

Regione



Calabria

COMUNE DI TORRE DI RUGGIERO



COMUNE DI CHIARAVALLE CENTRALE



COMUNE DI PETRIZZI



Provincia di



Catanzaro

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 10 AEROGENERATORI DA REALIZZARE NEI COMUNI DI TORRE DI RUGGIERO (CZ) E CHIARAVALLE CENTRALE (CZ) E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N. RICADENTI NEL COMUNE DI PETRIZZI (CZ).

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

ELABORATO

A.2

PROPONENTE:



SKI W A1 s.r.l.

via Caradosso n.9
Milano 20123
P.Iva 11412940964

PROGETTO E SIA:



Via Caduti di Nassirya, 55
70124- Bari (BA)
pec: atechsrl@legalmail.it

Ing. Alessandro Antezza

Il DIRETTORE TECNICO
Ing. Orazio Tricarico



CONSULENZA:

Il Geologo

Dott. Geol. Tommaso Bruzzese



SOLARITES s.r.l.

piazza V.Emanuele II n.14
Ceva (CN) 12073

0	MAR 2023	T.B.	T.B.	T.B.	Progetto Definitivo
EM./REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE

Sommario

1.PREMESSA	2
1.1 GENERALITÀ.....	2
1.2 METODOLOGIA DI STUDIO.....	2
1.3 RIFERIMENTI CARTOGRAFICI	3
1.4 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	4
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
3. UBICAZIONE AREA DI STUDIO	6
4. TETTONICA REGIONALE.....	7
4.1 GEOLOGIA DELL ARCO CALABRO	10
4.2 INQUADRAMENTO NEOTETTONICO STRUTTURALE.....	11
4.3 ARCO CALABRO MERIDIONALE	13
4.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE.....	15
5. GEOMORFOLOGIA	16
5.1 IDROLOGIA e IDROGEOLOGIA.....	17
6. CLIMA	18
6.1 TEMPERATURA E PIOVOSITA' DELL'AREA	20
7. CONTESTO SISMICO	25
7.1 MACROZONAZIONE SISMICA DELL'AREA.....	26
7.2 CARATTERISTICHE SISMOTETTONICHE DELL'AREA DI STUDIO.....	28
7.3 STORIA SISMICA DI TORRE DI RUGGIERO	30
CLASSIFICAZIONE SISMICA DI TORRE DI RUGGIERO	31
VALORI DI ACCELERAZIONE FREQUENZE ANNUALI	32
GRAFICO DI DISAGGREGAZIONE	33
7.5 LA PERICOLOSITÀ SISMICA	37
7.6 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	38
8. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	41
8.1. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEL TERRENO INDAGATO	42
8.2 CARATTERI GEOTECNICI.....	43
9.1 PAI.....	44
9.2 PGRA	44
10. CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI FINALI.....	45

1.PREMESSA

1.1 GENERALITÀ

Su incarico conferito allo scrivente, dalla società STATKRAFT SKI 17 s.r.l. azienda leader nel settore delle fonti energetiche rinnovabili, è stato eseguito uno studio geologico, geomorfologico, idrologico e sismico, esposto nella presente, su un areale di studio su cui verrà realizzato un Parco Eolico costituito da dieci aerogeneratori, di cui otto di essi ubicati all'interno del comune di Torre di Ruggiero (Cz) e gli altri due all'interno del comune limitrofo di Chiaravalle Centrale (Cz).

Nel corso della relazione, vengono descritti le principali caratteristiche geo-lito-stratigrafiche, utili per la definizione del modello geologico e geotecnico del sottosuolo, indispensabile per stabilire le più opportune scelte progettuali da adottare, sia in questa fase preliminare, sia in quella esecutiva.

L'area di studio, inoltre viene esaminata anche dal punto di vista della pericolosità sismica, focalizzando l'attenzione sulla magnitudo del sito e sulla "ag" (accelerazione orizzontale massima) lì dove verranno realizzati gli aerogeneratori nel pieno rispetto delle normative sismiche vigenti.

La tipologia e l'ubicazione delle indagini geognostiche da eseguire *in situ*, è stata valutata e scelta congiuntamente dai progettisti, in virtù delle necessità legate alla realizzazione dell'opera, ed in virtù del miglior rapporto logistico per l'accessibilità ai luoghi da indagare.

1.2 METODOLOGIA DI STUDIO

Nel corso della prima fase di studio, ci si è dedicati principalmente alla localizzazione dell'area interessata, per mezzo di mappe geografiche e portali *open source*, al contestuale recupero del materiale bibliografico ed alla individuazione degli eventuali vincoli presenti.

A questa fase è seguito una fase di lavoro più approfondita, incentrata sulle caratteristiche principali del territorio e sulle proprietà geo-litologiche dei terreni, ottenuta sia attraverso i sopralluoghi e il rilevamento di campagna, sia dalla interpretazione dei dati scaturiti dalle indagini geognostiche eseguite *in situ*. Nello specifico, la campagna geognostica ha riguardato l'esecuzione di n. 1 sondaggio a rotazione continuo, spinto fino alla profondità di 15m dal p.c., con esecuzione di 4 prove S.P.T. in foro ed il prelievo e successiva analisi di laboratorio, di un campione di terreno alla profondità di 3 m dal p.c., (di cui si parlerà approfonditamente nell'allegato preposto); dal punto di vista geofisico invece è stata eseguita n.1 prospezione sismiche attiva di tipo MASW (Multichannel Analysis Seismic Waves) finalizzata alla determinazione della categoria di sottosuolo di fondazione, in funzione dei valori della velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (NTC 2018).

La campagna geognostica, avvenuta con la supervisione e direzione dello scrivente, è stata eseguita interamente dalla ditta GEO.MIN di Mariano Bellezza con sede in Serra San Bruno (VV), per la cui visione dei dati, si rimanda all'apposito elaborato (Allegato B- indagini Geognostiche) consegnato contestualmente alla presente relazione.

L'ultima fase di lavoro ha visto la redazione e realizzazione delle cartografie inerenti all'area di studio, mettendo in risalto le principali caratteristiche dell'area (geologici, geomorfologici, idrologici ecc..), opportunamente raccolti e suddivise per tavole.

Nello sviluppo dell'analisi territoriale, relativa alle condizioni di pericolosità per motivi idraulici e per condizioni di stabilità geomorfologica, si è tenuto conto delle documentazioni e normative redatte dall'Autorità di Bacino Regionale della Calabria (PAI) e delle carte concernenti le aree suscettibili ad allagamento (PGRA), del bacino Appenninico distrettuale.

1.3 RIFERIMENTI CARTOGRAFICI

Nell'elaborazione del presente lavoro ci si è avvalsi delle seguenti carte topografiche, tecniche e tematiche:

- Allegati cartografici e catastali comunali;
- Foglio n. 241 denominato “NICASTRO” e n. 246 denominato “CITTANOVA” della Carta d'Italia dell'I.G.M., - scala 1: 100.000 -;
- Foglio n. 241 II SE denominato “SAN VITO SULLO IONIO” e n. 246 I NE denominato “SIMBARIO” della Carta Geologica della Calabria, - scala 1: 25.000 -;
- Fogli n. 580093 denominato TORRE DI RUGGIERO NORD e n. 580094 denominato BOVALINA della Carta Tecnica Regionale (CTR), - scala 1: 5.000 -.
- Carte Topografica della Calabria 241_2 SE-C e 246_1 NE-D.

Consultazione portali di riferimento mediante piattaforma online:

-Google Earth Pro-

-<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>

-<http://webgisabr.regione.calabria.it/>

- <http://pr5sit.regione.calabria.it/mapbuilderWeb/browser>

-<https://sgi.isprambiente.it/ithaca/viewer/index.html>

-<http://www.qgis.org>

1.4 RIFERIMENTI NORMATIVI

Lo studio effettuato ha tenuto presente i riferimenti normativi che direttamente o indirettamente interessano la geologia applicata alla pianificazione territoriale. In particolare è stato fatto riferimento alle seguenti norme:

- ✓ L. 02/02/74 n. 64: *"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"*;
- ✓ D.M. 11/03/88: *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce..."*;
- ✓ Ord. P.C.M. del 12/06/98 n. 2788: *"Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale"*;
- ✓ L. 03/08/98 n. 267: *"Conversione in legge del D.L. 11/06/98 misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico"*;
- ✓ L.R. 16/04/2002 n. 19: *"Norme per la tutela, governo ed uso del territorio – Legge Urbanistica della Calabria-"*;
- ✓ Ord. P.C.M. del 20/03/2003 n. 3274: *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*;
- ✓ Ord. P.C.M. del 03/05/2005 n. 3431: *Ulteriori modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del P.C.M. del 20/03/2003 n. 3274 recante " Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*;
- ✓ DM del 14/01/2008 e s.s.m.m.i.i: *"Nuove Norme tecniche per le costruzioni"* (NTC08);
- ✓ PAI Autorità di Bacino Calabria 02/08/2011) Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) ai sensi dell'art.1- bis della L. 365/2000, dell'art.17 Legge 18 Maggio 1989 n. 183, dell'art.1 Legge 3 agosto 1998 n. 267;
- ✓ DM del 17/01/2018 e s.s.m.m.i.i: *"Nuove Norme tecniche per le costruzioni"* (NTC18);
- ✓ Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale - Decreto del Segretario Generale DS n. 540 del 13.10.2020 su Adozione delle Misure di Salvaguardia relative alle aree soggette a modifica di perimetrazione e/o classificazione della pericolosità e rischio dei Piani di assetto idrogeologico configurate nei progetti di varianti di aggiornamento dei PAI alle nuove mappe del PGRA (Legge Regionale n.16 del 2020 e relativo Regolamento approvato in data 22/12/2020).

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Torre di Ruggiero è un piccolo comune italiano di 955 abitanti, situato nell'entroterra della provincia di Catanzaro, città capoluogo della regione Calabria.

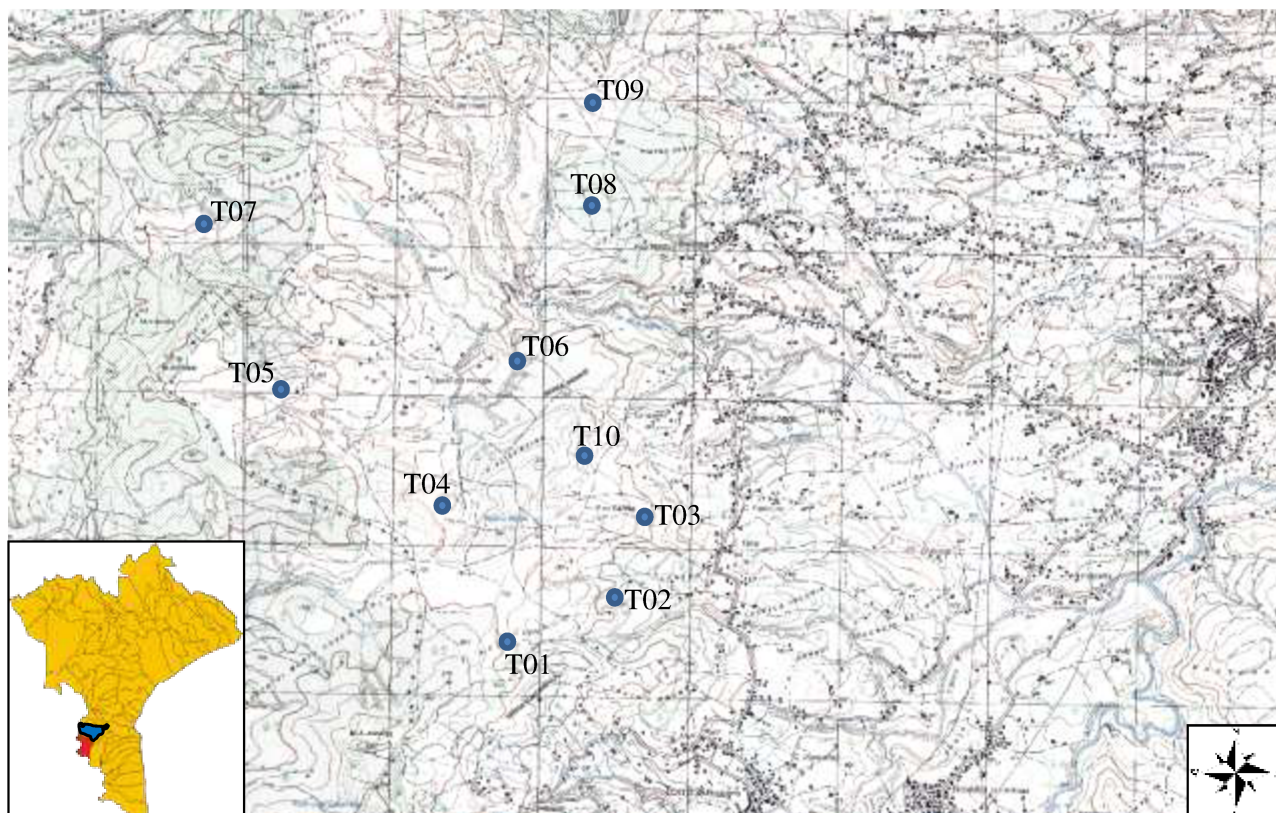
Il territorio comunale, posto sul versante orientale delle Serre Calabre, lungo la valle del torrente Ancinale, è collocato al limite tra le provincie di Catanzaro e Vibo Valentia, e confina a Nord Est con Chiaravalle Centrale (CZ), ad Est con Cardinale (CZ), a Sud con Simbario (VV) ad Ovest con Vallelonga e San Nicola da Crissa (VV) ed a Nord-Ovest con Capistrano (VV).

Da un punto di vista altimetrico il comune si sviluppa dai 566 metri s.l.m., laddove si colloca il centro abitato, sino ad altitudini ben più elevate, rappresentate da Poggio Carrà (766 m slm), Casino del Principe (736 m slm), Rafanello (783 m slm) e Monte Pizzini (918m slm), quest'ultimo situato in prossimità del limite provinciale con Vibo Valentia.

L'estensione territoriale del comune di Torre di Ruggiero è di 25,37 Km² e comprende oltre al centro abitato principale, anche le contrade di Bruno, di Carrà, di Marco Basile e di Torre Logge.

Il comune è inoltre attraversato dal Sentiero Italia, del Club Alpino Italiano (CAI), sentiero che si sviluppa immerso interamente nella natura, attraversando faggeti e castagneti incontaminati.

Il comune dista inoltre 54 km dalla città capoluogo di provincia e regione Catanzaro e 48 km dalla città di Vibo Valentia.



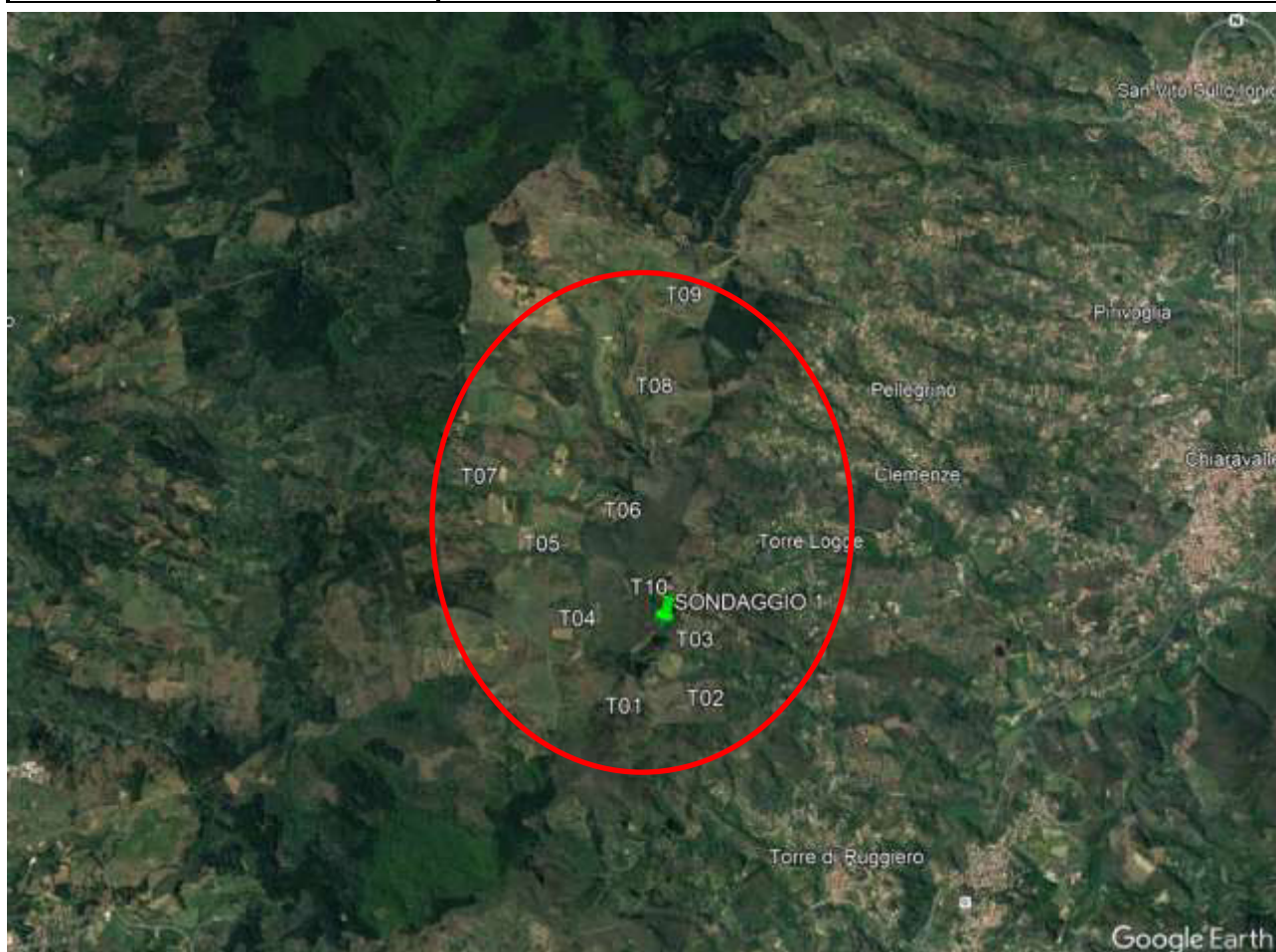
Stralcio carta IGM 1:25.000. Ubicazione geografica degli aerogeneratori all'interno dei comuni interessati all'interno della provincia di Cz

3. UBICAZIONE AREA DI STUDIO

L'area di studio si colloca nell'entroterra della provincia di Catanzaro, nei comuni di Torre di Ruggiero e limitatamente in quello di Chiaravalle Centrale, (quest'ultimo interessato solo per l'ubicazione degli aerogeneratori T08 e T09), ad una quota altimetrica compresa fra i 745 ed i 765 m s.l.m.

Dalla cartografia si ricava che l'intera area di studio, si sviluppa all'interno degli Elementi 580093 denominato "TORRE DI RUGGIERO NORD", e 580094 denominato "BOVALINA" della Carta Tecnica Regionale (CTR) scala 1: 5.000.

	COORDINATE SONDAGGIO S1 ●
Coordinate Geografiche Area Di Studio (ellissoide ED50 - fuso 33)	LAT: 38.217153 ° N
	LONG: 16.233461° E
Coordinate Geografiche Area Di Studio WGS 84	LAT: 38.216115° N
	LONG: 16.232665° E
Coordinate Piane UTM (ellissoide ED50 - fuso 33)	LAT: 4 230 512.021 m N
	LONG: 607 908.292 m E



Ubicazione geografica degli aerogeneratori all'interno del comune di Torre di Ruggiero e Chiaravalle C.le (CZ) - (da Google Earth)

4. TETTONICA REGIONALE

Il contesto geologico nel quale si colloca il territorio in esame, rientra nell'Arco Calabro Peloritano, una struttura complessa che, secondo le interpretazioni geologiche più accreditate, viene ritenuto un frammento di catena alpina, il quale a seguito dell'apertura del Mar Tirreno, nel Miocene inferiore, è sovrascorso sulle unità più esterne e recenti dell'avanpaese della Catena Appenninico-Maghrebide Africa vergente (*Amodio Morelli et al., 1976; Tortorici, 1982; Bonardi et al., 1982 e 2001*). L'Arco Calabro fa dunque da congiunzione tra la Catena *Maghrebide* siciliana, ad andamento W-E, con l'Appennino meridionale, orientato NW-SE (*Patacca & Scandone, 2004*), e costituisce nel Mar Ionio il limite di placca Africa-Eurasia (*Faccenna Et al., 2004*).

Allo stato attuale la regione è animata da un'intensa attività geodinamica testimoniata oltre che dagli intensi e diffusi fenomeni erosivi e dall'elevata franosità, anche dai violenti terremoti che l'hanno ripetutamente colpita in epoca storica. In meno di quattro secoli, infatti, quasi la metà del territorio calabrese è stato colpito almeno una volta da un terremoto di intensità del grado X (MCS) o superiore, mentre i tre quarti dello stesso territorio hanno subito almeno un evento del grado IX (MCS). Il progredire della migrazione verso est dell'Arco Calabro Peloritano (velocità di spostamento di circa 5 cm/anno-*Guerra & Moretti, 1994*), implica la progressiva chiusura del bacino dello Ionio con la subduzione della sua litosfera sotto il margine continentale calabro in sovrascorrimento (*Gvirtzman & Nur, 1999; Buitter, 2000, 2002; Wortel & Spakman, 2000*). I terremoti profondi che caratterizzano il basso Tirreno, sono considerati come una dimostrazione dell'attività del fenomeno (*Guerra & Moretti, 1994*).

Del resto, l'ubicazione degli ipocentri dei terremoti profondi e le massime profondità ipocentrali registrate nella crosta tirrenica (~ 500 km) fanno presumere l'esistenza di una zolla situata sulla parte esterna dell'Arco (zolla ionica) che rappresenta un bacino di foreland- in subduzione lungo un piano di *Wadati- Benioff* piuttosto inclinato ed immergente verso ovest con angoli di circa 50°- 60°. Gli ipocentri sismici superficiali, invece, si collocano in massima parte nei primi 20 km di spessore della crosta e mostrano soluzioni focali molto differenziate, richiamando la possibilità di strutture geologiche sovrapposte e in sovrascorrimento, segmentate da strutture distensive e caratterizzate da una diversa capacità di generare/accumulare stress. Ciò potrebbe essere ricondotto alla subduzione della "zolla ionica" sotto la "zolla calabra" e potrebbe spiegare anche la genesi dei diversi blocchi strutturali che segmentano L'Arco.

La struttura arcuata è stata acquisita principalmente tra il Miocene superiore e il Pleistocene medio, durante l'apertura del bacino di retro-arco tirrenico, in risposta all'arretramento sud-orientale della zona di subduzione oceanica dello Ionio (*Malinverno & Ryan, 1986; Patacca et al., 1992; Gueguen et al., 1998; Sartori, 2003; Rosenbaum & Lister, 2004*).

I confini di questa struttura arcuata, intesa come elemento crostale neogenico cinematicamente indipendente, sono tradizionalmente identificati con i grandi binari trascorrenti, rispettivamente dalla *Linea di Sangineto* a Nord e, spostandoci in Sicilia, a Sud, dalla *Linea di Taormina*.

Insieme, sono considerate da molti, come linee di traslazione che seguono parallele le direttrici strutturali della catena, mentre altre le interrompono individuando strutture di sprofondamento che determinano la curvatura dell'arco.

Per la *linea di Sangineto* è stato riconosciuto o ipotizzato da molti studiosi (*Caire, 1970; Dubois, 1976; Ortolani, 1976; Ghisetti e Vezzani, 1979*) il carattere di antica trascorrente sinistra, in realtà più postulato in base a considerazioni geodinamiche generali e alla necessità di giustificare la traslazione dell'Arco verso SE, che basato sui movimenti registrati lungo gli effettivi piani di faglia.

Altri studiosi affermano invece che, i movimenti neotettonici lungo le faglie legate alla linea di Sangineto, sarebbero prevalentemente di tipo normale o obliquo (*Bousquet, 1973*), anche se non danno indicazioni sulla distribuzione spaziale e sul senso dei movimenti obliqui in funzione della direzione delle faglie.

Dunque i due importanti sistemi di faglie trascorrenti ad andamento WNW-ESE che delimitano l'Arco Calabro, sono così sintetizzati (fig. 1):

- la “*Linea Sangineto*” (o del Pollino) a Nord, caratterizzata da movimento sinistro, che rappresenta la zona di confine tra i terreni cristallini calabri e quelli carbonatici appenninici e che ha portato la catena Alpina a penetrare profondamente nell'arco ionico (*Bousquet, 1973*);
- la “*Linea di Taormina*” a Sud, caratterizzata da movimento destro (*Amodio-Morelli et al., 1976*), che “interrompe” la continuità delle maghrebidi siciliane verso N.



Fig. 1. Schema geologico strutturale semplificato Appennino meridionale-Arco Calabro (modificato da DEWEY *et al.*, 1989)

A partire dal Tortoniano l'arco calabro incrementa la sua evoluzione geodinamica correlata strettamente all'apertura del Mar Tirreno meridionale, facendola diventare una delle aree del Mediterraneo occidentale in cui gli effetti della tettonica quaternaria, sono maggiormente rappresentati.

Le ricerche condotte negli ultimi anni in Italia meridionale, sia di carattere geologico-strutturale sia sismologico e vulcanologico, hanno fornito una notevole quantità di nuovi dati utili alla comprensione dell'evoluzione strutturale dell'Arco Calabro, a partire dal Miocene Medio, quando l'Arco ha iniziato a migrare verso SE, fino al Quaternario (*Dubois, 1976; Ghisetti & Vezzani, 1982; Tortorici et al., 1995, Monaco & Tortorici, 2000; Van Dijk et al., 1995, 2000; Devoti et al., 2002; Tansi et al., 2006, Del Ben et al., 2008; Ferranti et al., 2009*).

La dinamica superficiale mio Pliocenica, registrata negli ampi bacini sedimentari che occupano le depressioni tettoniche assiali e trasversali della catena, rivela la presenza di deformazioni estensionali con direzione di trasporto tettonico verso SW.

L'assenza di forti deformazioni compressive sul fronte esterno e la geometria molto inclinata del piano di Benioff delineato dalla sismicità subcrostale (Guerra et al, 1991) indicano fenomeni di subduzione passiva della placca ionica cui si correlano movimenti di roll-back della catena calabro peloritana (*Malinverno e Ryan 1986, Anderson e Jackson 1987*).

L'ultima fase di costruzione dell'arco calabro peloritano inizia verso la fine del Pleistocene inferiore in concomitanza con il verificarsi di un insieme di fenomeni geologici di interesse regionale.

E' in questo periodo che iniziano a formarsi gli edifici vulcanici attuali dell'Etna e delle isole Eolie, si attivano i vulcani sottomarini Palinuro e Marsili, il centro di espansione del Tirreno si sposta dall'area centrale (edifici del Magnaghi e Vavilov) all'area sud-orientale (edificio del Marsili), come svincolo cinematico settentrionale della placca calabro, la linea di Palinuro si sostituisce alla linea del Pollino, mentre il trasporto tettonico passa dalla direzione NW-SE a quella W-E.

Molti autori (*Cello et al., 1982; Gasparini et al., 1982 E Tortorici et al., 1995*), concordano che a partire dal Pleistocene Medio, l'Arco Calabro sia stato interessato da un'intensa fase estensionale orientata WNW-ESE, tanto che una delle strutture tettoniche maggiormente evidenti è rappresentata da un sistema di faglie normali (Rift-zone siculo-calabro, *Monaco & Tortorici., 2000*), che si estende in modo più o meno continuo nella parte centrale della regione.

4.1 GEOLOGIA DELL ARCO CALABRO

L'Arco Calabro è formato principalmente da una serie di unità paleozoiche cristallino-metamorfiche a vergenza africana ed europea (*Amodio-Morelli et al*, 1976; *Scandone* 1979; *Bonardi et alii*, 1982; *Tortorici*, 1982) che ricoprono un basamento cristallino di età ercinico-varisica, avente marcate analogie con la struttura Austro-Sudalpina (*Bonardi et alii*, 1982; *Vai*,1992) e sormontato da una copertura sedimentaria meso- cenozoica (*Bonardi et al.*, 2001).

Principalmente, ciò che permette una netta distinzione rispetto alle altre unità dell'Appennino meridionale, è la stessa struttura arcuata dell'arco e in secondo luogo la natura geologica delle unità tettoniche che non sono calcaree, bensì plutono-metamorfiche, con al loro interno anche parti di rocce risalenti addirittura a prima del Paleozoico.

Proprio per queste particolare natura delle unità litostratigrafiche che ne compongono l'ossatura, l'arco calabro viene considerato come un *terreno esotico* (*Macwilliams & Howell*, 1982) cioè occupante una porzione crostale caratterizzata da significativa alloctonia nei confronti dei terreni che lo precedono (Appennino meridionale) e di quelli che lo seguono (maghrebidi siciliane).

Circa la provenienza delle rocce del basamento cristallino, esistono ancora oggi, pareri contrastanti; di derivazione europea secondo *Ogniben* (1969) *Bouillin* (1984) *Bouillin et al.* (1986), *Dewey et al.* (1989), *Dietrich* 1988), *Knott* (1987), di derivazione invece dal margine africano secondo *Amodio Morelli et al.* (1976), *Haccard* (1972), *Doglioni et al.* (1998).

La messa in posto di questi affioramenti rocciosi, le quali occupano le posizioni geometricamente più elevate dell'Arco, denominate nell'insieme Complesso Calabride, (*Ogniben*, 1969; 1973) o Unità dell'Arco Calabro Peloritano (*Amodio Morelli et al.*, 1976) si fa risalire al Miocene inferiore (*Tortorici*, 1982) durante l'orogenesi Alpina (*Amodio Morelli et al.*, 1976).

Trasgressive sul complesso Calabride, poggiano una serie di depositi sedimentari, raggruppati nel cosiddetto complesso Post-Orogeno (*Lanzafame & Zuffa*, 1976) il quale è costituito da una spessa successione di sedimenti clastici e terrigeni, la cui fase di deposizione è iniziata nel tardo Miocene con la successione serravalliano-tortoniana, formata alla base da conglomerati, arenarie e calcari arenacei e argille marnoso-siltose grigie e proseguita poi con la successione messiniana, trasgressiva sulle precedenti formazioni, rappresentata da conglomerati, marne calcaree-siltose e gessi, argille marnose con intercalazioni di gessareniti e arenarie.

A queste successioni stratigrafiche seguirono poi quella pliocenica, costituita da conglomerati e argille marnose grigio-azzurre, e quella pleistocenica, formata prevalentemente da sabbie e arenarie, argille siltose e depositi di erosione (sabbioni), ottenuti come prodotto della alterazione e disgregazione in situ delle rocce affioranti di basamento più resistenti.

4.2 INQUADRAMENTO NEOTETTONICO STRUTTURALE

In tempi recenti e per finalità diverse, alcune importanti istituzioni pubbliche (CNR-Progetto Finalizzato Geodinamica, Servizio Sismico Nazionale, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Università, ecc.) hanno prodotto studi e ricerche che hanno aumentato le conoscenze di neotettonica e sismicità della regione, evidenziando che le azioni geodinamiche sono molto diverse, pur nella generale gravità degli eventi, sia da quelle dell'Italia meridionale sia da quelle della restante parte della Sicilia a causa di differenti peculiarità geologiche e tettonico - strutturali.

Tali studi hanno permesso di individuare una segmentazione a blocchi dell'Arco Calabro (*Dubois*, 1976; *Ortolani*, 1976), di stabilire il comportamento dei singoli blocchi in epoca neotettonica e di definire il carattere dei movimenti lungo alcune delle principali faglie litosferiche che li separano (*Ghisetti*, 1979).

La struttura a blocchi dell'Arco Calabro-Peloritano dipende dalla presenza di due sistemi di faglie, uno parallelo alle direttrici strutturali della catena, l'altro trasversale.

Il primo sistema, parallelo alle direttrici strutturali della catena, segue la curvatura dell'arco, passando da direzione N-S a direzione NE-SW ed E-W; l'altro interrompe la continuità della catena, delimitando strutture di sprofondamento, in corrispondenza delle quali avviene la curvatura dell'arco. Questi sistemi passano in sintesi da direzioni ENE-WSW a E-W, e da ESE-WNW a NE-SW.

Il processo di segmentazione sarebbe iniziato nel Tortoniano, quando, a seguito di una fase distensiva comune a tutto l'arco ed anche al resto della penisola, si determinò l'apertura di fosse subsidenti, colmate dalle successioni di riempimento sedimentarie tortoniane-messiniane.

Sila, Serre e Aspromonte rappresentano blocchi che hanno subito uno scorrimento maggiore, con valori di spostamento pari ad alcuni mm/anno, mentre i M. Peloritani, almeno da una certa epoca in poi, manifestano tassi di scorrimento minori, probabilmente dovuti all'emergenza etnea il cui apparato vulcanico esterno si è individualizzato nel Quaternario.

La successiva tettonica compressiva infra-medio-pliocenica, responsabile dell'accorciamento crostale, del sollevamento generale e della deformazione ad arco, appare accompagnata da importanti strutture tensionali localizzate essenzialmente nei settori centrali posti al retro dell'arco. Tali strutture sono costituite sia da *graben* longitudinali (fosse del Crati e del Mesima) probabilmente dovute al collasso delle zone inarcate sul retro del fronte di massima compressione, sia da *graben* trasversali (Catanzaro e altri minori) sviluppatesi per tensioni secondarie dovute all'inarcamento dell'area.

I sistemi longitudinali sono responsabili dell'individuazione di una serie di "horst" e "graben" ovvero rispettivamente le aree strutturali sollevate e depresse. Tra i primi si menzionano la Catena Costiera, l'horst di Capo Vaticano ed i massicci cristallini della Sila, delle Serre e dell'Aspromonte; tra i secondi,

invece, si ricordano i bacini peritirrenici (bacini di Paola, di Gioia Tauro), e le fosse dell'alto Crati e del Mesima.

Le strutture trasversali individuano una serie di depressioni tettoniche, quali la Fossa del basso Crati-Sibari, la Stretta di Catanzaro, la Fossa di Siderno e la Fossa di Messina.

Secondo *Sorriso-Valvo & Tansi* (1996), la morfologia della Calabria appare fortemente controllata dalla tettonica essenzialmente a causa dell'intenso sollevamento che ha generato componenti normali lungo faglie di importanza regionale.

Tale sollevamento, iniziato nel Pliocene e tuttora in atto, individua morfostrutture primarie che determinano la geometria di primo ordine della Regione. Esso provoca un continuo incremento dell'energia del rilievo che a sua volta è responsabile dello sviluppo di bacini idrografici e/o aree subsidenti (Valle del Crati, Sibari, del Mesima, Stretta di Catanzaro) sia trasversali sia longitudinali, interposti ai sistemi montuosi (Pollino, Catena Costiera, Serre, Aspromonte) (Fig.2).

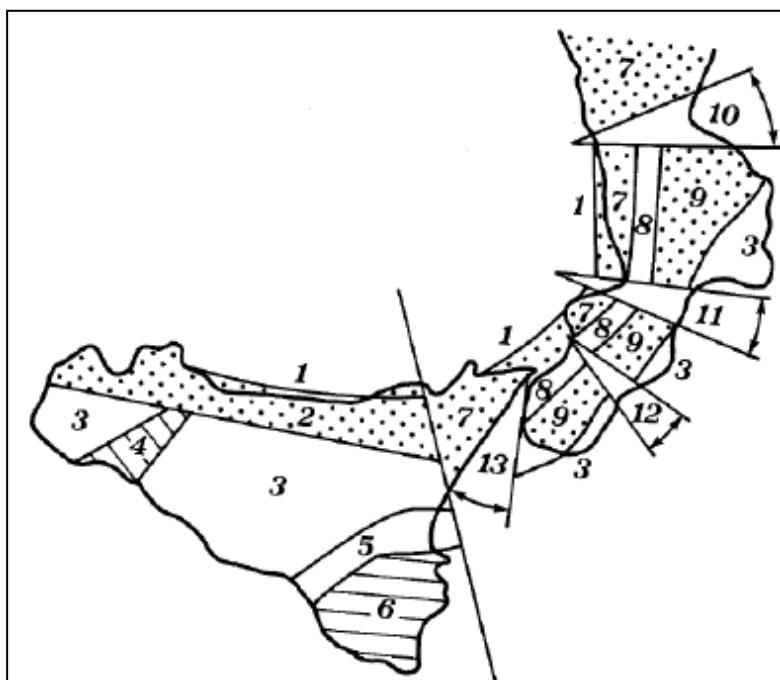


Fig. 2. Schema di segmentazione a blocchi dell'arco calabro-peloritano. 1) bacini peritirrenici di Paola Gioia e Cefalù; 2) monti Nebrodi, Baronie e Madonie; 3) bacini di Crotona- capo Spartivento peritirrenici e di Caltanissetta Castelvetro; 4) Monti Sicani; 5) fossa Catania Gela; 6) monti Iblei; 7) Catena Costiera calabra, Capo Vaticano monti Peloritani; 8) fosse dell'alto Crati, del mesima e di Gioia tauro; 9) Sila, Serre ed Aspromonte; 10) Fossa del basso Crati Sibari; 11) Fossa di Catanzaro; 12) Fossa di Siderno; 13) fossa di Messina; 14) Gruppo del Pollino (GHISETTI, 1979).

4.3 ARCO CALABRO MERIDIONALE

La maggior parte degli studiosi, non considerano l'Arco Calabro come un unico elemento cinematico unitario, avente dunque un'unica storia evolutiva, ma lo considerano costituito da due settori caratterizzati da un assetto e da una storia genetica ed evolutiva, sviluppato in maniera indipendente nel corso delle fasi tettoniche principali oligo-mioceniche.

Tali settori, sono suddivisi lungo un imprecisato allineamento ENE-OSO che da Capo Vaticano, attraverso la Valle del Mesima, si estende fino a Soverato (*Bonardi et al., 1980, 1982*) e sono costituiti da una serie di differenze le quali possono essere riassunte nei seguenti punti, ponendo come riferimento il settore meridionale e mettendole in contrapposizione con le caratteristiche del settore settentrionale (*Tortorici, 1982*):

- Assenza di unità ofiolitiche e mancanza di metamorfismo alpino nelle unità cristalline;
- Mancanza di unità carbonatiche appenniniche sottostanti alle unità cristalline;
- Vergenza meridionale delle falde (Africa vergente).

L'area di studio indagata, si colloca a ridosso dei due settori precedentemente descritti, e nello specifico lungo i margini del massiccio delle Serre settentrionali. Tali rocce costituiscono un basamento ercinico meta-cristallino tale che può essere suddiviso in due unità tettoniche principali: l'Unità di Polia-Copanello (in facies granulitica; Unità dioritico - kinzigitica) e l'Unità di Stilo (metamorfiti di medio e basso grado, granitoidi ercinici, *Amodio-Morelli et al., 1976*), le quali sono tagliate dalla subunità tonalitica di Cardinale (Fig.3).

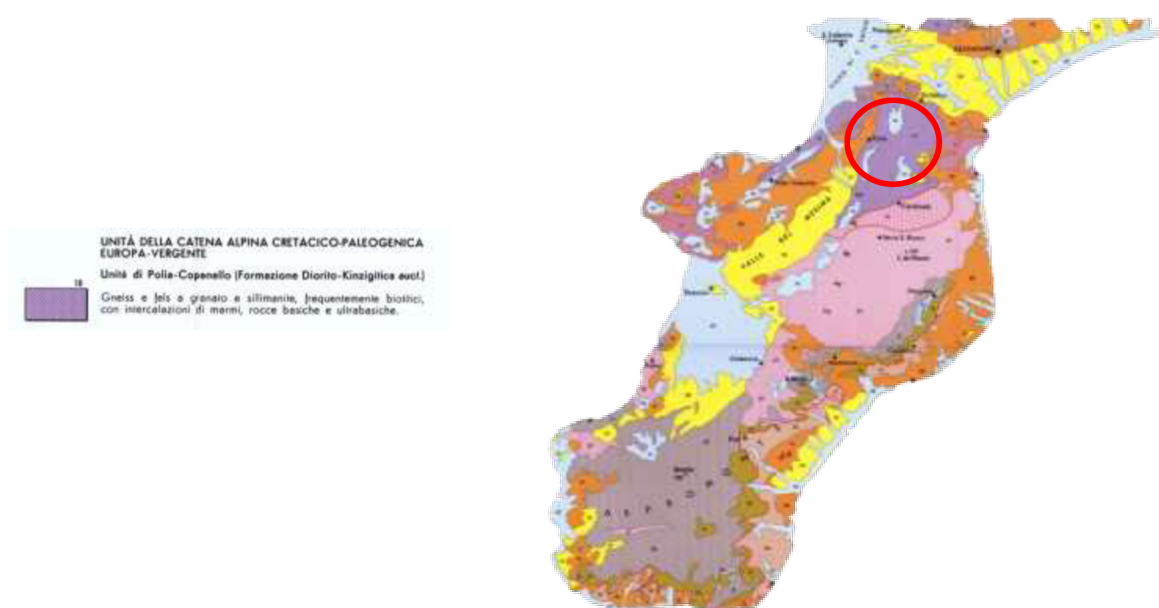


Fig.3. Settore meridionale dell'ACP (Arco Calabro Peloritano) e ubicazione area di studio

L'area di studio indagata, è costituita da una unità tettonica che affiora diffusamente in tutto il settore considerato ed è rappresentativa di porzioni profonde di crosta continentale.

Nello specifico, tale Unità, conosciuta con il termine di Polia-Copanello, è costituita da un substrato di rocce metamorfiche di età tardo paleozoica/ercinica (*Alvarez et al.*, 1974) formata da metamorfiti di medio-alto grado e da migmatiti prealpine.

Il nome "Polia-Copanello" venne assegnato da Amodio Morelli et al. nel 1976, poiché nel profilo tracciato tra queste due località, vengono comprese tutti i tipi litologici fondamentali e tutte le fenomenologie geologiche più caratteristiche di questa Unità tettonica.

Tale Unità, (nota in letteratura anche con il termine "Formazione Dioritico-Kinzigitica"), indica rocce metamorfiche con tessitura scistosa poco evidente e struttura granoblastica, comprendenti gneiss, paragneiss e micascisti granatiferi, spesso intrusi da filoni di rocce ignee granitiche- tonalitiche e pegmatitiche.

L'ammasso delle rocce affioranti che formano questa Unità, è tale che la potenza dello spessore sia molto profondo ed arrivi a superare, in alcuni punti all'interno del massiccio delle Serre, anche i 7 chilometri di profondità (*Vai*, 1992); al contrario, nella pre-Sila o nella Catena Costiera, gli spessori degli affioramenti di questa Unità, sono di gran lunga meno profondi, non superando mai i 400m di profondità dal piano campagna.

4.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE

L' areale in oggetto di studio, evidenziato nello stralcio cartografico che segue (Fig.4), ricade all'interno della Carta Geologica n. 241 II-SE denominata "San Vito Sullo Jonio" (carta realizzata per la Cassa per il Mezzogiorno - scala 1:25.000).

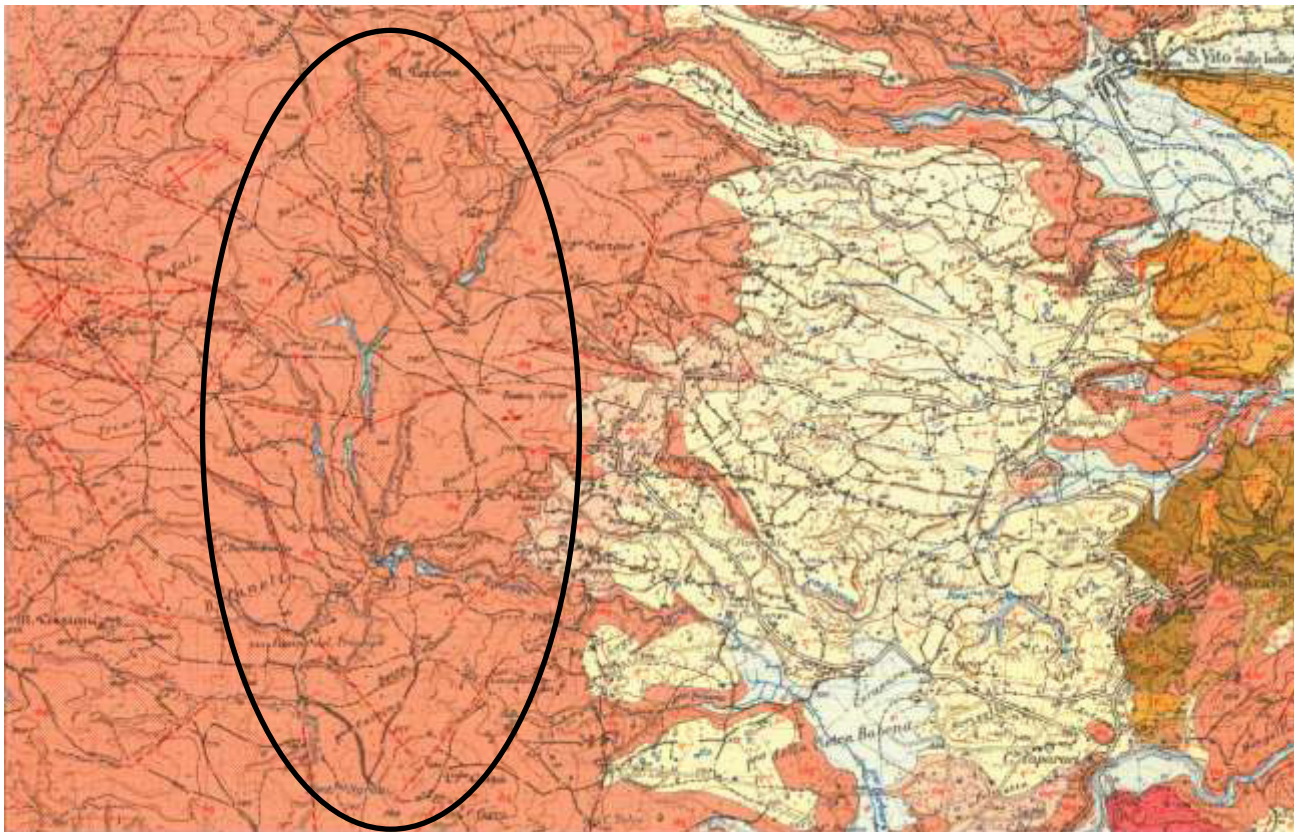


Fig. 4. Carta Geologica n. 241 II-SE - "San Vito Sullo Jonio"

Dalla consultazione della suddetta carta, così come confermato dal sondaggio eseguito di cui si parlerà approfonditamente nell'apposito paragrafo, risulta che le rocce affioranti nell'intera area di studio, sono da ricondurre a rocce metamorfiche paleozoiche, costituite da gneiss, paragneiss e scisti biotitici a grana media e grossolana, generalmente granatiferi, i cui cristalli sono visibili ad occhio nudo, in associazione a ortogneiss granitoidi, dioritici ed anfibolitici e vene o parti di rocce granitiche (*Sbg* in carta geologica). Lo spessore totale dell'intera formazione supera i 3000 m.

Tali rocce posseggono caratteristiche differenti a seconda se affiorano come masse litoidi compatte (roccia integra) oppure come terreni granulari (roccia alterata-degradata), quest'ultime in genere occupanti le porzioni più superficiali dell'affioramento, maggiormente sottoposti alla degradazione.

Le rocce integre e compatte più profonde, sono supportati da una elevata resistenza all'erosione e permeabilità che si esplica in funzione della fratturazione dell'ammasso, mentre la coltre più degradata, essendo il prodotto prolungato di erosione, assimilabile ad un ammasso sabbioso e/o sabbioso-ghiaioso, presenta una scarsa resistenza ed una permeabilità in genere medio-elevata.

5. GEOMORFOLOGIA

Le caratteristiche geomorfologiche della area di studio, così come quelle della intera regione, sono strettamente connesse sia all'evoluzione dell'arco calabro stesso, sia a fenomeni regionali di sollevamento, esercitati dall'*upflit* regionale, iniziato alla fine del Pleistocene inferiore e tuttora in corso (1 mm/a).

A queste peculiarità, va aggiunto il contributo fondamentale che offre il clima con la degradazione meteorica (*weathering*) la quale, a seconda delle proprietà dei terreni che coinvolge, (litologia, giacitura, consistenza meccanica e caratteri idrogeologici), concorre allo sviluppo di diversi processi chimico-fisici, permettendo il modellamento dei versanti.

L'area di studio si colloca nell'entroterra della fascia Jonica catanzarese, lungo un territorio compreso tra la zona collinare medio-alta e quella pedemontana, in prossimità delle Serre settentrionali. L'area è contraddistinta da rilievi da acclivi a mediamente acclivi e da ampie spianate sommitali, quest'ultime testimoni di prolungati ed intensi periodi di erosione e di disfacimento meteorico, laddove il tasso di sollevamento regionale in buona sostanza, si bilancia con quello di esumazione e disfacimento delle rocce.

Gli ammassi rocciosi, si presentano perlopiù integri, in quelle porzioni di territorio maggiormente protetti dalla vegetazione e laddove le fratture fra le rocce sono poco sviluppate e non comunicanti fra di loro. Quest'ultimo fattore rappresenta una condizione imprescindibile per preservare gli ammassi con la profondità, in quanto viene inibita la circolazione idrica.

Nei punti dove sono frequenti le fratture, lungo le linee di debolezza, coincidenti spesso con i piani di scistosità e laddove si esplica maggiormente l'intensa attività tettonica, sarà garantita l'azione degli agenti esogeni, con la conseguente permeazione dell'acqua lungo le fessure, e la genesi di materiale di disfacimento della parte più superficiale dell'ammasso roccioso.

La condizione di notevole allentamento meccanico, evidenziato dalle linee di discontinuità, dalle faglie e dalle fratture, numerose e spesso ravvicinate, favorisce l'azione disgregatrice e la trasformazione chimica dei minerali delle rocce che costituiscono il substrato cristallino (soprattutto feldspati e miche) e quindi la trasformazione in una coltre detritica residuale e la formazione dei cosiddetti "terreni arenizzati".

In tali condizioni, i litotipi subiscono degli stress talmente elevati da sbriciolarsi e da andare a costituire ammassi granulari incoerenti, fino a formare dei sabbioni o vere coltri da *weathering*.

Questo fenomeno di alterazione tende a diminuire via via con la profondità anche se lo spessore dei materiali di alterazione possiede una potenza molto variabile, che cambia da zona a zona.

Lo spessore, dipende infatti sia dalla esposizione dei rilievi, sia come detto, dalla circolazione e aggressività dell'acqua, motivo per cui il processo non è sempre lo stesso.

Tuttavia, da quanto emerge, i terreni esaminati, presentano buone caratteristiche geomeccaniche e ad oggi non sussistono problematiche nè in termini di frane, nè di instabilità dei rilievi.

5.1 IDROLOGIA e IDROGEOLOGIA

L'intenso sollevamento della regione a partire dal Quaternario, ha avuto un controllo determinante non solo sul modellamento dei versanti, ma anche sul tipo di idrografia, sviluppando in tutta l'area di studio, un pattern dendritico, caratterizzato da piccoli corsi idrici (rami) comunicanti fra di loro, che ramificandosi in vari ordini gerarchici, convogliano le acque meteoriche verso i fossati e i corsi d'acqua maggiori e principali del bacino (*fiumare*).

La disposizione degli impluvi segue l'andamento delle principali e numerose lineazioni tettoniche, ricalcando quasi fedelmente i trends più incisivi, secondo un orientamento di tipo NO – SE e NE – SO; ciò lascerebbe intuire un certo controllo strutturale sullo sviluppo geometrico dell'idrografia ad opera di fratture nel substrato più o meno estese o di fasce cataclastiche, con il conseguente incanalamento delle acque ruscellanti (e quindi la formazione delle aste torrentizie) in determinate direzioni, piuttosto che in altre.

Se si esclude la fiumara *Ancinale*, che è l'asta fluviale di più alto ordine gerarchico dell'intero bacino (VI ordine), che scorre comunque ben lontano dall'area di studio e che come tutte le fiumare (morfologia tipo *braided*) trasporta un quantitativo di sedimenti notevole, soprattutto come carico di fondo, il resto delle incisioni idriche presenti (*Fosso Sambuco, Fosso Schioppo, Fosso Sgrau*), mostra dimensioni piuttosto contenute sia in termini di lunghezza che di profondità del canale.

Tali corsi idrici rivelano una qual certa attività idraulica degna di rilievo solo durante la stagione autunnale-invernale o in concomitanza di eventi idrometeorici eccezionali e intensi, altrimenti sono sede di scorrimento idrico trascurabile, se non addirittura nullo, per il resto dell'anno.

Dal punto di vista idrogeologico, le rocce che affiorano in tutta l'area di studio, si presentano compatte, senza interruzione di continuità e praticamente impermeabili, motivo per cui l'infiltrazione dell'acqua, sarà fortemente limitata. E' vero però che dall'atto della loro formazione le rocce hanno subito molteplici sollecitazioni, come stress tettonici (ad esempio sollecitazioni dinamiche dovute alla propagazione delle onde elastiche in occasione di fenomeni sismici) che nel corso di milioni di anni hanno detensionato la roccia originariamente integra, favorendo la genesi di micro, talora anche macro fratture al loro interno, creando la connessione fra di esse (permeabilità secondaria) permettono così all'acqua di attraversarle seppur per pochi metri di profondità, senza formare un vero e proprio livello di falda disponibile.

Situazione totalmente diversa si registra per le coltri degli ammassi granulari porosi ed incoerenti generati dall'azione del *weathering*, tali da formare veri e propri ammassi di materiale alterato e di natura incoerente (sabbioni), spessi anche diversi metri di profondità a partire dal p.c.

Queste coltri di alterazione sono contraddistinte da una porosità primaria tale da permettere l'attraversamento agevole da parte dell'acqua, che al contrario della roccia integra impermeabile ($K=10^{-8}$ m/s), presentano un coefficiente di permeabilità circa pari a $K = 10^{-3}$ m/s.

6. CLIMA

La Calabria è una delle regioni più piovose dell'Italia meridionale (Fig.5). La sua particolare posizione all'interno del Mar Mediterraneo e la diversa morfologia del territorio dove si alternano repentinamente pianura, collina e montagne, danno luogo a tanti microclimi che si susseguono, al variare delle diverse altitudini del territorio che si considera.

In particolare, i caratteri climatici della Calabria sono fortemente dipendenti dalla presenza di catene montuose a sviluppo prevalentemente lineare, che si innalzano rapidamente dal livello del mare fino ai 1.000-1.500 m. Tali catene provocano la rapida ascensione delle masse d'aria umide, che precipitano sotto forma di piogge di intensità variabile in funzione della quota in essere, e nello stesso tempo fungono da ostacolo per le zone sottovento, rendendo limitati gli effetti delle perturbazioni.

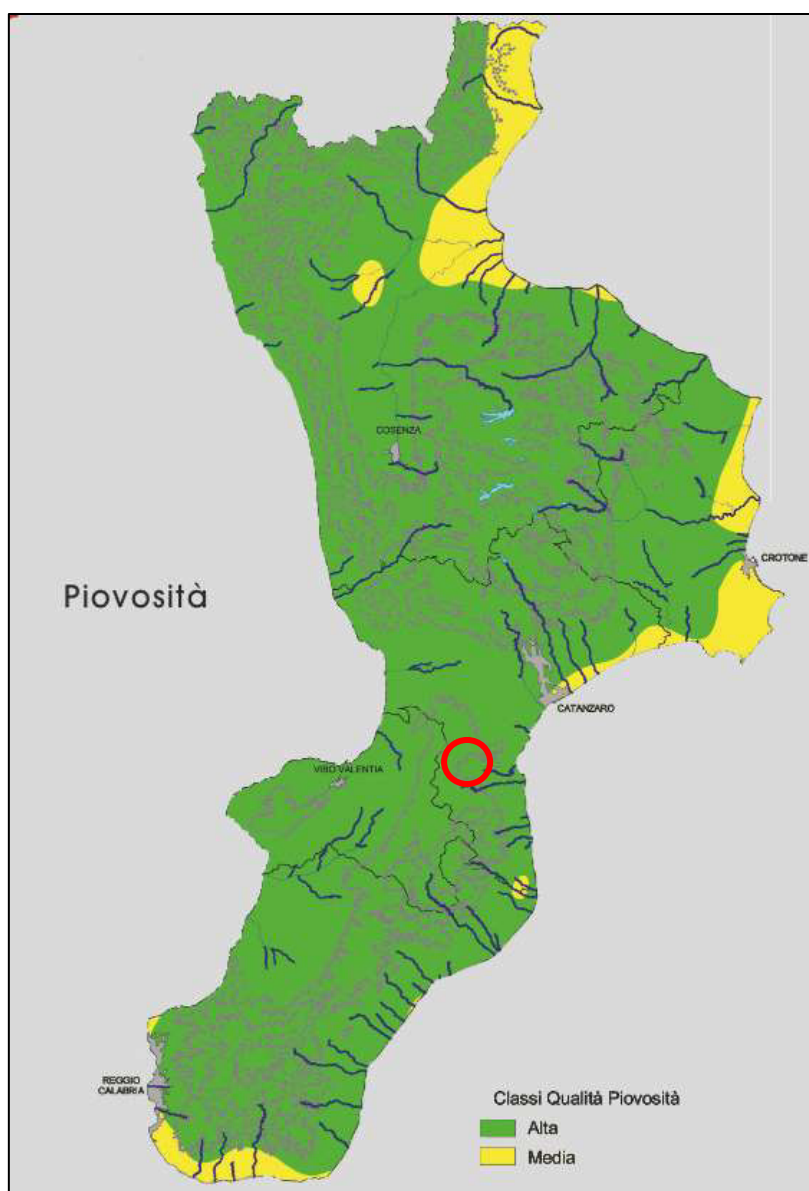


Fig. 5. Classi di qualità di Piovosità della Calabria e area di studio evidenziata

La piovosità con l'altitudine subisce un graduale aumento fino a circa 850 m s.l.m., quindi decresce fino a 1150 m s.l.m. per poi presentare un repentino incremento oltre i 1150 m s.l.m.

L'influsso marittimo si fa sentire bene lungo la costa, ma si esaurisce rapidamente procedendo verso l'interno, dal momento che le montagne rappresentano un ostacolo, essendo vicinissime al mare.

La posizione delle orografie infatti, condizionano fortemente la frequenza e la distribuzione delle precipitazioni. Sia la catena delle Serre sia quella dell'Aspromonte risentono sia delle perturbazioni provenienti dal Tirreno, che di quelle provenienti dallo Ionio.

Tuttavia, poiché i venti occidentali sono più carichi di umidità di quelli orientali e dal momento che il versante tirrenico ha una pendenza maggiore del versante ionico delle Serre, si avrà per l'area jonica un regime pluviometrico di tipo impulsivo dove a lunghi periodi siccitosi, seguitano brevi ma intensi fenomeni temporaleschi, mentre sull'area tirrenica gli apporti delle precipitazioni sono doppi rispetto alla fascia ionica, ma con minore intensità.

Dagli studi effettuati sulle precipitazioni meteoriche da *Caloiero et al.* (1990) (Fig. 6) e considerando i risultati ottenuti all'interno del periodo tra il 1921 al 1980, si evince che le zone con la più alta precipitazione media annua sono la Sila, le Serre, l'Aspromonte e la Catena Costiera, che rappresentano gli alti strutturali della regione (Horst).

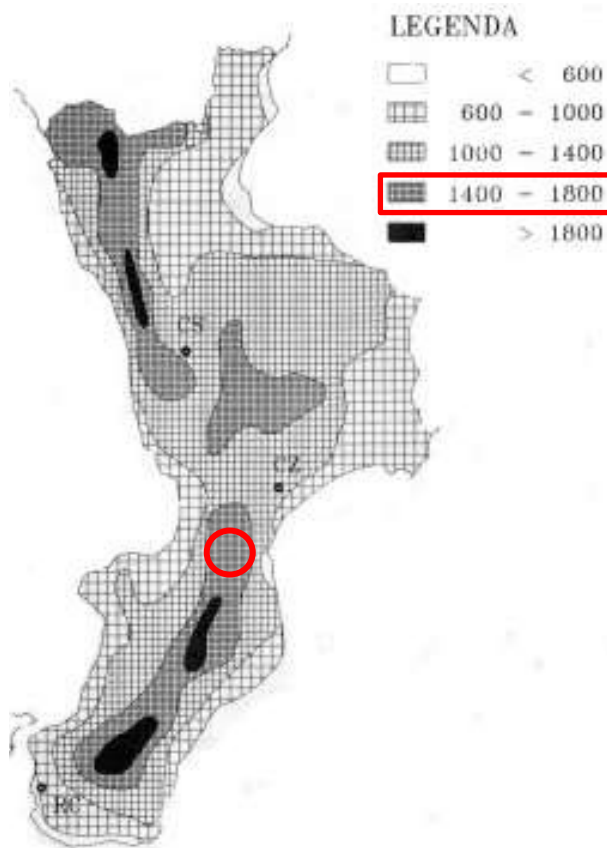


Fig. 6. Distribuzione della pioggia in mm (da Caloiero et alii -1990) ed area di studio

6.1 TEMPERATURA E PIOVOSITA' DELL'AREA

Dal punto di vista climatico, l'intera regione è caratterizzata da un regime di tipo mediterraneo, i cui mari Tirreno e Ionio, condizionano gli inverni miti e freschi, soprattutto nelle pianure costiere e sui litorali, più freddi nei settori interni ed in montagna, alternandoli alle estati torride ed afose.

Durante la stagione estiva infatti, il caldo accomuna l'intero territorio regionale e solo l'altitudine mitiga la calura che supera facilmente i 35°C e che in caso di invasioni di aria molto calda africana, arriva a superare anche i 40°C (Fig. 7).

L'area di studio è caratterizzata da una forte stagionalità, con precipitazioni piuttosto modeste e temperature alte nel semestre caldo e precipitazioni medio-alte e temperatura medio-basse nel semestre freddo.

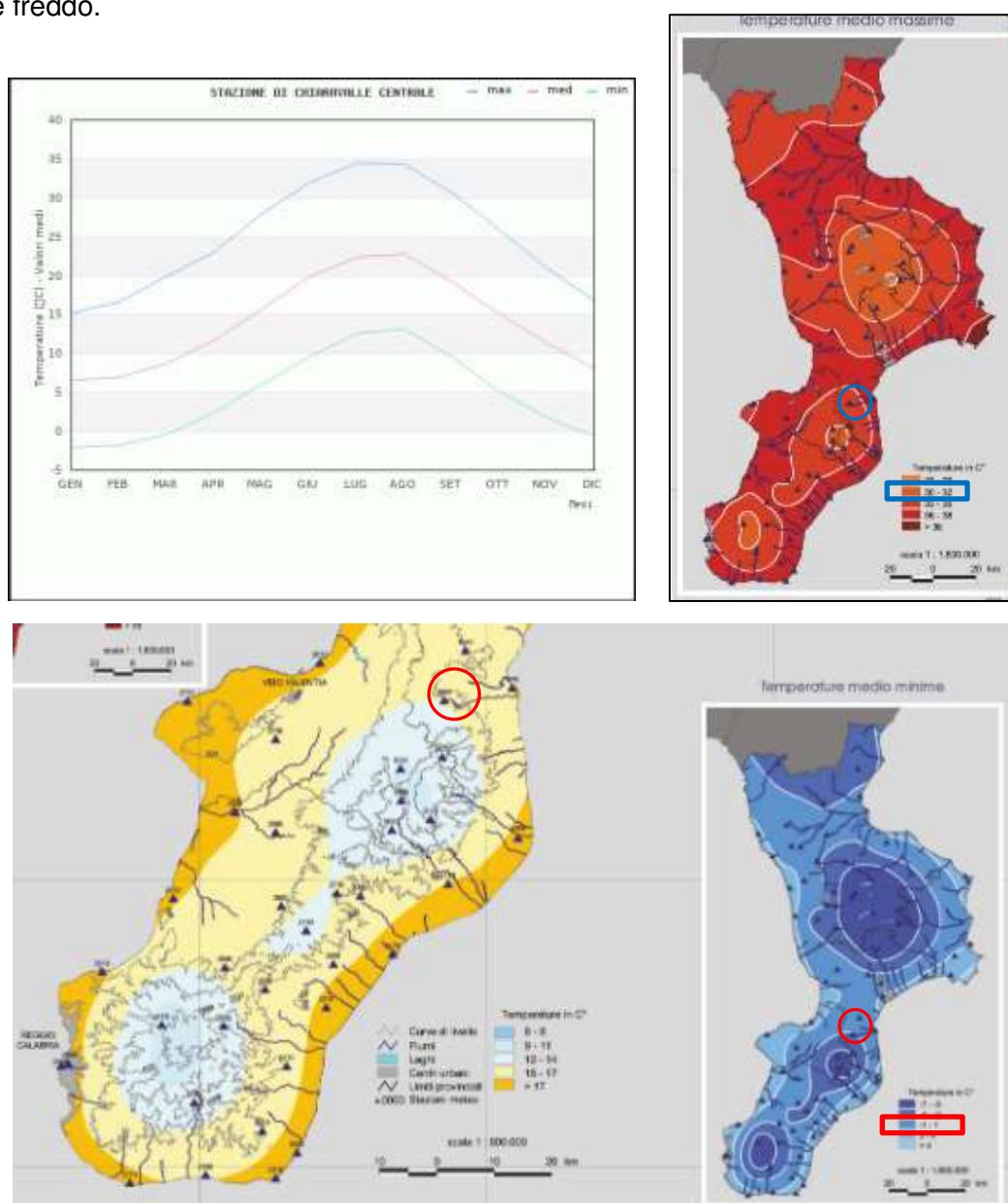


Fig.7. Grafici Temperatura Max-Min area di studio (da Ar.p.a. Cal. -Centro funz. Multirischi - CHIARAVALLE C.LE)

“PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 10 AEROGENERATORI DA REALIZZARE NEI COMUNI DI TORRE DI RUGGIERO (CZ) E CHIARAVALLE CENTRALE (CZ) E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N. RICADENTI NEL COMUNE DI PETRIZZI (CZ)”

A livello di microclima però, ci sono anche delle differenze, dovute alla natura accidentata ed estremamente variabile del territorio, ricco di rilievi irregolari che si elevano a diversa quota, passando da quelli poste alle pendici delle Serre fino a 1200m, a quelli che degradano più o meno inclinati, verso le coste.

La presenza dei rilievi condiziona la distribuzione delle precipitazioni; i versanti Occidentali sono più piovosi essendo ben esposti alle correnti atlantiche che arrivano da Ovest, o alle irruzioni di correnti fredde di Maestrale o Tramontana, che fanno ingresso nel Mediterraneo Centrale, dalla valle del Rodano.

Il versante Ionico al contrario, risulta ben esposto alle correnti di Levante e Scirocco e da tutte quelle provenienti dal quadrante orientale, associato alle risalite dell'alta pressione africana, causando repentini rialzi termici. I rilievi montuosi, intercettano l'umidità proveniente dalle grandi perturbazioni Atlantiche che giungono da Ovest, ne ostacolano il passaggio e consentono alle pianure costiere di levante, di inaridirsi, limitando il quantitativo di precipitazione la cui media è 500-600 mm all'anno.

Le precipitazioni atmosferiche, sono concentrate perlopiù in determinati mesi all'anno.

Dalla consultazione dei dati pluviometrici utilizzando la stazione pluviometrica di Chiaravalle (1960), (alla quale ci si rifà in quanto manca la stazione specifica per l'area di studio), si è notato che il periodo di maggiore intensità delle piogge, è compreso tra ottobre e marzo, mentre sono scarsi e quasi nulli, le precipitazioni che avvengono nel corso dei mesi compresi, tra giugno e agosto.

I mm di pioggia medie, che interessano la zona di studio si attestano tra i 1200 ed i 1500 mm all'anno (Fig.8).

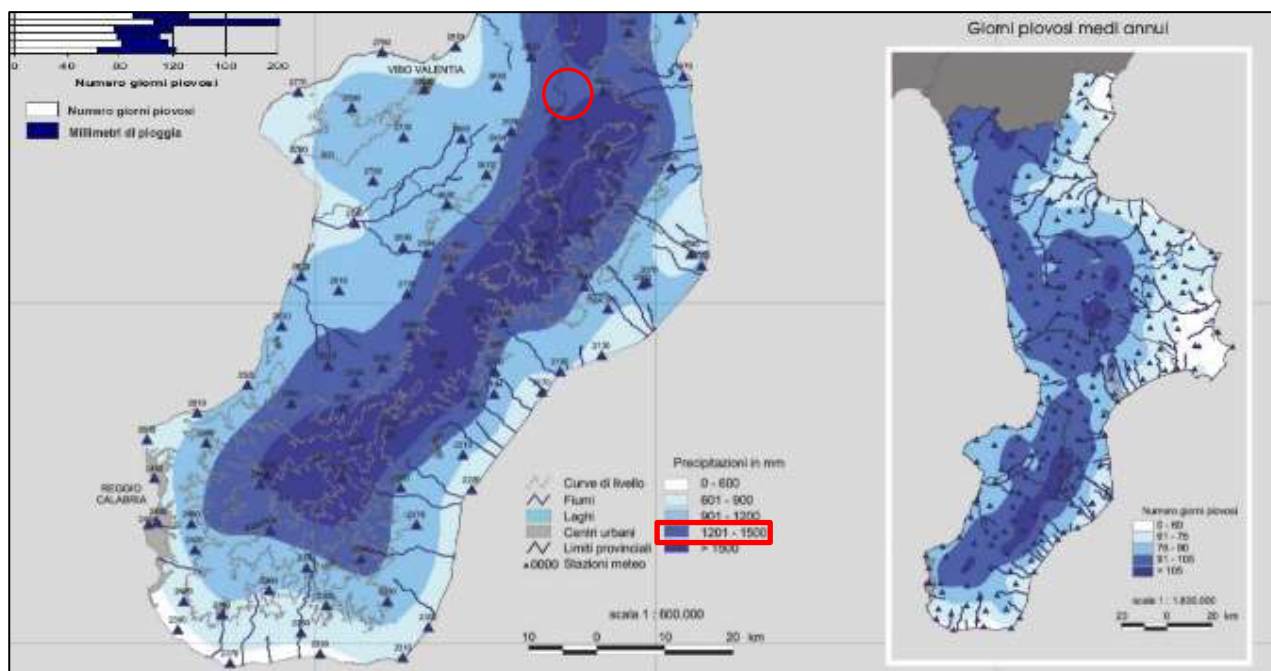
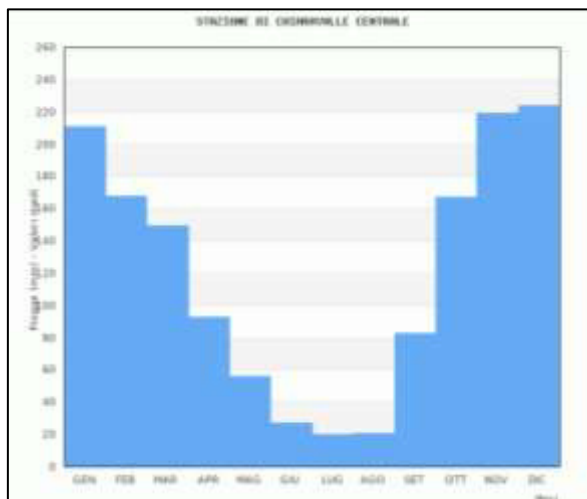


Fig.8. Piovosità media annua dell'area di studio (da Ar.p.a. Cal. -Centro funzionale multirischi)

Dalla consultazione dei grafici dell'Ar.p.a.Cal (Centro Funzione Multirischi), si evidenzia come, per l'area di studio, a testimonianza di quanto detto, il picco delle precipitazioni meteorologiche registrate sia compreso tra i mesi di novembre e gennaio, dove si superano abbondantemente i 200 mm di pioggia mensili, (nel mese di dicembre addirittura i 224 mm), spesso anche a causa di eventi eccezionali e di breve durata (Figg.9 e 11).



Valori medi mensili ed annuale

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
211.2	167.6	149.5	92.8	55.9	27.0	19.8	20.9	83.0	167.4	219.1	224.1	1,438.3

Fig.9. Valori medi delle piogge mensili (da CFD- Arpacal Servizio Multirischi)

Inoltre, a conferma della forte stagionalità in cui si alterna la stagione secca con quella piovosa, si evince che, nel periodo compreso tra novembre e marzo, il numero medio dei giorni piovosi mensili, varia tra i 14 e 10. Nei mesi compresi tra maggio e settembre, invece, il numero medio dei giorni piovosi oscilla attorno ai 5, mentre il mese di Luglio si attesta ad essere il mese meno piovoso in assoluto (in media circa 2 giorni piovosi) (Fig.10).

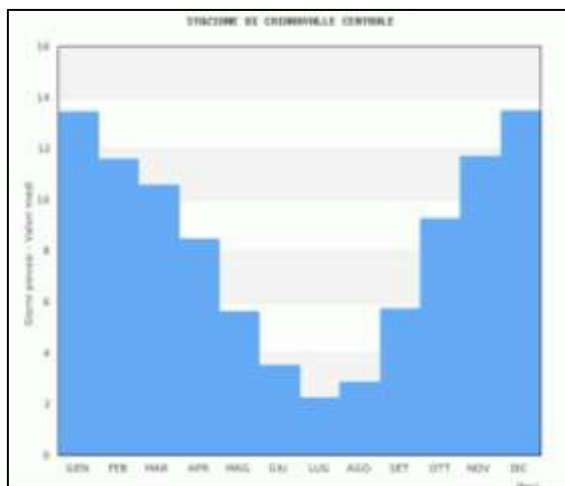


Fig.10. Valori medi dei giorni piovosi (da CFD- Arpacal Servizio Multirischi)

"PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 10 AEROGENERATORI DA REALIZZARE NEI COMUNI DI TORRE DI RUGGIERO (CZ) E CHIARAVALLE CENTRALE (CZ) E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N. RICADENTI NEL COMUNE DI PETRIZZI (CZ)"

1996	666.4	262.2	316.0	60.0	80.8	12.8	30.0	15.2	168.2	433.6	147.4	223.8	2,416.4
1997	17.4	89.8	56.6	125.2	16.0	3.0	4.8	48.4	103.0	124.8	>	175.4	>
1998	54.6	95.4	104.8	56.6	73.0	19.6	10.0	10.0	96.2	102.0	122.2	133.6	878.0
1999	160.0	109.2	85.0	77.2	16.6	1.8	124.2	21.4	42.6	31.4	263.8	128.4	1,061.6
2000	220.0	118.8	18.0	110.0	12.0	1.6	19.0	-	631.2	101.2	65.8	256.0	1,553.6
2001	367.2	95.0	48.2	78.8	*	>	0.8	2.8	76.4	5.8	240.8	224.0	>
2002	43.4	34.2	82.0	112.4	159.6	9.8	9.0	36.2	87.0	52.6	187.0	193.4	906.6
2003	85.0	30.0	15.6	123.8	15.4	1.4	10.4	22.4	28.8	69.8	56.6	205.6	664.8
2004	62.8	15.0	46.4	51.2	18.4	32.8	18.4	3.6	59.0	46.4	164.0	391.0	909.0
2005	27.4	45.8	10.0	55.4	59.0	2.6	36.8	28.0	68.4	56.8	51.0	179.6	620.8
2006	16.0	79.4	*	16.2	7.6	43.8	33.8	31.6	19.4	124.0	>	236.6	>
2007	9.0	134.2	148.8	41.2	39.2	10.6	0.2	3.0	75.0	105.8	75.6	106.2	748.8
2008	11.4	8.6	46.0	49.6	3.8	8.6	5.4	3.4	53.2	18.4	179.0	233.6	621.0
2009	435.4	24.8	35.0	38.8	1.2	56.2	1.4	10.0	711.8	147.4	90.4	227.0	1,781.4
2010	393.0	285.8	128.2	19.0	40.2	85.4	23.2	0.8	155.0	223.0	105.4	127.6	1,586.8
2011	289.6	302.2	265.0	262.6	90.6	24.6	21.0	-	37.4	56.0	156.4	115.6	1,621.0
2012	170.8	567.4	39.8	140.2	61.4	-	17.8	-	65.0	108.8	265.0	279.6	1,716.4
2013	201.2	130.4	291.2	78.2	58.6	41.8	25.2	27.0	90.8	141.4	583.0	178.0	1,846.8
2014	211.4	304.6	170.0	119.2	104.2	46.0	44.2	5.8	98.4	37.4	277.6	111.6	1,530.4
2015	99.2	215.2	215.2	32.4	52.8	11.8	31.0	>	175.4	535.8	449.8	10.0	>
2016	145.6	119.0	323.4	42.2	93.8	27.6	5.0	61.4	148.6	88.6	266.2	144.0	1,465.4
2017	449.4	121.8	53.8	102.6	38.6	1.6	13.8	0.4	93.0	62.0	118.6	92.2	1,147.8
2018	104.4	227.2	130.0	5.4	25.8	42.0	38.0	84.6	27.4	779.0	140.0	211.8	1,815.6
2019	132.0	99.8	74.4	70.8	95.8	4.4	22.2	7.4	32.8	56.2	359.0	195.2	1,150.0
2020	42.8	29.4	377.0	57.0	44.8	151.8	27.0	26.8	73.6	59.2	233.8	190.4	1,313.6
2021	180.0	111.6	97.4	>	15.8	8.4	21.0	22.2	67.6	581.6	144.6	150.0	>
2022	75.4	70.2	84.6	54.0	114.2	46.6	26.4	40.4	38.2	52.4	281.4	184.2	1,068.0

1242 mesi disponibili
107 anni disponibili

Fig. 11. Grafico piogge mensili degli ultimi 100 anni della zona di studio

7. CONTESTO SISMICO

Dal punto di vista sismo-tettonico, la complessità dell'arco calabro e la sua mobilità geodinamica, causano all'intera regione, una intensa attività sismica. Ciò è strettamente correlato a processi di subduzione che interessano il paleomargine africano, accompagnati da una progressiva migrazione verso Sud Ovest dell'arco calabro e dall'apertura del Mar Tirreno fino a ca. 500 km di profondità. Recenti studi hanno dimostrato proprio per questo, che la Calabria, è la regione in Italia nella quale si sono verificati i terremoti tra i più catastrofici ed a più elevata intensità ed energia, di tutta l'area mediterranea, così come riporta la banca dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia Catalogo dei "Forti Terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990" (Boschi et al. – 1997). Si è reso necessario, a tal proposito, formulare una carta di zonazione sismica, capace di tenere conto delle caratteristiche sismiche comuni, basati su eventi accaduti in passato e probabilistici. Tale mappa, la zonazione macrosismica ZS4, fino al 2002, rappresentava il riferimento principale, dividendo l'intero territorio calabrese in distinte zone sorgenti (Scandone et al., 1996). Successivamente, con l'implemento di studi del settore, è stata redatta una nuova carta di zonazione, denominata ZS9. Pertanto, le zone da 65 a 72 sono state modificate in due nuove zone, una sul lato tirrenico della regione (zona **929**) e una sul lato ionico (zona **930**) (Fig. 12).

L'esistenza di queste due distinte zone rispecchia livelli di sismicità differenti. I terremoti con più elevata magnitudo hanno interessato i bacini del Crati, del Savuto e del Mesima fino allo Stretto di Messina (zona **929**). Tra questi eventi spiccano la sequenza del 1783 e i terremoti del 1905 e 1908, così come riportato nel *Catalogo dei forti terremoti 461 a.C.-1990* (Boschi-Gasperini et al. 1997). Viceversa sul lato ionico della Calabria (zona **930**) solo 4 eventi hanno superato un valore di magnitudo pari a 6, e tra questi il terremoto del 1638 appare come l'evento più forte mai verificatosi.

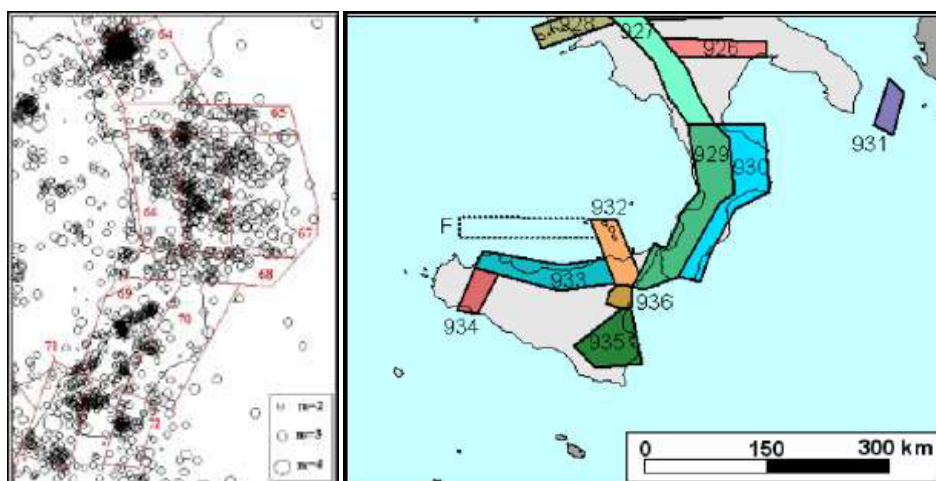


Fig. 12. Le zonazioni macrosismiche a confronto rispetto alle due diverse mappe (ZS4-ZS9)

7.1 MACROZONAZIONE SISMICA DELL'AREA

Con l'Ordinanza Ministeriale n. 3274/2003, recante “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, sono stati definiti i caratteri per la stesura di apposite carte di riferimento con simili caratteristiche sismiche. Sulla base dei criteri adottati, nell'”*Allegato 1*” di detta Ordinanza, vi è la lista dei comuni italiani con la zona sismica corrispondente, suddivisa in 4 zone (Fig.2). Le prime tre corrispondono pressappoco (con modeste modifiche) alle zone di sismicità previste dalle precedenti classificazioni: Zona 1= ex alta (S=12); Zona 2 = ex media (S=9) e Zona 3 = ex bassa (S=6), mentre la “Zona 4” (la più bassa) è di nuova introduzione e per essa è data facoltà alle Regioni di imporre l'obbligo della progettazione antisismica.

Per la suddivisione, la legge considera delle zone omogenee, per quanto riguarda l'accelerazione attesa in *situ* su di un substrato di riferimento (*bedrock o bedrock-like*). L'accelerazione attesa, varia da 0,05 g per le aree considerate non sismiche, a 0,35 g per le aree a forte rischio di scuotimento sismico (vd. Allegato 1 Ord. Min. a pagina seguente).

Il diverso grado di sismicità espresso dal parametro “*ag*” inteso come accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A. I valori convenzionali di “*ag*” espressi come frazione dell'accelerazione di gravità “*g*” da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale, sono riferiti alla probabilità di superamento del 10 % in 50 anni.

Nella mappatura sismica (Fig. 13) il territorio in esame è classificato come: **Zona 1.**

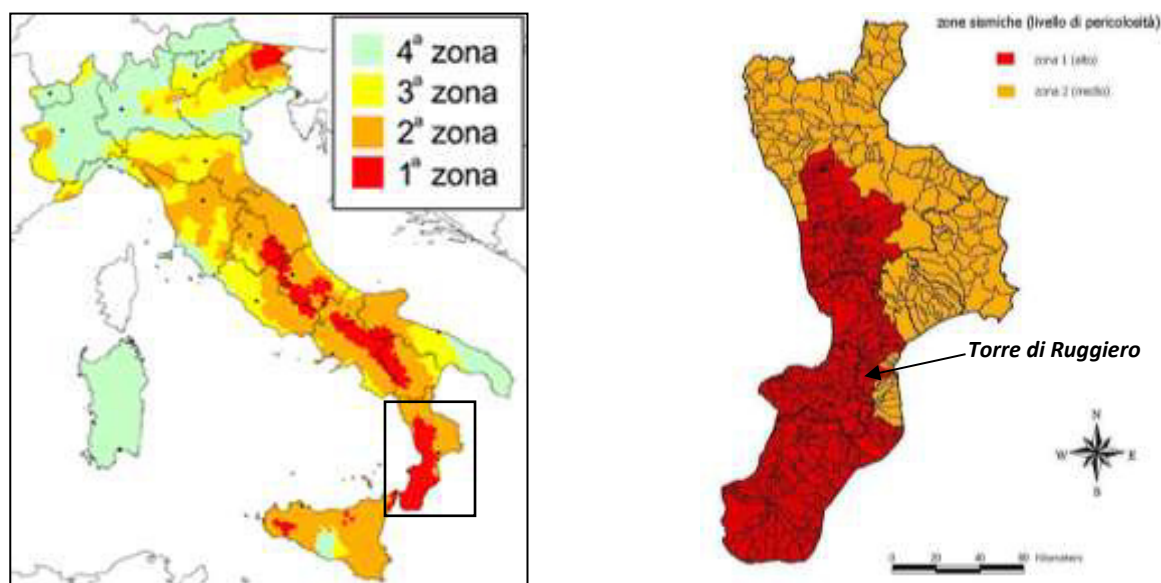


Fig.13. Mappatura sismica d'Italia e della Calabria (Ord. Min. n. 3274/2003)

ZONA	VALORE DI ag
1	0,35 g
2	0,25 g
3	0,15 g
4	0,05 g

Allegato 1 Ord. Min. n. 3274/2003

Tale classificazione tiene conto della frequenza degli eventi sismici di una certa intensità che hanno interessato quell'area in passato, giudicando possibile o altamente probabile che le azioni geodinamiche si ripetano nel tempo. Fenomeni di tipo catastrofico si sono succeduti con una certa frequenza in quest'area; basti ricordare quello del 1659 la crisi sismica del 1783, e quello più "recente" del 1905 e 1908, entrambi con intensità sismiche di *magnitudo* $\geq 6.9-7.0$.

Successivamente con l'O.P.C.M. n. 3519/2006 (Fig. 14) è stata adottata una nuova mappatura di pericolosità sismica (MPS04) molto più puntuale della precedente in cui, alle 4 zone già individuate con l'O.P.C.M 3274/03, vengono attribuiti altrettanti valori di accelerazione sismica massima del suolo, riferita a suoli rigidi di tipo A ($Vs_{30} > 800$ m/s), pari a quelle riportate nella seguente mappa di pericolosità sismica, ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico, per la zona d'interesse.

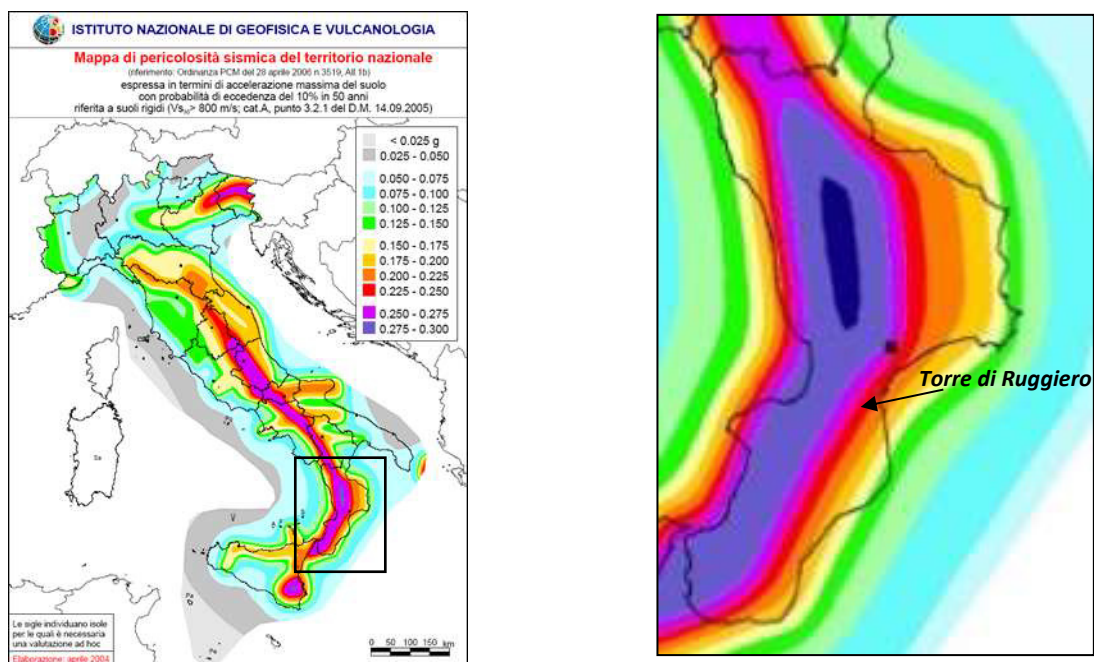


Fig. 14. Mappa della pericolosità sismica dell'Italia e della Calabria (INGV), O. P. C. Min. 2006

7.2 CARATTERISTICHE SISMOTETTONICHE DELL'AREA DI STUDIO

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio può essere verificata consultando il Catalogo delle Faglie Capaci ITHACA “*Database delle faglie capaci-sismogenetiche d'Italia*” (*Capacity seismic Italian fault database*) del Servizio Geologico d'Italia ISPRA.

Esso comunque non rappresenta la totalità delle faglie capaci ma solo quelle presenti sul territorio nazionale di cui esiste uno studio e quindi un riferimento bibliografico. Inoltre il Catalogo ITHACA fornisce solo una prima indicazione sull'eventuale presenza di faglie attive e capaci in un determinato territorio, ma non può essere utilizzato per la loro caratterizzazione di dettaglio. L'adeguata conoscenza della cronologia dell'attività delle faglie è cruciale nella definizione di schemi strutturali per finalità sismotettoniche. Per le aree analizzate, l'intervallo cronologico scelto affinché si possa ritenere un elemento strutturale di sicuro interesse in ambito sismotettonico è il Pleistocene superiore-Olocene (a partire dall'ultimo massimo glaciale, ca. 18000-23000 anni BP).

La scelta di questo intervallo cronologico "stretto" rende pressoché sicura la pertinenza dell'elemento strutturale rappresentato con il regime deformativo in atto. Inoltre essa è direttamente legata alle caratteristiche geologico-geomorfologiche dei settori interessati dalle faglie rappresentate.

La maggior parte di queste faglie, infatti, interessa versanti montuosi e spesso disloca, depositi di versante.

E' ormai ampiamente riconosciuto che la più cospicua produzione detritica recente nell'Italia peninsulare è da riferire a fasi deposizionali prossime all'ultimo massimo glaciale nel contesto di una dinamica periglaciale. Pertanto le successioni detritiche, talvolta assai spesse, riferibili al contesto cronologico citato, costituiscono dei serbatoi di informazione sull'attività delle faglie negli ultimi millenni.



ITHACA Working Group (2019). *ITHACA (Italy Hazard from Capable faulting). A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019. ISPRA Geological Survey of Italy. Web Portal* <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>

In particolare, nell'area di studio, il sistema sismogenetico considerato è il *Sistema Mesima*.

Andando più nello specifico, poco distante dei centri abitati limitrofi di Torre di Ruggiero e comuni limitrofi, si colloca la faglia denominata “**Serre**”, la quale viene individuata all’interno del portale delle faglie capaci (ITHaCA) con il codice **35110** (Fig. 15).

Tale faglia, si ritiene possa aver contribuito in parte al processo di sollevamento del batolite delle Serre (horst) rispetto al bacino del Mesima (graben).

Dal punto di vista geometrico, la faglia, che si presenta come un singolo elemento, ha una lunghezza di circa 30 Km, una direzione circa N 190, una immersione non definita, un cinematismo di tipo normale con inclinazione del piano di faglia verso W, ed ultima attività nota prima del Quaternario.

Dato che l’ultima attività nota risale genericamente al Quaternario e non vi sono studi, che evidenziano un’attività risalente negli ultimi 40.000 anni, tale faglia e tutte quelle similari, vanno considerate solo limitatamente come potenzialmente attive e capaci.

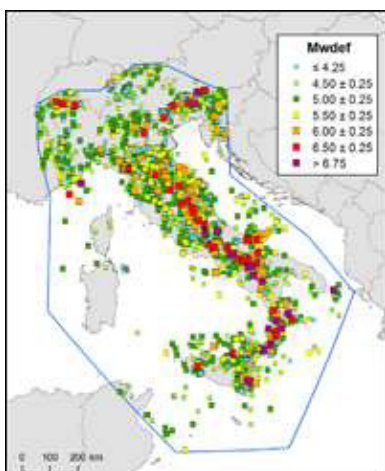


Fig. 15. Collocazione area di studio rispetto alla faglia “Serre”

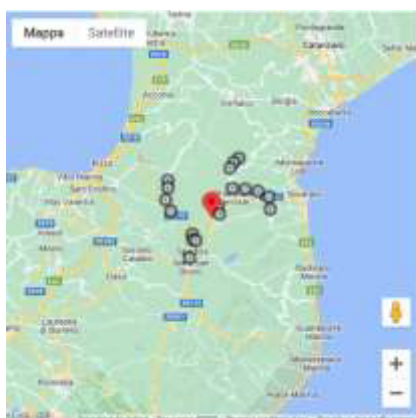


7.3 STORIA SISMICA DI TORRE DI RUGGIERO

La nuova versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15, rappresenta una significativa evoluzione rispetto alle versioni precedenti. Tra le tante novità inserite oltre ad un aggiornamento significativo del database, vi è anche la copertura temporale dei terremoti, estesa all’anno 2014. Il catalogo copre all’incirca la stessa area del catalogo aggiornato al 2011, contenente anche porzioni delle aree e dei mari confinanti, e contiene 4584 terremoti, ricadenti all’interno della finestra temporale 1000-2014. Il catalogo quindi, considera ed armonizza, dati di base di diverso tipo e provenienza. La magnitudo utilizzata è la Mw (Magnitudo momento), ed in tutti i casi è riportata la relativa incertezza. Tutti i dati ed i metodi utilizzati, sono esplicitati nel catalogo, al fine di garantire la massima trasparenza nelle procedure di compilazione. Il catalogo include i terremoti con intensità massima o epicentrale maggiore o uguale a 5, insieme a quelli con magnitudo strumentale equivalente a Mw 4 o superiore.



Carta delle intensità di magnitudo max osservate



Distribuzione degli epicentri dei terremoti

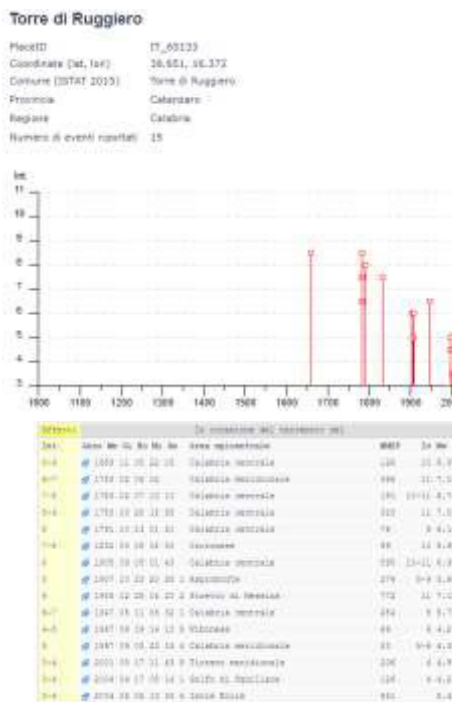


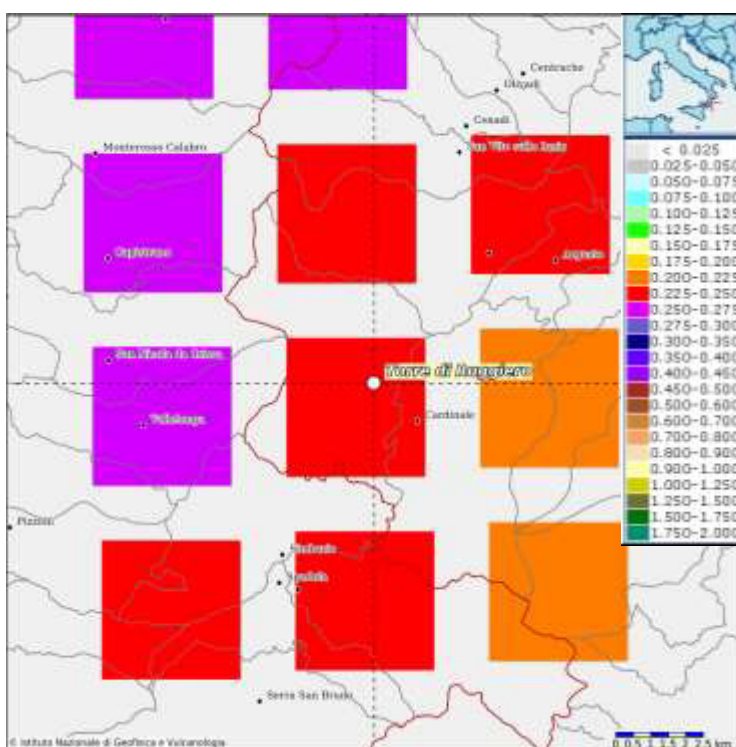
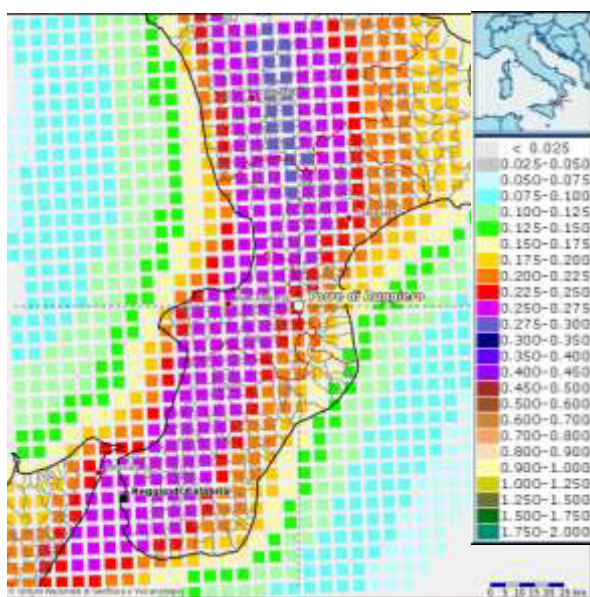
Diagramma intensità terremoti storici nel territorio comunale

Catalogo Parametrico dei terremoti italiani CPTI15

CLASSIFICAZIONE SISMICA DI TORRE DI RUGGIERO

Secondo la recente Classificazione Sismica del territorio italiano risalente all'anno 2015 (Ordinanza PCM n. 3274/2003, Ordinanza PCM n.3519/2006) il territorio del Comune di Torre Di Ruggiero (CZ) risulta classificato come:

- Zona Sismica di 1^a categoria (ex S=12)
- Picco massimo di Accelerazione di Gravità PGA compreso fra 0,225g e 0,250g



Mappe della pericolosità sismica al 50° percentile (www.INGV.it)

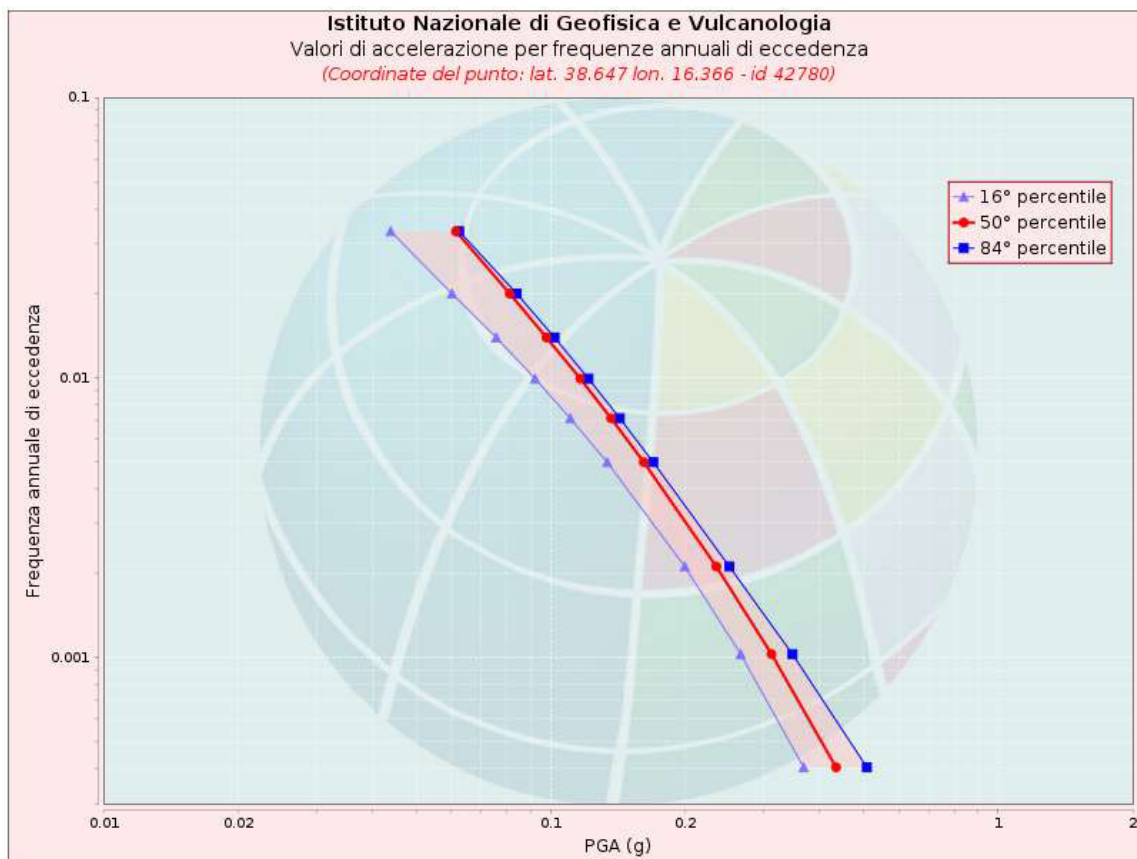
La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, Vs30 > 800 m/s) e pianeggiante.

Durante tutte le fasi di progettazione e realizzazione delle opere, è dunque indispensabile che vengano osservate le disposizioni di legge contenute nella normativa tecnica vigente quali: Ordinanza PCM n. 3274/2003, NTC 2005, Ordinanza PCM n.3519/2006, e D.M. 17/01/2018 NTC 2018 riguardo l'utilizzo del territorio e le costruzioni in zone sismiche, oltre alle disposizioni indicate nella Legge Regionale n.16 del 2020 e relativo Regolamento, approvato in data 22/12/2020.

VALORI DI ACCELERAZIONE FREQUENZE ANNUALI

La pericolosità è intesa come l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno).

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.

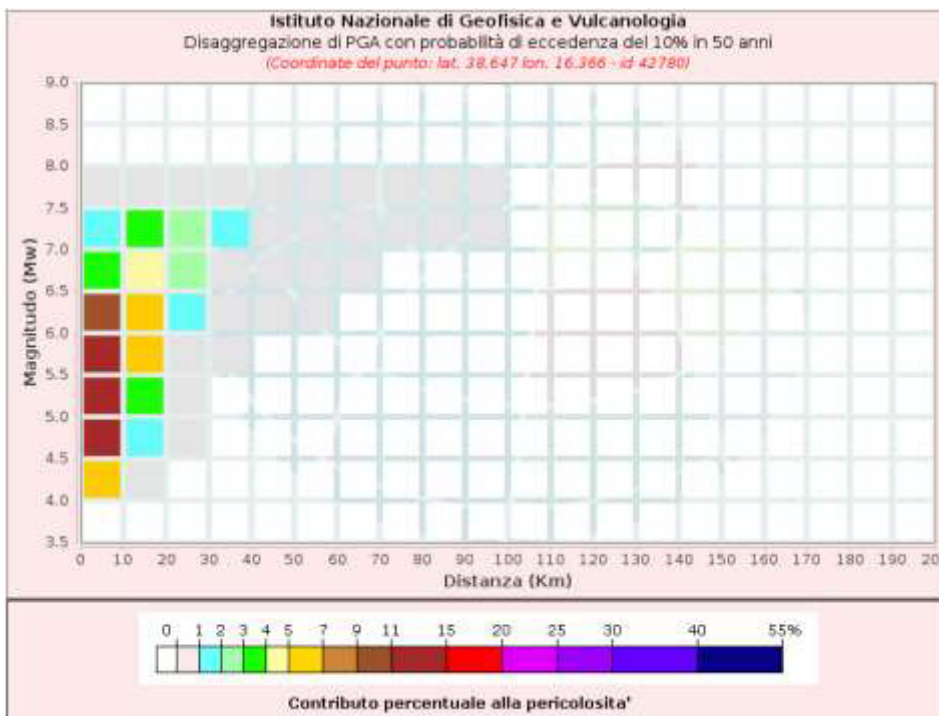


Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 38.647 lon. 16.366 - id 42780)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.3678	0.4347	0.5094
0.0010	0.2660	0.3117	0.3471
0.0021	0.1995	0.2346	0.2510
0.0050	0.1338	0.1616	0.1696
0.0071	0.1106	0.1365	0.1428
0.0099	0.0923	0.1165	0.1215
0.0139	0.0756	0.0979	0.1020
0.0199	0.0602	0.0810	0.0840
0.0332	0.0439	0.0614	0.0624

GRAFICO DI DISAGGREGAZIONE

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo (asse ordinate) - distanza epicentrale (asse ascisse) alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 38.647 lon. 16.366 - id 42780)

Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	5.0400	14.3000	14.7000	12.7000	9.4000	3.8900	1.9200	0.2640	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.1440	1.3300	3.4700	5.6300	6.9100	4.6800	3.4900	0.5810	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0003	0.1180	0.8030	1.8300	2.1100	2.3600	0.4740	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0369	0.4020	0.7890	1.1900	0.2760	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0415	0.1980	0.4110	0.1080	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0015	0.0394	0.1560	0.0470	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0033	0.0582	0.0214	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0203	0.0110	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0053	0.0055	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0016	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi

Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.82	10.3	0.886

7.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Nel *D.M. del 17 gennaio 2018* (Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni), ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si prescrive la valutazione dell'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi.

In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica, così come specificato al paragrafo 3.2.2, il decreto stabilisce la possibilità di fare riferimento a un approccio di tipo semplificato, che si basa sull'individuazione di cinque categorie di sottosuolo di riferimento, da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio V_s .

La classificazione del sottosuolo, si realizza in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

- h_i spessore dell'*i*-esimo strato;
- $V_{s,i}$ 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/s.

La categoria di sottosuolo, è stata determinata tramite la esecuzione di una prospezione sismica, in sismica attiva, del tipo *MASW* (*Multichannel Analysis of Surface Waves*).

Il metodo *MASW*, è una tecnica d'indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi) che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali, fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

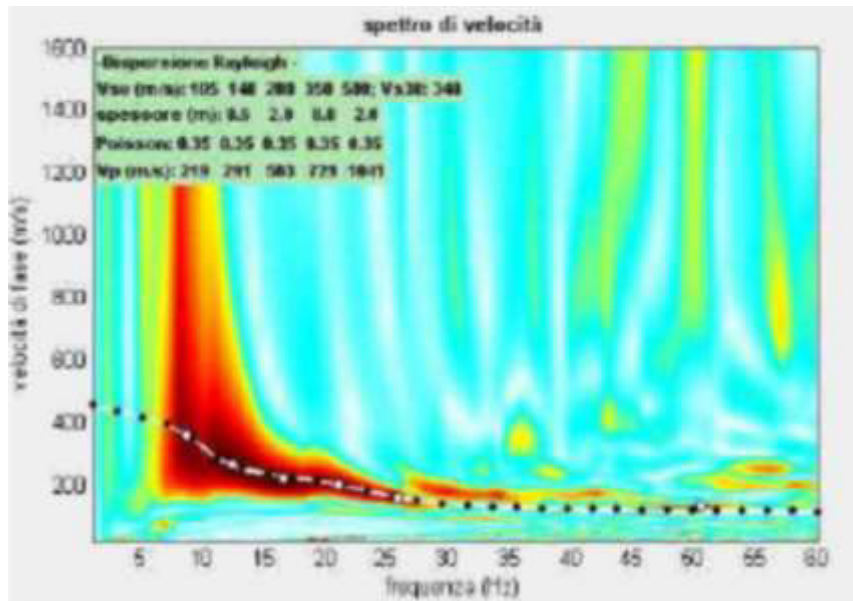
Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di *Rayleigh*, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di *Rayleigh* sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (*Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980*) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di *Rayleigh*, dipende dalla frequenza di propagazione.

Le onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi, danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo; le onde a bassa frequenza, si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

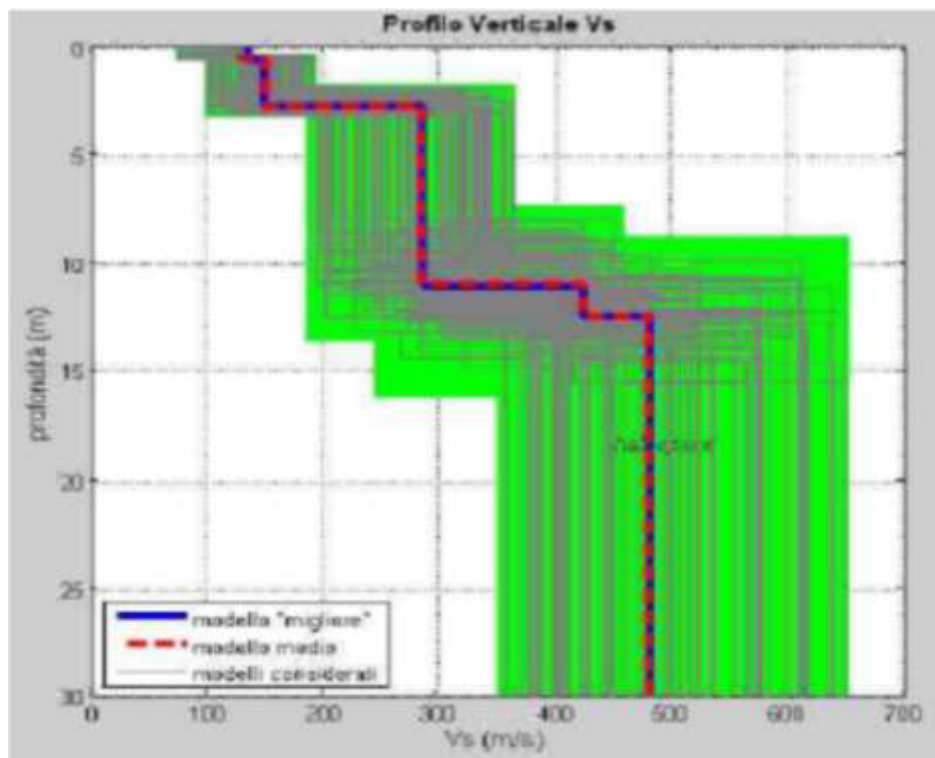
Nel caso specifico del presente studio, è stata eseguita una (1) prospezioni in sismica attiva di tipo MASW.

Di seguito si riporta lo spettro delle velocità ed il profilo verticale delle Vs con la profondità.

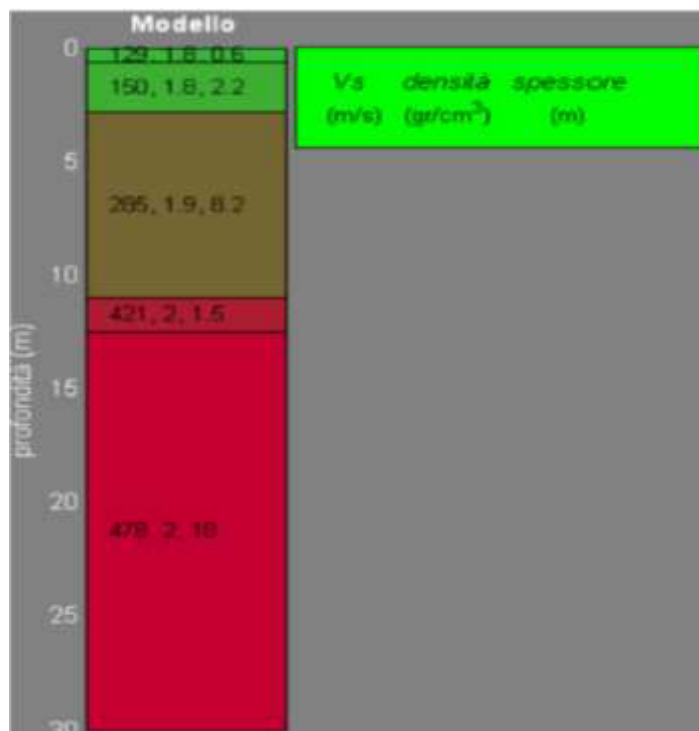
Per il resto dei dati si rimanda all'Allegato B, consegnato contestualmente alla presente.



Spettro di velocità e stima delle Vs



Profilo verticale delle Vs rispetto alla profondità



Sismostratigrafia individuata rispetto le Vs

Dai dati ottenuti, si evidenzia come la Vs,eq sia pari a 340 m/s di come il bedrock sismico sia più profondo dei 30 metri dal piano campagna e di come i valori delle Vs aumentino all’aumentare della profondità (si veda allegati tecnici), non registrando inversione di velocità fra gli strati.

Pertanto, dai risultati di questa analisi, si ricava che il terreno che costituisce la base d’appoggio della fondazione e che conterrà il volume interessato dalle opere in progetto, e/o muri, è da ascrivere alla **Categoria di Sottosuolo C**.

categoria	Caratteristiche della superficie topografica (DM 17/01/2018)
C	Depositi 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

da Tab. 3.2.II - DM 17/01/2018

7.5 LA PERICOLOSITÀ SISMICA

Secondo la normativa vigente D.M. del 17 gennaio 2018 (Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni) (NTC 2018) l'Azione Sismica sulle costruzioni è generata dal moto non uniforme del terreno di fondazione per effetto della propagazione delle onde sismiche. Il moto sismico eccita la struttura provocandone la risposta dinamica, che va verificata e controllata negli aspetti di sicurezza e prestazioni attese. La valutazione dello spettro di risposta elastico (componente orizzontale e componente verticale) si definiscono in base alla pericolosità sismica del sito. La **pericolosità sismica** di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato (paragrafo 3.2.2. del D.M.). Nelle NTC, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" V_R e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" P_{VR} . Ciò comporta che nell'area in esame, in funzione della vulnerabilità dei manufatti realizzati, si avrà un differente ma pur sempre significativo valore del *Rischio Sismico* (Seismic Risk), essendo:

$$\text{Rischio Sismico} = \text{Pericolosità sismica} \times \text{Vulnerabilità sismica locale}$$

Da tale situazione, qualsiasi intervento sul territorio, dovrà rispettare le norme tecniche previste per le costruzioni ricadenti in zona sismica di massima intensità.

In generale, ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente in termini di accelerazione orizzontale massima prevista su substrato di riferimento rigido (*bedrock sismico*, suolo A) con superficie topografica orizzontale, in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti. Le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di riferimento, per una fissata P_{VR} , si ritengono individuate quando se ne conosca l'accelerazione massima ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione. La possibilità di descrivere il terremoto in forma di accelerogrammi è ammessa, a condizione che essi siano compatibili con le predette caratteristiche del moto sismico. In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica P_{VR} :

a_g = accelerazione massima al sito;

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

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore di a_g è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornita dalla INGV, espressa in g/10, mentre F_o (adimensionale) e T_c^* (espresso in secondi) sono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

7.6 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per la progettazione o la verifica di opere e sistemi geotecnici realizzati su versanti e per l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii, la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata mediante analisi di risposta sismica locale o utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica ST. Il parametro ST deve essere applicato nel caso di configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, di altezza superiore a 30 m. Tenendo conto di SS si avrà:

$$a_{max} = a_g S_s ST$$

dove:

a_g = accelerazione orizzontale massima su un sito rigido di riferimento

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica

ST = coefficiente di amplificazione topografica

In assenza di tali analisi, e per condizioni topografiche semplici, si può adottare la seguente classificazione:

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 $i > 30^\circ$

Tabella 1 -Categorie topografiche di riferimento

“PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 10 AEROGENERATORI DA REALIZZARE NEI COMUNI DI TORRE DI RUGGIERO (CZ) E CHIARAVALLE CENTRALE (CZ) E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N. RICADENTI NEL COMUNE DI PETRIZZI (CZ)”

Di seguito vengono riportati tutti i parametri relativi alla Pericolosità sismica dei siti in oggetto, elencati seguendo lo stesso ordine delle indagini geognostiche eseguite.

Sito in esame: Comune di Torre di Ruggiero (CZ) (Coordinate in WGS 84)

Latitudine: 38.669298

Longitudine: 16.355499

Classe: 2

Vita nominale: 50



geostru.com

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 50 anni
 Coefficiente cu: 1

Stato Limite	Probabilità superamento [%]	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,064	2,323	0,280
Danno (SLD)	63	50	0,085	2,292	0,305
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,247	2,421	0,369
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,328	2,462	0,391

Parametri sismici del sito indagato riferiti all'opera in progetto

Stato Limite	S _s	C _c	ST	Kh	Kv	Amax [m/s ²]	Beta
Operatività (SLO)	1,500	1,600	1,000	0,019	0,010	0,939	0,200
Danno (SLD)	1,500	1,550	1,000	0,025	0,013	1,247	0,200
Salvaguardia della vita (SLV)	1,340	1,460	1,000	0,093	0,046	3,240	0,280
Prevenzione dal collasso (SLC)	1,210	1,430	1,000	0,111	0,056	3,896	0,280

Coefficienti sismici (fondazione e stabilità del pendio) per suolo di categoria C

SS = coefficiente di amplificazione stratigrafica (si veda Tab. 3.2.IV – NTC 2018)
 CC = coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (si veda Tab. 3.2.IV – NTC 2018)
 ST = coefficiente di amplificazione topografica (si veda Tab. 3.2.V – NTC 2018)
 Kh = coefficiente sismico orizzontale [Kh = βS* (amax / g)]
 Kv = coefficiente sismico verticale [Kv = ± 0.5 * Kh]
 Amax = accelerazione orizzontale massima attesa al sito
 β = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

8. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di ricostruire il modello stratigrafico dell'area di studio, con l'intento di individuarne le caratteristiche e le geometrie dei vari livelli litologici presenti, oltre alla indagine di tipo geofisico (Masw), è stato eseguito un sondaggio a rotazione continuo (S1).

L'ubicazione del sondaggio, proposta in maniera congiunta dal gruppo di lavoro, come si può vedere dalla figura in basso (Fig. 16), è stata scelta considerando un'area comprendente più aerogeneratori possibili, al fine di ottenere una stratigrafia rappresentativa per il maggior numero di essi e scegliere così gli interventi ingegneristici migliori da adottare.

Oltre al prelievo delle carote ed alla descrizione delle principali caratteristiche litologiche, sono state eseguite in cantiere 4 S.P.T. in foro, ed è stato prelevato un campione di terreno a 3 m di profondità al fine di essere sottoposto ad analisi presso il laboratorio delle terre.

Di seguito si riporta lo stralcio della Corografia con l'ubicazione delle Indagini (in scala 1:5.000), così come riportato anche nell'allegato alla presente.

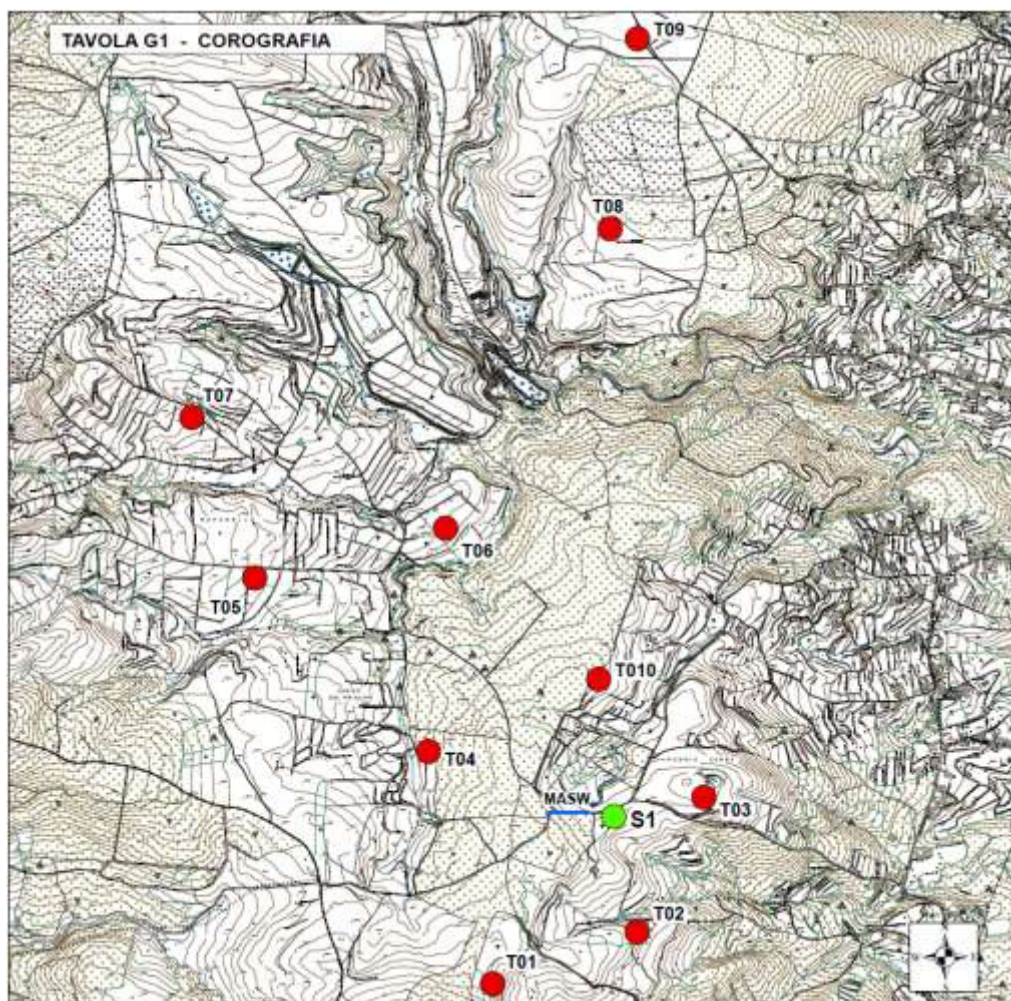


Fig. 16. Stralcio corografico dell'area con ubicazione delle indagini geognostiche rispetto agli aerogeneratori

8.1. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEL TERRENO INDAGATO

Sondaggio stratigrafico S1

Per la caratterizzazione stratigrafica dell'area analizzata è stato eseguito n.1 sondaggio stratigrafico denominato S1, spinto sino alla profondità di 15 mt. dal p.c.

Nel corso del sondaggio alla profondità di 3 m è stato prelevato un campione indisturbato, tramite campionatore a pareti sottili tipo “Shelby”. Tale campione imbustato ed incellophanato rapidamente, al fine di preservarlo dalla contaminazione esterna e conservarne il più possibile i parametri intrinseci come l'umidità e il contenuto d'acqua, è stato portato presso il laboratorio delle terre per essere analizzato.

Il report complessivo delle tipologie di analisi effettuate e dei risultati ottenuti, la colonna stratigrafica, ed i report fotografici dei terreni investigati sono riportati nell'Allegato B - Indagini Geognostiche- consegnato unitamente alla presente.

La profondità alla quale è stato prelevato il campione, è risultata utile per caratterizzare più dettagliatamente questa tipologia di terreno dal punto di vista granulometrico e meccanico, essendo costituito sia da una componente granulare incoerente, dovuta all'alterazione e degradazione marcata della roccia superficiale, sia da elementi litici di piccole dimensioni, indicanti invece parti della roccia madre.

Ad ogni modo, alla luce di quanto osservato dalle carote estratte, si può asserire che ad eccezione dei primi 50 cm di profondità, costituiti da terreno vegetale geopedologico, la rimanente parte fino ai 15m di profondità è costituita da roccia metamorfica profondamente alterata e degradata ridotta a sabbione ghiaioso medio grossolano, intervallata da elementi litici di varie dimensioni, derivanti dalla roccia madre originaria.

Dai 15m in avanti gli inclusi litici sono molto più abbondanti del sabbione prodotto dalla alterazione. Si attesta inoltre che all'interno del sondaggio, non è stata riscontrata la presenza di falda acquifera.

Di seguito viene sintetizzata in Tabella 1 la stratigrafia del sondaggio

PROFONDITÀ (m da p.c.)	DESCRIZIONE
Da 0,00 cm a -0,50 cm	SUOLO GEOPEDOLOGICO VEGETALE
Da - 0,50 cm a -15,00 m	ROCCIA METAMORFICA PROFONDAMENTE ALTERATA E DEGRADATA RIDOTTA A SABBIONE GHIAIOSO TALORA LIMOSO, CON ELEMENTI LITICI DERIVANTI DALLA ROCCIA ORIGINARIA DI VARIE DIMENSIONI

Ricostruzione litostratigrafica del sondaggio

Val la pena sottolineare che tutto quanto enunciato sinora, risulta da quanto dedotto dalla attività di cantiere e di laboratorio oltre che dai sopralluoghi e constatazioni ed osservazioni fatte in campagna. Tale metodo rappresenta il primo stadio conoscitivo dell'area di studio e apre la strada, verso un livello di conoscenza più dettagliato e puntuale, che si raggiungerà nel momento in cui, verranno ampliate le tipologie di indagini ed eseguite per ciascun aerogeneratore, all'interno di quello che sarà poi l'iter progettuale esecutivo.

8.2 CARATTERI GEOTECNICI

A seguito della ricostruzione della stratigrafia ottenuta per mezzo del sondaggio, si espongono di seguito, i principali caratteri geomeccanici delle varie litologie individuate.

Si precisa che la maggior parte dei parametri che seguono, sono estrapolati dalle analisi effettuate sul campione prelevato in situ, ottenute presso il laboratorio delle terre.

Lì dove non è stato possibile risalire ai dati puntuali, si espone comunque un *range* di valori caratteristici per i diversi litotipi, usufruendo di dati di bibliografia.

Con il prosieguo della fase progettuale, i sondaggi e le analisi sui campioni di terreno, saranno implementati per ciascun sito su cui verranno installati gli aerogeneratori, ampliando così la conoscenza globale dell'area.

Sintesi dati geotecnici per il **sondaggio (S1)**:

- LITOLOGIA 1: Alternanze di sabbie medio ghiaiose debolmente limose
Peso di volume (kN/mc) = 18-20
Coesione (Kpa) = 0- 0,1
Angolo di attrito (φ) = 29-32
- LITOLOGIA 2: Rocce metamorfiche (gneiss granulitici, paragneiss)
Peso di volume (kN/mc) = 20-22
Coesione (Kpa) = 200-300
Angolo di attrito (φ) = 40-45

9.1 PAI

Dal punto di vista PAI, il sito destinato alle opere in progetto, non rientra nelle aree perimetrate a vincolo, né in riferimento alla pericolosità idraulica, né in quella geomorfologica.

9.2 PGRA

Con DS n. 540 del 13.10.2020, l’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale, ha adottato, con le Misure di salvaguardia di cui alle aree in oggetto, l’adozione dei progetti di variante predisposti in attuazione degli aggiornamenti mappe PAI/PGRA di cui alla delibera CIP n. 1 del 20.12.2019, con efficacia a decorrere dal 14.10.2020, circa l’entrata in vigore dell’estensione delle aree sottoposte a pericolo di inondazione PGRA.

Tali aree, come ampiamente documentato nelle relazioni delle varianti di aggiornamento che le contengono, costituiscono ambiti per i quali necessitano approfondimenti di studio, per la precisa classificazione dei livelli di pericolosità e di rischio di alluvioni.

Secondo le Misure di salvaguardia, per qualsiasi trasformazione territoriale il professionista - oltre a verificare se il sito rientri o meno negli areali di rischio del PAI disciplinati dalle NAMS vigenti (2011) – ha l’obbligo di appurare se l’area d’interesse (pur non ricadendo tra quelle classificate a rischio dal PAI) è compresa tra le Aree di attenzione del PGRA.

Queste ultime necessitano, infatti, di approfondimenti di studio per una precisa classificazione dei livelli di pericolosità e di rischio di alluvioni.

Alla luce di quanto enunciato, l’intera area di studio non ricade all’interno di un’area di attenzione del PGRA.

10. CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI FINALI

L'area di studio è ubicata all'interno dei comuni di Torre di Ruggiero e di Chiaravalle Centrale, entrambi ricadenti all'interno della provincia di Catanzaro, ad una quota altimetrica compresa fra i 745 m, ed i 765 m s.l.m. Dalla cartografia si ricava che l'intera area, si sviluppa all'interno degli Elementi 580093 denominato “TORRE DI RUGGIERO NORD”, e 580094 denominato “BOVALINA” della Carta Tecnica Regionale (CTR) scala 1: 5.000.

L'intento del presente studio è quello di definire il modello geologico- geotecnico e sismico dell'area di studio investigata, supportata da indagini geognostiche in situ, utili ai fini della realizzazione di un parco eolico, costituito da dieci aerogeneratori, per come da Progetto.

I dati di suolo e sottosuolo esposti nel presente studio, sono stati ricavati dalla bibliografia, dalle osservazioni effettuate durante i sopralluoghi e dai risultati delle indagini geognostiche *in situ*.

Nello specifico sono stati eseguiti per l'intera area di studio, un (1) sondaggio a rotazione continua, spinto fino alla profondità di 15m dal p.c., ed una (n.1) prospezione sismica attiva di tipo *MASW* (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), finalizzate alla determinazione della categoria del sottosuolo di fondazione, in funzione dei valori della velocità equivalente delle onde di taglio V_s , eq. Le indagini geognostiche, sono state eseguite interamente della ditta GEO.MIN di Mariano Bellezza di Serra S. Bruno (VV), per la cui visione dei dati, si rimanda all' Allegato B consegnato contestualmente alla presente.

Dalla elaborazione ed interpretazione dei dati suddetti, risulta che il sottosuolo di fondazione, sia omogeneo e senza interruzione di continuità, per diverse centinaia di metri di profondità.

Nello specifico, la litologia è costituita da rocce metamorfiche di basamento che formano il complesso metamorfico pre-Carbonifero del Batolite delle Serre, formate da gneiss e scisti biotitici, a grana da media a grossolana (*Sbg* in carta geologica) generalmente granatiferi e da minerali accessori il cui spessore dell'ammasso supera abbondantemente anche i 3000 m di profondità.

Dal punto di vista geomorfologico, l'area è contraddistinta da rilievi che si presentano da acclivi a mediamente acclivi e da ampie spianate sommitali, quest'ultime testimoni di prolungati ed intensi periodi di erosione e di disfacimento meteorico, che bilanciano il tasso di sollevamento dell'uplift regionale.

Lungo tutta l'area si registra un'intensa attività tettonica, la quale ha prodotto nel corso dei millenni superfici di debolezza favorendo l'azione disgregante degli agenti esogeni, portando alla trasformazione della parte più superficiale della roccia madre e la genesi di una coltre detritica residuale formante i cosiddetti “terreni arenizzati” dette anche coltri da weathering.

Ciononostante, le aree su cui dovranno essere installati gli aerogeneratori sono ubicate in aree geomorfologicamente stabili e fuori dalla competenza delle incisioni idrografiche, trovandosi a notevole distanza dai torrenti principali, per cui lontano dai fenomeni di dissesto in atto o potenziali o da forme di erosione dei canali.

Si può dunque asserire che l'area di studio si presenta in equilibrio e globalmente stabile, in totale assenza di vincoli tali da poter condizionare negativamente il lavoro in Progetto.

Dal punto di vista della classificazione sismica vigente, l'area di studio così come gran parte della Calabria, fa parte della zona 1 la quale è ritenuta dall'essere, la zona sismica più pericolosa in assoluto.

E' fatto d'obbligo, infatti, che vengano osservate tutte le normative vigenti in termini di costruzione antisismica.

Ad oggi, nei dintorni dell'area, così come nei fabbricati presenti, non sono presenti segni d'instabilità evidenti, e/o segni di dissesti, a testimonianza dell'assenza di movimenti gravitativi in atto.

Le strutture e gli edifici ubicati in vicinanza alle aree di studio, conservano inalterate le proprie caratteristiche strutturali, senza presentare lesioni o cedimenti di alcun tipo.

Dalla consultazione della cartografia PAI (Piano stralcio Assetto Idrogeologico), si attesta che l'area in esame, non è sottoposta a vincoli alla nuova edificazione e/o alla trasformazione del territorio, né in riferimento alla pericolosità idraulica, né in riferimento alla pericolosità geomorfologica. L'area di studio, tra l'altro, non rientra nemmeno all'interno di un 'area PGRA.

Come ovvio, con l'ulteriore prosieguo della progettazione, verrà migliorato ed implementato il quadro geotecnico locale e puntuale ottenuto in questa fase, attraverso una dettagliata campagna di indagini geognostiche, che amplierà ed aumenterà il quadro delle conoscenze attuali del sito.

Stando ai dati in possesso, per ciò che concerne gli aspetti legati alle future scelte progettuali come alla scelta e tipologia delle fondazioni da eseguire, si attesta che ad oggi, non esiste alcuna problematica di ordine geologico e pertanto non esiste alcuna turbativa o modifica, degli assetti geomorfologici, idrogeologici o geotecnici dell'area, riguardo alla realizzabilità delle opere.

“PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 10 AEROGENERATORI DA REALIZZARE NEI COMUNI DI TORRE DI RUGGIERO (CZ) E CHIARAVALLE CENTRALE (CZ) E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N. RICADENTI NEL COMUNE DI PETRIZZI (CZ)”

Pertanto, alla luce di quanto detto e considerate i risultati delle indagini in situ e le finalità del presente studio geologico-sismico, teso a valutare le problematiche e le implicazioni geologiche connesse con le previsioni realizzative, è possibile affermare la piena compatibilità del quadro geomorfologico e geologico sismico locale, con l'opera in Progetto.

Data

Marzo 2023

il Geologo

Tommaso Bruzzese



The image shows a circular professional stamp of the Italian Geological Association (Ordine dei Geologi Regione Calabria). The stamp contains the text: "ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE CALABRIA", "DOTT. GEOLOGO TOMMASO BRUZZESE", and "ALBO N° 1152". Below the stamp is a handwritten signature in black ink.