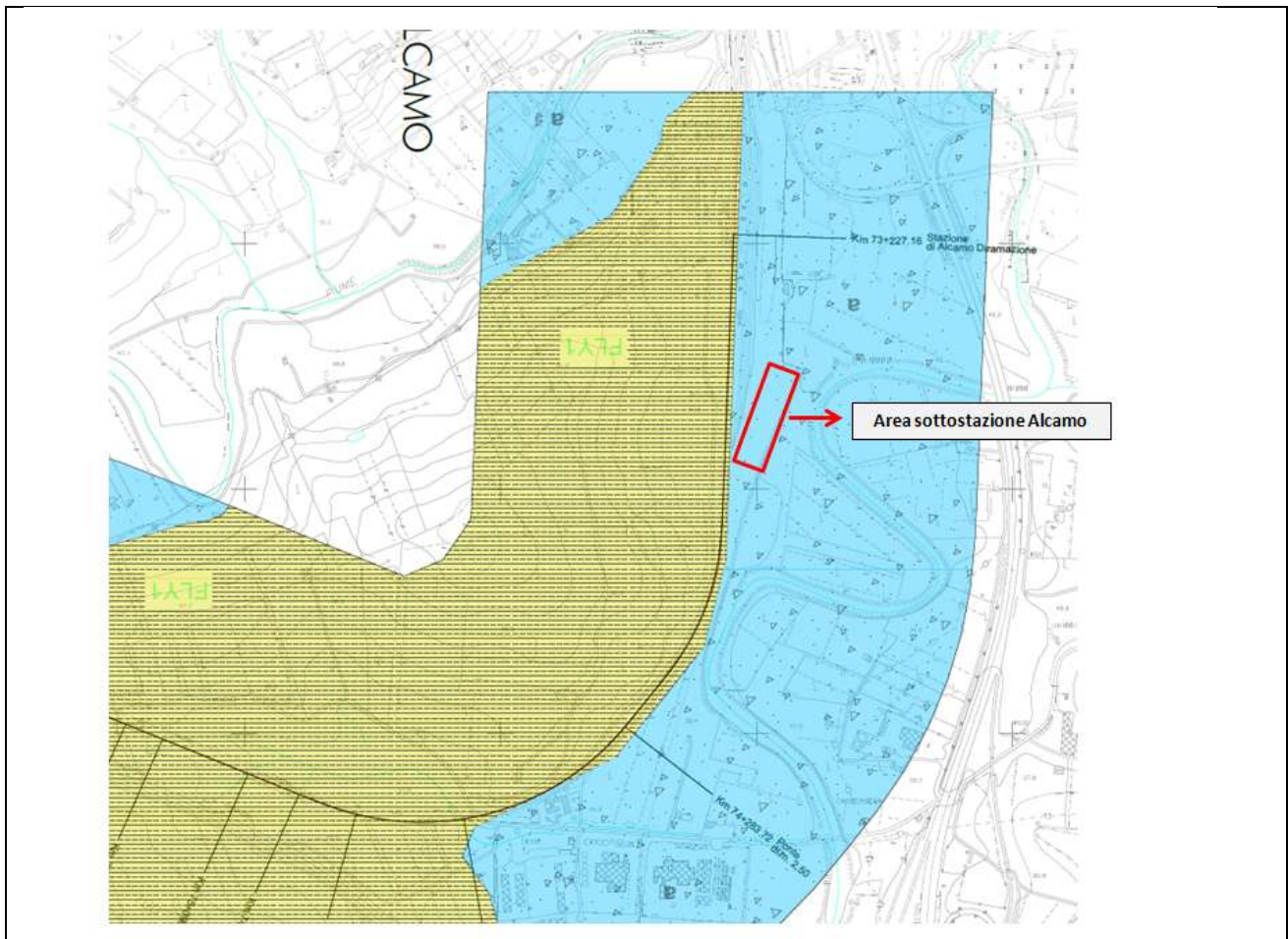
 <p>RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo</p>	<p align="center">ELETTRIFICAZIONE LINEA: PALERMO - TRAPANI (Via Milo) TRATTA: CINISI(e) - ALCAMO DIRAMAZIONE(i)</p>
<p>304817_S01_PD_TTSS_48_001_EC002</p>	<p align="center">SSE di ALCAMO DIRAMAZIONE - Relazione Geologica ed Idrogeologica</p>

Legenda

	<p>a Alluvione. Sabbie e ghiaie marine. Sabbie,ghiaie ed argille fluviali.</p>
	<p>m₃ Argille sabbiose con lenti di Salgem. ma e gesso in cristalli, a <i>Bulla elongata</i>, <i>Nassa pseudoclathrata</i>, <i>Pisania exculpta</i>, ecc.</p>
	<p>m₃₆ Conglomerati a elementi di varia groschezza e a vario grado di cemen- tazione associati alle precedenti.</p>

Al fine di caratterizzare in modo più specifico la zona d'interesse sono stati presi in esame anche i risultati dello studio geologico svolto nell'ambito del Progetto Definitivo relativo alla "*Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo*"- **CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016.**

Dalla carta geologica in scala 1:10000 redatta per il suddetto progetto, di cui si riporta un estratto a seguire, emerge che l'area dove verrà realizzata la sottostazione elettrica è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali recenti ed attuali (a) e dalla sottostante formazione del Flysh Numidico costituita da argille e argilliti brune, siltose arricchite in ossidi di ferro (FLY).



Legenda

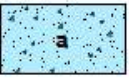

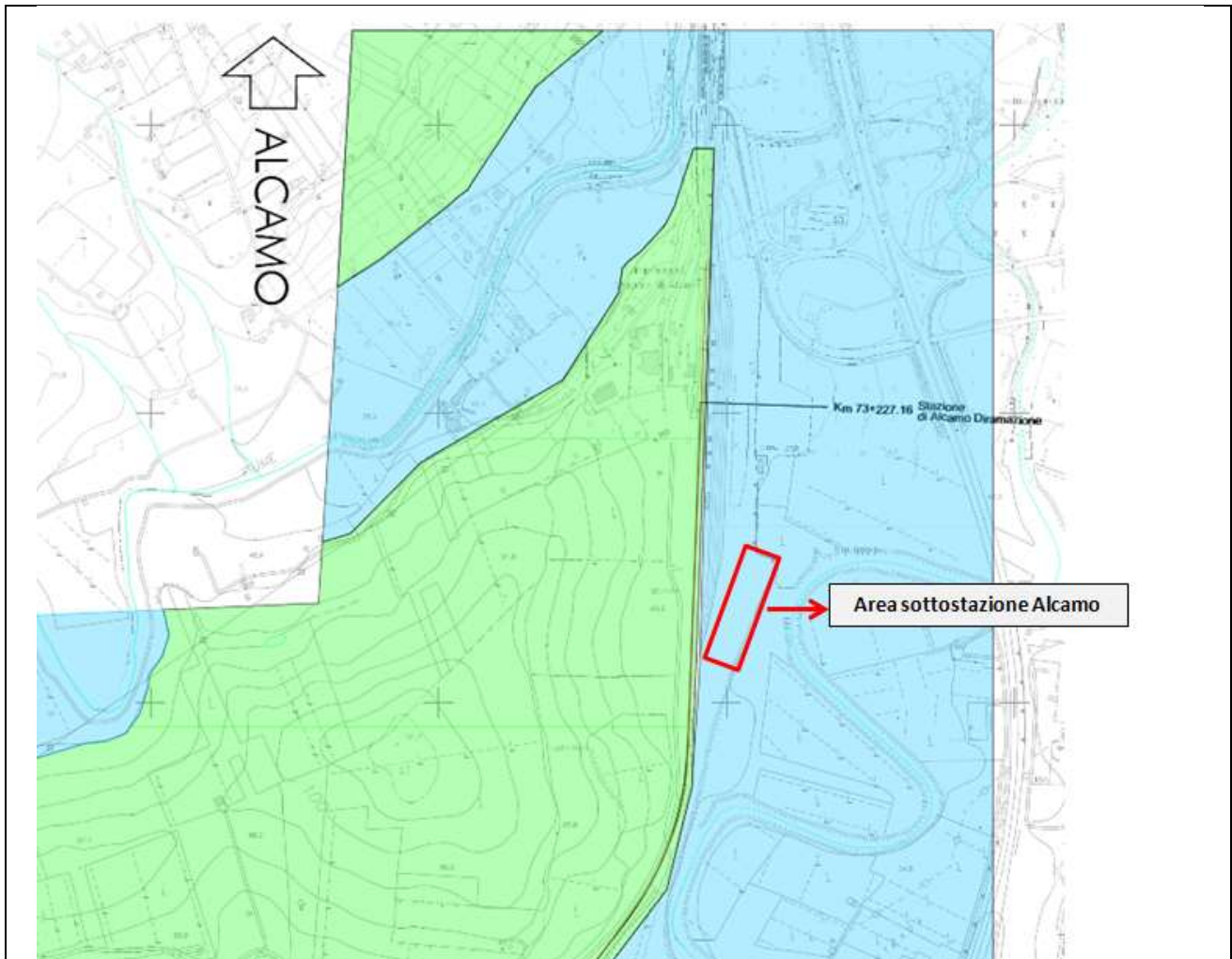
	ALLUVIONI RECENTI E ATTUALI Terrazzi fluviali su più ordini, prevalentemente sabbiosi, ghiaiosi e limosi (PLEISTOCENE SUP.-OLOCENE)
	FORMAZIONE FLYSH NUMIDICO Argille e argilliti brune, silteose, ricche in ossidi di ferro (OLIGOCENE SUP.-MIOCENE INF)

Figura 2 – Carta geologica Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo- estratto per l'area d'interesse.

3 Caratteristiche idrologiche

In base alle caratteristiche litologiche dei terreni presenti nell'area d'interesse e ai risultati dello studio geologico condotto per la "Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo"- CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016, in accordo con l'elaborazione della carta geologica, è stata redatta, in tale ambito, anche la carta idrogeologica (di cui si riporta un estratto a seguire).



Legenda

- 1 CLASSE**
Terreni a permeabilità da molto bassa a nulla ($K=10^{-8}-10^{-10}$ m/sec)
- 2 CLASSE**
Terreni a permeabilità primaria per porosità ($K=10^{-1}-10^{-3}$ m/sec)

Figura 3 – Carta idrogeologica Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo- estratto per l'area d'interesse.

 <p>RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo</p>	<p>ELETTRIFICAZIONE LINEA: PALERMO - TRAPANI (Via Milo) TRATTA: CINISI(e) - ALCAMO DIRAMAZIONE(i)</p>
304817_S01_PD_TTSS_48_001_EC002	SSE di ALCAMO DIRAMAZIONE - Relazione Geologica ed Idrogeologica

Come si osserva dalla Carta Idrogeologica (scala 1:10.000), l'area dove verrà realizzata la sottostazione elettrica è caratterizzata da terreni alluvionali classificati a permeabilità primaria dovuta a porosità. I sottostanti terreni argillosi del Flysh Numidico invece presentano permeabilità basse. Possiamo stabilire dei range di valori di permeabilità per tali formazioni:

- **1a classe: Terreni a permeabilità da molto bassa a nulla ($K = 10^{-5} - 10^{-7} \text{cm/sec}$)**
A questa categoria appartiene la F.ne del Flysh Numidico.
- **2a classe: Terreni a permeabilità primaria per porosità ($K = 10^{-3} - 10^{-5} \text{cm/sec}$).** Appartengono a questa categoria le alluvioni che vengono alimentate dalle infiltrazioni locali e dai corsi d'acqua che le attraversano.

Per quanto riguarda il livello della falda, i dati a disposizione non sono sufficienti a caratterizzare l'andamento piezometrico, ma in accordo con il contesto geologico e litostratigrafico presente nell'area di interesse, e considerando che i depositi alluvionali costituiscono un acquifero di tipo freatico, si può ipotizzare che il livello della falda sia superficiale e si attesta entro i primi 2-3 metri da piano campagna.

4 Caratteristiche geomorfologiche

Il territorio di Alcamo è caratterizzato dallo scorrimento del fiume S. Bartolomeo e dai suoi affluenti che modellano, attraverso processi erosivi e di sedimentazione, il territorio di natura prevalentemente argillosa creando sponde e versanti pressoché regolari e dalle pendenze relativamente modeste. L'assetto morfologico del territorio in oggetto è caratterizzato dalla presenza di terrazzi marini quaternari che ne rappresentano l'elemento morfologico principale.

In particolare l'area dove verrà realizzata la sottostazione elettrica di Alcamo è ubicata in un contesto pianeggiante tipico di pianura alluvionale, dove non si riscontrano (come vedremo in dettaglio nei paragrafi successivi) elementi di rischio geomorfologico ed idrogeologico.

4.1 Valutazione del rischio geomorfologico ed idrogeologico

4.1.1 Piano per l'assetto idrogeologico (PAI)

La Regione Siciliana, tramite l'Assessorato del territorio e dell'Ambiente, ha pubblicato un piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, di seguito denominato Piano Stralcio o P.A.I., ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- conoscitiva, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione circa le previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici vigenti;
- normativa e prescrittiva, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
- programmatica, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determina l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	ELETTRIFICAZIONE LINEA: PALERMO - TRAPANI (Via Milo) TRATTA: CINISI(e) - ALCAMO DIRAMAZIONE(i)
304817_S01_PD_TTSS_48_001_EC002	SSE di ALCAMO DIRAMAZIONE - Relazione Geologica ed Idrogeologica

La definizione di norme d'uso e di salvaguardia è finalizzata alla difesa idrogeologica, al miglioramento delle condizioni di stabilità del suolo, al recupero di situazioni di degrado e di dissesto, al ripristino e/o alla conservazione della naturalità dei luoghi, alla regolamentazione del territorio interessato dalle piene.

Il riferimento territoriale del P.A.I. è la Regione Sicilia che costituisce un unico bacino di rilievo regionale esteso complessivamente 25.707 kmq e suddiviso in 102 bacini idrografici e aree territoriali intermedie, oltre alle isole minori.

Il P.A.I. assume valore giuridico preminente rispetto alla pianificazione di settore, compresa quella urbanistica ed ha carattere immediatamente vincolante per le Amministrazioni ed Enti Pubblici, nonché per i soggetti privati.

Con la pubblicazione del testo unico in materia ambientale, D.Lgs n° 152 del 3 Aprile 2006, sono stati introdotti alcuni cambiamenti nella struttura del sistema di tutela delle acque, ma si è mantenuta una certa simmetria con la configurazione di tutela preesistente.

Il territorio nazionale viene suddiviso in distretti idrografici ed in particolare in Sicilia è istituito il "Distretto Idrografico della Sicilia" con una superficie di circa 26.000 Kmq. In ciascun distretto idrografico è istituita l'Autorità di Bacino Distrettuale ed ognuna di queste autorità si andrà a sostituire alle esistenti Autorità di Bacino istituite dalla legge n°183 del 1989. Ogni Autorità di Bacino Distrettuale provvederà all'elaborazione del Piano di Bacino Distrettuale; tali piani possono essere redatti ed approvati anche per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali.

Per ciascun distretto idrografico è inoltre adottato un Piano di Gestione che rappresenta articolazione interna del Piano di Bacino Distrettuale; il Piano di Gestione costituisce pertanto piano stralcio del Piano di Bacino Distrettuale.

SUDDIVISIONE DEI BACINI IDROGRAFICI SECONDO IL PAI DELLA REGIONE SICILIA

L'area d'interesse ricade nel seguente bacino idrografico:

DENOMINAZIONE	NUMERO BACINO
Bacino del F. San Bartolomeo, nell'area territoriale tra il Bacino del F. Jato ed il Bacino del F. San Bartolomeo Area territoriale tra il Bacino del F. San Bartolomeo e Punta di Solanto	044-045-046



Il PAI della regione Sicilia è ancora in fase di redazione, sono disponibili le carte del rischio geomorfologico di gran parte del territorio, coprendo tutta la tratta oggetto della progettazione (vedi elaborati denominati "Carta Piano Assetto Idrogeologico"), per quanto riguarda il rischio idraulico è invece coperta una piccola percentuale del territorio.

4.2 Pericolosità geomorfologica

4.2.1 Pericolosità da frana

Per la valutazione della pericolosità e del rischio geomorfologico nell'area di intervento sono state consultate le cartografie tematiche del PAI relative ai bacini di interesse.

Nello specifico per identificare eventuali situazioni di pericolosità e rischio frana interferenti con l'area dove verrà realizzata la sottostazione elettrica di Alcamo, è stata effettuata la sovrapposizione delle aree a rischio e pericolosità con il tracciato, utilizzando i dati tematici originari in formato ESRI™SHAPE del PAI della Regione Siciliana - Dipartimento Regionale Ambiente - Servizio 3 'Assetto del Territorio e Difesa del Suolo ed elaborandoli con il programma QGIS.

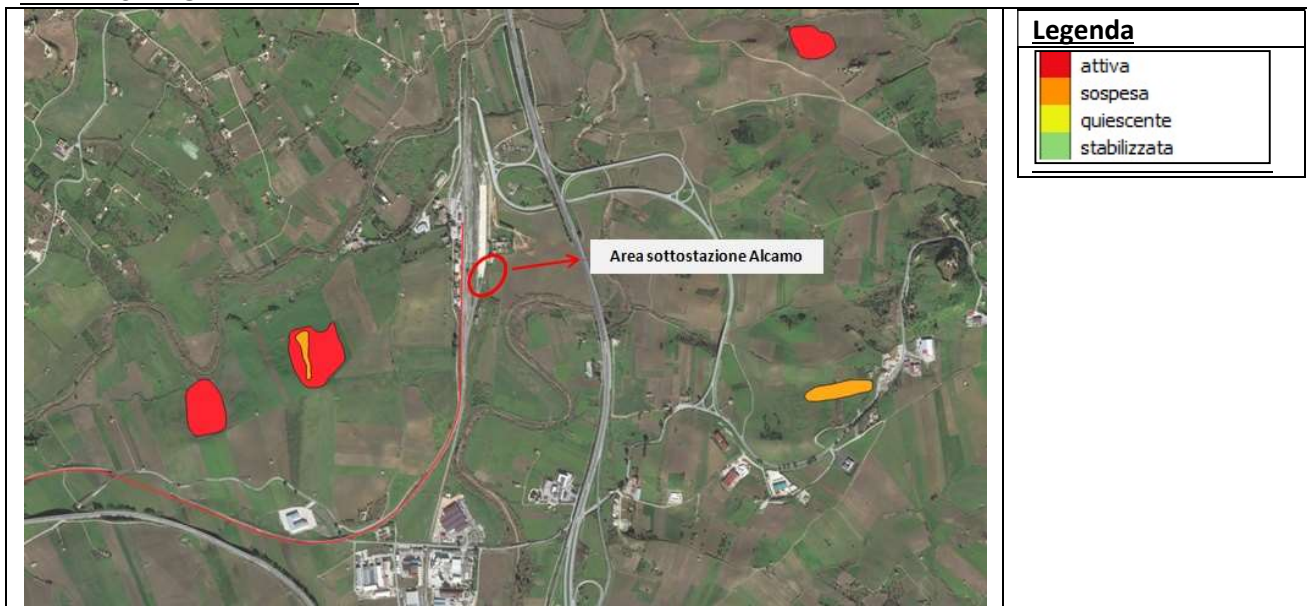
Le aree di dissesto sono state identificate da un numero progressivo, e ogni area è stata caratterizzata secondo (vedi mappe di seguito):

- classe di pericolosità
- tipologia di frana
- stato di attività.

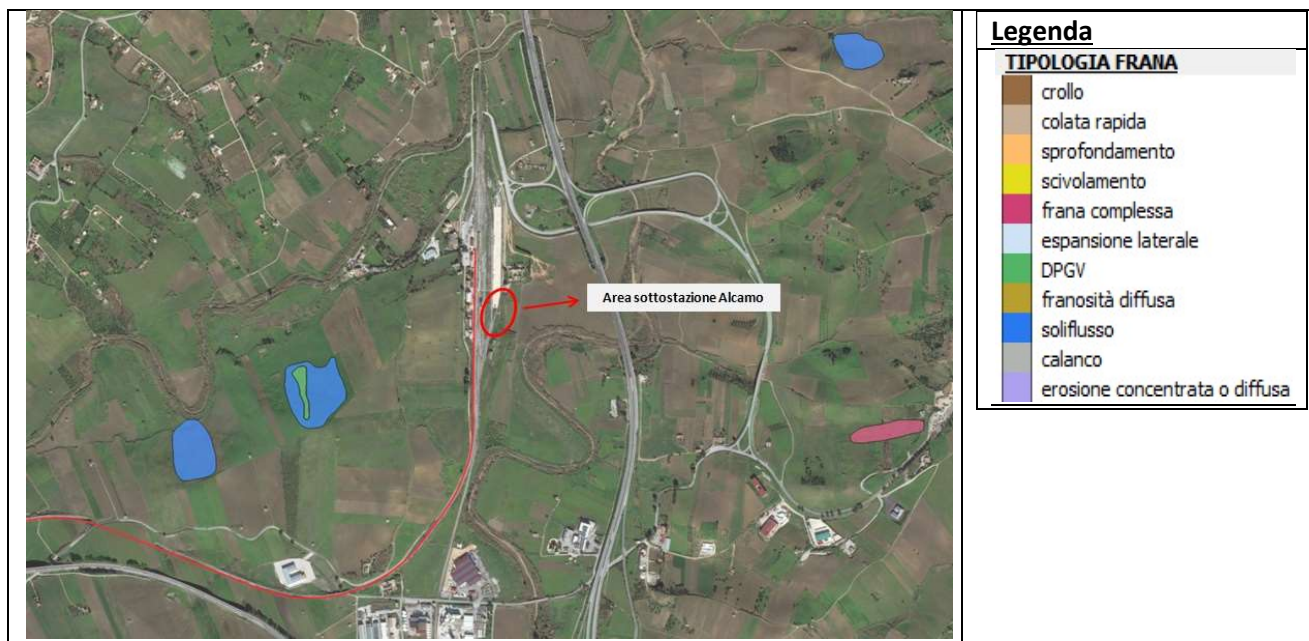
MAPPA PERICOLOSITÀ DA FRANA



MAPPA STATO DI ATTIVITA'



MAPPA TIPOLOGIA DI DISSESTO



Dalle carte della pericolosità e del rischio geomorfologico non si individuano criticità e dissesti interferenti con l'area di realizzazione della sottostazione elettrica di Alcamo.

4.2.2 Pericolosità Idraulica

Dalla consultazione delle carte tematiche del PAI non emergono situazioni a rischio idraulico interferenti con l'area della sottostazione di Alcamo.

Analizzando l'assetto geomorfologico dell'area, emerge che il Piazzale della stazione dove verrà realizzata la sottostazione, si trova ad una quota altimetrica maggiore, rispetto alla vicina ansa fluviale del fiume san Bartolomeo di circa 7 m dovuta alla presenza di una scarpata naturale, che pertanto costituisce una forma di protezione da eventuali esondazioni fluviali.

5 Indagini geognostiche e geofisiche

5.1 Prove in sito e di laboratorio 2019

Nell'ambito della campagna geognostica condotta sono stati eseguiti n° 2 sondaggi a carotaggio continuo (S1-S2) impiegando carotiere semplice e con prelievo di campioni indisturbati (campionatore Schelby).

I sondaggi sono stati eseguiti con una sonda CMV equipaggiata con pompa fanghi e pompa scolatrice ad alta pressione.

Sono state effettuate una serie di prove SPT (Standard Penetration Test) ed al fine di parametrizzare il sito dal punto di vista geotecnico sui campioni prelevati dai sondaggi sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto di acqua del campione – ASTM D 2216-80;

- determinazione del peso per unità di volume BS 1377;
- determinazione del peso specifico-ASTM D 854;
- granulometria mediante sedimentazione e/o setacciatura- ASTM D 422;
- determinazione dei limiti di Atterberg – ASTM D 4318;
- prova di taglio diretto– ASTM D3080.

• **Descrizione stratigrafica sondaggio S1**

Il sondaggio S1 arriva a profondità di 15m e individua la seguente stratigrafia:

- da 0,0 m a 2,5 m si rinviene la presenza di Ballast seguito da terreno agrario misto a riporti.
- da 2,5 a 4,0 m si riscontra la presenza di limo sabbioso di colore marrone con clasti quarzarenitici;
- da 4,0 a 7.5 m si ha limo argilloso di colore grigio scuro (prova SPT1 6.5-6.95 m, prova SPT2 8.5-8.95 m);
- da 7.5 a 15 m presenza di argilla limosa di colore variabile dal marrone al tabacco, intorno ai 14 m banco di quarzarenite (campione indisturbato C1 10.5-11.0 m).

• **Descrizione stratigrafica sondaggio S2**

Il sondaggio S2 arriva a profondità di 10 m e individua la seguente stratigrafia:

- da 0,0 m a 0.30 m si rinviene la presenza di Ballast.
- da 0.30 a 10 m si riscontra la presenza di limo sabbioso di color tabacco in alternanza con sottili livelli quarzarenitici (prova SPT1 3.3-3.75 m, prova SPT2 4.5-4.95 m, prova SPT3 7.8-8.25 m);

In nessuno dei due sondaggi è stato rilevato il livello della falda.

I risultati delle indagini e prove eseguite sono riassunte in forma tabulare di seguito.

SONDAGGIO	CAMPIONE	QUOTA PRELIEVO	SPT							
			m	n° Prova	Profondità prova (m)	N1	N2	N3	Nspt	N1
S1	C1	10,5-11,0	1	6,5	19	29	37	66	59,7	59,7
S2	-	-	1	3,3	33	R	-	-	-	-

Tabella riassuntiva delle Prove Spt eseguite

SONDAGGIO	CAMPIONE	QUOTA PRELIEVO	Peso di volume(γ)	Peso di volume secco (γd)	Granulometria			
			KN/m3	KN/m3	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
S1	C1	10,5-11,0	18,4	15,5	-	24	36	40
S2	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella riassuntiva della determinazione dei pesi di volume e granulometrica

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	ELETTRIFICAZIONE LINEA: PALERMO - TRAPANI (Via Milo) TRATTA: CINISI(e) - ALCAMO DIRAMAZIONE(i)
	304817_S01_PD_TTSS_48_001_EC002

SONDAGGIO	CAMPIONE	QUOTA PRELIEVO	Limiti di Atterberg				
		m	LIMITE LIQUIDO (LL)	CONT. ACQUA (W _n)	LIMITE PLASTICO (W _p)	INDICE PLASTICO (IP)	INDICE DI CONSISTENZA (I _c)
S1	C1	10,5-11,0	36,99	21,91	14,87	22,13	0,68
S2	-	-	-	-	-	-	-

Tabella riassuntiva della determinazione dei limiti di Atterberg

SONDAGGIO	CAMPIONE	QUOTA PRELIEVO	LITOLOGIA	TAGLIO DIRETTO	
		m		c' (Kpa)	ϕ' (°)
S1	C1	10,5-11,0	Argilla limosa di colore variabile dal marrone al tabacco	19,33	22
S2	-	-		-	-

Tabella riassuntiva dei risultati della prova di taglio diretto

5.2 Prove in sito e di laboratorio 2017

Al fine di caratterizzare dal punto di vista geologico e geotecnico i terreni presenti nell'area di realizzazione della sottostazione elettrica di Alcamo, sono state prese in considerazione anche le indagini geognostiche eseguite per il Progetto Definitivo della "Progettazione definitiva delle opere civili ed armamento per il ripristino della linea Palermo - Trapani via Milo"- CONTRATTO APPLICATIVO n.9/2017 - A.Q. n.341/2016 del 29/11/2016.

In particolare sono stati presi in esame i sondaggi effettuati nel 2017 ricadenti in un intorno significativo rispetto all'area di progetto e che sono risultati litologicamente comparabili con quelli del 2019.

Per la sottostazione di Alcamo è stato considerato il sondaggio S1i, di cui si riporta la descrizione stratigrafica a seguire.

Il sondaggio S1i arriva a profondità di 15m e individua la seguente stratigrafia:

- da 0,0 m a 0,2 m si rinviene la presenza di conglomerato bituminoso, seguito uno strato di 0.2 m di terreno di riporto.
- da 0.3 m a 4.5 m si riscontra la presenza di sabbie limose color tabacco (campione indisturbato **C1 da 3.2-3.7 m**, prova SPT1 4.0-4.5 m)
- da 4,5 m a 11.6 m si ha limo argilloso di colore tabacco con sfumature grigie e con a luoghi presenza di sottili livelli arenitici (prova SPT2 10.5-10.95 m);
- da 11.6 m a 12.2 m si rinviene un orizzonte quarzarenitico molto tenace.
- da 12.2 m a 15 m si la presenza di limo argilloso con sottili intercalazioni arenitiche di colore variabile dal tabacco al marrone chiaro.

I risultati delle indagini e prove eseguite sono riassunte in forma tabulare di seguito.

Sondaggio		S1i
Campione		C1
Profondità da	(m)	3,2
Profondità a	(m)	3,7
Profondità	(m)	3,5
w	(%)	12,8
w_L	(%)	34,5
w_P	(%)	16,8
IP	(%)	17,6
γ	(kN/m³)	19,3
γ_d	(kN/m³)	17,1
γ_s	(kN/m³)	25,8
S_r (%)		56,7
e (-)		0,9
Ghiaia	(%)	0,0
Sabbia	(%)	20,0
Limo	(%)	58,0
Argilla	(%)	22,0
φ'	(°)	28,1
c'	(kN/m²)	12,2

Per le stratigrafie dei sondaggi geognostici e i certificati delle prove di laboratorio si rimanda rispettivamente agli allegati 1 e 2 alla Relazione Geotecnica.

5.3 Indagini geofisiche 2019

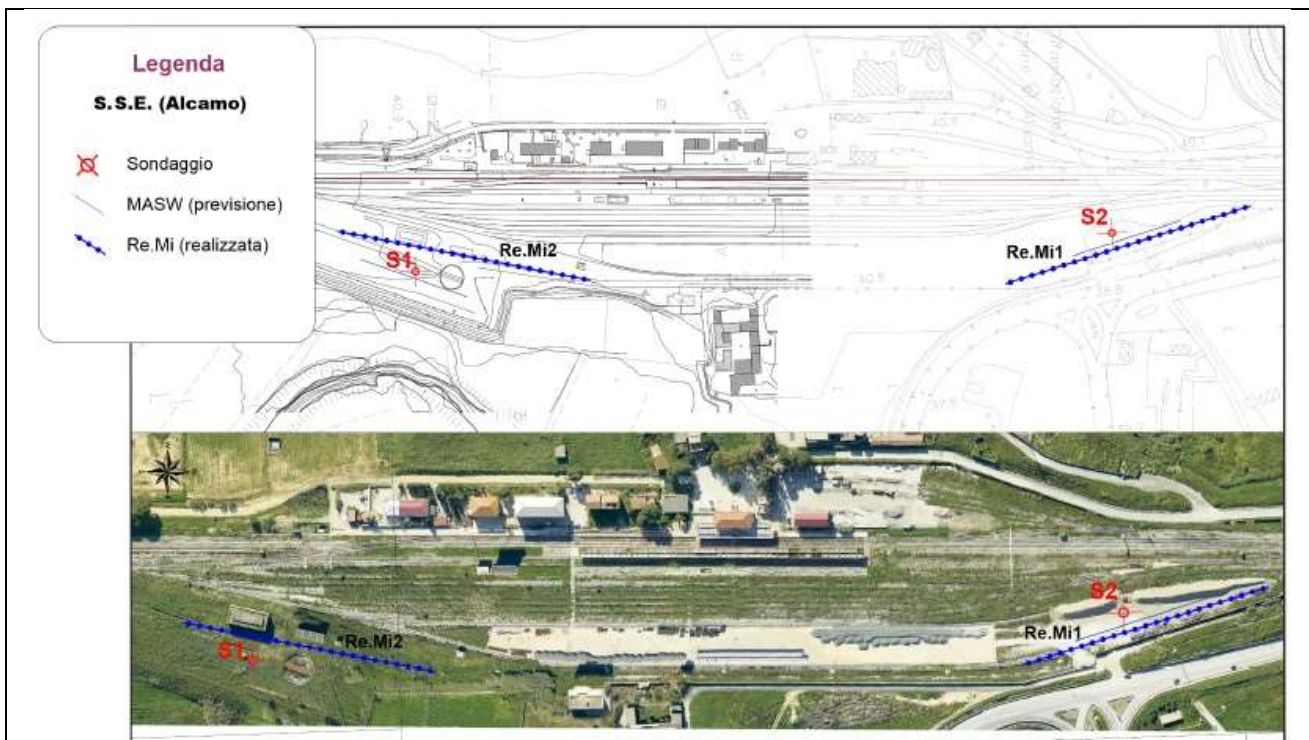
Al fine di investigare le caratteristiche sismostratigrafiche del sottosuolo sono state realizzate delle prospezioni geofisiche di sismica passiva Re.mi. (n°2) eseguite impiegando un sismografo modulare Geode (Geometrics) a 24 bit di risoluzione, elevatissima larghezza di banda (1.75 Hz-20000 Hz), configurato con un modulo opzionale in grado di acquisire 64.000 campioni per traccia.

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza sono stati impiegati dei geofoni verticali a bassa frequenza di risonanza (4.5 Hz della Geospace) con i quali sono state registrate le onde di Rayleigh ottenendo profili di Vs fino a profondità elevate dal p.c. (100 m dal p.c.). (le velocità sono state ricavate impiegando un sismografo modulare Geode (Geometrics) a 24 bit di risoluzione, elevatissima larghezza di banda (1.75 Hz-20000 Hz), configurato con un modulo opzionale in grado di acquisire 64.000 campioni per traccia.

In fase di elaborazione, per ognuno di queste acquisizioni, è stata effettuata la modellizzazione diretta monodimensionale con inversione di velocità al fine di ottenere lo spettro di potenza, le curve di dispersione ed infine con il picking attuato, il profilo di velocità Vs.

Per la visione dei grafici relativi alle curve di dispersione e al profilo di velocità si rimanda all'Allegato 3 della Relazione Geotecnica.

Di seguito si riporta l'ubicazione delle indagini geognostiche e geofisiche realizzate.



6 Inquadramento sismico dell'area e pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un arco spazio temporale definito. Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.).

La pericolosità sismica di base classifica il territorio su vasta scala al fine di programmare le attività di prevenzione e pianificazione delle emergenze.

Dopo l'approvazione da parte della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, la mappa della pericolosità sismica realizzata nel 2004 è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale con l'emanazione dell'Ordinanza PCM 3519/2006 (G.U. n.105 dell'11 maggio 2006).

Di seguito si riporta la carta di pericolosità sismica del territorio nazionale:

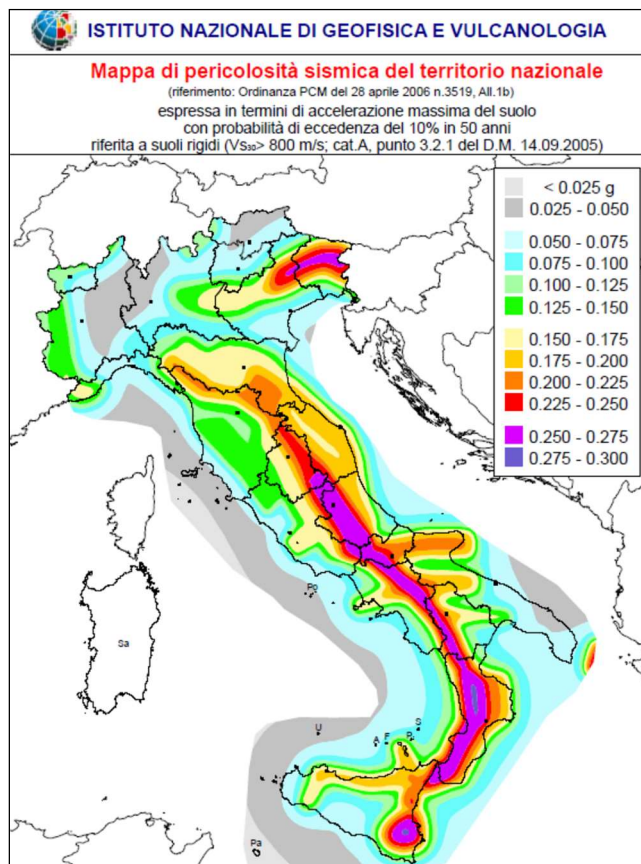


Figura 4 – Carta di pericolosità sismica del territorio nazionale (fonte INGV).

Secondo la mappa delle zone sismiche del 2003, che suddivide il territorio italiano in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

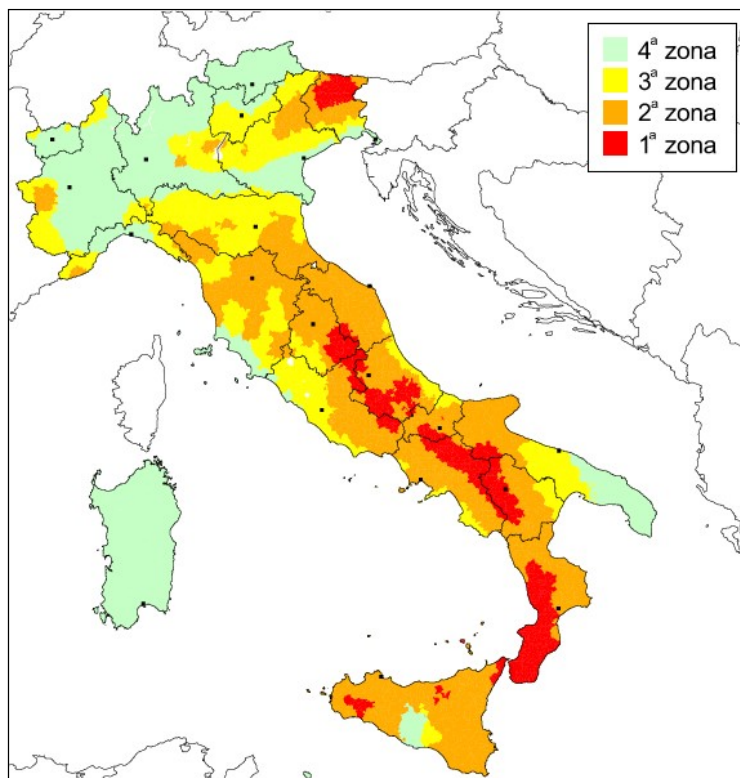


Figura 5 – Mappa delle zone sismiche del territorio nazionale del 2003 (fonte INGV).

Zona sismica	Descrizione
Zona 1	É la zona piú pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.
Zona 2	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
Zona 3	I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
Zona 4	É la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.

I valori di accelerazione orizzontale massima (a_g) per le varie zone sismiche sono riportate nella tabella seguente:

zona sismica	accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

Il Comune di Alcamo è classificato in zona sismica 2 secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Sicilia n. 408 del 19.12.2003.

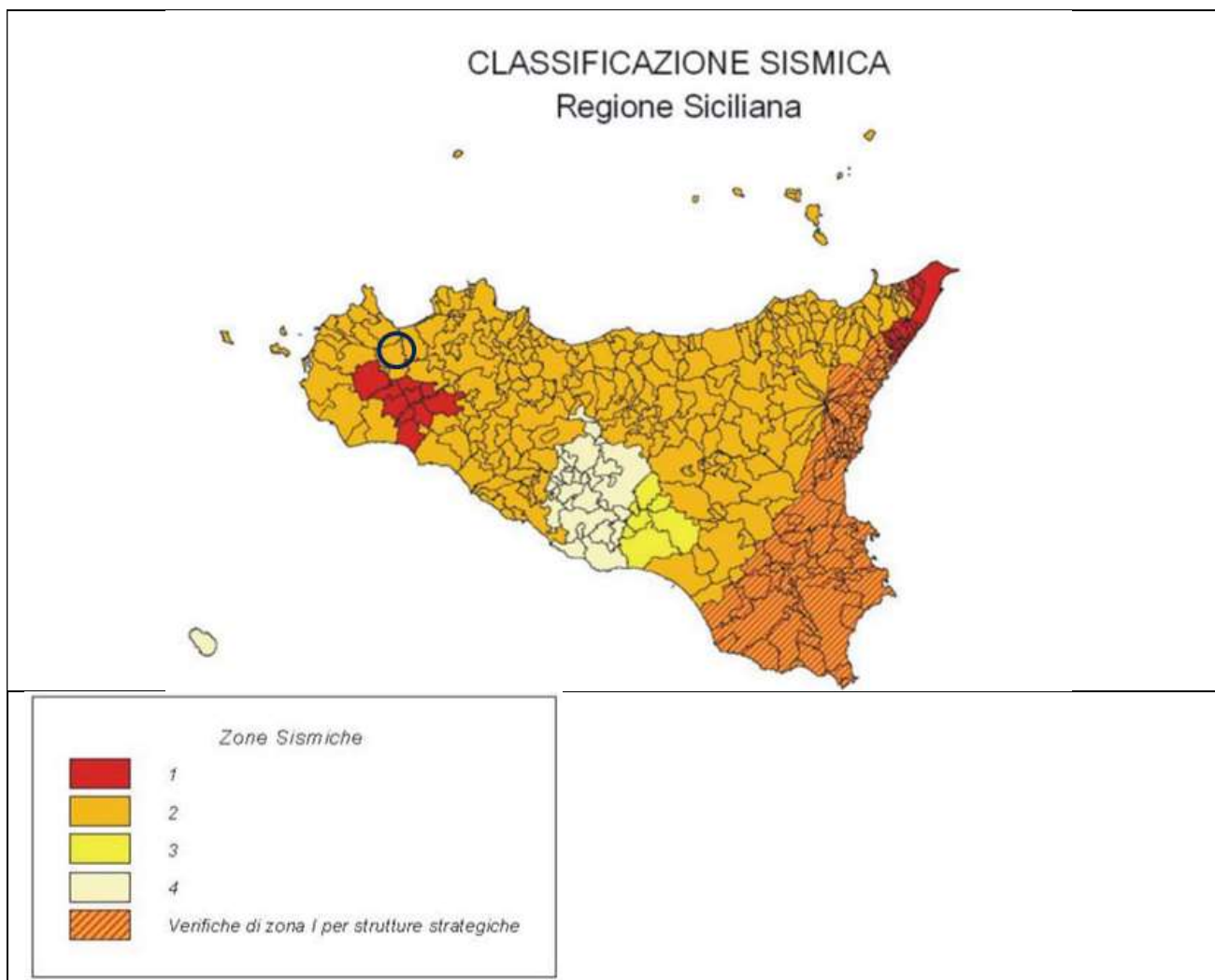


Figura 6 – Classificazione sismica della Regione Sicilia

In merito all'Ordinanza n. 3519/2006¹, la località oggetto dell'intervento risulta compresa tra punti con accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (riferita a suoli rigidi caratterizzati da VS30 > 800 m/s) di **ag** compresa tra **e 0.100-0.125g e 0.125-0.150g.**

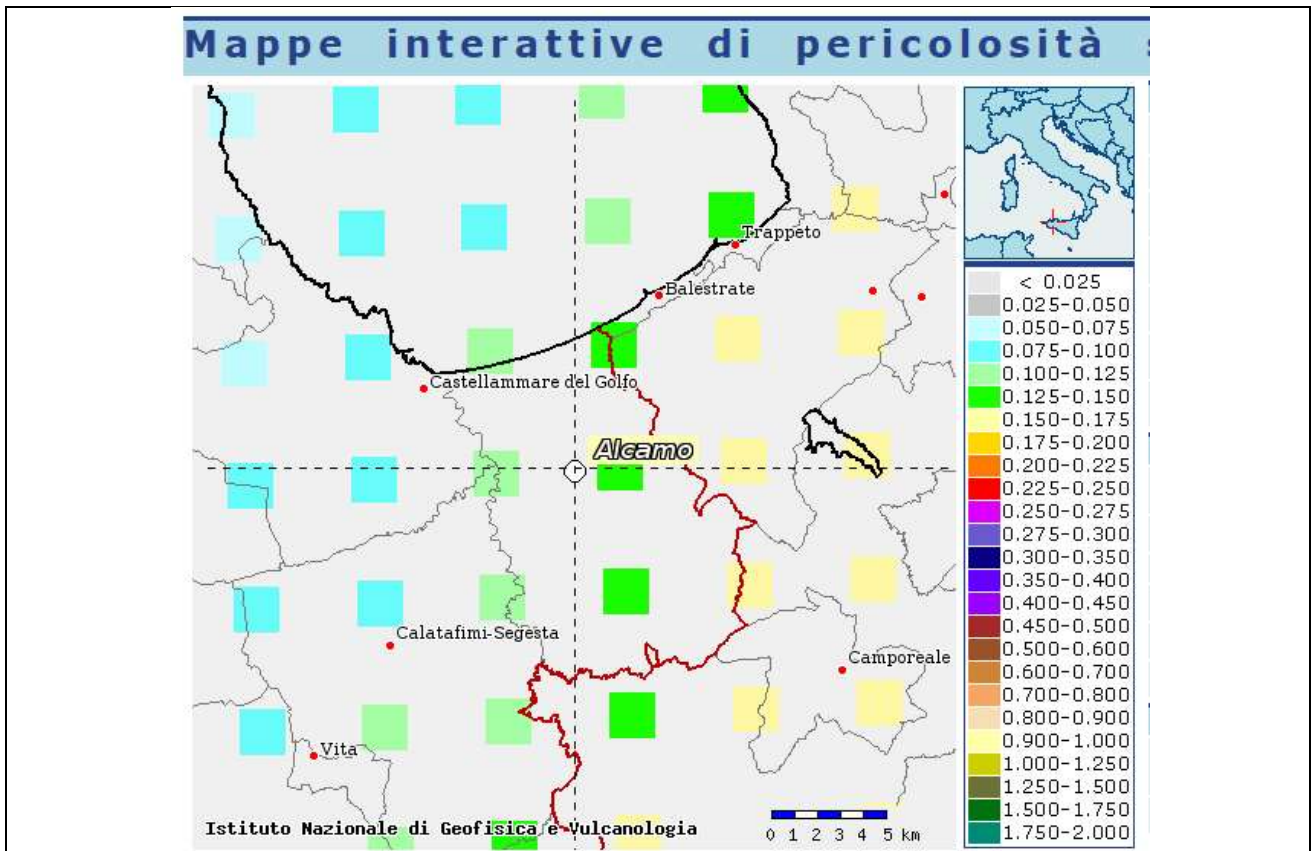
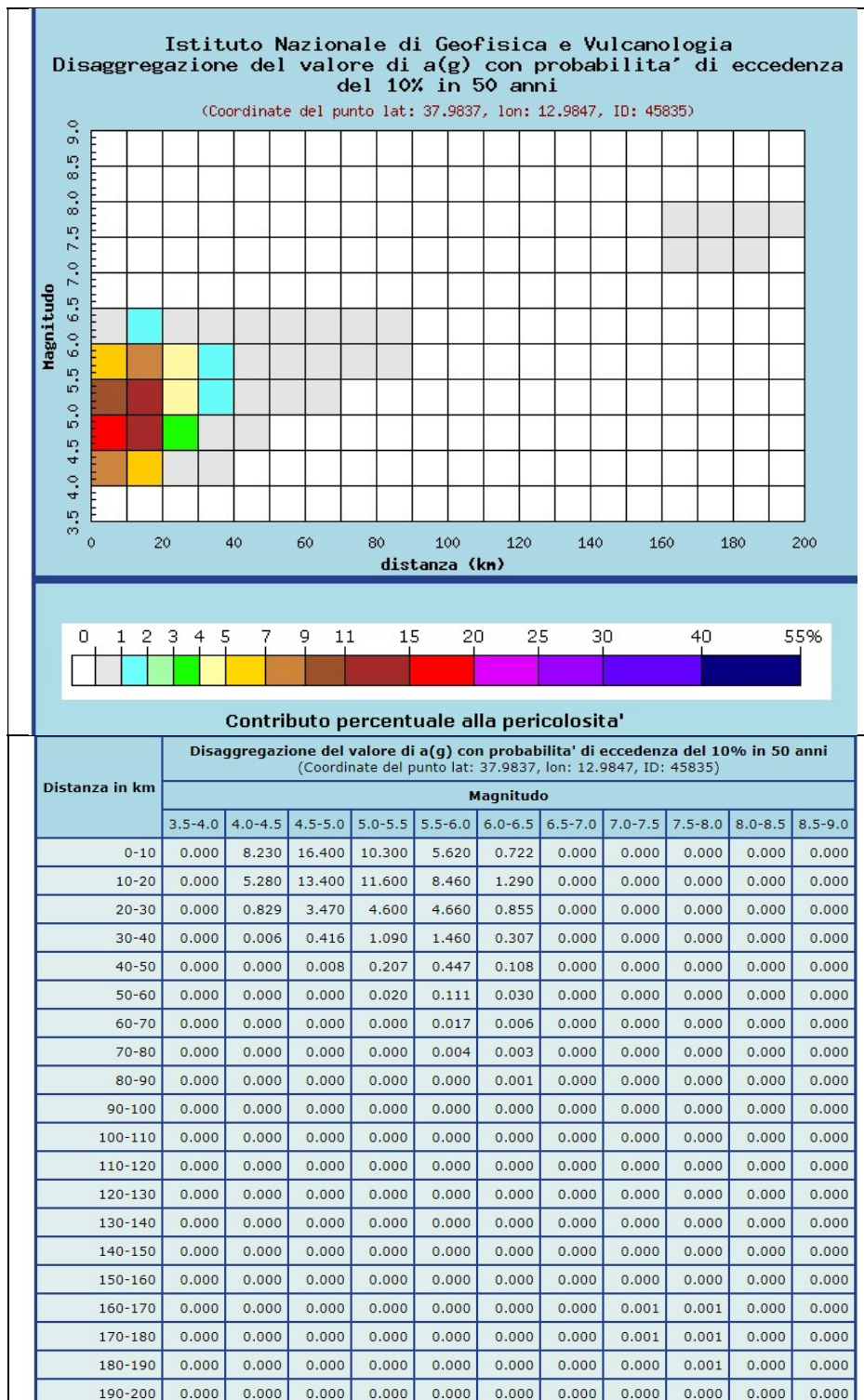


Figura 7 – Area Grafico riportante / punti della griglia riferiti al parametro ag (mappe interattive di pericolosità sismica, INGV)

Inoltre dalle mappe di disaggregazione (riportate di seguito) della pericolosità sismica nazionale dell' INGV è stato ricavato il valore di Magnitudo $M=5.08$ per l'area di interesse.

Il processo di disaggregazione consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.



 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	ELETTRIFICAZIONE LINEA: PALERMO - TRAPANI (Via Milo) TRATTA: CINISI(e) - ALCAMO DIRAMAZIONE(i)
304817_S01_PD_TTSS_48_001_EC002	SSE di ALCAMO DIRAMAZIONE - Relazione Geologica ed Idrogeologica

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.080	13.400	0.783

Figura 8- Mappa e grafico di disaggregazione per l' opera in oggetto

La sismicità della Sicilia occidentale e i dati di tettonica recente sono stati analizzati dall'OGS per affinare la zonazione sismogenetica di quest'area. L'analisi ha permesso di individuare, all'interno della zonazione adottata dal GNDT), "subzone" o aree caratterizzate da un differente comportamento sismotettonico. Nella zona sismogenetica 76 i terremoti sono localizzati principalmente tra Palermo e Termini Imerese (**ZS 76a - Area Tirrenica**). Per alcuni di questi, che interessano esclusivamente le località della costa, si ipotizzano sorgenti nel Tirreno. Tale sismicità potrebbe essere associata sia alle faglie trascorrenti del Sistema Sud-Tirrenico che alle strutture distensive responsabili del sollevamento della catena costiera. La zona sismogenetica 77 include aree con stili sismici differenti. La sismicità del settore più a nord (**ZS 77a - Area di Corleone**) si manifesta con sequenze sismiche di bassa energia. I pochi eventi conosciuti hanno aree di avvertibili limitate che indicano strutture sismogenetiche superficiali. Più a sud (ZS 77b - Area del Belice) sono localizzati gli eventi sismici del 1968, che possono essere associati sia con il proseguimento in terra della zona di trascorrenza presente nel Canale di Sicilia che a rotture lungo una rampa di thrust cieco al di sotto della sinclinale del Belice. I meccanismi focali proposti da vari autori mostrano soluzioni variabili da trascorrenti pure a transpressive a inverse pure, non permettendo di individuare specifiche strutture sismogenetiche. Lungo la costa meridionale, la sismicità si manifesta con sequenze sismiche di bassa energia ma di lunga durata che interessano quasi esclusivamente Sciacca (ZS 77c - Area di Sciacca), talvolta in concomitanza con l'attività vulcanica del Canale di Sicilia. Le caratteristiche degli eventi del settore costiero Egadi-Trapani-Mazara, precedentemente ricadenti in zona di background (ZS 91), hanno permesso di identificare una nuova zona sorgente (ZS 77d) associabile all'attività del Thrust delle Egadi o delle faglie che lo dislocano.

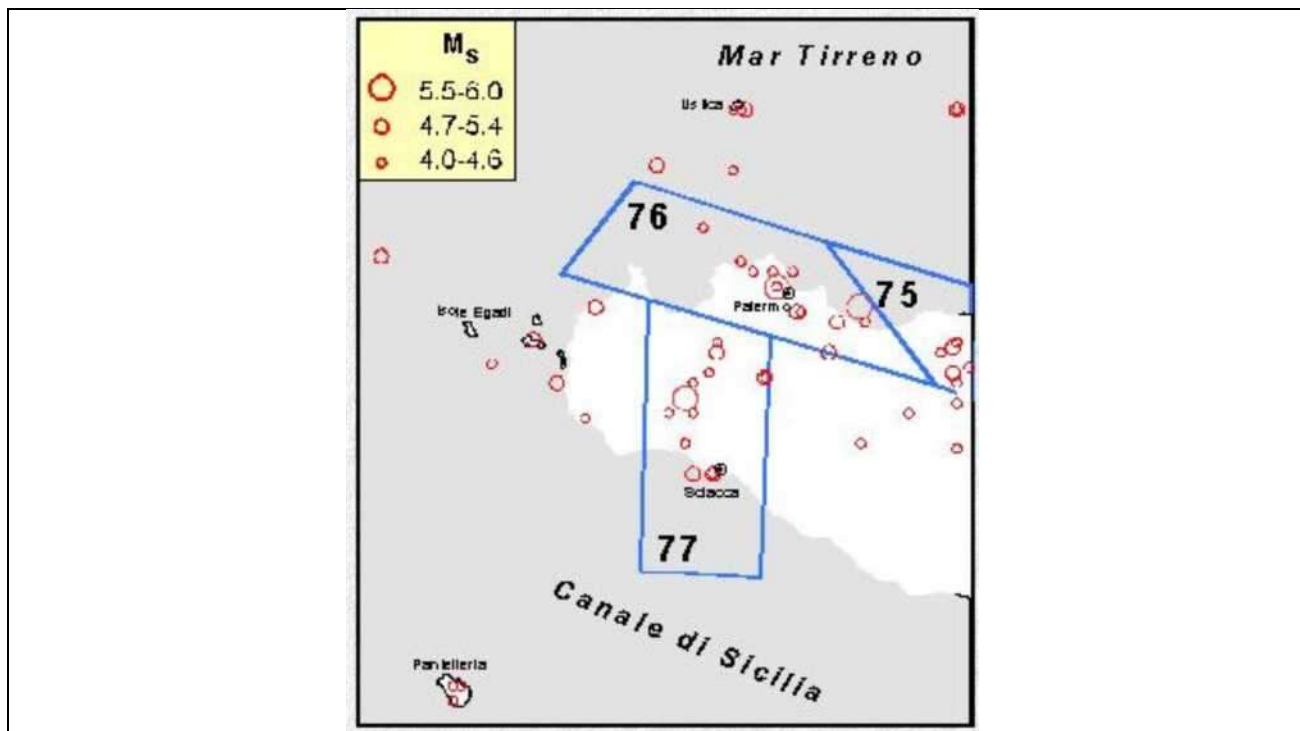


Figura 9 – Mappa delle zone sismogenetica ZS4 e sismicità dell'area dal 1000 al 1995

E' stato successivamente svolto uno studio più aggiornato che ha sostituito il perimetro delle zone sismogenetiche tracciate in precedenza. L'area risulta quindi esterna alla zona sismogenetica 934.

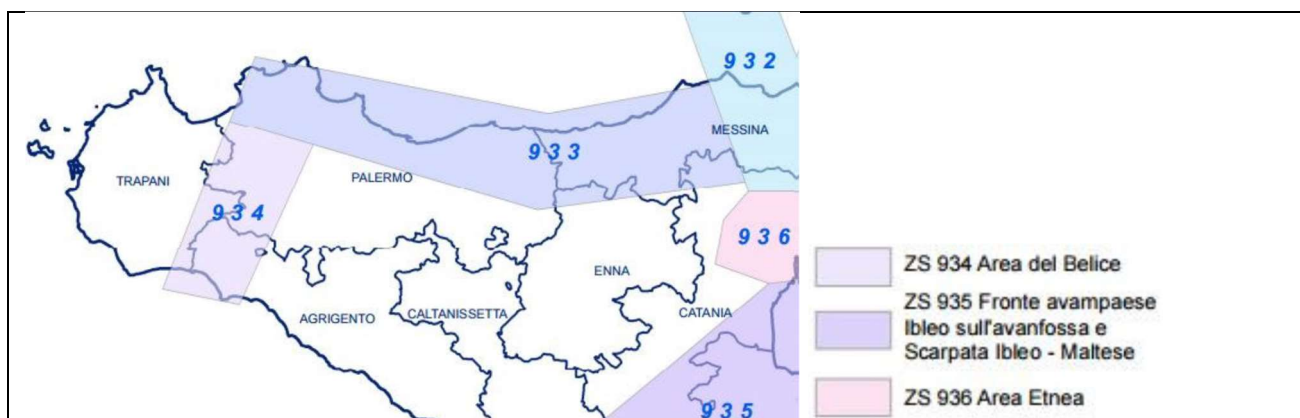


Figura 10 – Mappa delle zone sismogenetica ZS9

L'analisi della sismicità storica per l'area oggetto di studio è stata condotta consultando il Database Macrosismico Italiano DBMI15, 2015 (disponibile nel portale dell'INGV), da fonti storiche e informazioni reperibili in letteratura. Il DBMI fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani dal 1000 al 2014. Per ogni evento nel database è riportata l'indicazione della data, la descrizione dei danni

subiti e la stima dell'Intensità macrosismica secondo la scala EMS98 (European Macroseismic Scale; Grünthal,1998). Il DBMI15 presenta le intensità adottando lo standard proposto da AHEAD, cioè numeri arabi interi e, nel caso di attribuzioni incerte si indicano i due estremi separati da un trattino (es.: 5-6, 7-8). Tale standard applica rigorosamente anche le indicazioni delle scale macrosismiche, secondo cui non è possibile assegnare un'intensità a edifici isolati o territori estesi, nei cui casi si altera l'intensità riportata dallo studio originale. Se le informazioni disponibili non sono considerate sufficienti per stimare un'intensità, è possibile adottare codici descrittivi come "D" per danno, o "F" per sentito ("Felt"). Di seguito si riportano gli eventi sismici per l'area in esame (Alcamo) estratti dal Database Macrosismico Italiano 2015.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1823	03	05	16	37		Sicilia settentrionale	107	8	5.81
NF	1907	01	21	03	41		Tirreno meridionale	32	5	4.14
2	1909	06	07	01	30		Corleone	16	3-4	3.73
3-4	1909	12	03	11	50		Camporeale	15	4	3.70
2	1910	01	25	08	27		Tirreno meridionale	34	5	4.48
NF	1910	02	17	13	27		Isola di Ustica	11	5	4.16
4	1940	01	15	13	19	2	Tirreno meridionale	60	7-8	5.29
4	1954	11	20	05	35	2	Sicilia centro-occidentale	34	5-6	4.24
3	1959	12	23	09	29		Piana di Catania	108	6-7	5.11
4	1968	01	14	12	28	2	Valle del Belice	15	6-7	5.10
7	1968	01	14	15	48	3	Valle del Belice	18	7	4.83
7-8	1968	01	15	02	01	0	Valle del Belice	162	10	6.41
6	1968	01	16	16	42	4	Valle del Belice	17	8	5.47
7	1968	01	25	09	56	4	Valle del Belice	32	8	5.37
F	1968	09	01	05	02	3	Valle del Belice	11	5-6	4.61
4-5	1976	10	12	04	26	1	Valle del Belice	11	5	4.41
NF	1977	06	05	13	59		Monti Nebrodi	108	6-7	4.61
4	1979	01	20	13	49	5	Tirreno meridionale	9		4.87
NF	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3	1981	06	07	13	00	5	Mazara del Vallo	50	6	4.93
NF	1990	12	13	00	24	2	Sicilia sud-orientale	304		5.61
3	1995	05	29	06	52	2	Isole Egadi	45	5	4.78
5	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92

Le intensità seguono la normalizzazione effettuata dal DBMI15 che seguono i codici riportati nelle tabelle A e B a seguire.

Codice	Val. ass.	Descrizione	MDP
RS	-	Registrazione strumentale. Osservazioni scartate	-
NR	-	Non riportato (<i>Not Reported</i>). Osservazioni scartate	-
W	-	Onde anomale, tsunami (<i>sea Waves</i>). Oss. scartate	-
E	-	Effetti ambientali (<i>Environmental effects</i>). Oss. scartate	-
G	0.2	Indicazione generica di danno a un sito	5
NF	1	Non percepito (<i>Not Felt</i>)	24012
NC	1.8	Non classificato (<i>Not Classified</i>)	111
SF	2.9	Percepito leggermente (<i>Slightly Felt</i>)	49
F	3.9	Percepito (<i>Felt</i>)	5146
HF	5.1	Percepito distintamente (<i>Highly Felt</i>)	118
SD	5.6	Danno leggero (<i>Slight Damage</i>)	22
D	6.4	Danno (<i>Damage</i>)	679
HD	8.6	Danno grave (<i>Heavy Damage</i>)	184

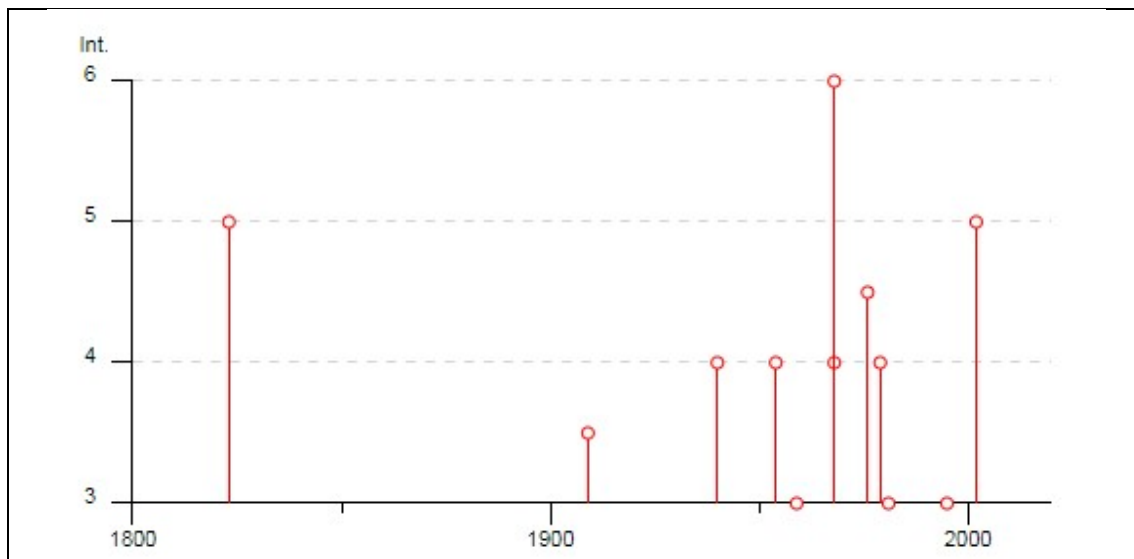
Tabella A: Normalizzazione delle intensità originali per tipologia di località particolari.
Tra parentesi è indicato il valore numerico associato ad uso interno di DBMI.

Intensità originale	1	1-2	2	2-3	3	3-4	4	4-5	5	5-6	MDP
no SC											91116
AL											106
CQ											32
DL	NF (1)	1-2 (1.5)	2 (2)	2-3 (2.5)	3 (3)	3-4 (3.5)	4 (4)	4-5 (4.5)	5 (5)	5-6 (5.5)	53
SS											241
MS											3603
UL											43
IB	NF			SF			F		HF	SD	87
TE	(1)			(2.9)			(3.9)		(5.1)	(5.6)	28

Intensità originale	6	6-7	7	7-8	8	8-9	9	9-10	10	10-11	MDP
no SC											20135
AL											42
CQ											12
DL	6 (6)	6-7 (6.5)	7 (7)	7-8 (7.5)	8 (8)	8-9 (8.5)	9 (9)	9-10 (9.5)	10 (10)	10-11 (10.5)	146
SS											207
MS											517
UL											33
IB			D					HD			77
TE			(6.4)					(8.6)			25

Tabella B: Normalizzazione delle intensità originali per tipologia di località particolari.
Tra parentesi è indicato il valore numerico associato ad uso interno di DBMI.

Nel grafico sottostante si riportano gli andamenti delle intensità degli eventi sismici nel tempo, il grafico considera tutti i terremoti con intensità comprese tra 3 e 6 per un arco temporale dal 1800 al 2018.



6.1 Categoria di Sottosuolo e categoria topografica

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale, si valuta mediante specifiche analisi (cap. 7.11.3 delle NTC 2018), oppure si può fare riferimento all'approccio semplificato, che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . Nello specifico, ai fini della classificazione del sottosuolo, con le nuove norme tecniche si fa riferimento alla $V_{s,eq}$ velocità equivalente delle onde di taglio, e non più alla $V_{s,30}$ (NTC2008).

La velocità $V_{s,eq}$ è definita dalla seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con

h_i = spessore dello stato i -esimo;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato viene riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità viene riferita al piano di imposta della fondazione.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	ELETTRIFICAZIONE LINEA: PALERMO - TRAPANI (Via Milo) TRATTA: CINISI(e) - ALCAMO DIRAMAZIONE(i)
304817_S01_PD_TTSS_48_001_EC002	SSE di ALCAMO DIRAMAZIONE - Relazione Geologica ed Idrogeologica

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo per le quali è possibile il ricorso all'approccio semplificato, secondo le NTC 2018; nella determinazione della risposta sismica locale sono le seguenti:

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICHE
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti 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, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m.

Rispetto alle NTC 2008 sono state eliminate le categorie aggiuntive S1 e S2 ed è stata ridefinita la categoria di sottosuolo E.

Per tutti i terreni non classificabili nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale per la definizione dell'azione sismica.

La caratterizzazione della risposta sismica del sito in esame, è stata condotta sulla base dell'interpretazione delle prove **Re.mi** realizzate durante la campagna geognostica effettuata per il Progetto di realizzazione delle sottostazioni elettriche (Aprile 2019).

Nelle tabelle seguenti si riassumono i relativi risultati.

Sottostazione	Prova	Strati	Profondità da (m)	Spessore (m)	Profondità a (m)	V_s (m/s)	$V_{s,eq}$ (m/s)	568,0	Categoria di sottosuolo NTC 2018	Cat. B
ALCAMO	Re.mi1	0-5	0,0	5,0	5,0	400,0				
		5 - 12	5,0	7,0	12,0	672,0				
		12 -23	12,0	11,0	23,0	480,0				
		23- 50	23,0	27,0	50,0	640,0				
			50,0			1162,0				

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE Direzione Territoriale Produzione Palermo	ELETTRIFICAZIONE LINEA: PALERMO - TRAPANI (Via Milo) TRATTA: CINISI(e) - ALCAMO DIRAMAZIONE(i)
	304817_S01_PD_TTSS_48_001_EC002

Sottostazione	Prova	Strati	Profondità da (m)	Spessore (m)	Profondità a (m)	V _s (m/s)	V _{s,eq} (m/s)	540,1	Categoria di sottosuolo NTC 2018	Cat. B
ALCAMO	Re.mi2	0-7,5	0,0	7,5	7,5	160,0				
		7,5-14	7,5	6,5	14,0	380,0				
		14-54,5	14,0	40,5	54,5	736,0				
		54,5-100	54,5	45,5	100,0	688,0				
			100,0			1162,0				

Per quanto riguarda le condizioni topografiche del sito, le Norme Tecniche per le Costruzioni prevedono la seguente suddivisione in categorie topografiche.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
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 $i > 30^\circ$

Categorie Topografiche (Tab. 3.2.III D.M. 17/01/2018)

Dall'analisi morfologica emerge che il sito rientra nella **categoria T1**. In funzione delle categorie topografiche sopradescritte e dell'ubicazione dell'opera sono stati definiti i valori 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 di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T (Tab. 3.2.V D.M. 17/01/2018)

Dalla soprastante tabella emerge che per il sito in questione si può adottare **$S_T=1,0$**