

TITOLARE DEL DOCUMENTO:

AREN Green S.r.l.

Società soggetta alla direzione e coordinamento di AREN Electric Power S.p.A.
Sede legale e amministrativa: Via dell'Arrigoni n. 308 | 47522 Cesena (FC) | Ph. +39 0547 415245
Iscritta nel Registro delle Imprese della Romagna – Forlì-Cesena e Rimini | REA 326908 | C.F./P.Iva 04032170401

COMUNI DI SALEMI, MARSALA E TRAPANI (TP)
LOCALITÀ “CONTRADA MIRABILE”

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI **IMPIANTO EOLICO** **“MIRABILE”**

REDAZIONE / PROGETTISTA:

TIMBRO E FIRMA PROGETTISTA:



TITOLO ELABORATO:

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA, IDROGEOMORFOLOGICA
E SISMICA**

CODICE ELABORATO:

MIRDT_GENR03200_00

FORMATO:

A4

Nr. EL.:

/

FASE:

**PROGETTO
DEFINITIVO**

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Prima emissione	01/07/2024	A.Mendolia	E.Teodorani	S.Ulivi
01					
02					
03					
04					

SOMMARIO

1.0	- PREMESSA	“	2
2.0	- MODELLO GEOLOGICO PRELIMINARE.....	“	5
	2.1 <i>Inquadramento geografico</i>	“	5
	2.2 <i>Caratteristiche geologiche generali</i>	“	6
	2.3 <i>Caratteristiche morfologiche generali</i>	“	9
	2.4 <i>Caratteristiche idrogeologiche generali</i>	“	13
	2.5 <i>Caratteristiche tettoniche generali</i>	“	15
	2.6 <i>Caratteristiche sismiche generali</i>	“	17
3.0	- TERRENI DI SEDIME AEROGENERATORI E SOTTOSTAZIONE ELETTRICA	“	22
4.0	- CONCLUSIONI	“	48

Allegati interni alla relazione:

- *Stralcio IGM scala 1:25.000.*
- *Stralcio Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000.*
- *Stralcio carta geolitologica, geomorfologica ed idrogeologica scala 1:10.000.*
- *Stralcio carta dissesti, pericolosità e rischi geomorfologico censiti dal PAI della Regione Siciliana – all'interno della relazione.*
- *Stralcio vincoli, Sistema Informativo Forestale della Regione Siciliana – all'interno della relazione.*
- *Planimetria ubicazione indagini geologiche, scala 1:5.000.*
- *Sezioni geologiche-geotecniche, scala 1:250.*

Allegati esterni alla relazione

- *Certificati di prova, indagine sismica HVSR.*

1.0 PREMESSA

A seguito di incarico ricevuto dalla Geo3 Srl di A. Ardagna & C. C/O AREN Green S.r.l., lo scrivente Geol Antonio Mendolia, n° 2411 Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia, ha redatto la presente relazione geologica per la "Progetto per la realizzazione di un impianto di n.7 Impianti Eolici, proposta da Aren Green S.R.L. con sede legale e amministrativa: Via Dell'Arrigoni, 308 – 47522 – Cesena (FC)"

A tal uopo, la *caratterizzazione* e la *modellazione geologica* del sito é stata svolta articolandola nelle seguenti fasi di studio:

➤ CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO:

- Raccolta e rielaborazione di dati e cartografie tematiche, desumibili da indagini e studi effettuati in passato nell'area di progetto e nei suoi dintorni, nella fattispecie quelli relativi al progetto di un parco eolico in prossimità proposto dalla stessa ditta committente.
- Rilevamento geologico generale dell'area ed in particolare di quella utilizzata ai fini progettuali.
- Definizione dei lineamenti geomorfologici, principali e secondari, dei dissesti in atto o potenziali e la loro tendenza evolutiva.
- Definizione dello schema di circolazione idrica superficiale e sotterranea e caratterizzazione idrografica dell'area oggetto di indagine.
- Definizione della successione litostratigrafica locale, dei caratteri geostutturali generali, della geometria, delle caratteristiche delle superfici di discontinuità.
- Definizione di eventuali scenari di pericolosità geologica dell'area di sedime.
- Definizione della pericolosità sismica di base e della risposta sismica locale.

➤ MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO:

- Acquisizione delle informazioni relative alle opere di progetto.

➤ PIANO DELLE INDAGINI SPECIFICHE:

- Utilizzo delle informazioni geologico-stratigrafiche relative ad indagini eseguite in aree limitrofe
- Utilizzo delle informazioni di carattere sismico relative all'esecuzione, in un ristretto areale rispetto a quello di progetto, di n° 1 indagini geofisiche, di tipo HVSR in corrispondenza dell'area oggetto di studio, al fine di stabilire la categoria di suolo e definire la risposta sismica locale.

➤ CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA:

- Utilizzo delle informazioni di carattere geomeccanico eseguite in aree limitrofe

- Riordino delle diverse unità geologiche, in uno o più livelli litotecnici caratterizzate da proprietà litologiche e geomeccaniche omogenee.

➤ Modello geologico definitivo:

- Interpretazione dei dati in possesso ed acquisiti dallo scrivente, al fine di illustrare per i terreni di sedime di ogni singola turbina eolica, le condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, sismiche e le caratteristiche geotecniche del substrato di fondazione.

Il lavoro è stato eseguito in conformità con le indicazioni previste dalle seguenti normative:

Aspetti geologici:

- *Regio Decreto Legislativo 30 dicembre 1923, n° 3267, relativo al "riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani".*
- *D.M. LL. PP. 11/03/1988, relativo alle "norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, etc." e smi.*
- *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana.*
- *Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274/2003 modificata dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3519 del 28 aprile 2006.*
- *NTC 2018 - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 17 Gennaio 2018 e s.m.i., specificatamente secondo i par. 6.2.1, 3.2 e 7.11.3.1.*
- *Circolare 21 gennaio 2019 n.7" Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.*

Aspetti ambientali:

- *DIR. 85/337/CEE.*
- *DIR. 96/61/CE sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC).*
- *DIR. 97/11/CE.*
- *DIR. 2001/42/CE.*
- *Legge 8 Luglio 1986, n° 349.*
- *DPCM 10/8/88, n° 337.*
- *DPR 27/4/92.*
- *DPR 12/4/96.*
- *DPR 03/09/99, n° 302.*
- *D.LGS. 20 Agosto 2002, n° 190.*
- *D. LGS. 22/01/2004.*
- *LEGGE 18 Aprile 2005, n° 62.*
- *D. LGS. 17 Agosto 2005, n° 189.*
- *D.LGS. 3 Aprile 2006, n° 152.*
- *D.LGS 16 Gennaio 2008, n° 4.*

2.0 MODELLO GEOLOGICO PRELIMINARE

2.1 Inquadramento geografico

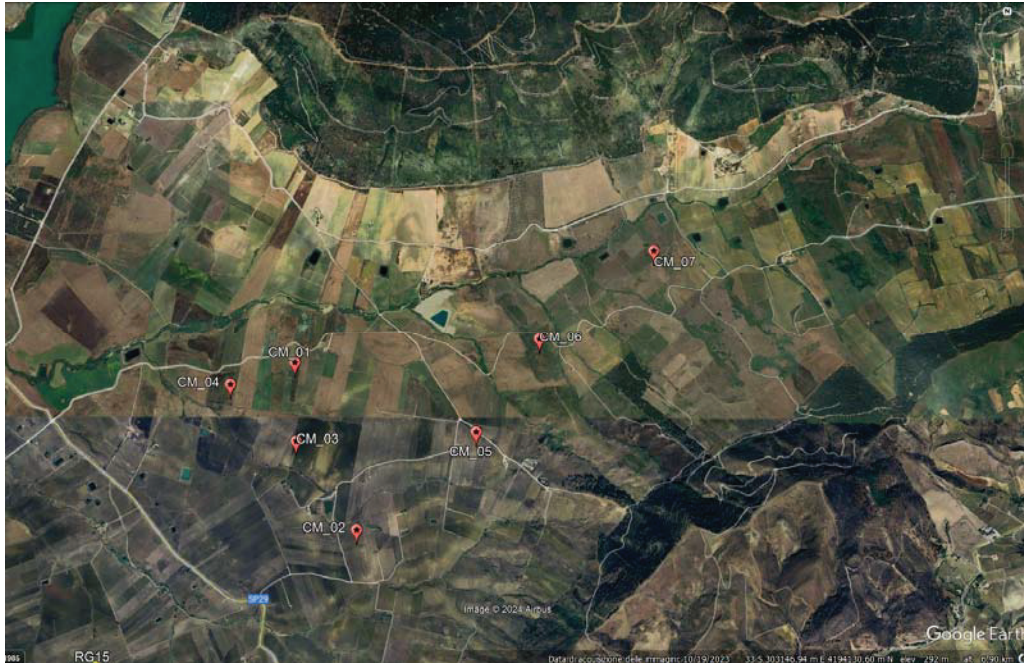


Figura 1.1: estratto di Google Earth; Parco Mirabile

Le n° 7 turbine eoliche ricadono parzialmente nel foglio n° 257, I Quadrante, Orientamento S.O. "VITA" della carta d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano e nella sezione n° 606090-606100 della Carta Tecnica Regionale edita dalla Regione Siciliana, Assessorato del Territorio e dell'Ambiente.

Nell'immagine soprastante sono rappresentate dal segnaposto rosso le turbine eoliche.

Le coordinate baricentriche delle turbine:

CM_01	301600	4193852
CM_02	302044	4192652
CM_03	301593	4193295
CM_04	301126	4193707
CM_05	302905	4193320
CM_06	303386	4193968
CM_07	304221	4194607

2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO A SCALA REGIONALE E DI BACINO

2.2.1 Storia geologica ed evoluzione strutturale

Il territorio esaminato è ubicato nella Sicilia occidentale, Si estende da nord a sud, dalla Diga Rubino , attraverso in corrispondenza della SP 29, SP 69, ad ovest dalla SP 8 Castelvetro-Paceco e la località Borgo Fazio.

La Sicilia occidentale costituisce l'area di raccordo tra la catena Appenninica e le Maghrebidi Tunisine, essa è limitata verso nord dal bacino Tirrenico, area sottoposta ad assottigliamento crostale a partire dal Tortoniano (Nigro, 1998, Giunta et alii, 2000a,) e verso sud dal Canale di Sicilia, area di avampaese sottoposto a processi transtensionali di rifting intraplacca.

La Sicilia occidentale rappresenta un segmento della SFTB (Sicily Fold and Thrust Belt) migrante verso sud ed è la porzione emersa di un più ampio sistema orogenico siculo-magrebiano che si è sviluppato nella regione del Mediterraneo centrale a seguito dei processi di collisione Africa-Europa nel Neogene-Quaternario (Dewey et al., 1989; Ben-Avraham et al., 1990).

L'SFTB è costituito da una pila di sovrascorrimenti derivanti dalla deformazione del tardo Oligocene-Miocene medio dell'oceano Neotethys e del paleo-margine continentale dell'Africa (Bianchi et al., 1987; Roure et al., 1990; Bello et al., 2000 ; Catalano et al., 2000a,b).

Il segmento più occidentale della SFTB è orientato NE-SW comprende la piattaforma carbonatica meso-cenozoica e successioni pelagiche.

Dal tardo Miocene, le faglie profonde si sono ripiegate formando una struttura embriata in cui le superfici di scorrimento che si susseguono nel tempo iniziano a formarsi lungo il letto della struttura stessa, accompagnata dallo sviluppo di bacini marini sintettonici ai piedi delle strutture principali (ad. esempio il bacino di Castelvetro fig 2.1).

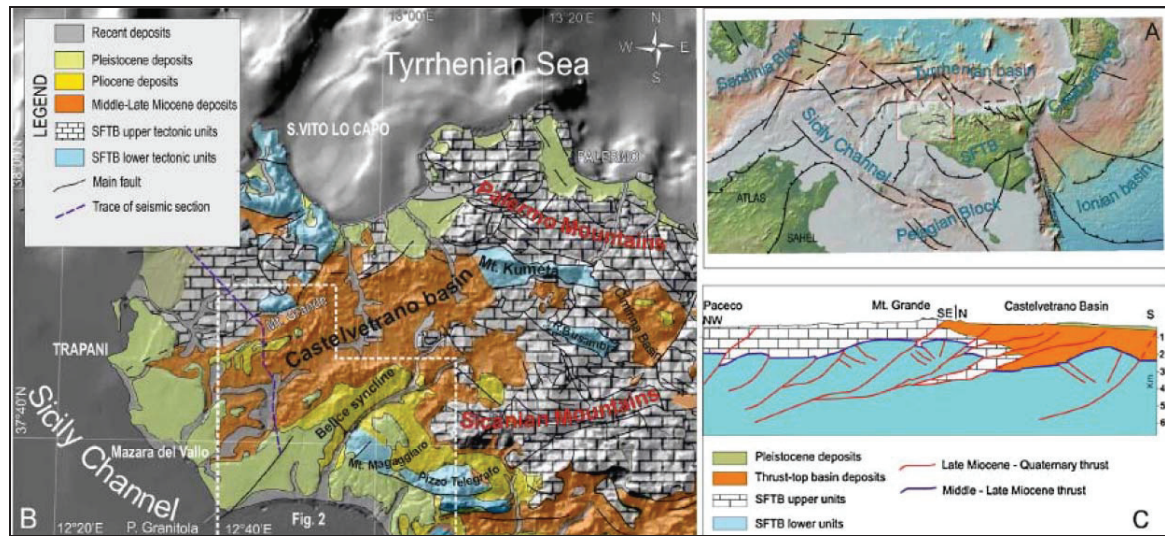


Figura 2.1: modello tettonico del mediterraneo

La sommità della successione sedimentaria è rappresentata da calcareniti terrazzate pleistoceniche, localmente deformate dalle strutture compressive. Nella Sicilia nord-occidentale, la porzione interna del sistema di sovrascorrimento profondo è caratterizzata dalla presenza di faglie ad alto angolo e associate pieghe di ampia lunghezza d'onda (Avellone et al., 2010; Barreca e Maesano, 2012).

Il sovrascorrimento frontale è ancora sismicamente attivo, come indicato dalla sequenza sismica distruttiva della Valle del Belice del 1968 (Monaco et al., 1996; Morelli e Pondrelli, 1998; DISS Working Group, 2010). Di conseguenza, i processi sismotettonici si adattano alla compressione attiva nella parte anteriore dell'SFTB e in particolare lungo i piani di faglia profondi (Lavecchia et al., 2007; Visini et al., 2010; Sgroi et al., 2012). L'assetto strutturale dell'area studiata (Fig. 2.2) è caratterizzato da sovrascorrimento a strutture embriciate con andamento NE-SW che si sono propagate verso l'avanfossa lungo orizzonti sedimentari dal Miocene al Quaternario. La propagazione dei sovrascorrimenti è stata accompagnata dallo sviluppo di pieghe ampie (es. anticlinale di Fiume Freddo, sinclinale di Vita e del Belice).

Questo sistema di sovrascorrimenti e pieghe superficiale appaiono sovrapposte tra i due culminazioni strutturali di Montagna Grande a nord, e M. Magaggiaro-Pizzo Telegrafo a sud (Fig. 1B, 2). Quest'ultimo culmine ha avuto origine da spinte profonde che hanno deformato parte dell'avanfossa pelagica (Tortorici et al., 2001).

L'attività tettonica recente è testimoniata da terrazzi del Tardo Quaternario piegati e depositi lacustri, affioranti nel settore frontale e più basso del sistema di sovrascorrimenti e pieghe, a sud di Pizzo Telegrafo.

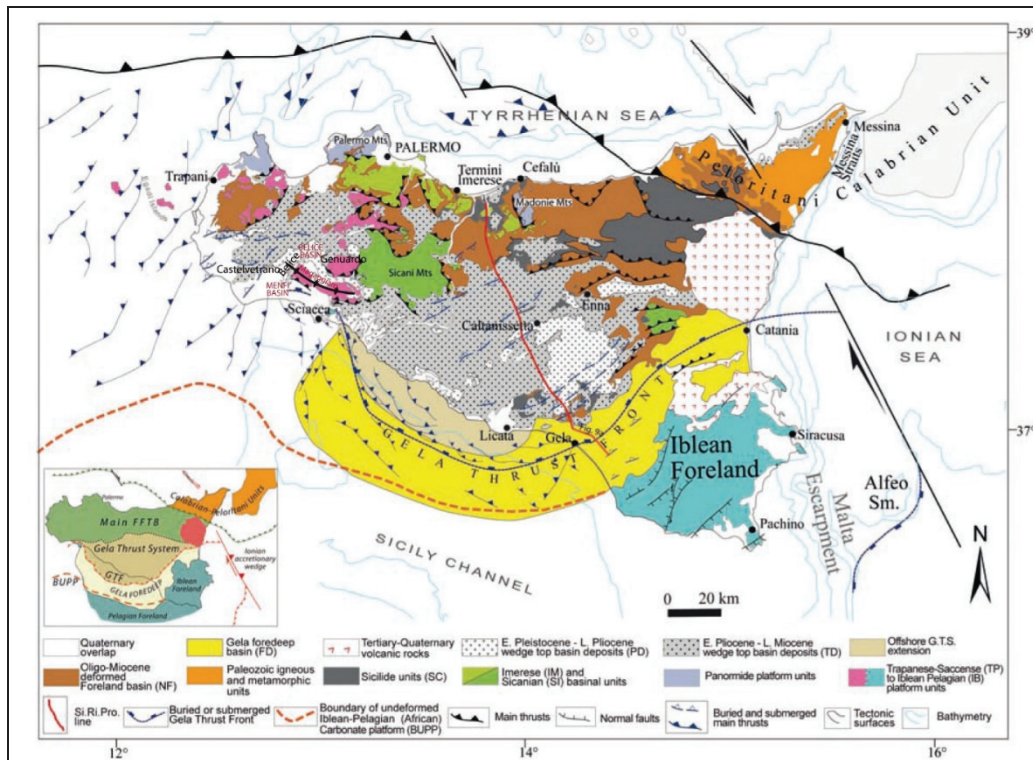


Fig. 2.2 – Mappa geologico strutturale della Sicilia. Nel riquadro piccolo sono mostrati i principali elementi che caratterizzano la Catena Siciliana (da: Catalano et al., 2013).

2.2.2 Caratteri litostratigrafici del territorio

Il territorio esaminato è caratterizzato dall'affioramento di Successioni Meso-Cenozoiche del dominio panormice di natura silico-clastici e carbonatico-clastici di età Oligocene superiore-Miocene inferiore e medio (Aquitaniiano-Langhiano/Serravalliano inferiore) con spessori dell'ordine delle centinaia di metri ricoperti in discordanza da depositi argillo-marnosi, argillo-sabbiosi e calcarenitici pliocenici. Queste formazioni risultano spesso ricoperte da estese coperture eluviali sui pianori collinari, da depositi alluvionali e palustri olocenici nei fondovali dei principali corsi d'acqua ed interessati da spesse coltri di detrito di versante e accumuli di frana attuali.

Le Successioni Meso-Cenozoiche del Dominio Prepanormide consistono di Depositi silico-clastici e carbonatico-clastici di età Oligocene superiore-Miocene inferiore e medio (Aquitaniiano-Langhiano/Serravalliano inferiore) con spessori dell'ordine delle centinaia di metri.

Nel Foglio "Paceco" questi termini sono stati raggruppati in tre unità litostratigrafiche informali, che appaiono geneticamente collegate ma ciascuna leggermente sfasata nel tempo rispetto alle altre. Si tratta di successioni, grosso modo coeve, che presentano una notevole variabilità di facies che non consente una chiara delimitazione formazionale al loro interno e di conseguenza una identificazione netta sul campo.

Le tre unità litostratigrafiche individuate sono: argille ed arenarie quarzose di Monte Bosco (BCO); argille marnose, calcari ed arenarie glauconitiche di Monte Luziano (LUO), ed infine biolittiti, biocalciruditi algali glauconitiche e sabbie a grandi macrofossili ("Mischio", HIO).

I depositi di LUO sono a loro volta separati in due unità di associazioni di facies: marne, calcari, biocalcareni ed arenarie glauconitiche di Montagnola della Borranza (LUOa, LUOc) arenarie, argille sabbiose, quarzosiltiti glauconitiche e calcareniti torbiditiche di Costiere Sigiare (LUOb, LUOd). I depositi delle tre unità vengono interpretati come appartenenti ad un bacino di sedimentazione più o meno coevo del Bacino Numidico ma probabilmente collocato in posizione più esterna (Catalano et alii, 1992b; Catalano et alii, 2013a).

Le formazioni plioceniche, sono state messe in posto da un ciclo di sedimentazione continuo che, senza interruzioni o lacune, si protrae per tutto il pliocene. L'inizio di tale ciclo, caratterizzato alla sua base da una trasgressione, coincide con la deposizione dei calcari marnosi e marne (FM Trubi) del Pliocene inferiore e mostra nel suo insieme una evoluzione a carattere regressivo, con la sovrapposizione, sui sedimenti pelagici, di depositi via via più sabbiosi afferenti alla formazione "marnoso - arenacea torbiditica della Valle del Belice" del Pliocene medio - sup. che si estende prevalentemente nella zona orientale verso l'abitato di Salemi.

I depositi quaternari affiorano estesamente in quasi tutta l'area di studio, sono costituiti da depositi di ambiente fluviale (depositi alluvionali di fondovalle e di terrazzo) ed estese coltri eluvio-colluviali, interessate da intense attività agricole. In considerazione dell'assetto topografico dell'area e della limitata presenza di pareti rocciose, poco diffusi sono invece i detriti di falda, rappresentati quasi esclusivamente da rari accumuli eterometrici.

Di seguito vengono descritte le caratteristiche litologiche e stratigrafiche della successione sedimentaria affiorante nell'ambito territoriale esaminato, anche se non rilevate esplicitamente nei siti direttamente interessati dall'intervento. La carta geologica (Tavola 5 e 6) ne descrive la distribuzione areale.

Le varie formazioni e unità affioranti vengono descritte in ordine, dai termini cronostratigrafici più antichi a quelli più recenti:

- Peliti biocalcareni ed arenarie di M.te Bosco (BCO) (oligocene superiore-miocene inferiore):
- Depositi terrigeni pelitico-arenacei, a geometria cuneiforme. Sono caratterizzati da argilliti siltose di colore dal grigio-piombo al giallo-ocra, passanti ad arenarie quarzose a grana medio-fine. La messa in posto, attraverso flussi gravitativi.
- Argille calcari ed arenarie glauconitiche di Monte Luziano (LUO e LUO_a) (oligocene sup.-miocene inf.):
- Depositi terrigeni, a geometria cuneiforme, costituiti da calcareniti glauconitiche più o meno cementate, con alla base un conglomerato o breccia poligenica e noduli fosfatici (LUO_a)
- Depositi terrigeni, a geometria cuneiforme, costituiti da argille sabbiose, sabbie ed arenarie.

- Formazione marnoso-arenacea del Belice (BLC): Occupa una rilevante porzione del territorio esaminato ed è costituita prevalentemente da argille ed argille marnose grigio azzurre contenenti tenori variabili di sabbie prevalentemente quarzose, con nannofossili calcarei planctonici complessivamente riferibili al Pliocene medio e superiore (Piacenziano-Gelasiano).
- Trubi (pliocene inf.): Alternanze regolari di banchi decimetrici di calcari biancastri teneri a foraminiferi planctonici e livelli centimetrici di marne bianco-grigiastre. Nella porzione sommitale si osservano marne calcaree ricche in frammenti di lamellibranchi, gasteropodi ed echinidi. Spessore affiorante tra 60 e 80 m.
- Sintema di Borromia (BRM) (pleistocene med-sup): Il sintema è costituito da depositi alluvionali distribuiti su due ordini di terrazzi fluviali situati lungo i versanti vallivi o in posizione sommitale. La giacitura di questi depositi mima l'assetto di due corpi sedimentari ognuno dei quali presenta geometrie tabulari e spessore compreso fra circa 1 e 20 m. Sono depositi, poco cementati, essenzialmente costituiti da ciottoli poligenici arrotondati, in cui prevalgono elementi quarzarenitici, immersi in una matrice sabbioso-ghiaiosa
- Depositi Alluvionali Attuali (Olocene): Sono alluvioni attuali costituiti da conglomerati, ghiaie, sabbie e limi bruno rossastri. Originano conoidi allo sbocco della forra di stretta Arancio.
- Copertura eluviale (Olocene) Coperture detritiche dovute ad alterazione "in situ" o, depositi mobilizzati da processi di ruscellamento, costituiti da clasti eterometrici di varia litologia in matrice pelitica e/o sabbiosa.

2.3 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE GENERALI

Il paesaggio del settore emerso del Foglio "Paceco" è dominato da un'area collinare interna debolmente ondulata e da un'ampia fascia costiera pianeggiante.

L'area collinare è caratterizzata da un paesaggio debolmente ondulato costituito dall'alternanza di piccoli rilievi isolati, con cime arrotondate e versanti blandamente inclinati, e di dolci depressioni fluviali, appena accennate; i fondovalle di queste ultime appaiono per lo più pianeggianti, lungo le valli delle aste di ordine maggiore, oppure mostrano dei declivi profili a conca o, più raramente, brusche terminazioni a "V", nel caso delle valli dei piccoli corsi d'acqua tributari.

Il lento ma graduale sollevamento della regione studiata, viene ipotizzato come principale causa d'innescio dei processi di erosione di fondo lungo i corsi d'acqua, nonché dell'attuale esposizione dei terrazzi marini emersi. Le

valli fluviali che tagliano la successione di terrazzi marini (e che, nel tempo, hanno prodotto l'isolamento di piccoli rilievi collinari) sono infatti il risultato della tendenza all'erosione di fondo dei corsi d'acqua dell'area studiata. Queste valli presentano un fondo costituito da piane alluvionali nei tratti di pianura costiera in cui si raccordano con il loro livello di base (corrispondente all'attuale livello del mare); le piane alluvionali si sarebbero verosimilmente prodotte per processi di sovralluvionamento a causa della risalita del livello del mare fra la fine dell'ultimo evento climatico glaciale quaternario e l'inizio dell'Olocene. Le pianure alluvionali delle aree intravallive hanno anch'esse un fondo piatto probabilmente generato da processi di sovralluvionamento oppure (o in parte) legato a fenomeni di erosione laterale. Questi ultimi sarebbero responsabili della formazione di piani di erosione fluviale successivamente ricoperti, durante eventi di piena, da accumuli alluvionali.

Nei tratti più a monte in cui i corsi d'acqua mostrano dei profili più inclinati, si hanno invece alvei in approfondimento che producono valli a "V" oppure, nel caso in cui si attraversano rocce molto erodibili e le portate dei fiumi sono minime, piccole valli a conca.

I modesti rilievi collinari situati nelle aree orientali, rimasti isolati a seguito dell'incisione fluviale, mostrano invece delle sommità addolcite con versanti debolmente ondulati e a bassa inclinazione, risultando essenzialmente modellati da processi di ruscellamento, da movimenti lenti del regolite e dalla stessa erosione fluviale operata da piccoli affluenti dei corsi d'acqua principali.

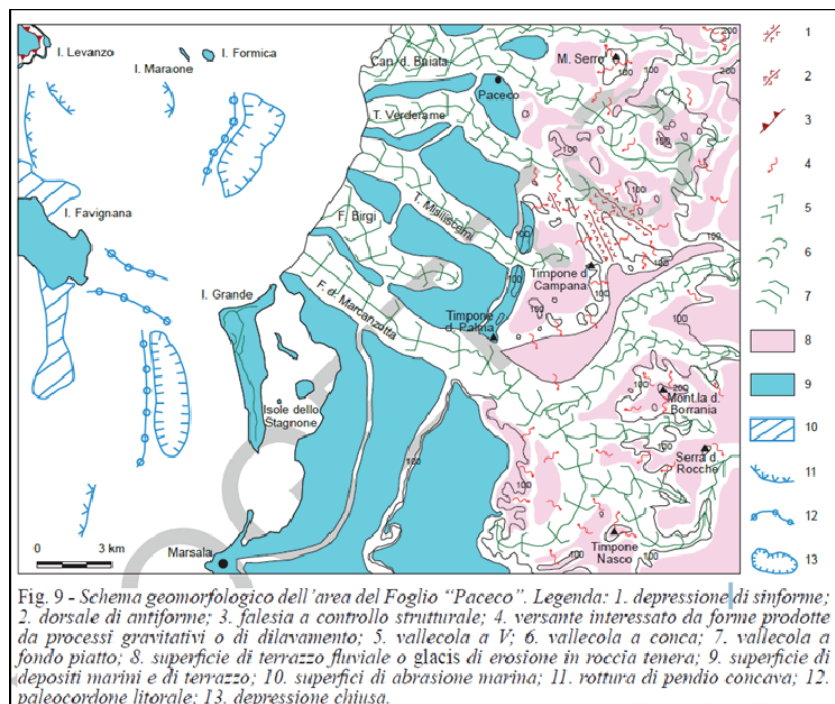


Fig. 2.3 – Schema geomorfologico dell'area del foglio Paceco. (CARG)

Le forme che vi si osservano sono infatti: superfici dilavate; rivoli e solchi di ruscellamento; lobi e terrazzette da soliflusso o soil creep; piccole incisioni fluviali. Nel settore di Timpone della Campana le forme strutturali derivate (due valli di anticlinale e una valle di sinclinale) potrebbero essere state originate dai processi di denudazione, che hanno agito in modo selettivo in seguito all'aumento dell'energia del rilievo prodottosi successivamente all'incisione fluviale degli attuali torrenti Verderame e Misiliscemi. Da notare che, mentre nel caso della depressione di sinclinale esiste una congruenza fra struttura tettonica e topografia (un basso topografico coincidente con un basso strutturale), nel caso delle due depressioni di anticlinale l'erosione selettiva ha nel tempo prodotto una inversione del rilievo (depressioni topografiche impostate in corrispondenza di alti strutturali). L'evoluzione morfologica del territorio risulta anche fortemente condizionata dai processi gravitativi ed erosivi che determinano l'attuale stato di dissesto.

In linea generale, le condizioni di dissesto del territorio derivano dalla combinazione dell'assetto litologico e strutturale con altri fattori predisponenti delle condizioni di instabilità, quali ad esempio le caratteristiche climatiche, e la presenza di ampie aree ad uso agricolo estensivo che espongono terreni arati e, quindi, senza vegetazione al ruscellamento autunnale ed invernale.

Le morfologie derivanti sono, pertanto, connesse all'erodibilità delle rocce affioranti e maggiormente accentuati in corrispondenza degli affioramenti plastici piuttosto che in quelli lapidei.

Infatti, gli affioramenti di rocce litoidi presentano un reticolo idrografico poco sviluppato, impostato in prevalenza lungo le linee di discontinuità tettonica, con strette valli a V; i versanti sono caratterizzati da brusche rotture di pendenza con pareti sub-verticali in cui i fronti rocciosi, per effetto dell'intensa e irregolare fatturazione, sono esposti a fenomeni di crollo solitamente innescati dalle condizioni meteoriche avverse.

Nei versanti argillosi e argillo-sabbiosi l'azione erosiva si esercita con più rapidità e facilità, la rete idrografica risulta infatti notevolmente sviluppata, con incisioni più o meno accentuate in funzione delle condizioni di acclività del pendio, dello stato di alterazione dei terreni e della presenza di copertura vegetale. In questo contesto si sviluppano condizioni di dissesto erosivo quali: il ruscellamento concentrato, che si manifesta con la formazione di fossi di erosione particolarmente accentuati lungo i pendii argillosi e sabbiosi ed il ruscellamento diffuso che determina condizioni di erosione accelerata superficiale capace di degenerare in forme calanchive.

I fenomeni di dissesto di tipo gravitativo sono piuttosto rari e poco estesi arealmente. I pochi dissesti individuati sono riconducibili a fenomeni di soliflusso e di colamento lento, e più raramente a fenomeni di tipo scorrimento o frane complesse. Si osservano infine alcune frane di crollo lungo i fronti calcarei o calcarenitici subverticali

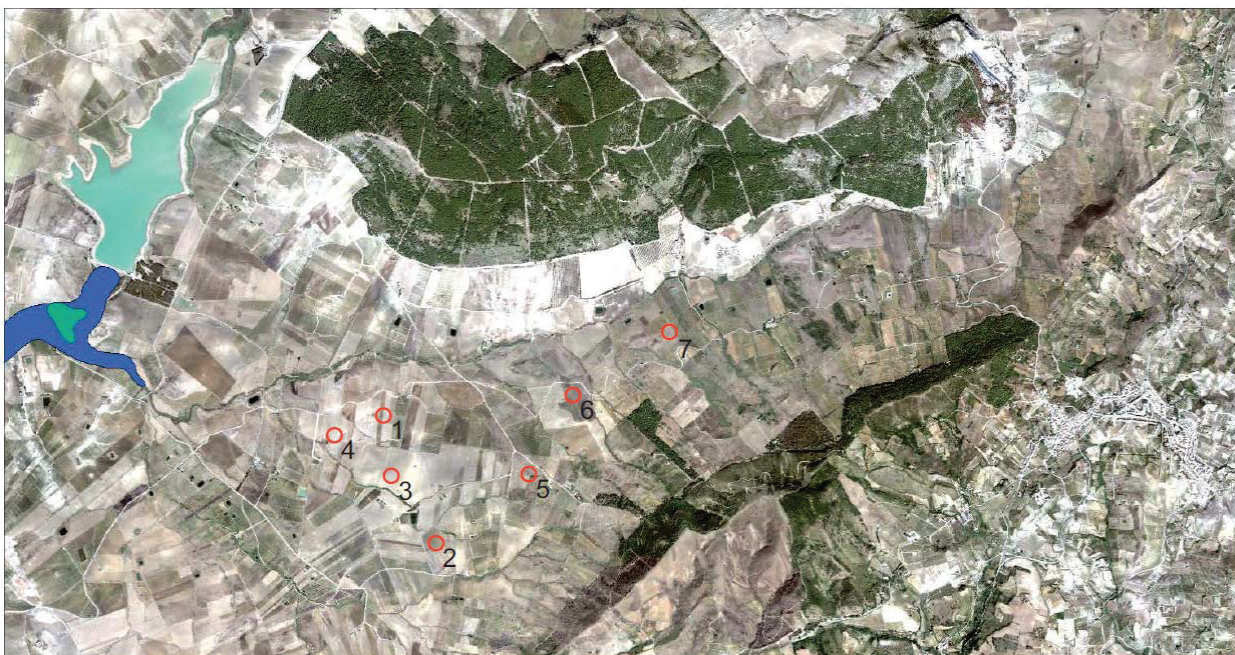
Nelle zone di fondovalle, valutando l'azione modellatrice dei processi morfologici, occorre considerare non solo i fenomeni di erosione di sponda e laterale, ma anche i processi deposizionali che generano aree di accumulo, di spessore anche considerevole, dei depositi alluvionali, lungo le quali i corsi d'acqua assumono un andamento meandriforme.

L'area in esame si presenta in un contesto geomorfologico ed idrogeologico ottimale in quanto l'area non è interessata da intensi fenomeni erosivi generati dalle acque dilavanti, in base alle osservazioni fatte sia nell'area in studio che nelle zone limitrofe non risultano segni di dissesto né elementi valutabili come indici precursori di instabilità dell'area, pertanto si può dare esito positivo sull'idoneità idrogeologica e morfologica dell'area in stretto contatto.

Le altimetrie dei terreni in corrispondenza delle singole turbine eoliche, variano secondo lo schema riportato nella successiva tabella:

	Quota m s.l.m.
CM_01	265,00
CM_02	269,00
CM_03	253,00
CM_04	234,00
CM_05	334,00
CM_06	320,00
CM_07	336,00

SITR - Stampa visualizzatore



27/6/2024, 17:03:19

Collasso
Manovra scarico

1:36.112
0 0,35 0,7 1,4 mi
0 0,5 1 2 km

MOEA Regione Siciliana - Presidenza - Altorità di
Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia

Regione Siciliana - SITR
Regione Siciliana - SITR

Figura 2.3: stralcio carta dissesti, P.A.I. - Regione Sicilia, i cerchi rossi rappresentano il punto di installazione delle torri eoliche in progetto

SITR - Stampa visualizzatore

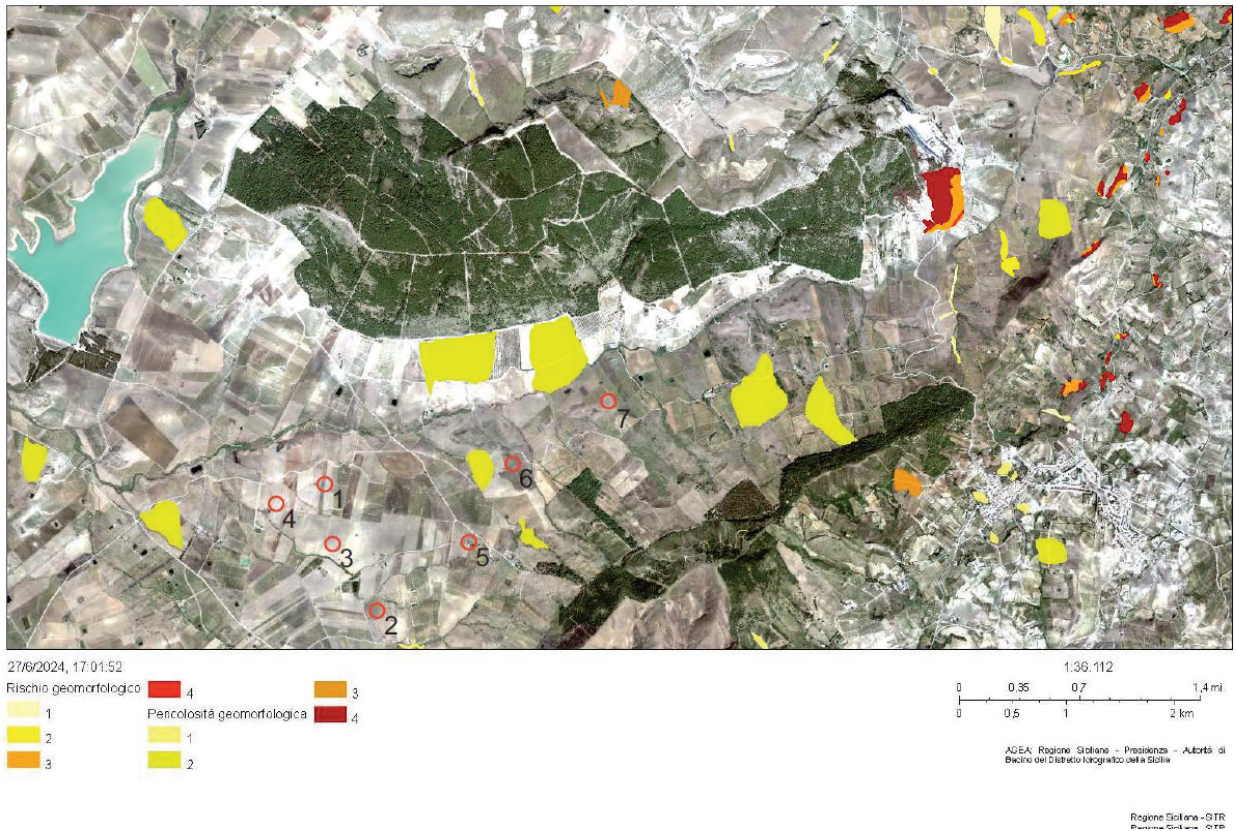
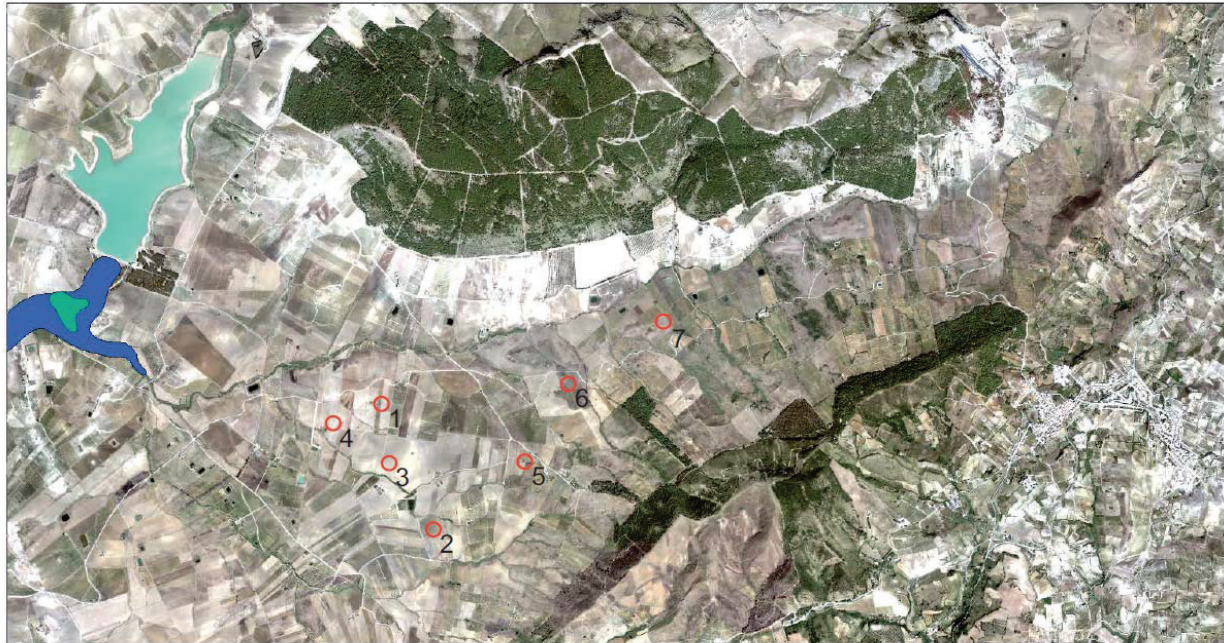


Figura 2.4: Pericolosità e rischio di tipo geomorfologico ed idraulico P.A.I. - Regione Sicilia, i cerchi rossi rappresentano il punto di installazione delle torri eoliche in progetto

SITR - Stampa visualizzatore



27/6/2024, 17.03.19
Collaasso
Manovra scarico

1:30.112
0 0,35 0,7 1,4 mi
0 0,5 1 2 km

AGEA Regione Siciliana - Presidenza - Autorità di
Bacino del distretto idrografico della Sicilia

Regione Siciliana - SITR
Regione Siciliana - SITR

Figura 2.5: Pericolosità e rischio idraulico P.A.I. - Regione Sicilia, i cerchi rossi rappresentano il punto di installazione delle torri eoliche in progetto

Da un'attenta analisi della cartografia tematica di pericolosità, rischio e dissesto geomorfologico ed idraulico redatte per il P.A.I. dalla Regione Siciliana – Assessorato Territorio e Ambiente - “Area Territoriale tra il bacino del Fiume Birgi (051)”, si osserva che i terreni oggetto di indagine, dal punto di vista geomorfologico, **non ricadono** all'interno di aree soggette a dissesto, pericolosità e rischio come evidenziato nelle immagini seguenti:

Anche sotto il profilo del rischio e della pericolosità idraulica, relativo al Piano di Assetto Idrogeologico, i terreni oggetto di indagine **non ricadono** all'interno di nessuna area censita a rischio e/o pericolosa.

SITR - Stampa visualizzatore

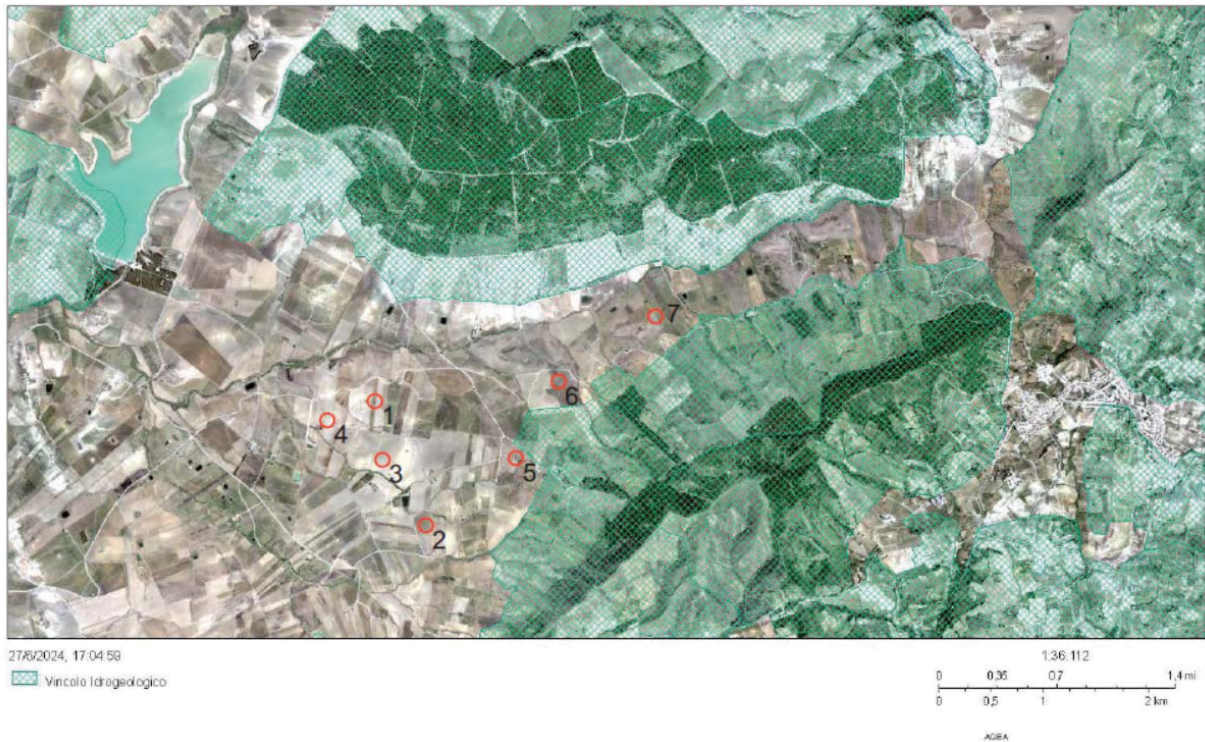


Figura 2.6 Stralcio carta vincolo idrogeologico SITR-Regione Sicilia, il poligono rosso racchiude le torri eoliche in progetto.

I terreni di sedime delle n° 7 torri eoliche ricadono all'esterno di un'area "vincolata per scopi idrogeologici". Nell'insieme le condizioni geomorfologiche dell'area vasta non presentano problemi di stabilità generali, dai sopralluoghi esperiti non sono state riscontrate e/o evidenziate problematiche legate a dissesti in atto in corrispondenza dei terreni di sedime delle torri.

2.4 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE GENERALI

2.4.1. Idrografia

L'assetto idrografico ed idrogeologico del territorio esaminato è essenzialmente guidato da quello geolitologico e geomorfologico che interessa il settore meridionale del Bacino dei Fiumi Birgi e Màzaro.

Il territorio è caratterizzato da una morfologia prevalentemente collinare con pendenze blande, anche se non mancano paesaggi aspri e accidentati, nella zona montana, né ampie pianure costiere, spianate dall'azione del mare nel periodo Quaternario.

Nel settore centrale dei due bacini, i depositi prevalentemente plastici di età miocenica e pliocenica, caratterizzati da un assetto morfologico collinare molto blando ed arrotondato. Lungo tali versanti, il principale processo morfodinamico è quello legato allo scorrimento delle acque libere e all'erosione e al trasporto solido delle acque incanalate. Laddove affiorano i terreni lapidei la morfologia è rappresentata da rilievi modesti (la quota massima è di 751 m s.l.m. di Montagna Grande) ma dai versanti acclivi, a volte associati a fasce detritiche.

Il bacino imbrifero del Fiume Birgi nel complesso presenta una forma approssimativamente rettangolare, il reticolo idrografico è di tipo subdendritico, con una densità maggiore nelle aree argillose, mentre è poco ramificato in corrispondenza dei terreni permeabili. In particolare, in corrispondenza delle sabbie e calcarenitici, l'area è drenata superficialmente da alcuni fossi e linee di impluvio di scarsa importanza

Il bacino del Fiume Mazzo e l'area territoriale tra il bacino del Fiume Mazzo e il bacino del Fiume Arena presentano una forma allungata in direzione NNE-SSW, con una porzione più allargata nella parte centrale. Il Fiume Mazzo, il bacino è caratterizzato da un reticolo idrografico dendritico, discretamente gerarchizzato, maggiormente sviluppato in sinistra idraulica, dove il territorio presenta una morfologia meno pianeggiante per la presenza di piccoli rilievi isolati, i cosiddetti Timponi. L'affluente principale del Fiume Mazzo, in sinistra idraulica, è il Torrente Bucari, caratterizzato anch'esso da un reticolo di tipo dendritico maggiormente sviluppato in sinistra idraulica.

Complessivamente il bacino presenta un reticolo idrografico con regimi di tipo torrentizio che si estrinsecano in prolungati periodi di assoluta siccità alternati a periodi di piena con tempi brevi di corrivazione dopo gli eventi meteorici. I maggiori volumi dei deflussi appaiono sempre concentrati nel semestre Novembre-Aprile.

2.4.2 Idrogeologia

Il grado di permeabilità ed il regime idrogeologico dei terreni presenti nell'area in esame sono stati determinati prendendo in considerazione sia la loro natura geolitologica, sia il loro assetto stratigrafico e tettonico-strutturale. Pur tenendo conto dell'estrema variabilità che la permeabilità può presentare anche all'interno di una stessa unità litologica, si è cercato di definire tale parametro per le formazioni affioranti nel bacino. A tal fine si sono identificati vari complessi idrogeologici, ognuno costituito da depositi anche di età ed origine differenti, ma con analoghe caratteristiche idrogeologiche e di permeabilità.

I litotipi affioranti nell'area in studio mostrano permeabilità da molto bassa o nulla (complessi prevalentemente argilloso-marnosi) a medio-elevata per porosità e fratturazione e, in misura minore, per carsismo (complessi lapidei calcarenitici, arenacei o calcareo-dolomiti).

I depositi alluvionali presentano una permeabilità per porosità da media ad elevata in funzione della distribuzione granulometrica dei sedimenti e sono sede di falde idriche, in genere superficiali e di consistenza non elevata, a causa degli spessori piuttosto modesti di tali depositi.

I litotipi calcarenitici hanno una permeabilità medio-alta, essendo sempre interessati da un elevato grado di fratturazione e/o carsismo, pertanto, in essi si instaura una circolazione idrica, la cui entità dipende anche dall'estensione areale e dalla potenza dei depositi.

I litotipi a composizione prevalentemente argilloso-marnosa, invece, sono caratterizzati da un grado di permeabilità basso o quasi nullo, tali da potersi considerare praticamente impermeabili, e quindi da escludere al loro interno la presenza di circolazione idrica sotterranea di interesse.

Nelle coltri di copertura o di alterazione di natura detritica o detritico-eluviale, è possibile rinvenire delle falde superficiali a carattere stagionale a seguito della infiltrazione di acque meteoriche, comunque di modesta rilevanza e dipendenti dalle caratteristiche granulometriche.

Di seguito vengono descritti i vari complessi idrogeologici individuati, secondo le caratteristiche di permeabilità possedute dai litotipi affioranti nell'ambito territoriale di riferimento.

In linea generale, i depositi sabbiosi (unità Monte Bosco e M.nte Luziano) rappresentano i litotipi caratterizzati da permeabilità primaria per porosità, i litotipi caratterizzati da permeabilità primaria per fratturazione sono invece rappresentati da calcareniti (unità Monte Bosco e M.nte Luziano), interessati anche da fenomeni di dissoluzione chimica che possono accentuarne il grado di permeabilità. Litotipi impermeabili o scarsamente permeabili sono rappresentati dagli intervalli marnoso-argilloso delle precedenti unità ed della F.ne Marnoso arenacea del Belice, dai trubi.

La dinamica idrica sotterranea risulta quindi strettamente influenzata dalla sovrapposizione di strati a diversa permeabilità. Acquiferi di varia entità sono presenti in terreni permeabili, sia per porosità che per fratturazione e/o carsismo, il limite di permeabilità è costituito dal passaggio a sottostanti terreni di natura argillosa.

Generalmente la direzione di flusso delle acque di circolazione idrica sotterranea avviene presumibilmente verso ovest.

Gli elementi climatici, esaminati nel dettaglio nei capitoli successivi, influiscono direttamente sul regime delle acque sotterranee e, essendo le piogge concentrate in pochi mesi la ricarica degli acquiferi dell'area in esame avviene sostanzialmente nel periodo piovoso ottobre-aprile, mentre durante l'estate, caratterizzata da lunghi periodi di siccità ed elevate temperature, si verificano condizioni di deficit di umidità negli strati più superficiali del terreno.

Nel territorio esaminato, i complessi carbonatici e carbonatico-silicoclastici, fratturati e più o meno carsificati, presenti nelle successioni di piattaforma carbonatica e carbonatico-pelagica del dominio Trapanese, affioranti nei

Monti di Trapani, sono sepolti al di sotto di complessi prevalentemente argillosi (coperture terrigene) a ridotta o nulla permeabilità.

Questi complessi carbonatici e carbonatico-silicoclastici sono sede di importanti acquiferi in rete di fratture, spesso termali.

I terreni calcareo-marnosi e terrigeni, parzialmente affioranti e tettonicamente sovrastanti ai precedenti, che derivano dalla deformazione del dominio Prepanormide, svolgono un ruolo idrogeologico alquanto modesto. I livelli permeabili per fratturazione sono dati da calcari marnosi e marne con intercalazioni biocalcarenitiche, che verso l'alto sono sostituiti da argilliti e marne silteose con orizzonti di arenarie quarzose (quest'ultime permeabili per fratturazione e, subordinatamente, per porosità).

Complessivamente, tali terreni si comportano come un mezzo impermeabile e/o semipermeabile. Solo localmente, per la presenza di orizzonti più calcarei od arenacei, si possono originare falde idriche in rete di fratture di modesta entità che alimentano piccole scaturigini, particolarmente esposte al totale prosciugamento durante le stagioni secche.

Nelle strutture sinclinaliche, su questi terreni fanno seguito potenti spessori di depositi clastico-terrigeni dell'avanfossa miocenica e sintettonici pliocenici, costituiti da orizzonti a diverso grado di permeabilità che possono ospitare acquiferi spesso multifalda, separati da orizzonti impermeabili o semi-permeabili.

Gli acquiferi presenti negli intervalli conglomeratico-arenacei della formazione Terravecchia, arenacei della f.ne marnoso arenacea del Belice, calcarenitici del sistema di Marsala ed alluvionali pleistoceniche del sistema di Borromia, presentano manifestazioni sorgentizie relativamente modeste e sono sfruttate da pozzi idrici di enti pubblici e di privati.

Nei depositi alluvionali degli alvei dei corsi d'acqua attuali (Birgi e bacini minori) sono presenti acquiferi multifalda, che vengono captati per pozzi per lo più a grande diametro.

2.4.2 Cenni di climatologia

Al fine di individuare le caratteristiche climatiche che contraddistinguono i bacini idrografici sui quali ricade l'area oggetto di studi, vengono di seguito riportate le elaborazioni termometriche e pluviometriche riportate negli studi del PAI del Bacino del Fiume Birgi (051). Il regime termico e pluviometrico dell'area sono stati ricavati analizzando i dati registrati presso le stazioni termopluviometriche e pluviometriche situate all'interno del bacino in esame, o nelle aree immediatamente circostanti, di seguito elencate

STAZIONE	ANNI DI OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				Nord	Est
BIRGI NUOVO	1965-1994	Pluviometro	7	4197776N	278716E
BORGO FAZIO	1965-1994	Pluviometro	208	4189995N	293186E
CALATAFIMI	1965-1994	Termo-pluviometro	350	4198785N	312468E
DIGA RUBINO	1965-1994	Pluviometro	180	4197283N	297770E
FASTAIA	1965-1994	Pluviometro	218	4200875N	302256E
MARSALA	1965-1994	Termo-pluviometro	12	4186718N	276949E

Tabella 1: Stazioni termopluviometriche ricadenti nel bacino del Birgi e nelle aree limitrofe.

Regime termico: Per l'analisi delle condizioni termometriche si è fatto riferimento ai dati registrati dalle stazioni di Calatafimi e Marsala, che sono le stazioni termo-pluviometriche più vicine al Bacino del Fiume Birgi e dell'area compresa tra questo ed il Bacino del F. Lenzi Baiata. Pur non ricadendo all'interno dell'area in studio, la stazioni sono limitrofe ad essa, per cui i dati registrati si possono considerare rappresentativi della variabilità dell'intera area.

Prendendo in considerazione i dati termometrici rilevati nel periodo di un trentennio e confrontando i valori relativi alle medie mensili ed annuali, si nota che, sebbene il valore medio annuo complessivo del bacino, di 17,5 °C, risulti pressoché corrispondente al valore medio annuo delle singole stazioni, l'andamento termico delle due stazioni è leggermente diverso, rispecchiando la rispettiva distanza dal mare: i valori medi mensili della stazione di Marsala mostrano infatti che l'area di Marsala, sia nei mesi invernali che in quelli estivi, risente maggiormente dell'azione mitigatrice del mare rispetto a quella di Calatafimi.

L'analisi dei dati mostra inoltre che nei mesi più caldi (Luglio e Agosto) si raggiungono temperature massime di circa 41°C; invece, nel mese più freddo (Gennaio), le temperature minime non scendono mai al disotto dello zero, ad eccezione di un picco (-4,5°C stazione di Marsala, 0,3°C stazione di Calatafimi) registrato nel 1981.

Regime pluviometrico: Per l'analisi delle condizioni pluviometriche, si è fatto riferimento ai dati registrati nelle cinque stazioni pluviometriche ricadenti all'interno dell'area territoriale o limitrofe ad essa. Dai dati pluviometrici raccolti è stato possibile evidenziare come la precipitazione media annua dell'intero bacino, nel periodo di osservazione trentennale, è di 498,7 mm. Le variazioni riscontrate rientrano nell'andamento climatico di tipo semiarido temperato-caldo, caratterizzato da precipitazioni concentrate nel periodo autunnale-invernale e quasi assenti in quello estivo.

Inoltre, nel periodo considerato, gli anni più piovosi sono stati il 1976 e il 1969, quando si sono registrati rispettivamente 1079 mm (stazione di Birgi Nuovo) e 798,0 mm (stazione Diga Rubino) di pioggia; l'anno meno piovoso, invece, è stato il 1977, con 212,8 mm di pioggia (stazione di Birgi Nuovo).

Il mese più piovoso relativo al periodo considerato è stato il Novembre del 1976 che, alla stazione di Birgi Nuovo, ha fatto registrare ben 356,6 mm di pioggia.

Gli elementi climatici esaminati influiscono direttamente sul regime delle acque sotterranee, ed essendo le piogge concentrate in pochi mesi, assumono particolare interesse i fenomeni di ruscellamento superficiale, di infiltrazione e di evaporazione.

L'evaporazione è sempre modesta nei mesi freddi in special modo nelle zone di affioramento dei termini litoidi di natura calcarenitica, ciò a causa dell'elevata permeabilità (per porosità e fessurazione) di tali litotipi, che favorisce l'infiltrazione delle acque ruscellanti.

La ricarica degli acquiferi dell'area in esame avviene quindi sostanzialmente nel periodo piovoso ottobre-aprile mentre durante l'estate, caratterizzata da lunghi periodi di siccità ed elevate temperature, si verificano condizioni di deficit di umidità negli strati più superficiali del terreno.

2.5 SISMICITÀ DEL TERRITORIO STUDIATO

2.5.1. Sismicità storica della Sicilia occidentale

Il quadro della sismicità, che in epoca storica ha interessato la Sicilia occidentale, area di riferimento per il presente studio, si può derivare dal catalogo dei forti terremoti italiani (461 a.c. ÷1997) e nel Mediterraneo (461 a.c. ÷1997) CFTI15Med (Guidoboi et al., 2018); dal database macrosismo italiano DBMI15 (release 3.0 - Locati et al., 2021) e dal catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI15 (release 3.0 - Rovida et al. 2021).

L'area in cui ricade il comune di Salemi è situata nella parte centrale della Sicilia occidentale, un'area caratterizzata dalla presenza di numerose strutture sismogenetiche che in passato è stata interessata da numerosi terremoti (figura 2.6).

La sismicità della Sicilia occidentale è strettamente dipendente dalla distribuzione della sismicità di un'ampia zona circostante. Eventi sismici con Magnitudo Locale (ML) maggiore di 5.5. ed epicentro in un'area che si estende in longitudine dalle isole Egadi al settore più occidentale delle Madonie e in latitudine dal Canale di Sicilia all'offshore tirrenico, possono produrre effetti macrosismici rilevanti nell'area di interesse.

La distribuzione della sismicità strumentale degli ultimi 20 anni, ha permesso di distinguere nella Sicilia occidentale alcune subzone con differenti caratteristiche sismo-tettoniche e tipologie di rilascio sismico. Queste differenze sono evidenziate da una elevata eterogeneità dei meccanismi focali, che mostrano significative

componenti inverse nella parte tirrenica fino alle isole Egadi e trascorrenti nell'entroterra siciliano (Giunta et alii, 2009).

La sismicità strumentale è caratterizzata da eventi di magnitudo moderata ($ML < 5.6$), localizzati prevalentemente nell'area tirrenica fino alla costa settentrionale siciliana e in minor misura nel Canale di Sicilia. Ad eccezione della sequenza sismica della valle del Belice del 1968, la sismicità dell'entroterra nella Sicilia occidentale, è costituita da frequenti eventi che, per la loro bassa energia, spesso non sono localizzabili con l'attuale configurazione della Rete Sismica Nazionale dell'INGV.

L'elevata magnitudo di alcuni eventi sismici con epicentro nella Valle del Belice, hanno fatto di questa una delle aree siciliane a più elevato rischio sismico.

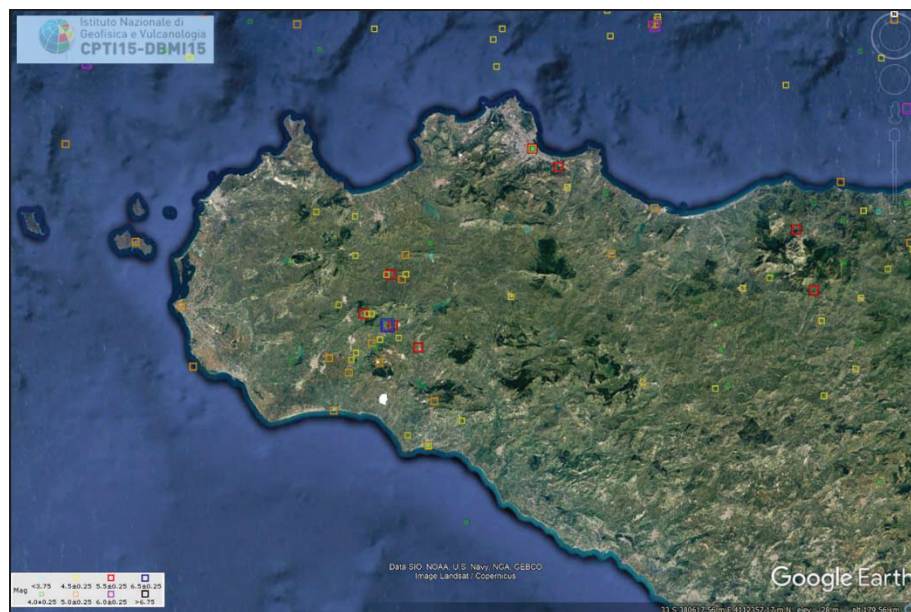


Fig. 2.6: Localizzazione degli epicentri dei terremoti della Sicilia sud-occidentale CPTI15 (release 3.0 - Rovida et al. 2021)

La storia sismologica di quest'area inizia attorno al 4° secolo a.C. grazie alle informazioni raccolte da dati archeologici. Il primo terremoto, avvenuto tra il IV e il III secolo a.C., colpì l'area dell'antica colonia greca di "Selinus" che sorgeva nell'odierno sito archeologico di Selinunte, situato nella Sicilia sud-occidentale, nel comune di Castelvetrano (provincia di Trapani). Tra l'VIII e il XII secolo d.C., un secondo terremoto colpì la medesima area. Quest'ultimo di Magnitudo Locale approssimativamente 5.8 ed Intensità Macrosismica Epicentrale del X grado, ebbe un effetto devastante distruggendo la quasi totalità dei templi di Selinunte (Guidoboni et alii 2002).

In epoche più recenti l'area è stata interessata da un'importante sequenza sismica avvenuta tra il gennaio e il giugno del 1968. Tale sequenza ebbe inizio nel pomeriggio del 14 gennaio 1968, e fu caratterizzata da una serie di scosse molto violente che portarono alla distruzione, pressoché totale dei centri di Poggioreale, Montevago, Santa Ninfa, Gibellina e Salaparuta, e provocarono notevoli danni in numerosi altri centri siciliani fra i quali Salemi, Marsala e Trapani.

L'evento principale del 15 gennaio venne localizzato a circa 35 km di profondità (Bottari, 1973; Anderson e Jackson, 1987). I meccanismi focali determinati per questo evento (Mckenzie, 1972; Ruscetti&Schick, 1975; Gasparini et alii, 1982; Anderson & Jackson, 1987) non hanno fornito soluzioni univoche, mostrando soluzioni variabili da trascorrenti pure, a traspressive, a inverse pure, e questo sia per il ridotto numero di osservazioni di polarità che per l'incertezza sui modelli di velocità.

Gli epicentri dei terremoti con magnitudo superiore a 4, descrivono un'area di forma ellittica elongata nella direzione ENE-OSO, che si estende per circa 35 km (Monaco et alii, 1996).

Nella parte più settentrionale di quest'area gli ipocentri tendono ad allinearsi lungo una superficie immergente a Nord, caratterizzata da un'inclinazione di circa 60°.

Allo stato attuale delle conoscenze non è possibile associare gli eventi sismici a strutture sismogenetiche ben definite anche perché, in nessun caso, sono stati osservati fenomeni di fagliazione superficiale cosismica a causa delle basse magnitudo degli eventi o della elevata profondità ipocentrale. Tuttavia, in seguito a studi di paleosismicità, Michetti et alii (1995) ipotizzarono una connessione tra la faglia di Monte Porcello, un elemento tettonico di secondo ordine della Sicilia sud-occidentale, e il volume sismogenico dei terremoti del 1968.

Gli eventi sismici sopra descritti sono contenuti nel catalogo dei forti terremoti CFTI15Med (Guidoboni et al., 2018) riportato in figura 2.7.

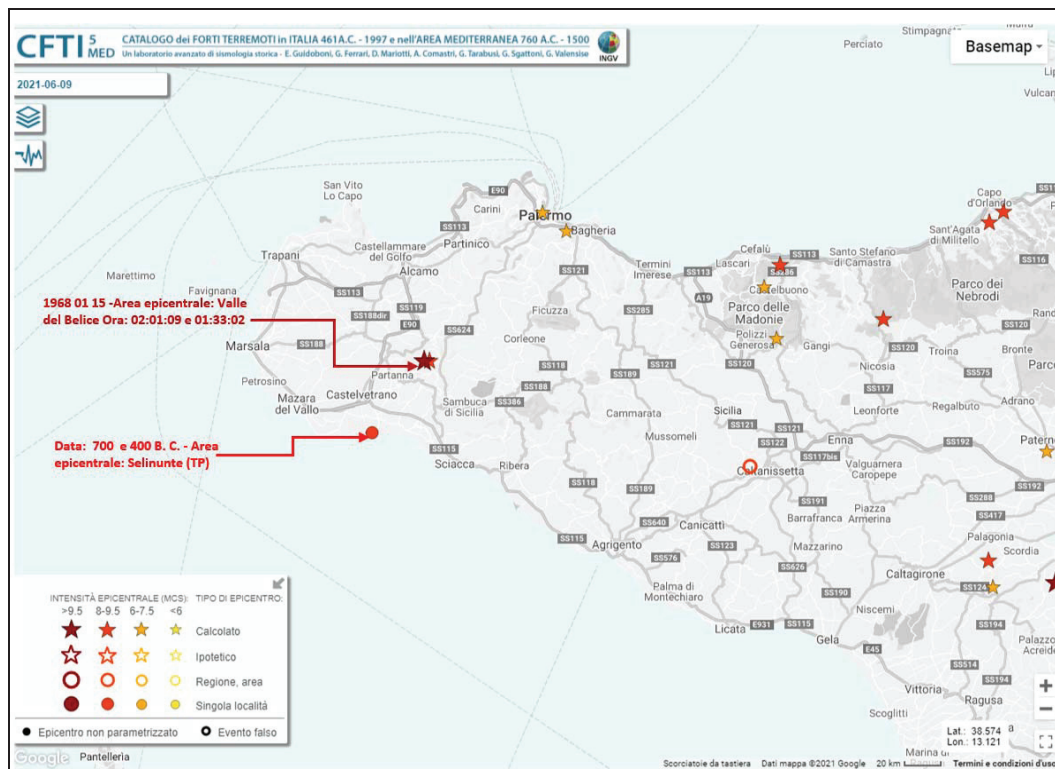


Figura 2.7 CFTI15M (Guidoboni et al., 2018) catalogo dei Forti Terremoti verificatisi in Italia

Dalla mappa è possibile individuare almeno quattro eventi con epicentro nella Sicilia occidentale che hanno avuto effetti macrosismici di notevole intensità e distruttivi nel territorio esaminato.

- TERREMOTO DEL 701, SELINUNTE (TP), IMAX=8.5, ME=5.8
- TERREMOTO DEL 400, SELINUNTE (TP), IMAX=7.5, ME=5.4
- TERREMOTO DEL 15.01.1968 ORE 01:33, V. VALLE DEL BELICE, IMAX=8, ME=5.6
- TERREMOTO DEL 15.01.1968 ORE 02:01, VALLE DEL BELICE, IMAX=10, ME=6.5

Si rimanda dal catalogo dei forti terremoti CFTI15M (<http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/#>) per maggiori dettagli.

3.2. Strutture sismogenetiche e faglie attive

Per quanto concerne la verifica della presenza di faglie attive, intese come sorgenti sismogenetiche e della loro caratterizzazione in termini di scuotimento, è stato interrogato il database DISS – Database of Individual Seismogenic Sources (fig. 2.8), espressamente sviluppato dall'INGV, alla scala nazionale e locale, per applicazioni nell'ambito della valutazione della pericolosità sismica da scuotimento (ground shaking hazard).

In particolare, le strutture sismogenetiche rappresentate in questo database, più significative a cui possono essere riferiti gli eventi sismici che hanno interessato la Sicilia occidentale ed il territorio di Salemi, sono:

- A) Struttura Mazzara Del Vallo-Belice (DISS-ID ITCS021);
- B) Castelvetro-Capo Granitola (DISS-ID ITCS118);
- C) Monte Magaggiaro-Pizzo Telegrafo (DISS-ID ITCS120);
- D) Campobello offshore (DISS-ID ITCS118);
- E) Tirreno meridionale (DISS-ID ITCS014 e ITCS222)

Definite Sorgenti sismogenetiche composite e legate al sistema a thrust Siculo-Maghrebide, a cui vengono associate magnitudo massime attese (M_w) comprese tra 5.5 ÷ 5.6. Si rimanda al Database DSS ver. 3.3.0 – 2021 per maggiori dettagli (<https://diss.ingv.it/diss330/dissmap.html>).

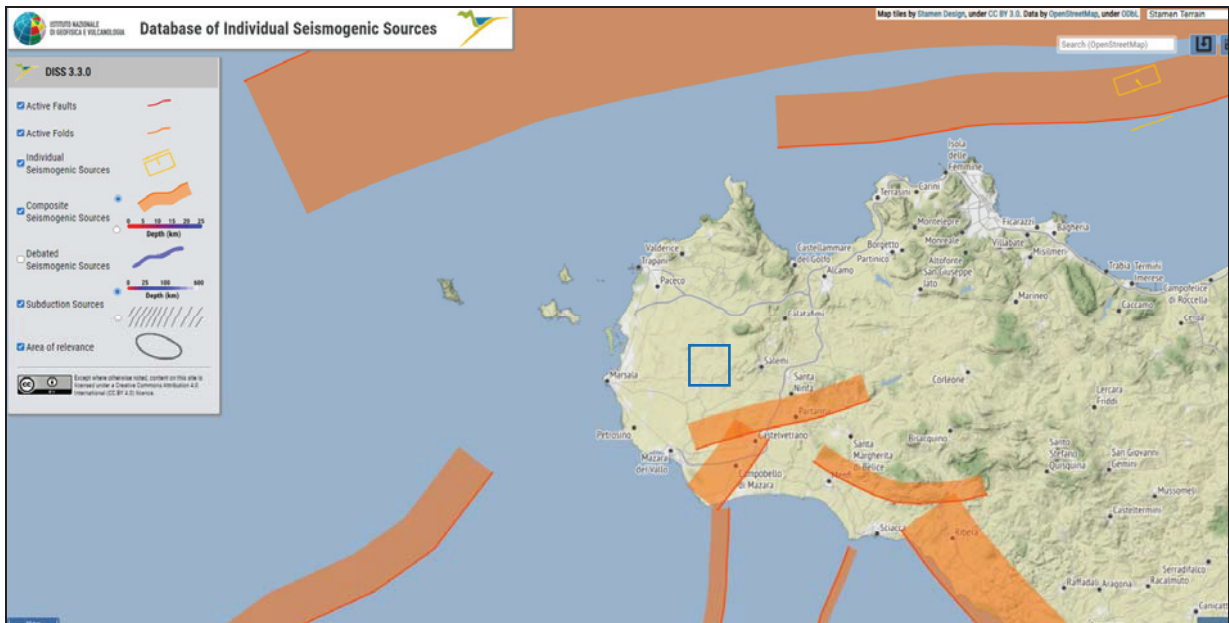


Figura 2.8 – Database of Individual Seismogenic Sources DSS ver. 3.3.0 – 2021 (<https://diss.ingv.it>)

3.3. Faglie capaci

Rispetto al pericolo derivante dalla presenza di faglie attive e capaci si è fatto riferimento CATALOGO ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults), un database per la raccolta e la facile consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali come le faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione cosismica permanente in superficie.

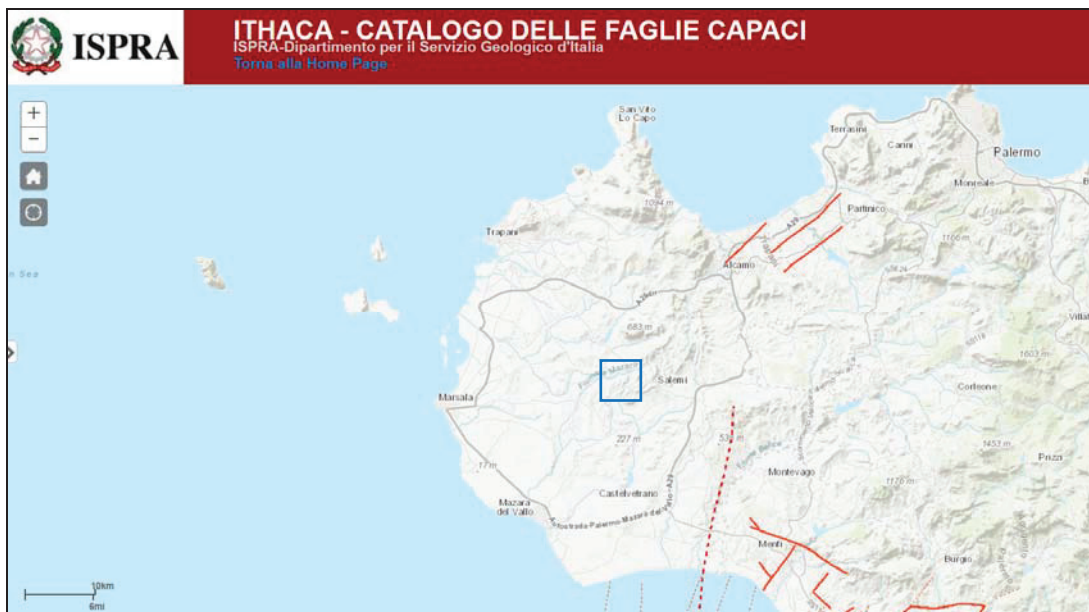
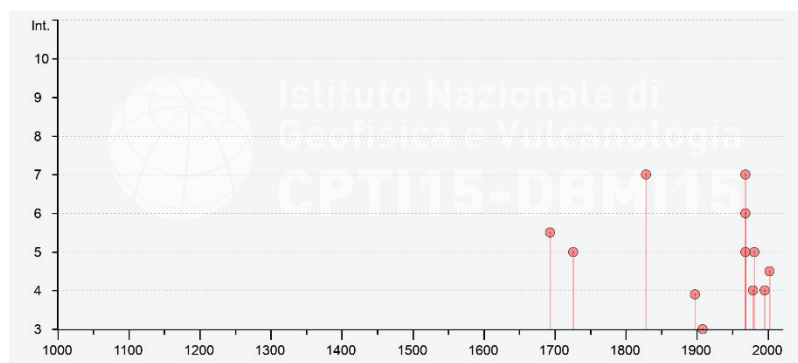


Figura 2.9 Faglie capaci mappate nel catalogo ITHACA

Dalla consultazione del catalogo ITHACA, di cui in figura 2.9 ne viene riportato uno stralcio relativo al territorio esaminato, è possibile osservare nell'area oggetto d'intervento, l'assenza faglie attive e capace.

3.4. Sismicità storica del comune di Salemi

Dall'analisi della storia sismica di Salemi (Tabella e Figura 2.10) estratta dal DBMI15, si evince che gli eventi a più alta intensità macrosismica, che hanno superato la soglia del danno, sono stati quello della Sicilia occidentale del 1828 ($I_0 = 7 - M_w = 5.10$) che a Salemi produsse effetti pari a VII MCS e quelli relativi alla sequenza sismica della Valle Del Belice verificatisi dal 14 al 25 gennaio 1968 producendo a Salemi effetti pari a VII MCS



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	I_0	M_w
5-6	1693	01	11	13	30		Sicilia sud-orientale	179	11	7.32
5	1726	09	01	21	55		Tirreno meridionale	8	7-8	5.48
7	1828	05	18				Sicilia occidentale	1	7	5.10
F	1897	05	15	13	42	3	Tirreno meridionale	85	5	4.52
3	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11	7.10
NF	1910	01	25	08	27		Tirreno meridionale	34	5	4.48
7	1968	01	15	02	01	0	Valle del Belice	162	10	6.41
6	1968	01	25	09	56	4	Valle del Belice	32	8	5.37
5	1968	02	12	16	26	0	Valle del Belice	14	6	4.66
4	1979	01	20	13	49	5	Tirreno meridionale	9		4.87
5	1981	06	07	13	00	5	Mazara del Vallo	50	6	4.93
4	1995	05	29	06	52	2	Isole Egadi	45	5	4.78
NF	1999	12	30	18	34	3	Tirreno meridionale	29		4.83
4-5	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92

Figura 2.10 - Storia sismica del comune Salemi, estratta dal DBMI15 (release 3.0 - Locati et al., 2021); I_0 è l'intensità macrosismica risentita (MCS); I_0 e l'intensità macrosismica massima (MCS); M_w e la magnitudo momento dell'evento; N_p e il numero di località che hanno risentito il terremoto.

3.5. Classificazione e rischio sismico del territorio nazionale

Nella classificazione sismica del territorio italiano (O.P.C.M. n. 3274 20/03/2003, Delibera della Giunta regionale n.408 19/12/2003 e ss.mm.ii), che definisce quattro zone a diverso grado di sismicità, il territorio comunale di

Salemi, sono stati dichiarati sismici e classificati come zona sismica II, corrispondente ad una PGA 015-0.25g (figura 2.10).

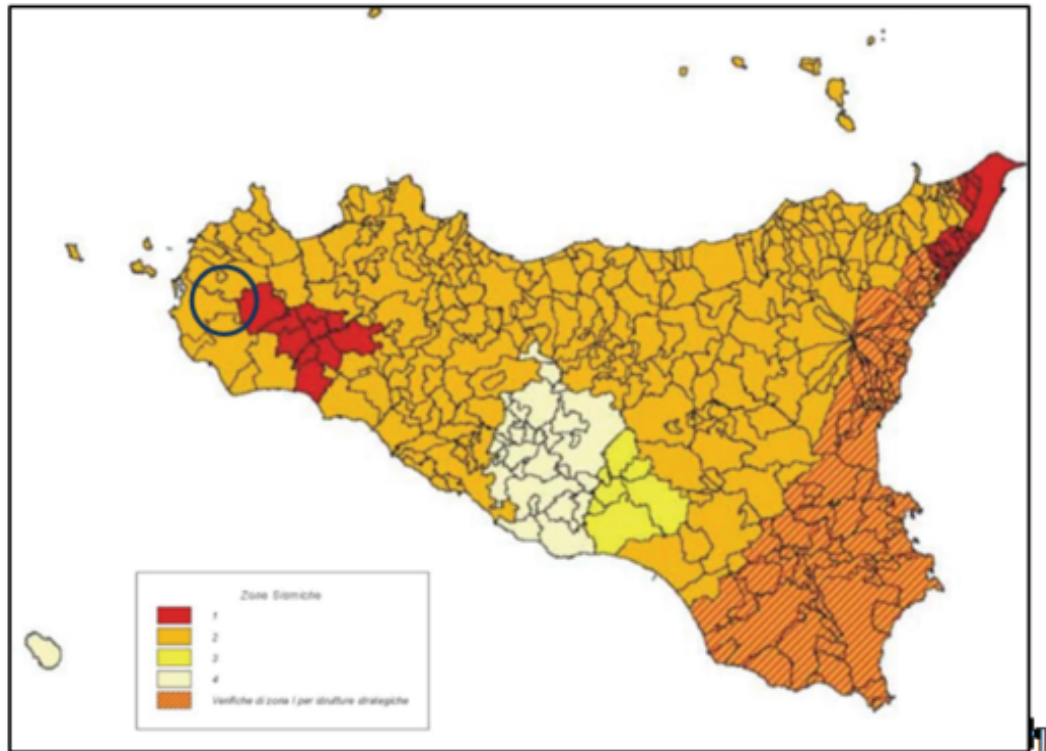


Figura 2.11 - Mappa della classificazione sismica dei comuni ricadenti nel territorio siciliano, O.P.C.M. n. 3274 20/03/2003, Delibera della Giunta regionale n.408 19/12/2003;

In figura 2.11 è riportata la mappa della pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo (PGA) con probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni, pari ad un periodo di ritorno di 475 anni, riferita a suoli rigidi ($V_S > 800/m$), come previsto dall'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All.1b. Per il territorio oggetto del presente studio sono stati stimati valori di PGA compresi nell'intervallo 0.075-0.100g.

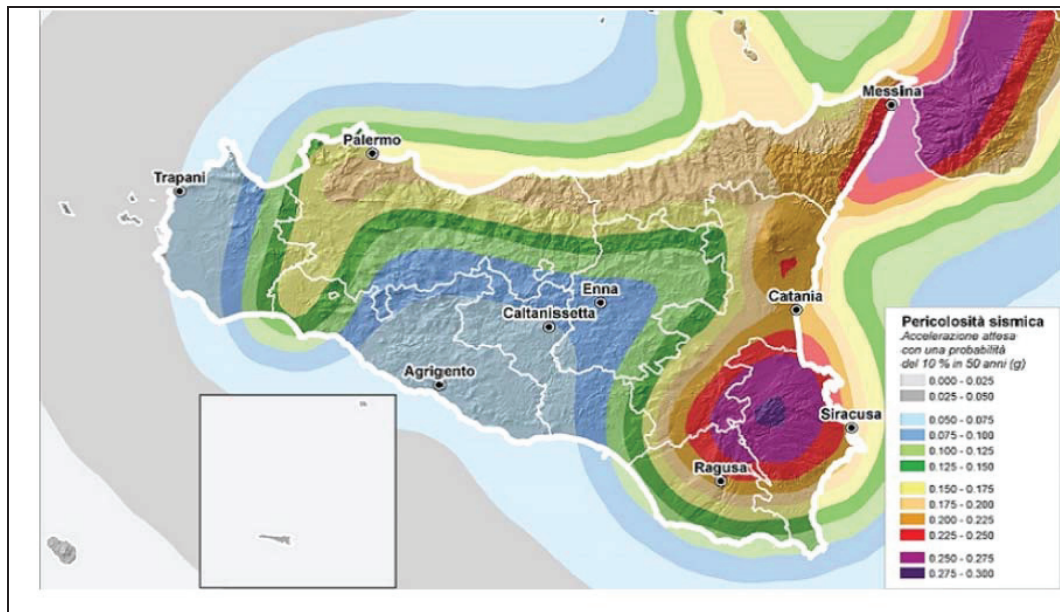


Figura 2.12 - Mappa della pericolosità sismica espressa in termini di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (VS>800/m), O.P.C.M. n. 3274 20/03/2003.

Dalla zonazione sismogenetica ZS9 (figura 2.8) si osserva che il territorio ricade all'interno delle zona sismogenetica 934 della valle del Belice.

3.0 TERRENI DI SEDIME AEROGENERATORI

Al fine di determinare la stratigrafia e le caratteristiche geomeccaniche dei terreni di sedime dei n° 07 aerogeneratori sono state utilizzate le risultanze delle indagini geotecniche in situ eseguite in aree limitrofe e l'esecuzione di n°1 indagini geofisiche di tipo HVSR

TURBINE EOLICHE CM_01-CM_03-CM_04

Il lavoro di rilevamento geologico, supportato principalmente dalla campagna indagini eseguita in area limitrofa, e dai numerosi dati della letteratura tecnica, ha permesso di ricostruire un'attendibile geologia dell'area interessata, si è potuto quindi determinare che, i litotipi affioranti nel sito in oggetto, appartengono ai **depositi argillosi marnosi arenacei della Formazione Marnosa Arenacea del Belice (BLC)**. Le informazioni di carattere litologiche acquisite utilizzando i dati indagini e prove eseguite in aree limitrofe, consentono di ricostruire una colonna stratigrafica, di seguito riportata:

0,00 m – 0,80 m	Terreno vegetale di colore nocciola, a struttura terrosa, ricco di humus.
0,80 m – 30,00 m	Depositi argillosi con marnosi ed arenacei a vari livelli

Orizzonte litotecnico limose-ghiaioso Affiorante da 0,80 m fino a 30,00 m, superficialmente trattasi di terreni a prevalente granulometria limo argillosa, con intercalazioni quarzarenitiche a vari livelli. Al fine di definire i parametri geomeccanici di tale orizzonte, sono stati utilizzati i dati relativi all'esecuzione di una prova penetrometrica, condotta in foro di sondaggio e quelli di una prova di laboratorio, riportati nelle successive tabelle:

Le risultanze di tipo geotecnico, delle prove eseguite in area limitrofa, vengono di seguito tabellate:

Profondità		PARAMETRI				
		Ang. attrito ϕ	coesione	Mod. di Young	Densità relativa	Mod. edometrico
0,80	30,00 m	22-26	10-30 KPa	--	--	Addensato

Per motivi cautelativi il peso di volume dell'orizzonte litotecnico sarà considerato pari a 1,94 T/m³.

TURBINA EOLICA _ CM_02-CM_05-CM_06-CM_07

Il lavoro di rilevamento geologico, supportato principalmente dalla campagna indagini eseguita in area limitrofa, e dai numerosi dati della letteratura tecnica, ha permesso di ricostruire un'attendibile geologia dell'area interessata, si è potuto quindi determinare che, i litotipi affioranti nel sito in oggetto, appartengono ai **Formazione Terravacchia _membro argilloso**. Le informazioni di carattere litologiche acquisite utilizzando i dati indagini e prove eseguite in aree limitrofe, consentono di ricostruire una colonna stratigrafica, di seguito riportata:

0,00 m – 0,80 m	Terreno vegetale di colore nocciola, a struttura terrosa, ricco di humus.
0,80 m – 30,00 m	Depositi Alluvionali costuite da sabbie limose con intercalazioni ghiaiose a vari livelli

Orizzonte litotecnico argillo-limose-deb sabbiose: Affiorante da 0,80 m fino a 30,00 m, superficialmente trattasi di terreni a prevalente granulometria limo-argillosa mediamente umide plastiche e coesive, con percentuali molto basse di sabbia, di colore giallastro. Al fine di definire i parametri geomeccanici di tale orizzonte, sono stati utilizzati i dati relativi all'esecuzione di una prova penetrometrica, condotta in foro di sondaggio e quelli di una prova di laboratorio, riportati nelle successive tabelle:

Le risultanze di tipo geotecnico, delle prove eseguite in area limitrofa, vengono di seguito tabellate:

Profondità		PARAMETRI				
		Ang. attrito ϕ	coesione	Mod. di Young	Densità relativa	Mod. edometrico
0,80	30,00 m	19-21	15 KPa	--	--	coesivo

Per motivi cautelativi il peso di volume dell'orizzonte litotecnico sarà considerato pari a 1,90 T/m³.

Definizione della risposta sismica locale

Per determinare la risposta sismica locale è stata eseguita un'indagine di sismica, con metodologia di tipo HVSR

Sismica HVSR 01

Secondo le informazioni provenienti dalla stessa sismica, esiste uno spessore di 0.50 m, di sottosuolo di media consistenza, con V_s pari a 100 m/s. Al di sotto, affiora uno spessore di 10.41m, di sottosuolo di media consistenza, con V_s pari a 251 m/s, ed infine uno spessore di indefinito, di sottosuolo consistente, con V_s pari a 515 m/s. La velocità $V_{seq(30)}$ delle onde di taglio nei primi 30 m di suolo è risultata essere pari a 359 m/s, per cui il terreno è stato classificato all'interno della categoria di suolo "C".

Topografia del sito

Il terreno è stato classificato all'interno della categoria **T2**, ovvero "rilievi con larghezza in cresta molto minore che corrisponde a Rilievi isolati con inclinazione $i > 15^\circ$, avente coefficiente 1,20".

Facendo riferimento alla classificazione sismica nazionale, il Comune di SALEMI rientra nella categoria sismica 1, in base al Decreto DRPC n. 64 del 11/03/2022 *Aggiornamento della classificazione sismica regionale con i criteri dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28/04/2006 n. 3519*, pubblicato sulla GURS n. 13 del 25/marzo 2022 che ridefinisce il territorio della Regione Sicilia in base al diverso grado di sismicità.

Zona sismica 1		Zona con pericolosità sismica alta. Indica la zona dove possono verificarsi fortissimi terremoti.		
Categoria sismica	Descrizione	Accelerazione con probabilità di occorrenza entro del 10% in 50 anni [ag]	Accelerazione orizzontale convenzionale (Norme Tecniche) [ag]	Numero di comuni con epicentri cadenti nella zona (*)
1	Zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	0,25 < ag ≤ 0,35 g	0,35 g	740
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	0,15 < ag ≤ 0,25 g	0,25 g	2.367
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	0,05 < ag ≤ 0,15 g	0,15 g	3.014
4	Zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	ag ≤ 0,05 g	0,05 g	1.791

Per l'assegnazione della categoria topografica si è fatto riferimento alla tabella 3.2.IV (categorie topografiche) contenuta nelle N.T.C. di seguito riportata nella tabella sottostante:

Tabella 3.2 IV N.T.C. 2018 Categorie topografiche	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione $i < 15^\circ$
T2	Rilievi isolati con inclinazione $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ < i > 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Attraverso l'esecuzione di n.1 indagine sismica di tipo HVSR, sono state individuate le onde di taglio generate in corrispondenza dei punti d'indagine ed è stato possibile determinare la velocità di propagazione media di tali onde "Vs_eq" e la profondità del bedrock sismico, laddove presente.

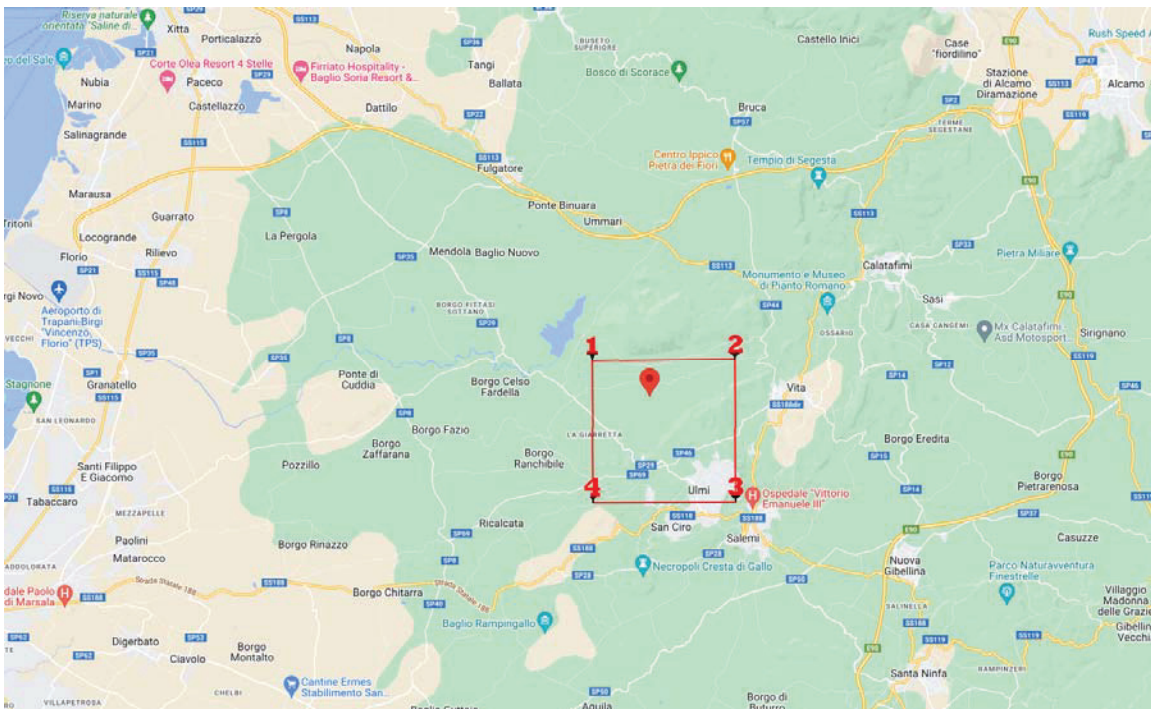
Nome	Vs_eq (m/sec)	Profondità bedrock sismico (metri)
HVSR_01	359	Non determinato

Adottando la classificazione delle nuove NTC (D.M.17/01/2018) i terreni individuati sul sito di indagine appartengono alla **CATEGORIA LITO - STRATIGRAFICA C**, ovvero:

AT.	DESCRIZIONE
A	ssi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a v_s , eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	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	strati 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	strati 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 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 30 m.

Risposta sismica Locale (Approccio Semplificativo)

Attraverso l'utilizzo del software "GeoStru PS" si è potuti risalire ai principali parametri sismici del sito in oggetto, che vengono di seguito riportati:



Parametri sismici

determinati con GeoStru PS

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 37,869300 [°]

longitudine: 12,758502 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	46275	37,882230	12,732870	2669,9
Sito 2	46276	37,882660	12,796020	3612,6
Sito 3	46498	37,832660	12,796580	5270,3
Sito 4	46497	37,832230	12,733490	4670,5

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,023	2,431	0,178
Danno (SLD)	63	50	0,031	2,416	0,205
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,080	2,527	0,313
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,105	2,569	0,329

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,860	1,000	0,007	0,003	0,341	0,200
SLD	1,500	1,770	1,000	0,009	0,005	0,458	0,200
SLV	1,500	1,540	1,000	0,024	0,012	1,177	0,200
SLC	1,500	1,520	1,000	0,038	0,019	1,543	0,240

Geostru

Dal punto di vista idrogeologico, i complessi litologici affioranti nell'area in esame, possiedono una conducibilità idraulica di tipo medio di circa $1 \times 10^{-2} - 10^{-6} (\text{m/sec})$.

Il valore del coefficiente di permeabilità è stato determinato attraverso una valutazione, frutto della personale esperienza sui litotipi presenti nel sito in oggetto e considerando le diverse particolarità strutturali macroscopiche delle litologie affioranti (porosità, alterazione ecc.).

Nell'area oggetto dell'intervento, **non risultano comunque presenti acquiferi, a profondità di interesse.**

4.0 CONCLUSIONI

Il presente studio geologico ha permesso di definire i lineamenti geologici, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici e sismici dell'area in esame. Da quanto esposto si evince quanto segue.

- *Dal punto di vista morfologico, l'area oggetto di studio presenta una pendenza media tra il 15% ed il 30%.*
- *Dall'analisi geomorfologica effettuata sul sito e nel suo immediato, intorno, non sono visibili particolari forme morfologiche che possano portare all'individuazione di dissesti in atto o quiescenti.*
- *Dal punto di vista geologico-tecnico, non sono state evidenziate particolarità tecniche tali da modificare l'assetto geomorfologico e lo stato di equilibrio attuale oltre quella appena citata.*
- *Il sito, sulla base della caratterizzazione geologica, geomorfologica e idrogeologica trattata, nel rispetto delle normative vigenti, risulta idoneo alla realizzazione delle opere in progetto; inoltre esse non costituiscono un elemento di disturbo per l'assetto complessivo dei luoghi; al fine di mantenere l'equilibrio vigente in sito, dovranno essere privilegiate soluzioni che minimizzano le operazioni di scavo e di riporto in maniera da rispettare l'attuale morfologia dello stesso.*
- *La categoria sismica del sottosuolo ottenuta da un'indagine sismica di tipo HVSR ai sensi del D.M. 17/01/2018 appartengono alla categoria C.*
- *Sotto l'aspetto della pericolosità sismica e geologica non esistono elementi che possono impedire la realizzazione di opere a scopo edificatorio nell'area studiata; in fase di progettazione esecutiva, per le verifiche strutturali agli stati limite bisognerà tener conto dei valori di accelerazione sismica massima al suolo, valutata attraverso lo studio di microzonazione sismica locale.*
- *La categoria topografica a cui appartiene il sito è la T2, mentre il valore massimo del coefficiente di amplificazione topografico St da assegnare è di 1,2.*
- *Dall'analisi di superficie effettuata e dalla successiva indagine bibliografica effettuata sulla cartografia P.A.I., si è potuto riscontrare che l'impianto eolico, e le opere connesse, ricadono all'esterno delle aree a dissesto; aree a pericolosità o rischio geomorfologico, aree a pericolosità o rischio idraulico.*
- *Di seguito vengono elencati gli stralci P.A.I. ed il bacino di appartenenza:*
 - *TORRI EOLICHE CM_01, CR_02, CM_03 e CM_04-CM_05-CM_06-CM_07 Stralcio C.T.R. 606090-606130 ricadente nel "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico" del bacino del F. Birgi (051) approvato da D.P.R. n.236/Serv.4/S.G. del 05/06/2017 (Aggiornamento 2017);*

In ragione di quanto sopra esposto, si ritiene possibile la realizzazione delle opere in oggetto, esprimendo la fattibilità dei lavori, a condizione che vengano seguite le indicazioni progettuali e realizzative, oltre al corretto utilizzo dei parametri per l'applicazione del D.M. del 17.01.2018..

Inoltre in osservanza alle indicazioni tecniche fornite nella presente relazione, sotto il profilo geologico, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico e sismico, che porta alle seguenti conclusioni:

- *La zona non è in condizioni di dissesto e/o di frana;*
- *La zona risulta suscettibile per fenomeni di amplificazione sismica;*
- *La zona non si trova entro 50 metri da faglie attive e capaci segnalate dall'INGV.*

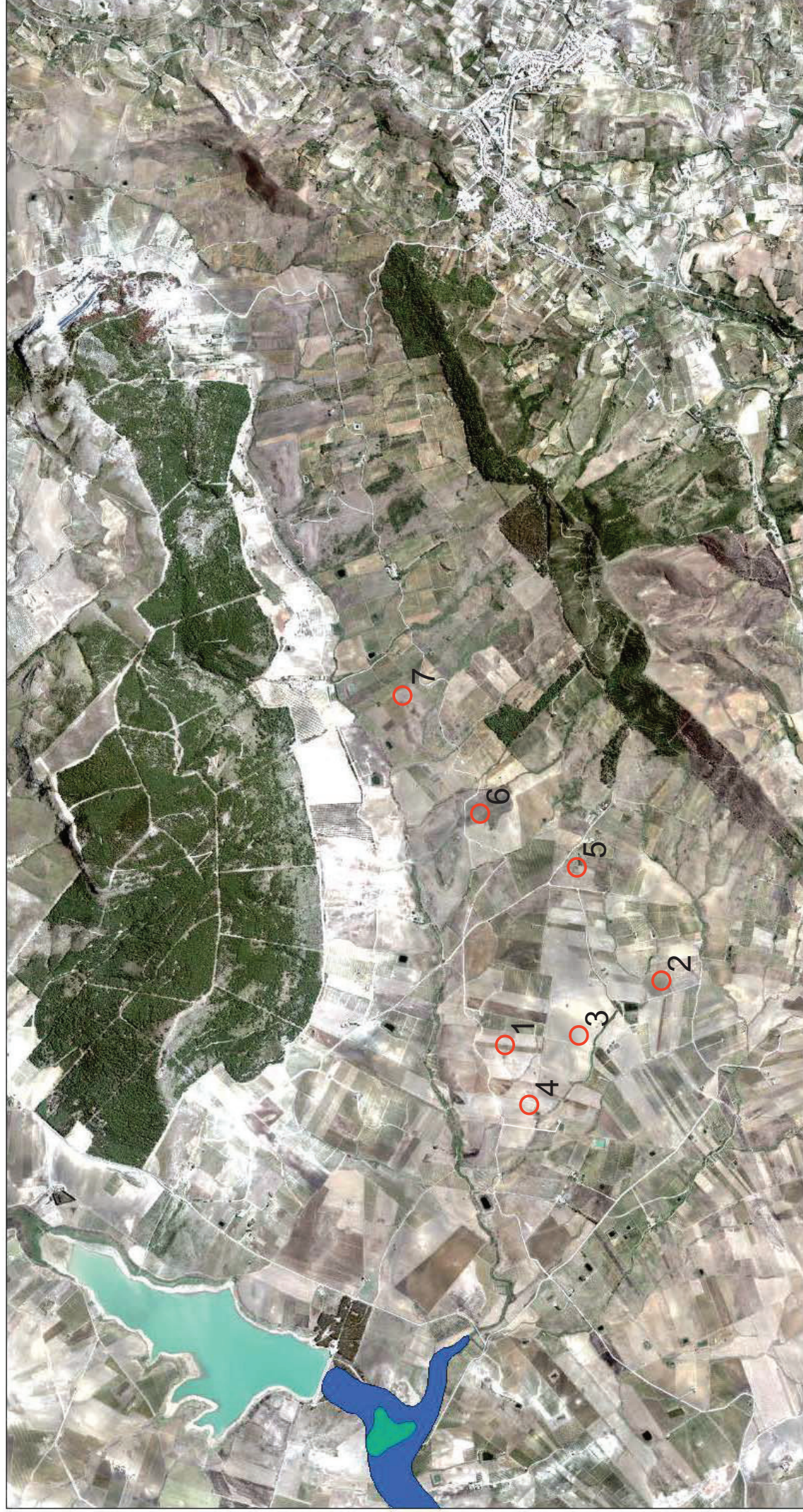
Favara (AG) 01/07/2024

Il Consulente Geologo
Antonio Mendolia O.R.G.S. n. 2411



The image shows a circular professional stamp of the 'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia' (Regional Order of Geologists of Sicily). The stamp contains the text: 'Dott. Geol. MENDOLIA ANTONIO N. 2411'. Below the stamp is a handwritten signature in black ink.

ALLEGATO 1
CARTOGRAFIE E ESEZIONI



27/06/2024, 17:03:19

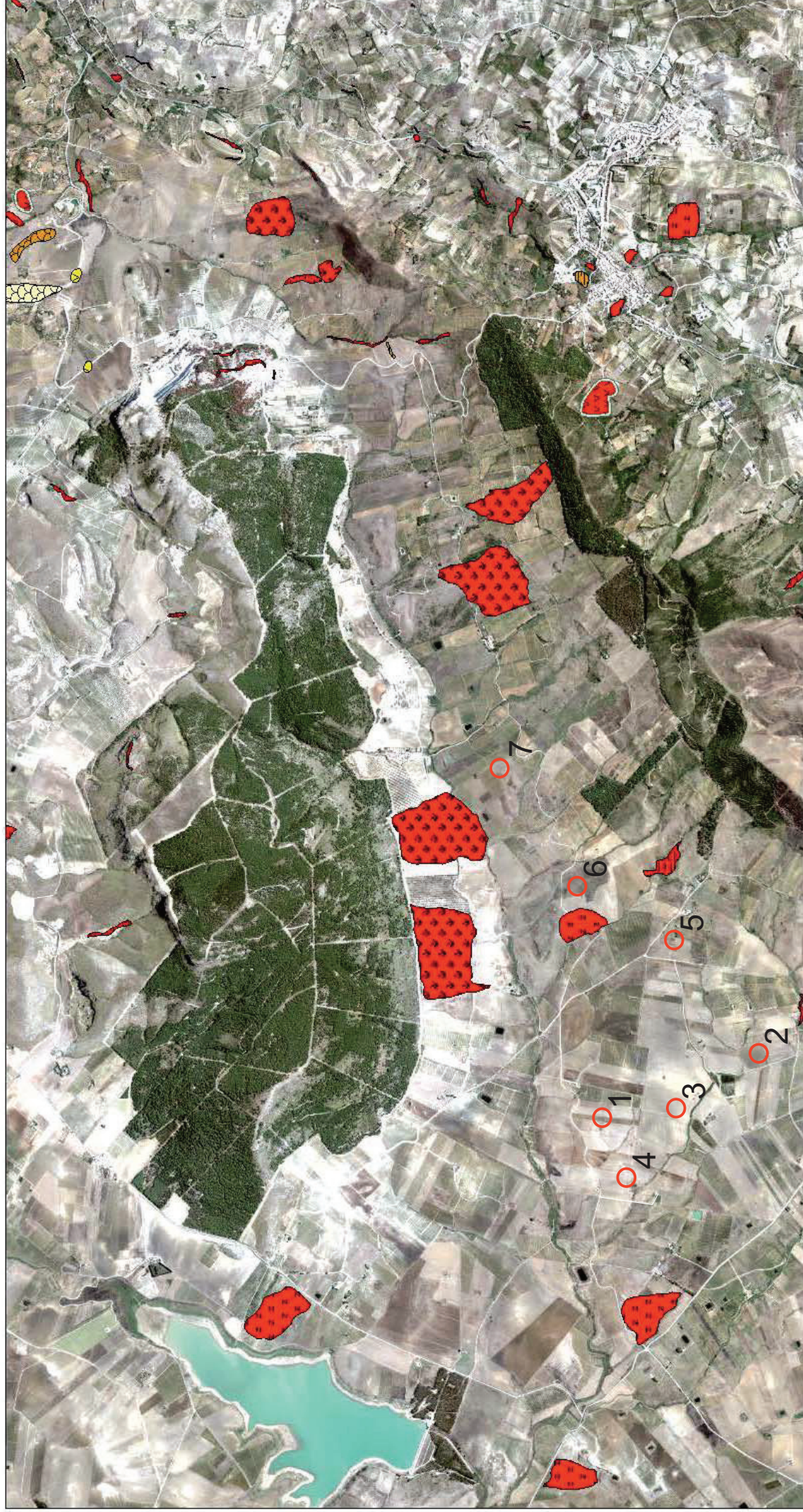
Collasso

Manovra scarico

1:36.112



SITR - Stampa visualizzatore



27/6/2024, 17:01:02

- Fascia Rispetto P3 P4
- Stabilizzato artificialmente o naturalmente
- Dissesi per Attività
- Attivo
- Inattivo
- Quiescente

- Dissesi per Tipologia
- Crollo e/o ribaltamento
- Scorrimento
- Frana complessa

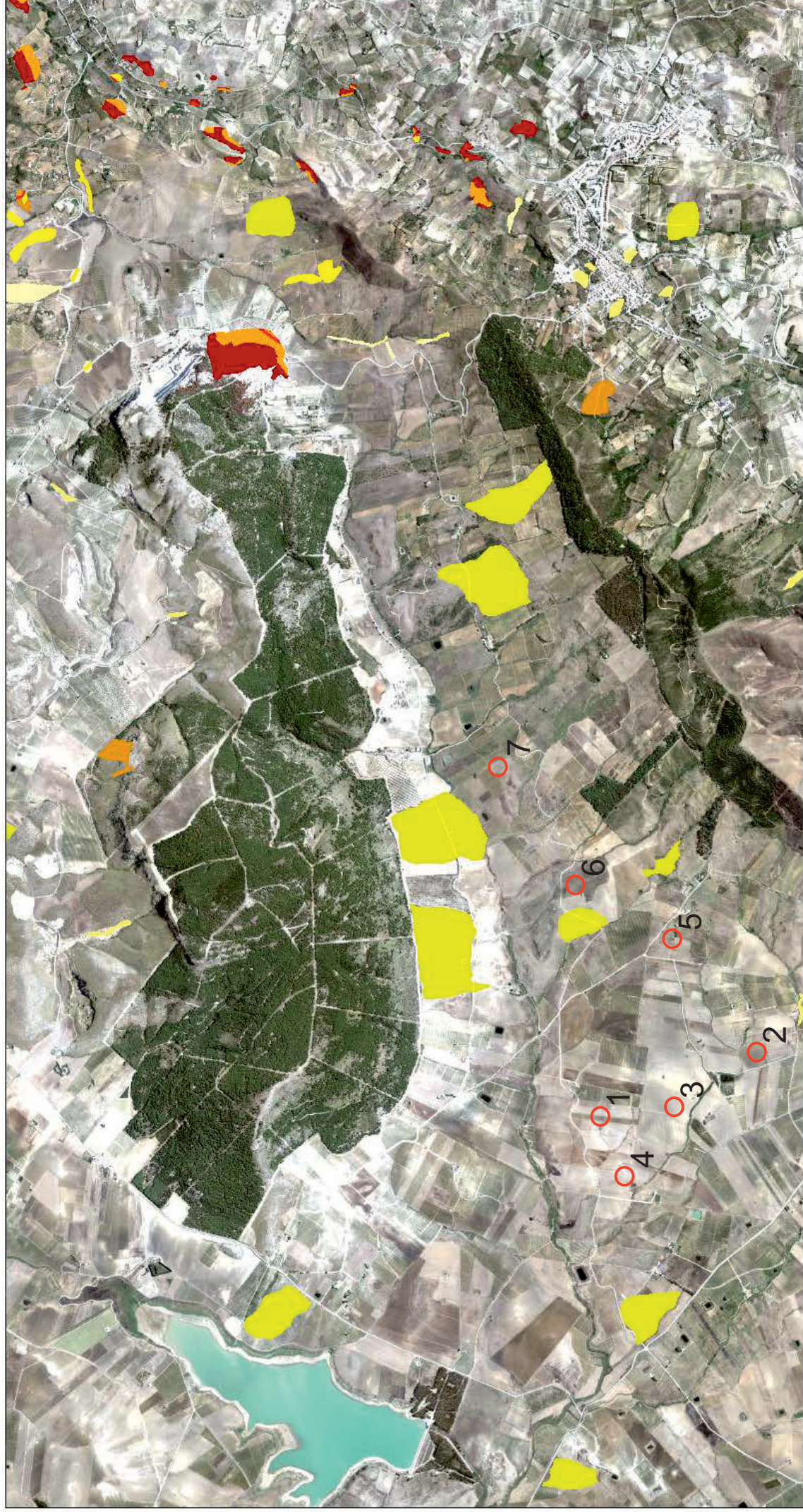
- Colamento lento
- Area a franosità diffusa
- Deformazione superficiale lenta
- Dissesi dovuti ad erosione accelerata

1:36.112

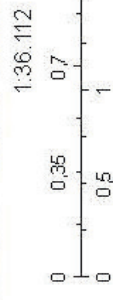


AGEA; Regione Siciliana - Presidenza - Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia; Regione Siciliana

SITR - Stampa visualizzatore



27/6/2024, 17:01:52




AGEA: Regione Siciliana - Presidenza - Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia

SITR - Stampa visualizzatore



27/6/2024, 17:04:59

 Vincolo Idrogeologico

1:36.112

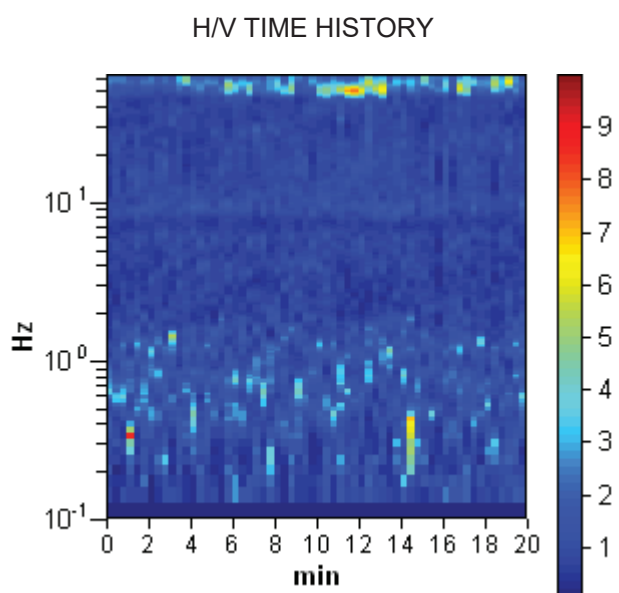
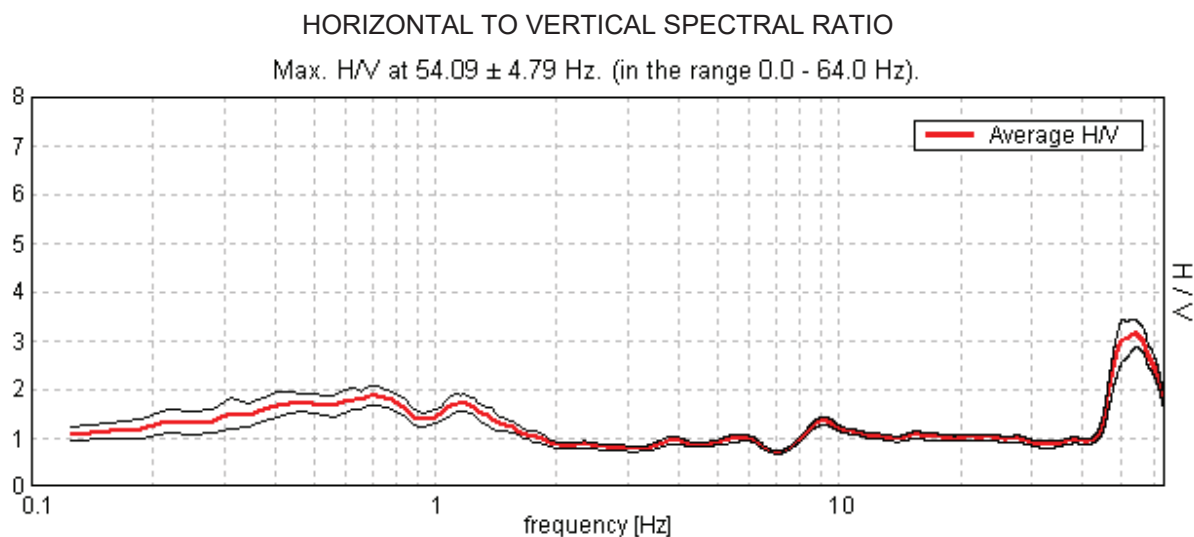


AGEA

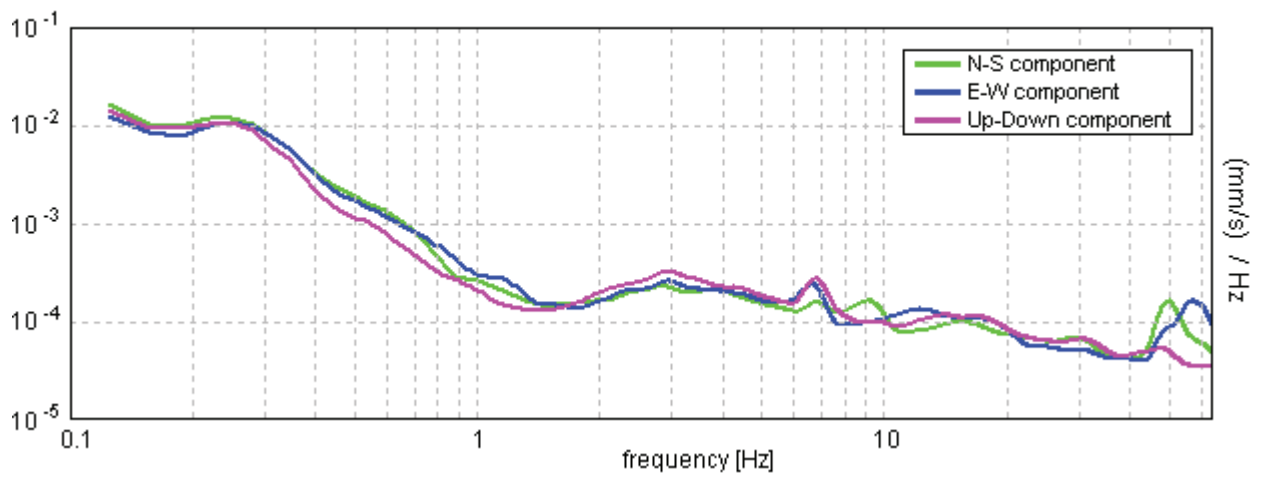
ALLEGATO 2
SISMICA HVSR

Start recording: 03/11/23 14:57:47 End recording: 03/11/23 15:17:48
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

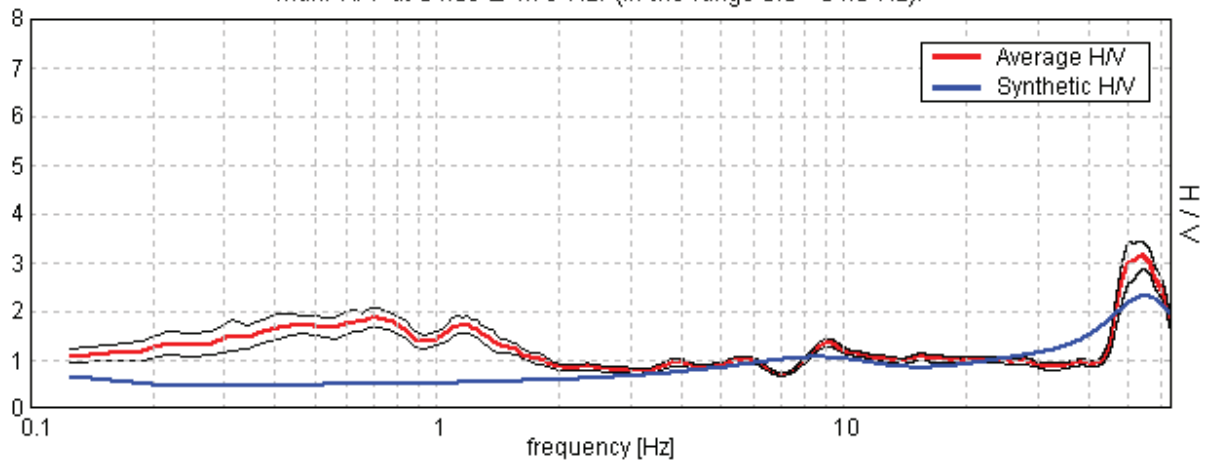


SINGLE COMPONENT SPECTRA



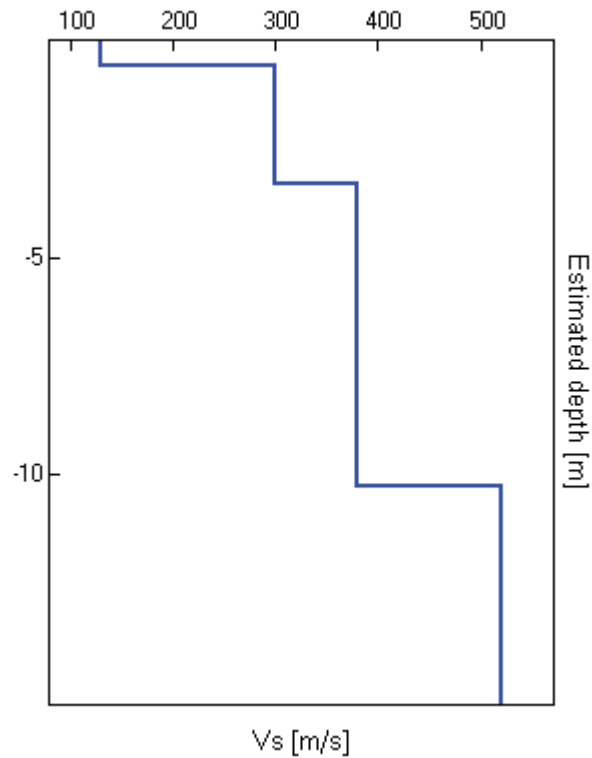
EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 54.09 ± 4.79 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
0.60	0.60	130
3.30	2.70	300
10.30	7.00	380
inf.	inf.	520

Vs-eq (0.0-30.0)=429m/s



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 54.09 ± 4.79 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	54.09 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	64912.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1184 times	OK	

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	45.688 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	3.13 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04385 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.37208 < 2.70469	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1403 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

