



PROPONENTE:

Siel Agrisolare S.r.l.

- Corso Giacomo Matteotti, 20121 Milano - sielagrisolaresrl@pec.it - p.iva 12000420963

REGIONE SICILIA CITTA' METROPOLITANA DI CATANIA COMUNE DI CALTAGIRONE

Oggetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO CON POTENZA DI PICCO PARI A 222,26 MWp E POTENZA DI IMMISSIONE 195 MW, UBICATO NEL COMUNE DI CALTAGIRONE (CT) IN CONTRADA PIETRANERA E OPERE CONNESSE RICADENTI NEI COMUNI DI LICODIA EUBEA (CT) E CHIAROMONTE GULFI (RG)

ELABORATO: Relazione Geologico-Tecnica

PROGETTAZIONE: I-PROJECT S.R.L.

ELABORATO: AVCALT-T054	Elaborato da: Geol. Ranieri Santarosa 	COORDINATORE SIA: Ing. Salvatore Mele	IL PROGETTISTA: Arch. Antonio Manco 
SCALA:			
DATA: Giugno 2022			

Prot. int. n°: 0108	Rev.: 1	Mod.: 0
Pratica: Caltagirone	Archivio File:	



Consulenza, Progettazione e Sviluppo Impianti ad Energia Rinnovabile

Sede Legale: Via Del Vecchio Politecnico, 9 - 20121 Milano (MI) - P.IVA 11092870960-PEC: i-project@legalmail.it

Sede Operativa: Via Bisceglie n° 17 - 84044 Albanella (SA) -mail: a.manco@i-projectsrl.com- Cell: 3384117245

INDICE:

1.0 PREMESSA	pag. 2
2.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	pag. 4
3.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE	pag. 7
3.1 L'AVAMPAESE IBLEO-SACCENSE	pag.14
3.2 LINEAMENTI STRATIGRAFICO-STRUTTURALI E PALEOGEOGRAFICI DELL'AVAMPAESE IBLEO	pag.15
3.3 STRATIGRAFIA E TETTONICA QUATERNARIA	pag.18
4.0 LINEAMENTI GEOLOGICI	pag.19
5.0 INDAGINE SISMICA MASW	pag.22
6.0 CLIMATOLOGIA	pag.32
6.1 PRECIPITAZIONI	pag.32
6.2 PRECIPITAZIONI MENSILI	pag.33
6.3 PRECIPITAZIONI STAGIONALI	pag.33
6.4 PRECIPITAZIONI ANNUE	pag.34
6.5 TEMPERATURE MENSILI,STAGIONALI E ANNUALI	pag.34
6.6 RELAZIONI TEMPERATURA -PRECIPITAZIONI	pag.35
6.7 INQUADRAMENTO CLIMATICO	pag.36
7.0 IDROGRAFIA	pag.43
7.1 RETICOLO IDROGRAFICO	pag.44
8.0 IDROGEOLOGIA	pag.45
8.1 CARATTERISTICHE DI PERMEABILITA'	pag.46
9.0 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	pag.49
10.0 PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)	pag.53
11.0 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	pag.55
12.0 CENNI DI SISMICITA' STORICA	pag.56
13.0 STORIA SISMICA	pag.68
14.0 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	pag.78
15.0 CONCLUSIONI	pag.90
BIBLIOGRAFIA	pag.93

COMUNE DI CALTAGIRONE
PROVINCIA DI CATANIA

**Progetto per la realizzazione di un parco agrivoltaico con
potenza di picco pari a 222,26 mwp e potenza di immissione
195 mw, ubicato nel comune di Caltagirone (CT) in contrada
Pietranera e opere connesse ricadenti nei comuni di Licodia
Eubea (CT) e Chiaromonte Gulfi (RG)**

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO

COMMITTENTE: Siel Agrisolare s.r.l.

Progetto per la realizzazione di un parco agrivoltaico con potenza di picco pari a 222,26 mwp e potenza di immissione 195 mw, ubicato nel comune di Caltagirone (CT) in Contrada Pietranera e opere connesse ricadenti nei comuni di Licodia Eubea (CT) e Chiaromonte Gulfi (RG)

1.0 PREMESSA

Nel presente lavoro sono riportati i risultati dello studio geologico tecnico eseguito per incarico di Siel Agrisolare s.r.l. relativo al "Progetto per la realizzazione di un parco agrivoltaico con potenza di picco pari a 222,26 mwp e potenza di immissione 195 mw, ubicato nel comune di Caltagirone (CT) in contrada Pietranera e opere connesse ricadenti nei comuni di Licodia Eubea (CT) e Chiaromonte Gulfi (RG) ",in un contesto zonale che da Nord a Sud comprende rispettivamente le aree di: C.da Piano Cugni, C.da Favarella, C.da Fontanella, C.da Masciana, Piana Monumenta, C.da Pietranera fino a C.da Favara, in tenere del territorio comunale di Caltagirone, con lo scopo di valutare e definire:

- Le caratteristiche geologico-strutturali, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche, dell'area oggetto di studio e di un suo intorno significativo;
- le caratteristiche litotecniche dei litotipi costituenti il substrato interessato dalle opere di progetto e di quelli affioranti nelle aree di intorno significativo;

Una prima fase iniziale ha riguardato la raccolta dei dati delle indagini da lavori esistenti nel territorio comunale di Caltagirone. Tali indagini riguardanti carotaggi, stese sismiche e pozzetti di ispezione, hanno permesso di caratterizzare i vari litotipi presenti e di ricostruire, con il rilievo geologico d dettaglio, le successioni stratigrafiche delle aree oggetto di studio. Oltre alla raccolta delle indagini esistenti si è proceduto per fasi diverse e nel modo seguente:

- da analisi, studi e rilievi geologici, geomorfologici, idrogeologici e litotecnici eseguiti nella zona;
- acquisizione della cartografia topografica della zona in scala 1:25.000 (IGM) e 1:10.000 (CTR);

- da riferimenti di indagini di tipo diretto quali sondaggi meccanici a carotaggio continuo e indagini sismiche di superficie distribuite nell'area in studio;
- Studio geologico del PRG di Caltagirone;
- Studio geologico del PRG di Grammichele
- Studio di microzonazione sismica del Comune di Grammichele
- Dati di letteratura esistenti
- Esecuzione di n° 3 stese sismiche MASW.

I dati acquisiti sono stati sintetizzati nella redazione della carta geologica della zona e di un suo intorno significativo (in scala 1:10000) mediante rilievi di campagna; il rilievo geologico ha rappresentato la base per poter redigere i seguenti elaborati:

- Ubicazione indagini da eseguire eseguite - AVCALT-T061.1
- Ubicazione indagini eseguite - AVCALT-T061.2
- Carta geologica scala 1:5.000 - AVCALT-T062.1
- Carta geologica scala 1:11.000 – AVCALT-T062.2
- Sezioni geolitologiche schematiche - AVCALT-T062.3
- Carta litotecnica 1:5.000 - AVCALT-T062.4
- Carta Geomorfologica 1:5.000 – AVCALT-T063
- Carta idrogeologica 1:5.000 - AVCALT-T064
- Carta del reticolo idrografico 1:5.000 – AVCALT-T065
- Carta interferenza rischio idraulico PAI – AVCALT-066.1
- Carta interferenza pericolosità idraulica PAI – AVCALT-066.2
- Carta interferenza pericolosità geomorfologica PAI – AVCALT-067
- Carta delle sistemazioni idrauliche – AVCALT-068

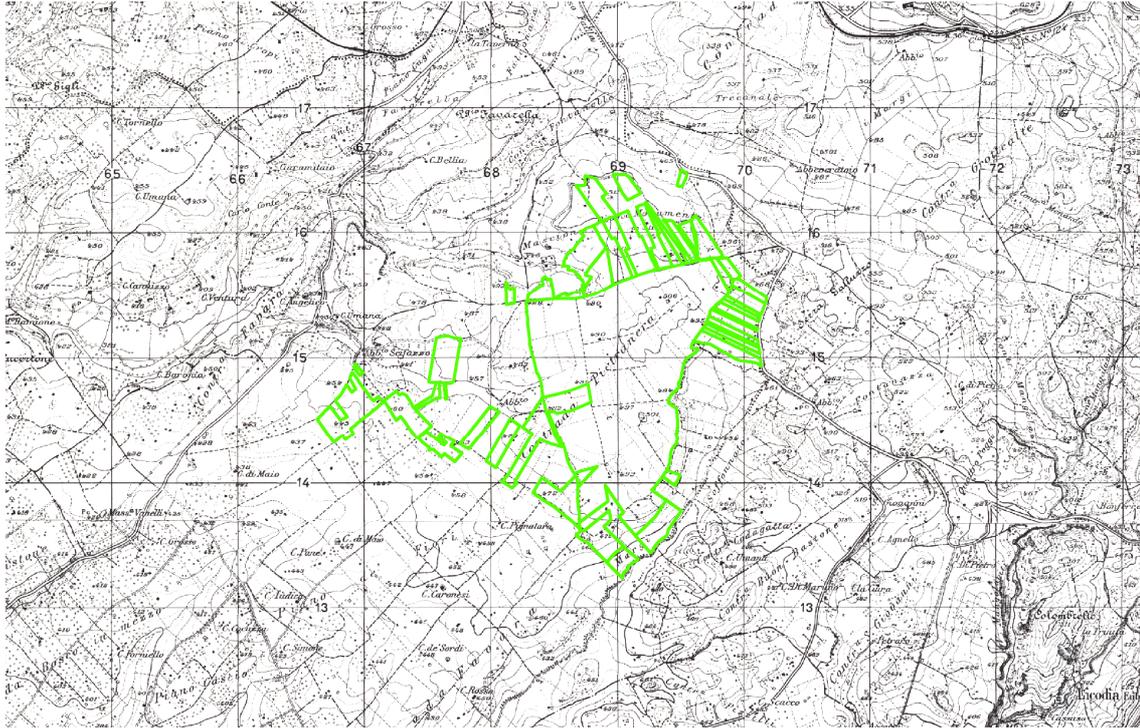
2.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in studio di dettaglio che verrà in futuro interessata dalle opere di progetto è localizzata in C.da Pietrenera a sud-est dell'abitato di Caltagirone

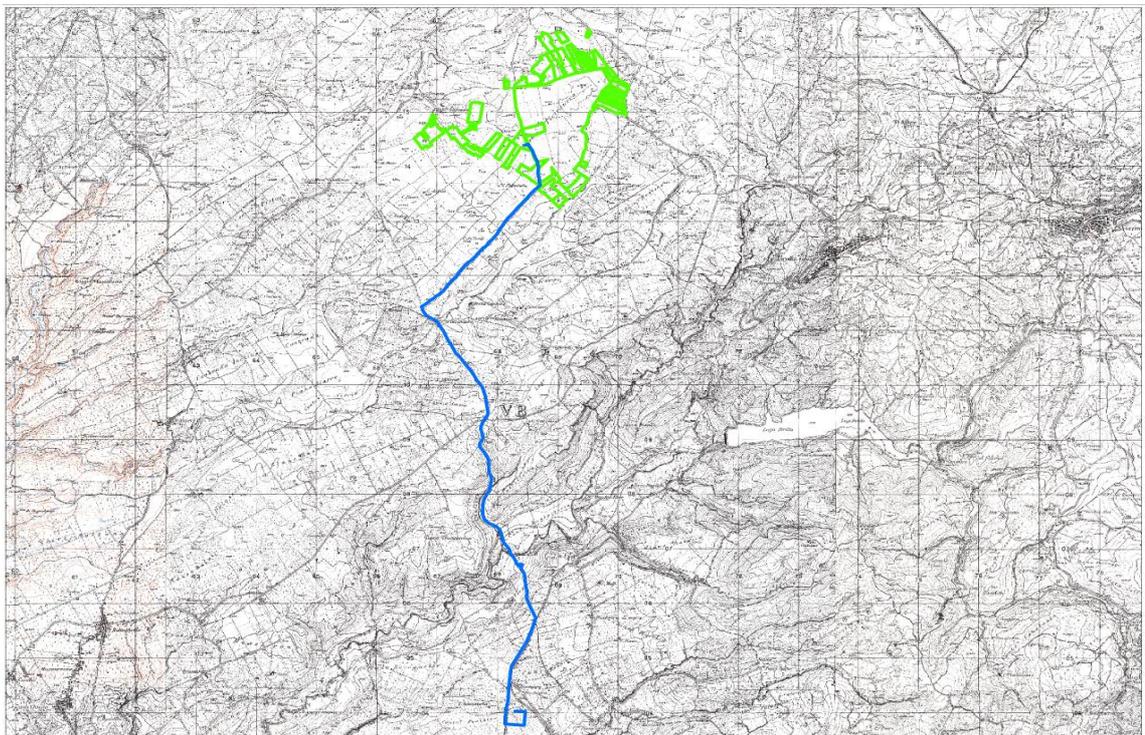


Localizzazione su immagine satellitare

Dal punto di vista urbanistico il sito risulta classificato, in base al Piano Regolatore Generale del comune di Caltagirone, come Zona Territoriale Omogenea "E - Aree Agricole". Le aree perimetrate di progetto ricadono interamente nelle Tavole "Grammichele" - Foglio. n° 273, IV SE, Licodia Eubea Foglio 273 III NE e Chiaramonte Gulfi Foglio 273 III SE, della Carta d'Italia edita dall'I.G.M in scala 1:25.000 cui di seguito viene riportato uno stralcio.

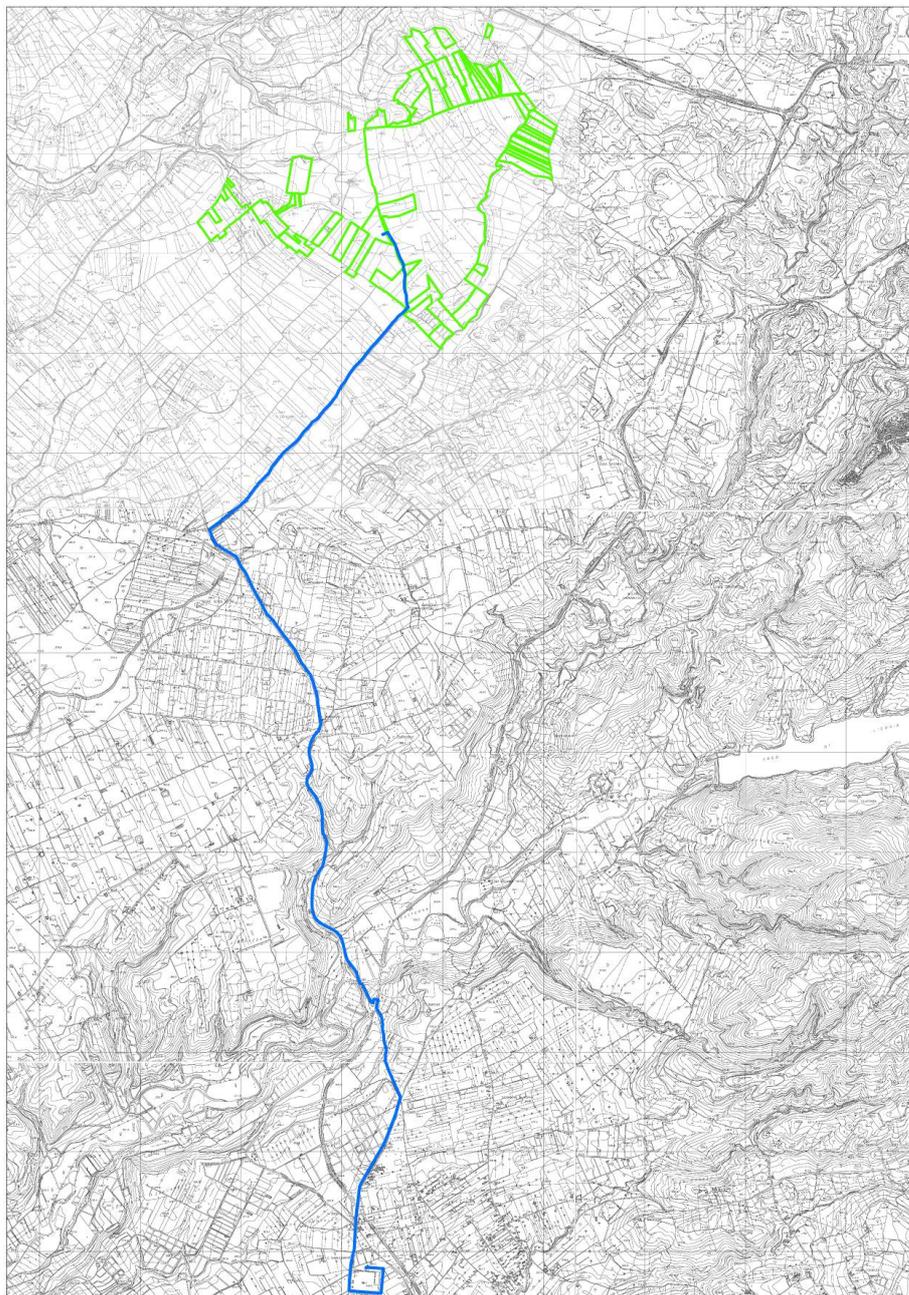


Inquadramento Area Impianto su Tavoletta IGM “Grammichele” - Foglio 273, IV SE e “Licodia Eubea” – Foglio 273 III NE 1:25.000



Inquadramento Area Impianto e traccia del Cavidotto su Tavoletta IGM “Grammichele” - Foglio 273, IV SE “Licodia Eubea” Foglio 273 III NE 1:25.000 e Chiaramonte Gulfi Foglio 273 III SE

Le aree sono state ubicate anche sulla Carta Tecnica Regionale edita dalla Regione Sicilia (Sezione 639160, 640130, 644040, 644080, 644120, 645010, 645050 e 645090– scala 1:10.000) il cui stralcio viene di seguito riportato. La carta CTR costituisce la base di lavoro per la redazione delle carte tematiche allegate al presente studio.



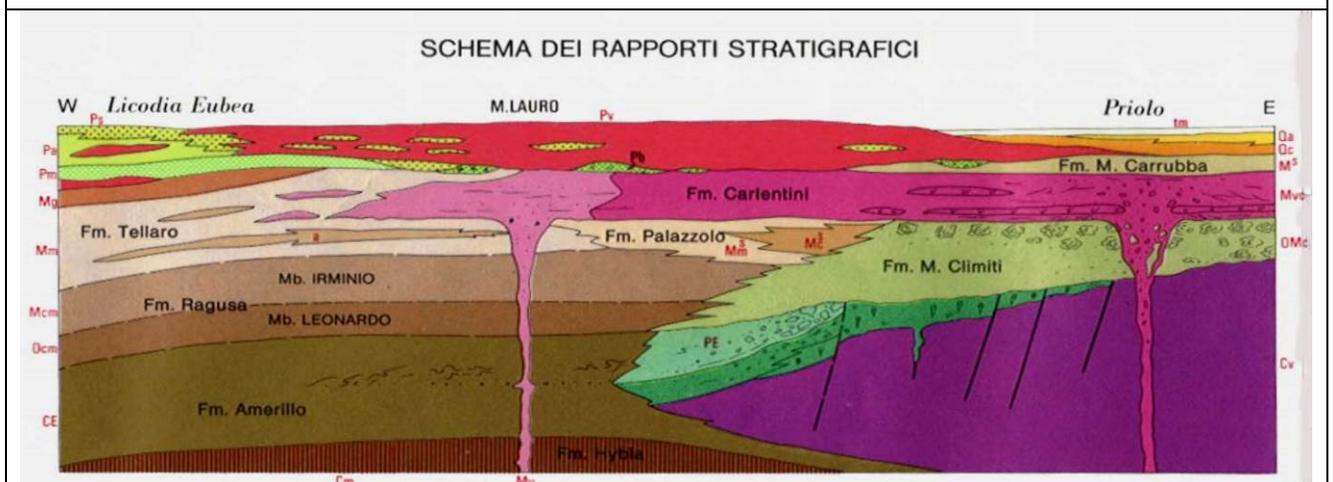
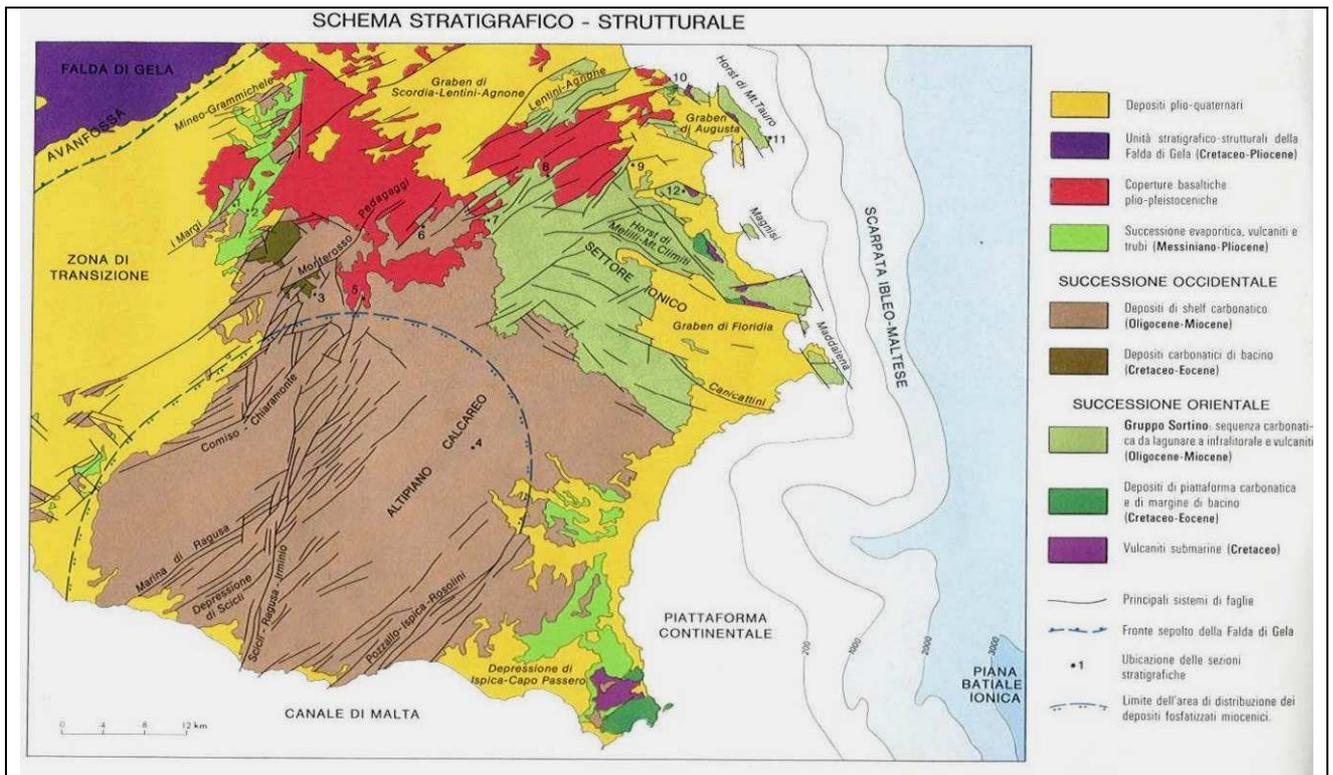
Inquadramento Impianto e tracciato cavidotto su CTR Sezione 639160, 640130, 644040, 644080, 644120, 645010, 645050 e 645090 scala 1:10.000

materiali prevalentemente carbonatici sia di piattaforma che bacinali, in cui s'intercalano diverse (per età e tipologia di prodotti) manifestazioni vulcaniche (*Grasso e Lentini, 1982*).

Morfologicamente il Plateau Ibleo si presenta come un altopiano tabulare che mostra, prevalentemente, una giacitura suborizzontale delle formazioni che lo costituiscono ed inciso da profondi canyon denominati localmente “cave”.

Il settore ionico, evidenziando una relazione con l'andamento della Scarpata Ibleo - Maltese, è caratterizzato da una tettonica di tipo distensivo con prevalenza dei sistemi NNO – SSE e ONO - ESE e con una certa componente di trascorrenza (*Ghisetti e Vezzani, 1981; Grasso, 1993*). In particolare Siracusa risulta interessata da due sistemi di faglie che hanno riguardato il basamento carbonatico: il primo con direzione NNO – SSE ed il secondo disposto in modo pressoché ortogonale al primo con direzione all'incirca O – E. Ne consegue che la tettonica ha generato un reticolo di faglie normali, che hanno dato origine a strutture quali il graben di Priolo Augusta e gli horst di Scala Greca - Belvedere, Ortigia e della Penisola Maddalena. I graben successivamente sono stati riempiti dai depositi calcarenitici, sabbiosi ed argillosi che mascherano le strutture tettoniche e hanno dislocato la serie carbonatica stessa in vari blocchi. Lo schema dei rapporti stratigrafico-strutturali è riportato nella figura 1 (da *Lentini et al, 1984*).

² L. Montanari, “Approccio alla Geologia Stratigrafica”, D. Flaccovio, Palermo, 1986)

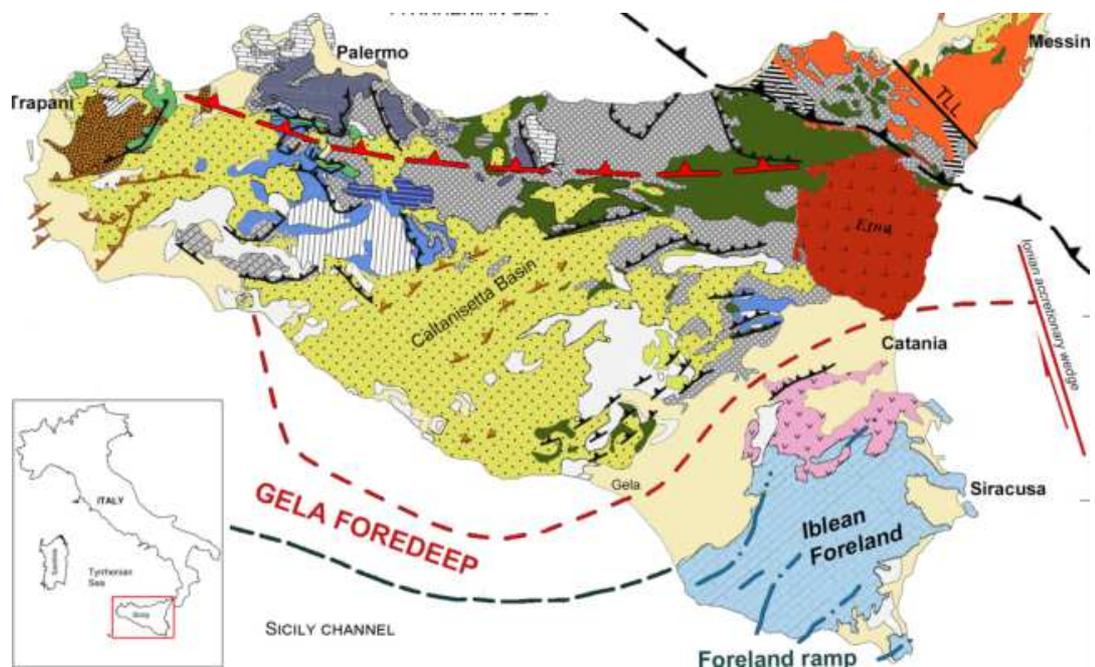


Schema dei rapporti stratigrafico-strutturali del Plateau Ibleo (da Lentini et al, 1984).

Fig 1

L'Avampaese Ibleo subisce una flessurazione al disotto delle coltri della Catena Appenninico-Maghrebide, formando una depressione strutturale, che assume il significato di un'avanfossa. La flessurazione si esprime con sistemi di faglie dirette, che nel caso del plateau Ibleo presentano in prevalenza un'orientazione NE-SO. Qui in effetti si produce una prima depressione, delimitata dai sistemi Comiso-Chiaramonte, Monterosso A.-Pedagaggi e Lentini-Agnone; ad essa CARBONE et alii (1982a, 1982c) avevano dato il significato di un'avanfossa esterna o "zona di transizione", caratterizzata da coperture tipiche di avampaese, non alimentate cioè

dalla catena. L'avanfossa s.s. comincia a nord-ovest della Fiumara di Caltagirone, dove ai caratteri strutturali propri di un'avanfossa si aggiungono quelli sedimentari. Un ulteriore allineamento strutturale, legato ai sistemi orientati NE-SO, è quello Grammichele-Mineo-Palagonia, che ribassa definitivamente il plateau al disotto delle coperture quaternarie e più oltre si immerge sotto il fronte delle coltri della Catena Appenninico-Maghrebide, rappresentato dalla Falda di Gela, per non riapparire più in superficie. L'area in studio, specificatamente verso l'abitato di Caltagirone nel settore occidentale del territorio comunale, rientra nei settori geologici in cui viene considerata area di transizione fra i termini carbonatici indeformati dell'altipiano calcareo s.s. (plateau ibleo) e l'avanfossa Gela - Catania, che a sua volta separa l'avampaese ibleo dai termini fortemente piegati della catena appenninico maghrebide.



Dal punto di vista geostrutturale, nella zona in studio, al di sotto delle successioni sedimentarie plio-pleistoceniche affioranti, ritroviamo il substrato ibleo, qui ribassato da un sistema principale di faglie a sviluppo NE-SO (allineamento Comiso-Chiaramonte). I litotipi costituenti la successione dell'area oggetto di studio si presentano poco disturbati, non essendo stati soggetti nel corso della loro storia geologica ad una tettonica compressiva né in fase sin-sedimentaria che in fase post diagenetica, ma esclusivamente ad una tettonica distensiva. La figura 2 mostra lo schema dei rapporti stratigrafici tra le varie unità pleistoceniche affioranti e il substrato pre-pleistocenico

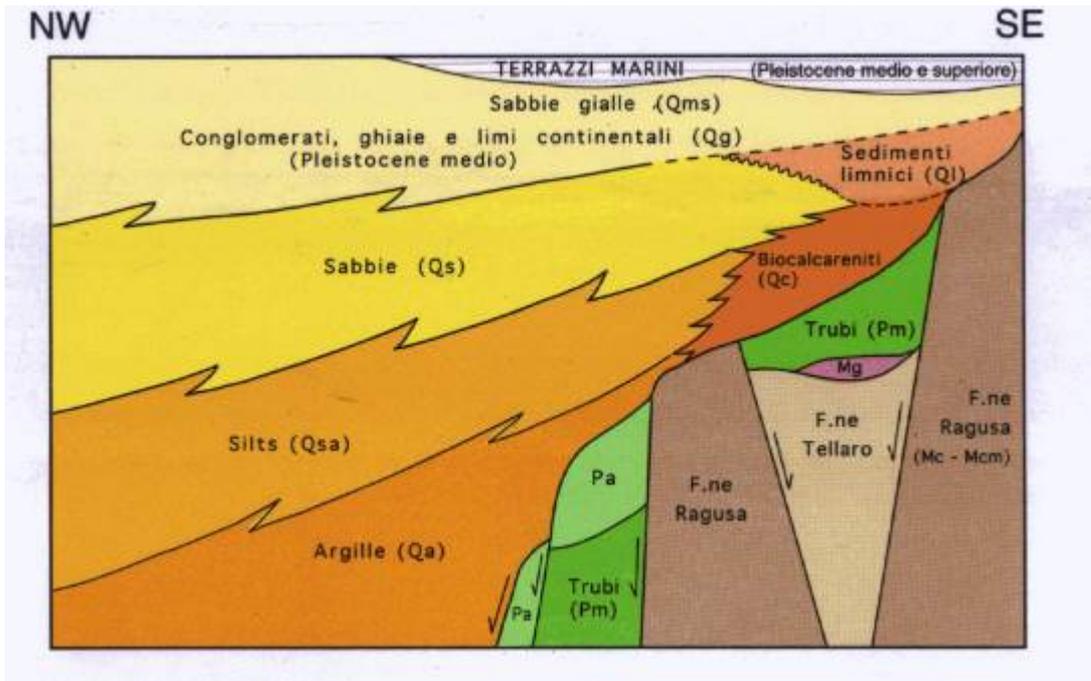


Fig 2

La sezione geologica sottostante fig 3 e 4, mostra le sovrapposizioni stratigrafiche nel segmento areale compreso tra Comiso e Fiume Acate.

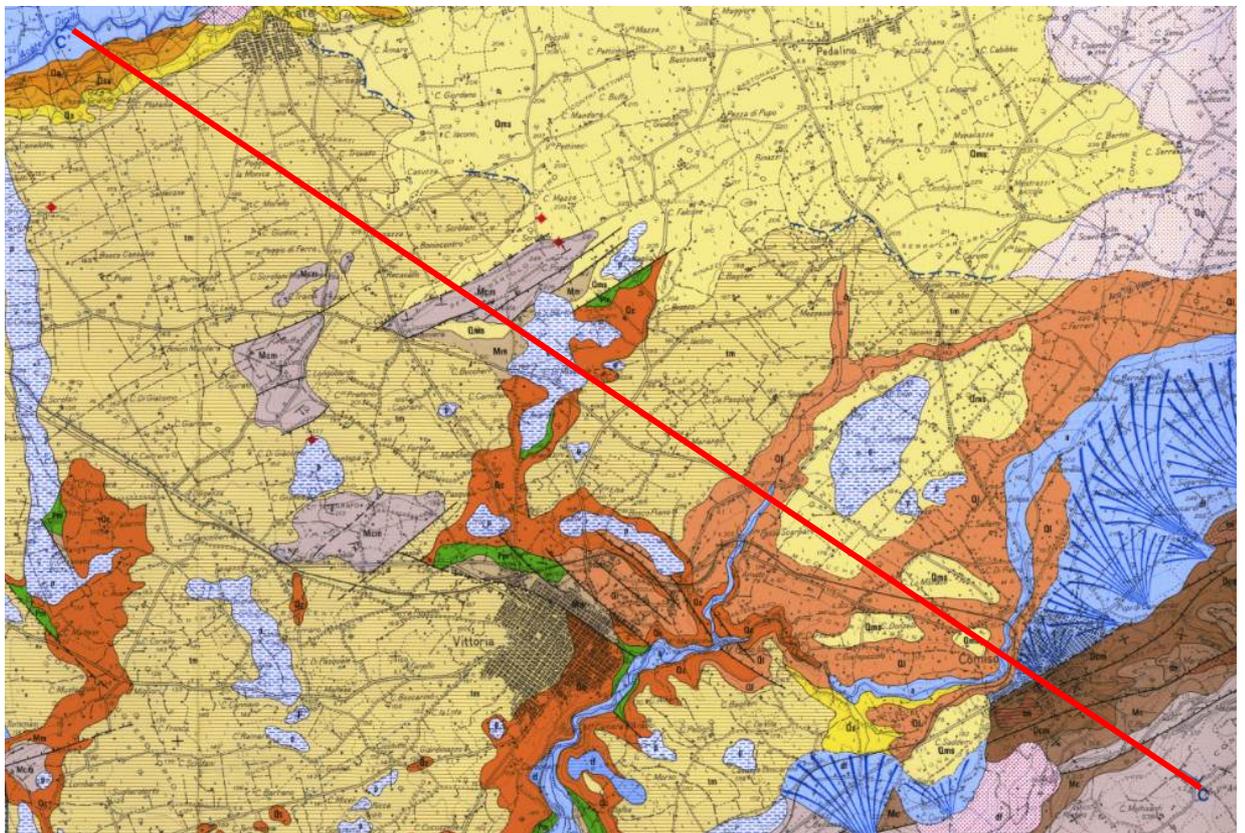


Fig 3

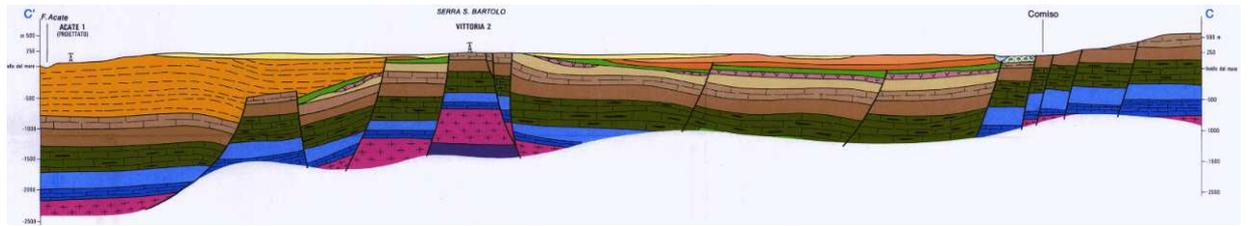


Fig 4

La figura 5 rappresenta lo schema strutturale del tetto dei carbonati della Formazione Ragusa nell'offshore meridionale ibleo, dove essi si trovano sepolti sotto le coperture di sedimenti più recenti.

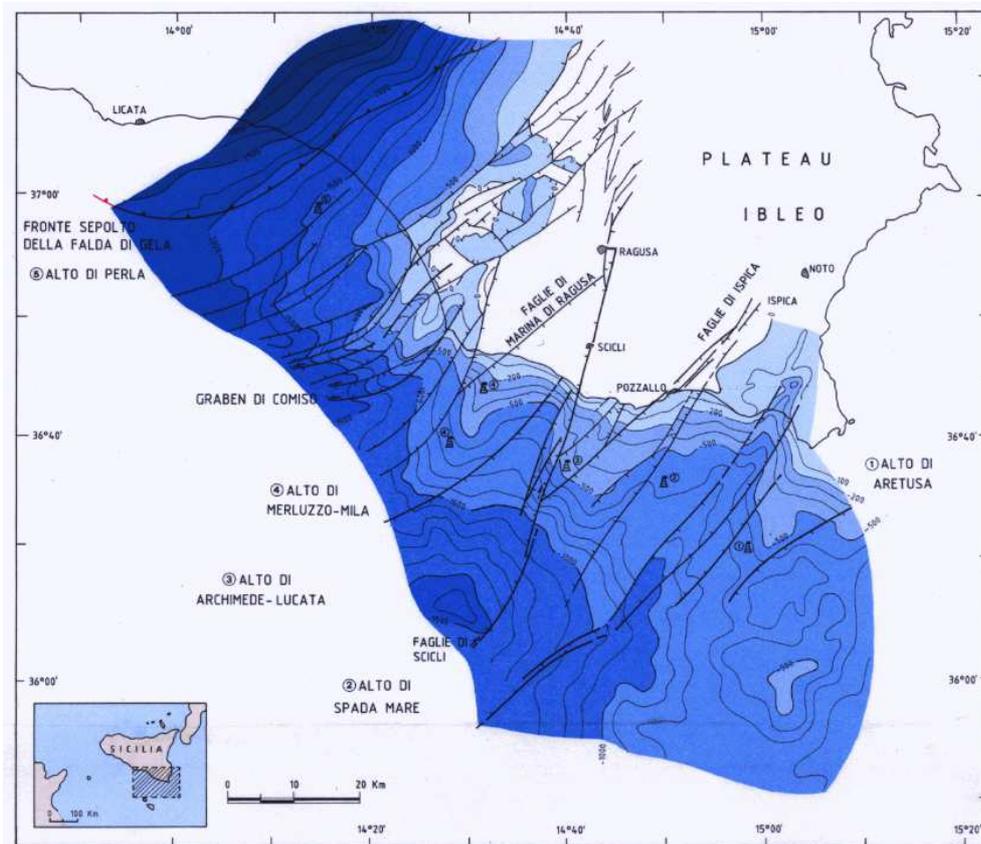


Fig 5

Strutturalmente la Sicilia rappresenta la naturale connessione tra la Catena Appenninica e quella Nord-Africana mostrando notevoli analogie sia con l'una che con l'altra. La tetto-genesi alpina, infatti, investe vari domini paleogeografici che si erano

già delineati durante il Mesozoico e li trasforma, attraverso una complessa storia deformativa, in un edificio a falde. L'orogenesi "siculo-magrebide" procede con continuità³ dall'Eocene fino al Quaternario, interessando prima i più interni domini cioè quelli "**calabridi**", poi via via le aree più esterne raggiunte solo nel Plio-Pleistocene dal fronte di compressione.

In Sicilia si distinguono tre elementi strutturali principali (Fig. 6.1 da *L. Montanari, 1985*):

- **l'Orogene Appenninico – Maghrebide, la Catena in s.s.:** riconducibile a un complicato sistema di falde sud-vergenti, derivanti dalla deformazione, nell'Oligo-Miocene, di unità appartenenti a vari domini paleogeografici.

- **l'Avanfossa:** entità che si sviluppa ad un determinato stadio della tettonogenesi (stadio collisionale) e che fisiograficamente si risolve in una depressione subsidente (bacino), successivamente riempita (nel Tortoniano) da coperture postorogene (F.ne Terravecchia). L'avanfossa si origina dal collasso del margine dell'Avampaese che tende ad incunarsi al di sotto delle falde dell'Orogene (la Falda di Gela, che rappresenta il fronte più avanzato delle falde della Catena Appenninico-Maghrebide, Fig.6.2 da *Lentini et al., 1987*). Essa ha un trend NE-SW e si estende geograficamente nella fascia compresa tra Gela e Catania.

- **l'Avampaese Ibleo-Saccense:** entità rappresentante il margine settentrionale della Placca Africana, costituita prevalentemente da sedimenti meso-cenozoici di piattaforma carbonatica.

³ Fig. 6.1 Ciò perché in intervalli geologici così ridotti (dall'Oligocene ad ora) può essere più corretto parlare di un "continuum" deformativo e parlare di età diverse di raggiungimento dei vari luoghi da parte della falda (*L. Montanari, 1985*)

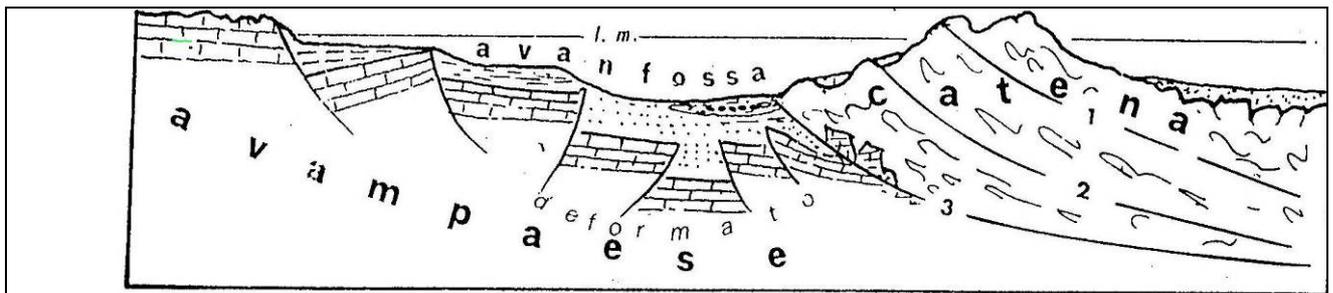


Fig. 6.1: schema strutturale dell'orogene siciliano; da L. Montanari, 1985

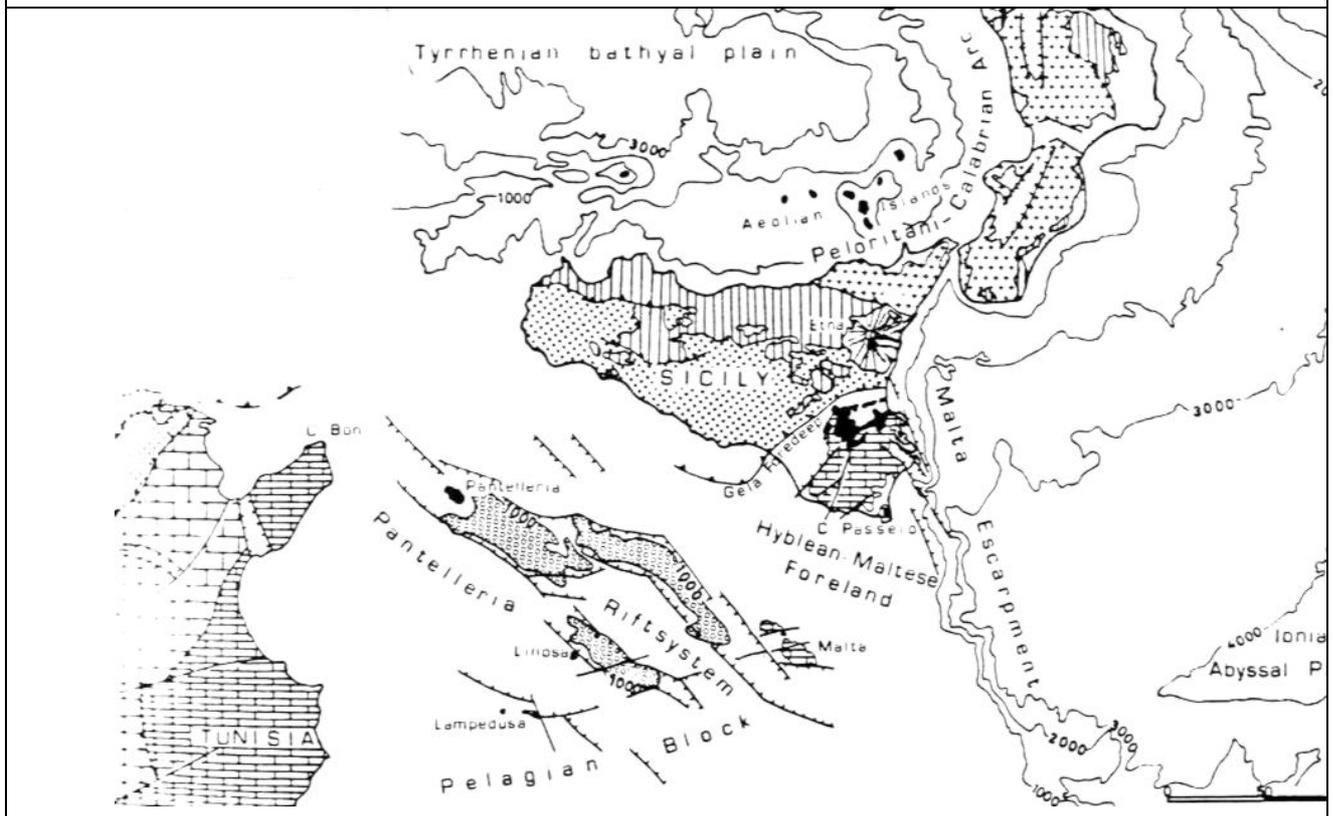


Fig. 6.2: schema strutturale del mediterraneo; da Lentini et al., 1987

3.1 L'Avampaese Ibleo-Saccense

Geograficamente esso è identificato con l'area sud-orientale dell'isola, cioè l'area di pertinenza dei Monti Iblei. I caratteri stratigrafici e i comportamenti strutturali obbligano, dagli anni '70 in poi, ad includerne anche parti della Sicilia occidentale, nella fattispecie la zona di Sciacca (AG): Unità Saccense (Montanari L. 1985).

L'Avampaese Ibleo è differenziabile stratigraficamente e paleogeograficamente in due settori specifici: quello "Siracusano" e quello "Ragusano", entrambi costituiti da materiali prevalentemente carbonatici, sia di piattaforma che bacinali, in cui s'intercalano diverse (per età e tipologia di prodotti) manifestazioni vulcaniche. La

costa orientale del Plateau Ibleo è bordata dalla Scarpata Ibleo-Maltese, un sistema di faglie a gradinata, a direzione NNW-SSE, che lo separa dal Bacino Ionico. Questa scarpata è stata notevolmente attiva durante gli ultimi 5 Ma (*Carbone et al., 1982*), e sarebbe legata ad un progressivo collasso del bordo occidentale del Bacino Ionico. Il sistema, tuttavia, dovrebbe essersi impostato su un'antica zona di debolezza crostale esistente già nel Cretaceo superiore. Lungo il bordo settentrionale ed occidentale il Plateau Ibleo è bordato dall'Avanfossa, con sistemi di faglie ad andamento NE-SW lungo il margine Nord, e con un complicato sistema in cui s'intrecciano direttrici N-S o NNE-SSW (linea di Scicli - F. Irminio) con direttrici NE-SW (linea di Ispica, sistema di Comiso- Chiaramonte) lungo il margine Ovest. Morfologicamente il Plateau Ibleo si presenta come un altopiano tabulare che mostra, prevalentemente, una giacitura suborizzontale delle formazioni che lo costituiscono ed inciso da profondi canyon denominati localmente "cave".

3.2 Lineamenti stratigrafico-strutturali e paleogeografici dell'Avampaese ibleo

Stratigraficamente la crosta superiore iblea è composta da circa 10 km di copertura di cui i primi 6 km direttamente esplorati a mezzo di trivellazione raggiungendo così gli orizzonti del Trias medio, mentre non si hanno notizie dirette dell'intervallo permo-triassico, se non attraverso la sua identificazione nelle linee sismiche (*Bianchi et alii, 1987*).

In affioramento, i termini più antichi risalgono al Cretaceo inf. (F.ne Hybla: marne e calcari marnosi verdastri). L'analisi delle litofacies mesozoiche evidenzia l'esistenza nell'Avampaese Ibleo di due domini paleogeografici contigui: uno orientale o "Siracusano" e uno occidentale o "Ragusano".

Entrambi i paleodomini, durante il Trias sup., sono interessati da una sedimentazione di mare poco profondo con deposizione di dolomie e calcari.

Al passaggio Trias-Lias una fase tettonica interrompe l'omogeneità di sedimentazione dei due domini creando un'area di bacino nel settore "Ragusano", mentre il settore "Siracusano" mantiene le caratteristiche di piattaforma carbonatica neritica (*Montanari L., 1987*). Durante tale fase si ha l'emissione di vulcaniti basiche che va a formare *seamounts* (allineati nella zona di contatto tra i due domini); ciò a testimonianza dell'esistenza combinata di strutture trascorrenti e tensive legate ad un

comportamento di bacino rombocasmico (*Catalano&D'Argenio, 1982; Montanari L., 1987*). Nel Lias sup. con l'annegamento della piattaforma "siracusana" entrambi i paleodomini sono ricoperti da una sedimentazione di tipo pelagica persistente fino al Cretaceo medio.

Un'ulteriore fase tettonica, nel Cretaceo superiore, interessa tutta l'area con nuova emissione di grossi volumi di vulcaniti basiche maggiormente concentrate lungo la regione ionica degli Iblei.

Tali prodotti vulcanici formavano un allineamento di seamounts da Portopalo fino a Nord di Augusta (*Lentini et al., 1987*).

Al di sopra delle vulcaniti cretache si formano, nel **settore siracusano**, scogliere a coralli e rudiste (del Maastrichtiano); tali scogliere si rinvennero in affioramento nei dintorni di Portopalo e di Augusta.

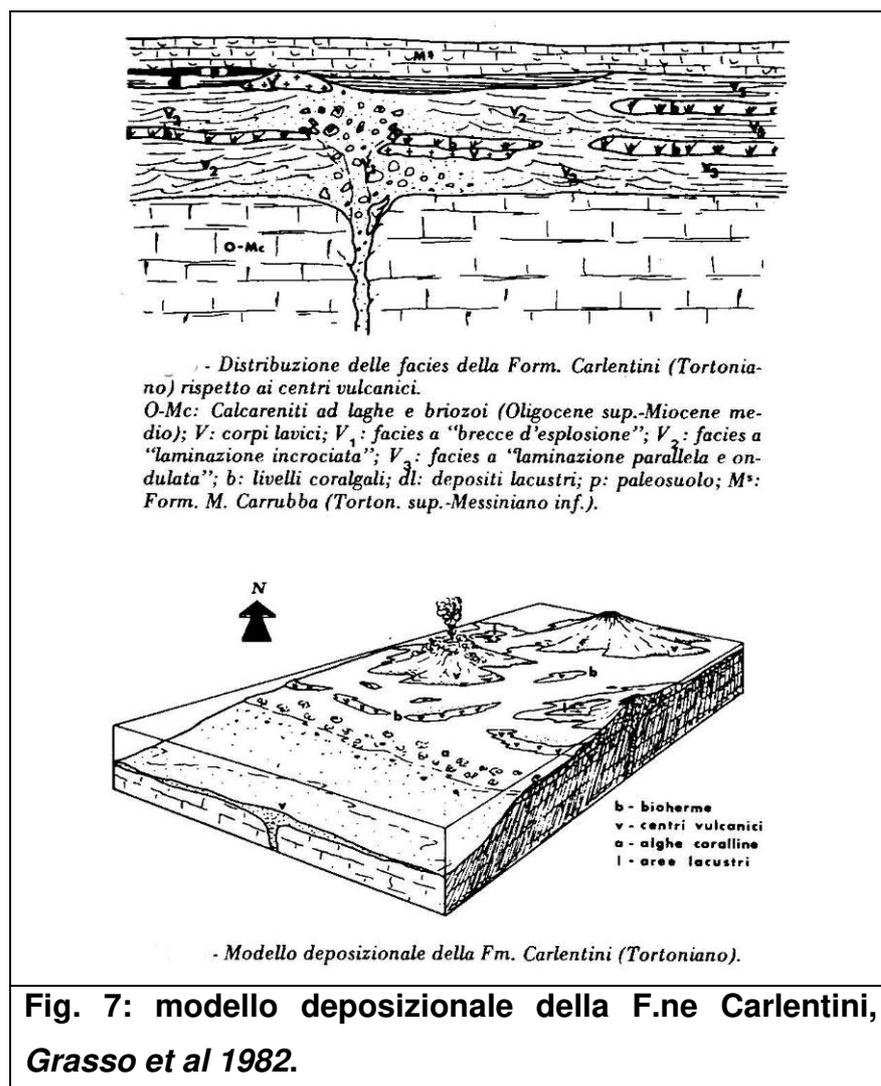
Nel **settore ragusano**, durante l'intervallo Creta – Eocene, si hanno essenzialmente risedimenti carbonatici quali i calcari marnosi selciferi appartenenti alla F.ne Amerillo (Creta-Eocene, *Lentini et al., 1987*).

L'Oligo-Miocene, nel **settore ragusano**, è caratterizzato da litofacies sia bacinali che di piattaforma denominate nella letteratura geologica F.ne Ragusa (*Rigo & Barbieri, 1959*; mod. da Pieri, 1967). Sopra la F.ne Ragusa si hanno depositi bacinali quali le marne della F.ne Tellaro (dal Miocene medio al Tortoniano), in pratica depositi nuovamente a carattere bacinale. La suddetta formazione passa verso l'alto e lateralmente alle calcareniti Tortoniane della F.ne Palazzolo (*Rigo & Barbieri, 1959*).

Per quanto concerne il **settore orientale o "siracusano"** nell'Oligo-Miocene si ha la deposizione di una sequenza prettamente carbonatica di piattaforma neritica denominata F.ne Monti Climiti. Al di sopra di quest'ultima si sviluppano livelli di vulcanoclastiti frammisti a materiali carbonatici di origine sedimentaria conosciuti come F.ne Carlentini (*Grasso et al 1982*). L'analisi dei caratteri deposizionali evidenziano un vulcanismo freatomagmatico (*Carbone e Lentini, 1981*) sviluppatosi in ambiente subaereo o su bassofondo marino (Fig.7: modello deposizionale della F.ne Carlentini,).

Nel Miocene sup. (Messiniano) si ha la deposizione della F.ne Monte Carrubba data da calcareniti e calcilutiti con abbondanti faune oligotipiche indicatrici

di ambiente a salinità elevata, interpretata come segnalatrice di condizioni preevaporitiche (Grasso et al 1982). Nell'area orientale iblea mancano i depositi evaporitici in quanto gran parte del Plateau Ibleo era probabilmente già emerso. Il limite Miocene-Pliocene, a causa della generale emersione del Plateau durante il Messiniano sup., è marcato da una lacuna stratigrafica. I terreni pliocenici sono distribuiti in modo discontinuo sull'Altopiano a causa di movimenti differenziati che proseguono durante tutto il Pliocene; soltanto la porzione Nord-Orientale è emersa, mentre verso Ovest è ben rappresentato un ciclo sedimentario marino, dal Pliocene inf. al Pliocene sup., causato da una moderata ingressione marina. Il limite Pliocene-Quaternario marca il definitivo sollevamento della parte centrale del Plateau, mentre i suoi margini continuano ad essere interessati da sedimentazione marina anche durante il Quaternario. Lo schema dei rapporti stratigrafico-strutturali è riportato all'inizio del capitolo (da Lentini et al, 1984).



3.3 Stratigrafia e tettonica quaternaria

L'evoluzione geodinamica quaternaria dell'Avampese è caratterizzata da una neotettonica che, interagendo con le marcate fluttuazioni climatiche e con le oscillazioni eustatiche, ha contribuito in maniera considerevole all'evoluzione morfogenetica dell'area iblea.

La sequenza quaternaria è costituita da due principali cicli sedimentari di età Pleistocene inf. e Pleistocene medio - sup. Il primo affiora principalmente lungo il bordo Nord-Occidentale e lungo la fascia costiera ionica, fino a Siracusa. Una marcata discordanza sul substrato miocenico o sulle vulcaniti plioceniche segna l'inizio della deposizione di biocalcareni giallastre e sabbie, passanti, verso l'alto e lateralmente, ad argille grigio - azzurre con faune ad *Arctica islandica*, *Hyalinea baltica* e *Globorotalia truncatulinoides*.

Alla fine del Siciliano una regressione marca l'inizio del secondo ciclo sedimentario; l'emersione è testimoniata dalla presenza di un paleosuolo rossastro o nero, ricco in fossili e con resti di vertebrati (*Elephas mnaidriensis*), costituito da sabbie e limi argillosi alternati a livelli conglomeratici. Il Pleistocene inf. è caratterizzato da una fase tettonica causata dall'apertura del Tirreno, i cui movimenti arrivano a coinvolgere le argille grigio-azzurre del Siciliano. Il secondo ciclo inizia, nel Pleistocene medio, con una nuova trasgressione, che porta alla deposizione della cosiddetta Panchina Crotoniana. Si tratta di calcareniti giallo - rossastre piuttosto grossolane e cementate, a stratificazione incrociata e/o ondulata, di ambiente litorale. Esse si ritrovano soprattutto lungo il bordo orientale della Sicilia, tra la Piana di Catania e Siracusa. Il ciclo medio - suprapleistocenico è caratterizzato dall'interazione di fenomeni eustatici e tettonici, che ha dislocato i depositi in terrazzi marini (talvolta senza deposito), ubicati tra 180 m e 5 m di quota, con andamento sub - parallelo all'attuale linea di costa. L'analisi morfologica dei depositi medio-suprapleistocenici permette di individuare una nuova fase tettonica seguente quella datata Pliocene-Pleistocene inf., che aveva causato la formazione della maggior parte dei lineamenti ad orientazione NE - SO; la tettonica quaternaria, a carattere sinsedimentario, produce blande strutture a pieghe e faglie ad orientazione NE - SO e NO - SE. Il settore ionico, evidenziando una relazione con l'andamento della Scarpata Ibleo - Maltese, è caratterizzato da una prevalenza del sistema NO - SE con

una certa componente di trascorrenza, espressione della tettonica distensiva iblea (*Ghisetti e Vezzani, 1981; Grasso, 1993*). Infine, a causa della situazione strutturale delineatasi nel Plio-Pleistocene, gli affioramenti olocenici risultano così scarsi da non permettere una ricostruzione stratigrafica e tettonica dettagliata. Ad ogni modo, la perfetta corrispondenza tra superfici di origine tettonica e rilievo attuale depone a favore di un'eventuale continuità tettonica olocenica.

4.0 LINEAMENTI GEOLOGICI

La successione geologica dell'area in studio e di un suo intorno significativo, è stata desunta dal rilevamento geologico di superficie, da indagini di riferimento, da dati di letteratura e da riferimenti di precedenti lavori di progettazione civile effettuati in zona dallo scrivente e da altri autori. I terreni rilevati e riferiti al settore occidentale del territorio comunale di Caltagirone rappresentano parte della successione della Falda di Gela e dell'intera successione dell'Avanfossa Catania-Gela. Dalla successione della Falda di Gela i terreni affioranti sono rappresentati da formazioni di età tardomiocenica e pliocenica che comprendono la serie evaporitica messiniana (Calcere di base e Gessi), i Trubi e le Argille marnose grigio azzurre del Pliocene medio sup.

La successione del settore orientale del territorio comunale e dove insiste più specificatamente l'area interessata dal progetto, mostra una situazione litologica affiorante così come riportato nella carta geologica che dall'alto verso il basso è la seguente:

a-p: formano affioramenti di variabile estensione, continuità laterale e spessore, distribuiti a diverse quote. Sono costituiti da prevalenti ghiaie grossolane, da sabbie e limi sabbiosi di colore brunastro, cui si intercalano lenti di ghiaie eterometriche giallastre, talora brune. Sugli espandimenti vulcanici il deposito è rappresentato esclusivamente da ciottolame lavico con clasti arrotondati di diametro da 2 a 20 cm e da scarsa frazione di argille nerastre, derivanti dalla disgregazione e/o alterazione dei termini vulcanoclastici, che ha interessato solo la parte più superficiale delle colate

laviche. Aree relegate a depositi palustri, sono da collegare alle depressioni sui termini di substrato. Sui terreni carbonatici il deposito è caratterizzato da prevalenti clasti calcarenitici sub-sferici di diametro fino a 20 cm e da terre rosse. Lo spessore è variabile; in area di studio detti depositi con spessori dell'ordine di qualche metro poggiano direttamente sul substrato dato dalle vulcaniti basiche appresso descritte. Tale litotipo viene direttamente interessato dalle opere di progetto a sud-ovest di Abbeveratoio Schifazzo e a sud est di C.da Pietranera.

Qcs : Sabbie rossastre e calcareniti organogene massive o a stratificazione incrociate con livelli ghiaiosi e argille; detti terreni possono sfumare a delle calcareniti e sabbie giallastre Qc; tale formazione non viene interessata dalle opere di progetto.

PLEISTOCENE INFERIORE.

Qsa: sono date da sabbie fini quarzose con livelli arenacei e talora si intercalano livelli siltoso-argillosi. La formazione interessa le opere di progetto di C.da Piano Monumenta e ad est e sud-est di Abbeveratoio Schifazzo. In affioramento la formazione è data da sabbie moderatamente classate a grana fine, molto ricche in quarzo; il colore è vario dal giallastro al taglio fresco, dal bruno chiaro al rossastro all'alterazione. All'interno delle sabbie si rinvengono intercalazioni lenticolari di limi e argille, mentre spesso si rinvengono intercalazioni di strati arenitici ben cementati costituiti da quarzosiltiti, biocalcareni e calcari detritici. Lo spessore non supera i 30 metri. PLEISTOCENE INFERIORE.

Pv: potente successione di vulcaniti basiche prevalentemente submarine in basso e subaeree verso l'alto. I prodotti sub marini sono dati da ialoclastiti, da brecce vulcano clastiche a grana minuta e da brecce a pillow immerse in una matrice vulcano clastica giallo-rossastra, ampiamente diffusi a NE dell'allineamento Grammichele-Vizzini-Monte Lauro, aumentando di spessore verso Nord da pochi metri a 700 metri. Quelli subaerei sono costituiti da prevalenti colate di lave bollose e scoriacee e da subordinati prodotti piroclastici, e affiorano estesamente anche tra Lentini e Augusta. Nel loro complesso costituiscono prodotti sia tholeitici che di serie basaltica alcalina, prevalentemente basalti olivini fino a nefeliniti, con scarse manifestazioni a tendenza hawaiana. Intercalazioni di materiale sedimentario, generalmente sabbie e limi carbonatici, sono presenti un po' ovunque, e sono associabili con le marne grigio-azzurre della media valle del Fiume Dirillo e di Licodia Eubea (Pa e Ps). Sul margine settentrionale, le vulcaniti sono interdigitate con sedimenti a Hyaline baltica. Detto

litotipo è quello più diffusamente interessato in Cda Pietranera dalle opere di progetto.

PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE

Pa: Marne grigio azzurre della media valle del Fiume Dirillo e di Licodia Eubea (Pa). Verso l'alto si passa a sabbie e calcareniti organogene a brachiopodi e molluschi in banchi di 1-2 m di spessore. Lo spessore è di circa 150 metri. Sul versante destro del fiume Catalfaro la formazione va a costituire solamente delle intercalazioni marnose o sabbioso-conglomeratico all'interno della potente successione lavica (Pv) di Vizzini-Militello. Detti depositi interessano solo un tratto delle opere di progetto e più precisamente in direzione nord-est sud-ovest di C.da Pietranera in direzione della SP 75. PLIOCENE MEDIO-INFERIORE.

Pm: marne e calcari marnosi a macroforaminiferi di colore bianco crema, a frattura concoide (Trubi). Nell'area di Licodia Eubea, Mineo e Grammichele si intercalano nella parte alta livelli di vulcanoclasti e lave submarine. A volte sono presenti piccoli livelli di conglomerato poligenico (Mineo). Spessore circa 100 metri. Gli affioramenti presenti lungo la parte orientale dell'area rilevata, con allineamento ssw-nne, interessano direttamente le aree di progetto. PLIOCENE INFERIORE.

Mg : Calcarea di Base è costituito da calcari biancastri o grigiastri in strati e banchi massicci dello spessore da 1 a 15 m; la geometria degli strati è grossolanamente lenticolare, a base irregolare, localmente erosiva. I banchi principali sono alternati a livelli, spessi da 30 a 150 cm costituiti da marne calcaree, calcari laminati, o, più raramente, da gessi. Talvolta il passaggio dai banchi calcarei alle intercalazioni marnose si realizza tramite l'interposizione di ritmiti calcaree laminate. In alcune situazioni i banconi calcarei presentano un aspetto brecciato; la natura di questa tessitura può essere imputata a collasso da dissoluzione di minerali o di interstrati evaporitici e/o a processi meccanici di tipo gravitativi. Lo spessore formazionale è pari a circa 70-80 m. Affiorano a sud est dell'area rilevata ed interessano un margine ridottissimo dell'area di progetto a sud est di C.da Pietranera. MESSINIANO.

Mm-Formazione Tellaro: marne grigio-azzurre, costituiscono la parte basale della Formazione Tellaro, si tratta di marne grigio azzurre a frattura subconcoide, rappresentano un episodio di sedimentazione più detritica nell'ambito della sedimentazione prevalentemente carbonatica dell'altipiano Ibleo. Sono date da marne grigio azzurre a frattura subsonocide. Nella parte alta compaiono sovente marne calcaree giallastre, caratterizzate da faune oligotipiche nella zona di Vizzini Monte Lauro. In questo intervallo apicale sono presenti grosse lenti vulcanoclastiche e di lave

submarine basiche di spessore da 0 e 100 m (**Mv**) a volte interdigitate con le marne suddette. Tale formazione non affiora direttamente nei lotti di interesse ma intercetta un tratto del cavidotto in C.da Terre Sciri di Sotto. LANGHIANO INF.-MESSINIANO.

5.0 INDAGINE SISMICA MASW

Rimandando le puntualizzazioni e le specifiche acquisizioni dei principali elementi geotecnici e sismici dell'area in studio, si è voluto fornire in questa fase una prima approssimazione del modello geologico dell'area interessata dal progetto, eseguendo 3 stese sismiche attive con metodologia Masw, per definire la caratterizzazione del suolo che con buona approssimazione (in questa fase di elaborazione) può essere estese a tutte le aree di progetto. Le indagini sono state eseguite in porzioni rappresentative delle aree che occupano C.da Pietranera sulle vulcaniti, nelle porzioni di area a NW dell'area in studio in C.da Monumenta, sulle sabbie quarzose e nel settore orientale dell'area di progetto sulle marne biancastre (Trubi).

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig.8) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate. Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92 V_s$. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92 V_s$. La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).

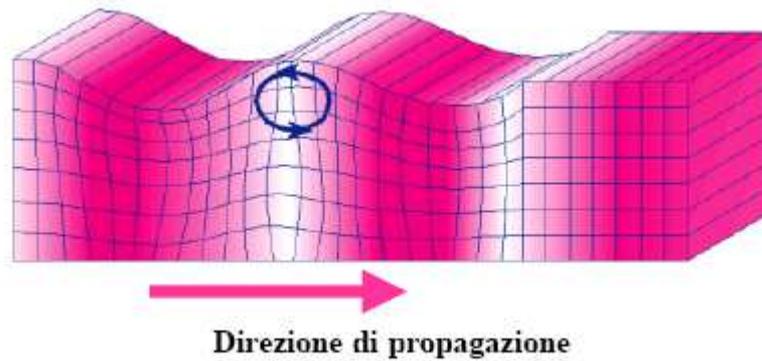


Fig. 8 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto al senso di propagazione dell'onda.

La determinazione della velocità delle onde di taglio V_S tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%). I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dall'O.P.C.M. Infatti, mentre la velocità delle onde P misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde S è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde P , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno. La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati (Fig. 9).

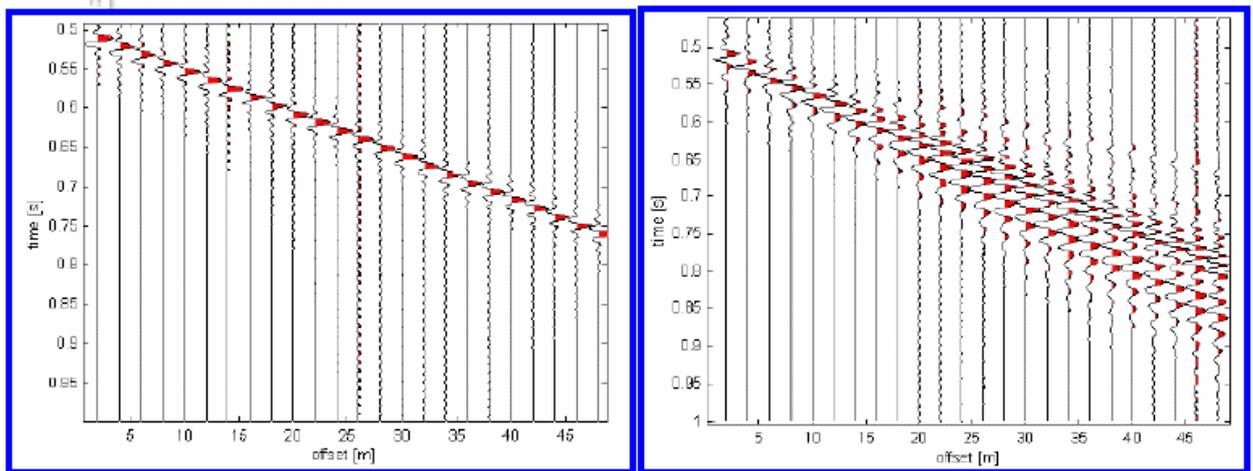


Fig.9 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è l'inverso della lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo d'inversione (Fig. 10).

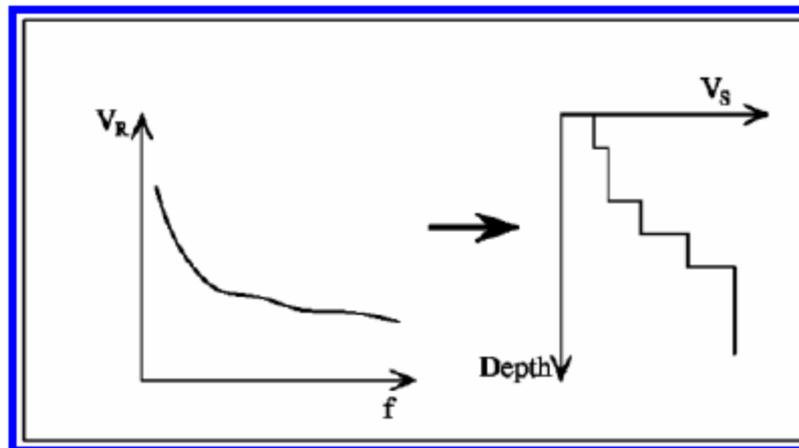


Fig. 10 – Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (a sinistra) e profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d'inversione

La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) è pari a circa il 90% delle onde di taglio (V_s). Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure

operative più onerose della comune sismica a rifrazione e delle prove in foro e hanno un grado di incertezza nella determinazione della V_s <20%.

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh – MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) – è un efficiente metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio V_s . Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale. Le onde di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno. L'intera procedura per una MASW consiste di 4 passi fondamentali:

A) Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici (Fig.11), generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente geofoni (Fig.10) che viene spostato lungo la linea dello stendimento stesso dopo ogni acquisizione;

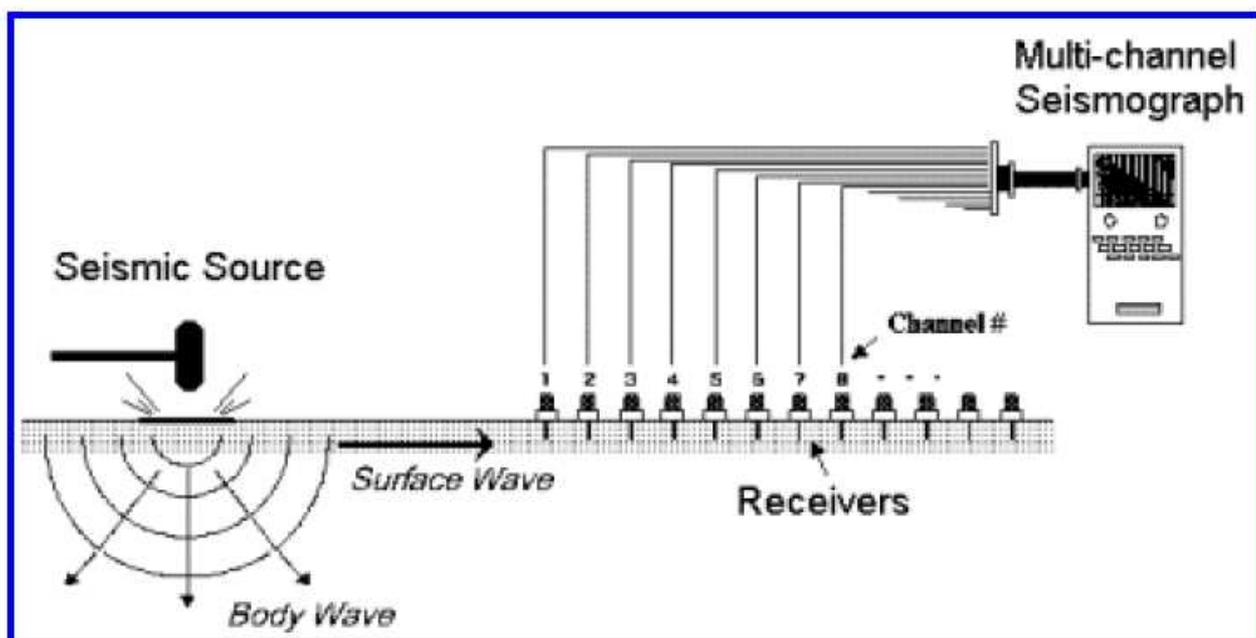


Fig. 10 – Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.

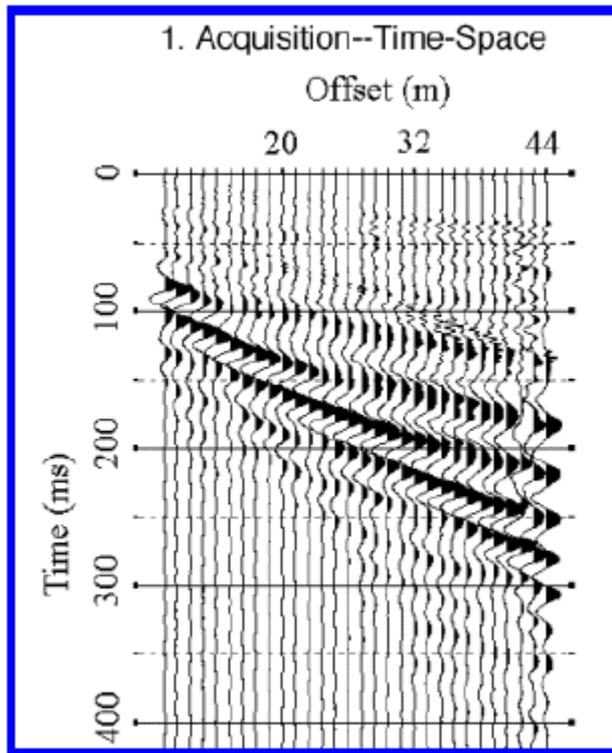


Fig. 11 – Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.

B) Estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione) (Fig. 12);

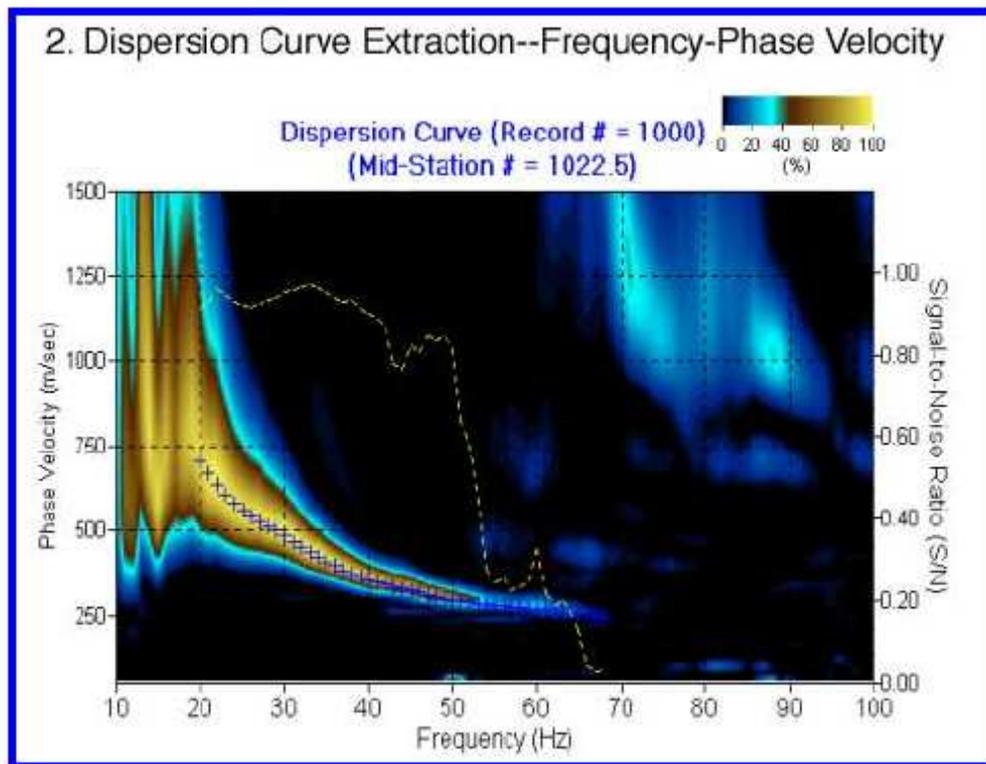


Fig. 12 – Curva di dispersione delle velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh.

C) Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle V_s (Fig. 13) (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);

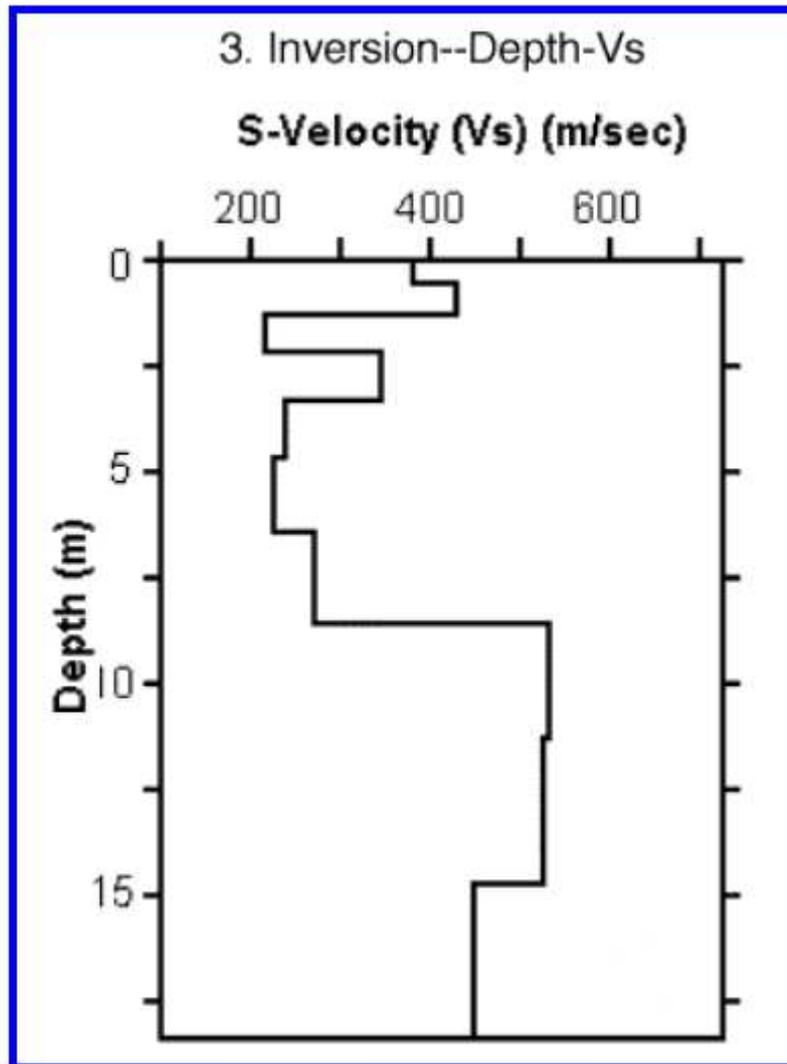


Fig. 13 – Modello di velocità delle onde di taglio (V_s) ottenuto dalla curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh attraverso l'inversione di un modello multistrato di terreno. La velocità delle onde di taglio è approssimativamente pari a $1.1V_R$ (V_R =velocità delle onde di Rayleigh) e la profondità è pari a circa $0.4 \cdot \lambda$ (lunghezza d'onda).

D) Ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle V_s dei terreni con approccio multicanale (con almeno due acquisizioni dei segnali, ovvero due spostamenti lungo la linea dello stendimento).

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (P e S), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni. Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e

diventano rumore. Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana. Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali.

Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni.

Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione. Ai fini della caratterizzazione del tipo di suolo dell'area investigata sono state eseguite n° 2 prospezioni sismiche MASW con stendimenti geofonici all'interno delle aree in esame.

Le indagini sono state condotte mediante l'utilizzo di sismografo M.A.E. A6000S/E 24 bit 24 canali. L'elevata dinamica (24 bit di risoluzione) unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo per tecniche di indagine di tipo non convenzionale. La sorgente sismica è costituita da una massa battente (mazza dal peso di circa 10 kg) che batte su una piastra di alluminio. Il colpo del martello funge contemporaneamente da starter poichè collegato a mezzo di trigger al sismografo. Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni (Geospace – 4.5Hz) posizionati lungo il profilo di indagine con offset di 1.5m (totale lunghezza stendimenti= 40,00 m. La lunghezza dello stendimento è stata sufficiente a determinare la sismostratigrafia dei terreni fino alla profondità di circa 30,00 m nell' area di progetto. I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con apposito programma (Swan versione 1.4 della Geostudi Astier) per la determinazione della sismostratigrafia del sottosuolo.

ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale $T=1.4s$, sono state effettuate con passo di campionamento $dt=0.5ms$. La frequenza di campionamento è data da: $f_{campionamento}=1/dt=2000Hz$. La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da: $f_{Nyquist}=1/2dt=1000Hz$. La frequenza minima dei segnali è data da: $f_{min}=1/T=0.714Hz$. L'elaborazione dei dati e l'inversione delle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh sono state effettuate con il programma SWAN versione 1.4 della Geostudi Astier che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione delle sezioni sismostratigrafiche delle V_s . Dalla disamina della prospezione geofisica eseguita si è definito inoltre il valore di $V_{s,eq}$ cioè la velocità media di propagazione entro 30,00 metri di profondità delle onde di taglio calcolata con la seguente espressione:

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

Dove

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

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

h_i = Spessore in metri dello strato i -esimo

V_i = Velocità dell'onda di taglio i -esima

N = Numero di strati

CLASSIFICAZIONE DEL SITO	
Classificazione del D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni".	
<i>Committente</i>	Siel Agrisolare srl
<i>Località</i>	Cda Pietranera - Caltagirone
<i>Strumentazione utilizzata</i>	Sismografo MAE A6000SE
<i>Metodo di indagine</i>	M.A.S.W.
<i>Metodo di energizzazione</i>	Mazza da 8 kg
<i>Geometria dello stendimento</i>	Lineare con 24 geofoni (4,5Hz) – interasse 1,5 m

VELOCITA' MEDIA DELLE ONDE SISMICHE DI TAGLIO $V_{s,eq}(m/s)$	434
<i>Dati i risultati, il sito in esame risulta classificato alla categoria di suolo di tipo</i>	B

SUOLO	DESCRIZIONE LITOTECNICA	$V_{s,eq}$ (m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30} > 800m/s$, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m	>800
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360m/s e 800m/s	360÷800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 180m/s e 360m/s	180÷360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100m/s e 180m/s	100 ÷ 180
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	

6.0 CLIMATOLOGIA

Elementi fondamentali del clima sono le precipitazioni i venti, le temperature, la quota topografica, la latitudine ed un insieme di fattori minori che concorrono ugualmente alla definizione generale di clima. Il clima, è uno dei fattori fondamentali nell'ambito di uno studio idrologico e geomorfologico di una data area, esso infatti influenza e determina, a parità di condizioni geologiche, la morfologia ed il bilancio generale dei bacini interessati. Nell'approccio dello studio climatologico del presente lavoro, sono presi in considerazione soltanto la temperatura e le precipitazioni; gli altri elementi climatici non sono stati adoperati per la mancanza di stazioni di misura e di notizie atti a fornire dati quantitativi e qualitativi da elaborare.

6.1 Precipitazioni

Allo scopo di valutare e studiare le condizioni pluviometriche della zona in esame, sono stati presi in considerazione, i dati relativi agli ultimi sessanta anni delle stazioni pluviometriche rappresentative per il topoiote in cui ricadono le aree in studio nel territorio comunale di Caltagirone. Fig 14

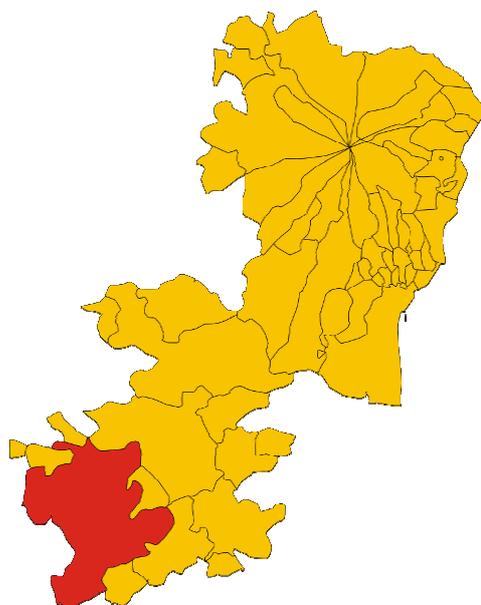


Fig 14

Dai dati forniti dal Servizio Idrografico, sono state calcolate le medie aritmetiche in mm delle altezze di precipitazioni mensili ed annue. A tale scopo, sono stati sommati i valori in mm di pioggia relativi ad ogni mese degli ultimi sessant'anni, e diviso tale valore per gli anni di funzionamento delle stazioni stesse. I dati così ottenuti, sono stati utilizzati per la determinazione delle precipitazioni medie mensili ed annue della zona in esame.

6.2 Precipitazioni Mensili

Le precipitazioni medie mensili del periodo che copre gli ultimi sessant'anni, non presentano nel complesso differenze accentuate nelle stazioni considerate. I valori massimi di precipitazioni, si hanno nei mesi di dicembre e gennaio; i valori minimi si hanno nel mese di luglio. Il numero dei giorni piovosi varia tra 1 e 2 nei mesi di giugno, luglio, agosto, tra i 9 e 11 nei mesi di dicembre e gennaio. La densità delle precipitazioni, e cioè il rapporto tra la pioggia caduta e numero di giorni piovosi, presenta in generale, valori più alti nei mesi di gennaio, ottobre, novembre e dicembre; quelli più bassi in luglio ed agosto. A partire dai mesi di aprile-maggio, si verifica una diminuzione delle precipitazioni, fino a raggiungere valori molto bassi (valori minimi) nel mese di luglio, per poi assumere un andamento di generale ripresa dal mese di agosto-settembre fino a dicembre-gennaio. Le precipitazioni medie mensili, hanno indicato comunque che il mese più piovoso risulta essere gennaio con 133 mm di pioggia, seguito da dicembre con 125 mm di pioggia e da ottobre con 117 mm di pioggia; il meno piovoso è risultato il mese di luglio con solo 10 mm di pioggia.

6.3 Precipitazioni Stagionali

Esaminando le distribuzioni stagionali delle precipitazioni, relative ai 60 anni considerati, si è osservato che il semestre più freddo è sempre più piovoso di quello più caldo, con una quantità media di pioggia di valore molto più alto rispetto a quest'ultimo. La stagione più piovosa coincide quindi sempre con l'inverno, mentre quella più arida si è rivelata l'estate, con valori molto bassi di precipitazioni. Concludendo si può affermare che le più alte precipitazioni si verificano nella stagione

invernale; le minime in estate; e, nelle stagioni primavera ed autunno, valori intermedi tra le prime due.

6.4 Precipitazioni Annue

La somma delle precipitazioni medie mensili relative al periodo considerato, fornisce l'altezza di precipitazioni media annua. I dati ottenuti a tale proposito, mettono in evidenza che, le altezze di precipitazioni, non sono molto elevate, infatti, si ottengono circa 575 mm di pioggia in circa 69 giorni piovosi. Le quantità però ottenute, risultano essere di valore inferiore all'altezza media annua di precipitazione dell'intero territorio italiano, che è di circa 970 mm (TONINI '59).

6.5 Temperature Mensili, Stagionali E Annuali

Dall'analisi dei dati ottenuti è possibile notare che i valori minimi di temperature medie mensili, si registrano in gennaio, con valori medi oscillanti tra i 5°,7°; i valori massimi si hanno in luglio ed agosto con valori medi intorno ai 27,5°. A riguardo dei valori delle temperature medie stagionali, si può notare che essi presentano dei valori minimi sempre nella stagione invernale, quelli massime nella stagione estiva. I valori primaverili ed autunnali sono intermedi tra questi fig 15.

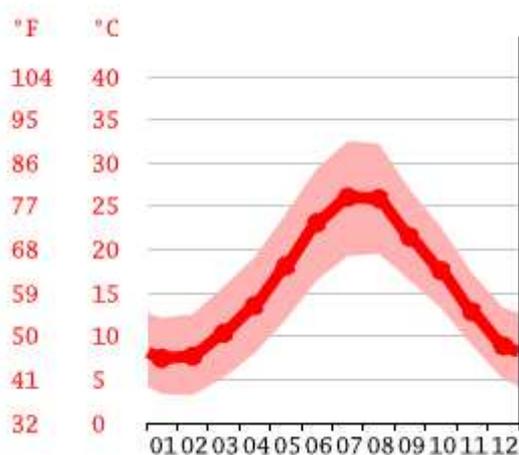


Fig 15

I valori delle temperature medie annue, si mantengono moderatamente alte. L'elaborazione dei dati ha fornito valori intorno a 16,1° (Caltagirone), quota 608 metri

circa s.l.m.). Negli ultimi anni si stanno però verificando condizioni di temperatura estreme che nel periodo estivo comportano variazioni che appaiono con diversa tendenza rispetto all'andamento climatico storico.

6.6 Relazione Temperatura-Precipitazioni

Negli elementi del clima, risultano di fondamentale importanza, i rapporti che legano la temperatura e le precipitazioni, in quanto questi, assieme ad altre variabili, quale la litologia, tipo di suolo, la superficie coperta di vegetazione ed i tipi di colture (nella zona in esame rappresentate prevalentemente da prateria, pascolo), influenzano notevolmente il fenomeno dell'evapotraspirazione. Allo scopo di esaminare e visualizzare le relazioni tra temperature e precipitazioni, è stato analizzato il diagramma ombrotermico (BAGNOLUS e GAUSSEN '57), che mette in relazione le precipitazioni e i valori di temperatura medi mensili (Fig 16).

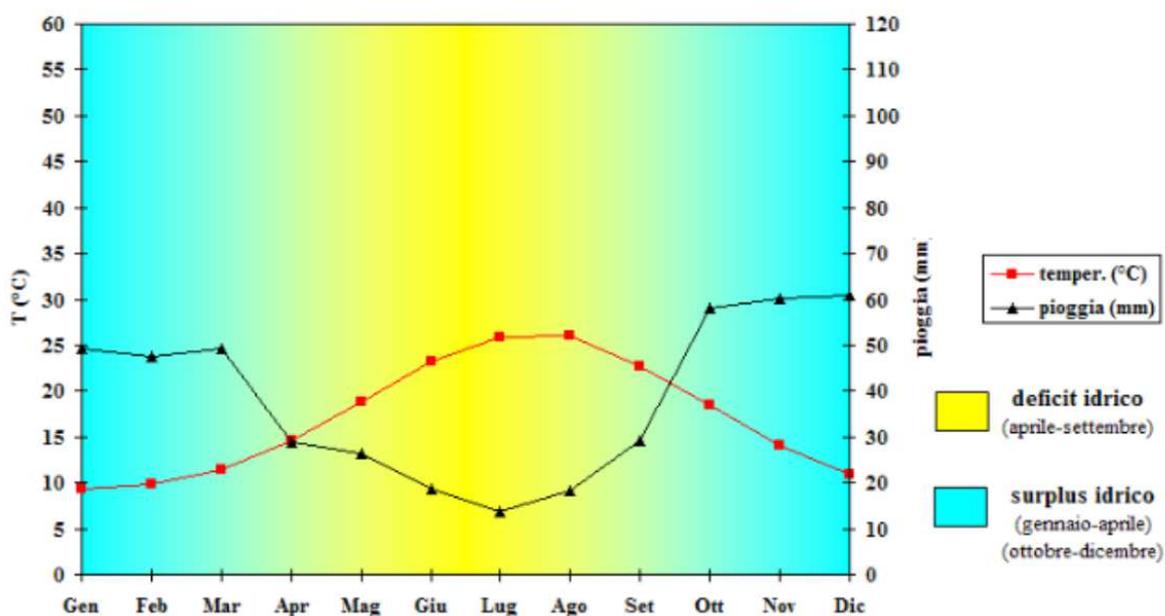


Fig.16

Dalla disamina del suddetto grafico, si è potuto osservare come la curva termica, che rappresenta all'incirca l'andamento dell'evaporazione e della traspirazione, si mantiene per i mesi autunnali ed invernali al di sotto della curva rappresentante le precipitazioni; questa situazione, sta ad indicare un periodo umido e quindi un bilancio d'acqua positivo.

Viceversa nei mesi di maggio, giugno, luglio ed agosto, la curva termica supera invece quella pluviometrica: ne viene così un bilancio d'acqua negativo con alti valori di evapotraspirazione, specie nei mesi di luglio e agosto.

6.7 Inquadramento Climatico

Dal punto di vista climatico la zona presenta caratteri tipicamente mediterranei contraddistinti da un semestre autunno-inverno con precipitazioni abbondanti e concentrate in brevi periodi e un semestre primavera-estate che presenta prolungate fasi di siccità.

Gli eventi meteorici più importanti dal punto di vista quantitativo si verificano generalmente nel periodo ottobre-dicembre mentre la maggiore frequenza di giorni piovosi si registra nei mesi di gennaio e febbraio.

Da studi eseguiti nei territori della regione Sicilia e in riferimento alle aree in studio, risulta un gradiente pluviometrico positivo procedendo dal livello del mare fino ad una quota di circa 600 mt, al di sopra si ha un'inversione con conseguente diminuzione degli afflussi meteorici.

A tal proposito, dall'analisi della distribuzione areale delle precipitazioni medie annue nel comprensorio esaminato, risulta che il territorio in oggetto è interessato da una piovosità media compresa tra 500 e 600 mm di pioggia annua (Fig 17).

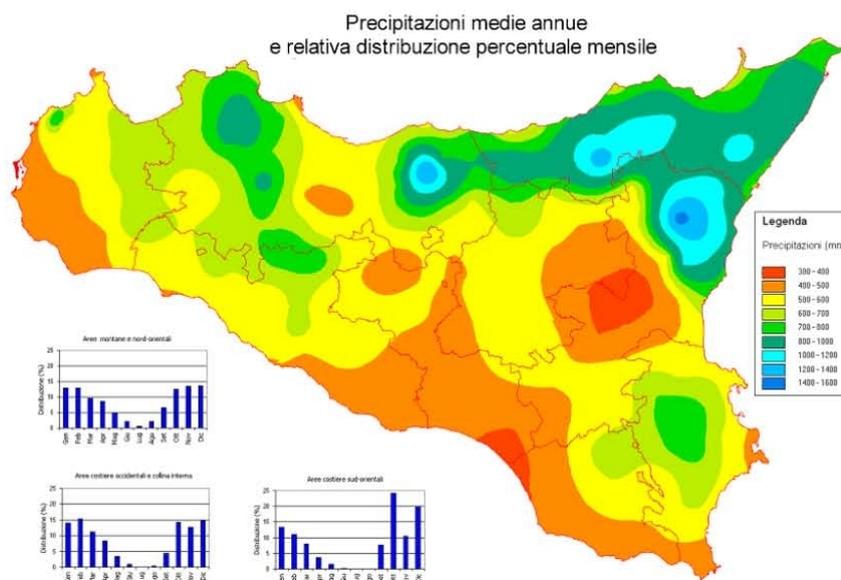


Fig. 17

Similmente a quanto riscontrato per le precipitazioni anche i valori termometrici risultano influenzati dall'altimetria (Fig 18). Le temperature medie più basse si registrano nel mese di gennaio mentre quelle più alte nel periodo luglio-agosto.

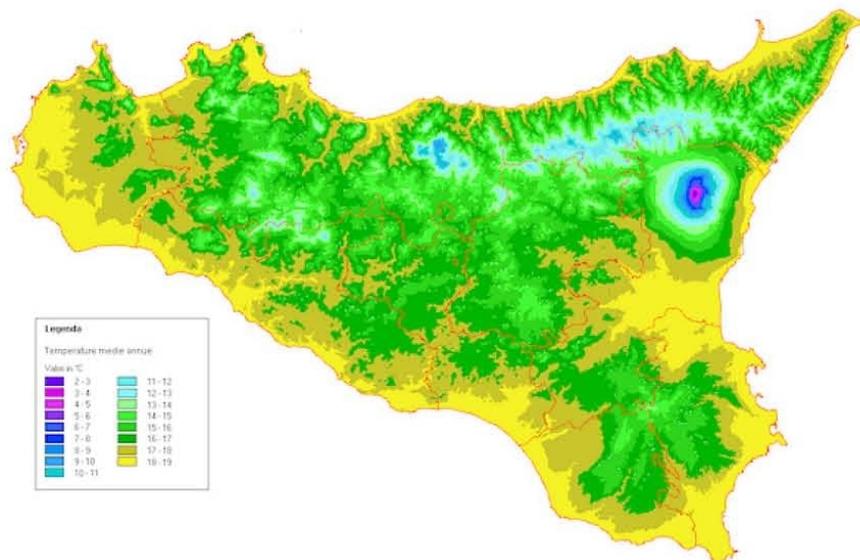


Fig. 18

Per quanto riguarda il regime eolico risulta una sensibile differenza tra le quote più elevate, ove predominano i venti provenienti dai settori occidentali, e quelle più basse dove sono più frequenti i venti con direzione E-W.

I dati pluviometrici e termometrici possono essere utilizzati per cercare di definire il tipo climatico in cui ricade la zona in esame.

A questo scopo è utile premettere che due sistemi di classificazione del clima che hanno riscosso notevole consenso da parte dei climatologi, sono quelli elaborati da THORNTHWAITE (1948) e da KOPPEN (1931-36). Nella classificazione proposta da quest'ultimo, i diversi tipi climatici (individuati attraverso un attento esame dei caratteri termici e pluviometrici), ci vengono indicati con le diverse lettere dell'alfabeto in carattere maiuscolo. Così ad esempio, nell'ambito del territorio italiano ricadono i tipi climatici delle classi C, D, E, cioè i climi temperati, quelli temperati freddi (boreale), e quelli freddi. All'interno di ogni singola classe il Koppen operò poi una ulteriore suddivisione, servendosi di lettere in carattere minuscolo, in base a particolari limiti che egli considerò espressivi del paesaggio tra certe condizioni climatiche ad altre.

Nel nostro caso ad esempio, l'area considerata ricadrebbe nel tipo climatico Csa; si ha infatti:

- temperatura del mese più freddo inferiore a +18° e superiore a -3° (classe C);
- il mese più arido cade nella stagione estiva e fornisce una quantità di precipitazioni inferiore ai 30 mm (tipo s);
- la temperatura del mese più caldo è superiore a 22° (carattere a).

Pertanto, il tipo climatico, può considerarsi intermedio tra il temperato sub-tropicale ed il temperato caldo.

Nelle sottostanti figure si vuole rappresentare una serie di elementi e di informazioni a corredo della climatologia dell'area in studio - tratte da (Weatherspark.com – Cedar Lake Ventures).

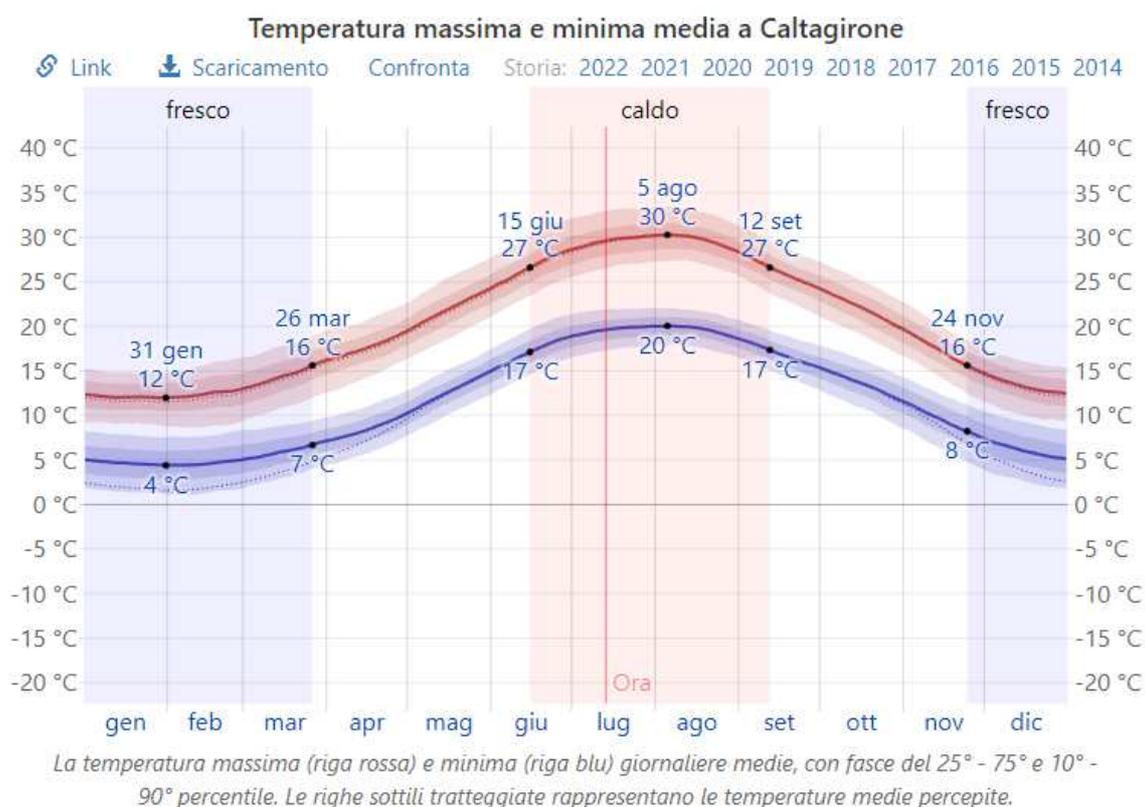
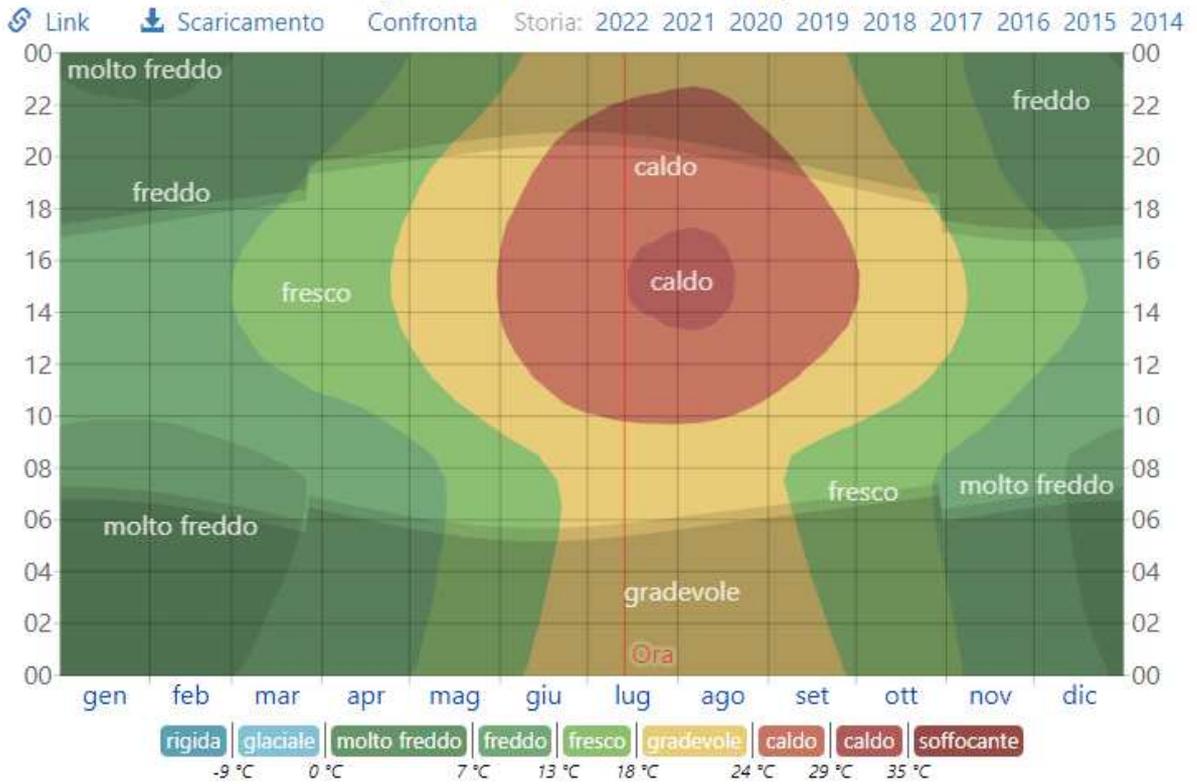


Fig.19

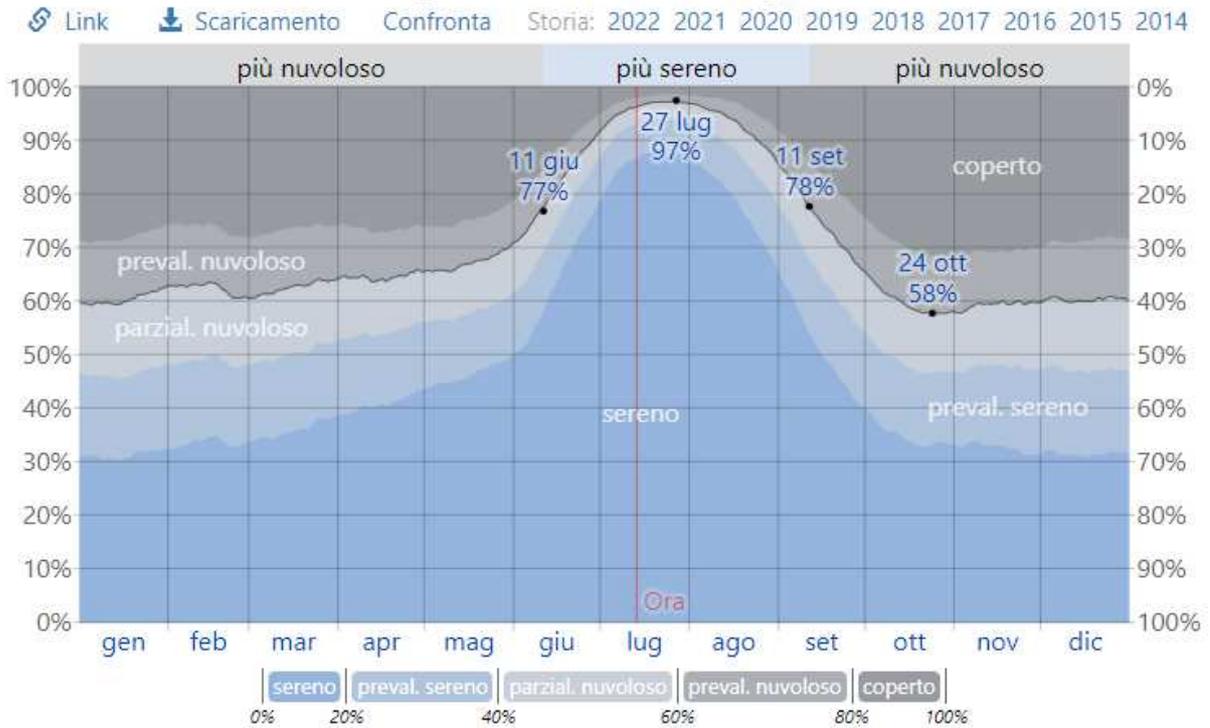
Temperatura oraria media a Caltagirone



La temperatura oraria media, con fasce di diversi colori. L'ombreggiatura indica la notte e il crepuscolo civile.

Fig. 20

Categorie di nuvolosità a Caltagirone



La percentuale di tempo trascorso in ciascuna fascia di copertura nuvolosa, categorizzata secondo la percentuale di copertura nuvolosa del cielo.

Fig. 21

Precipitazioni mensili medie a Caltagirone

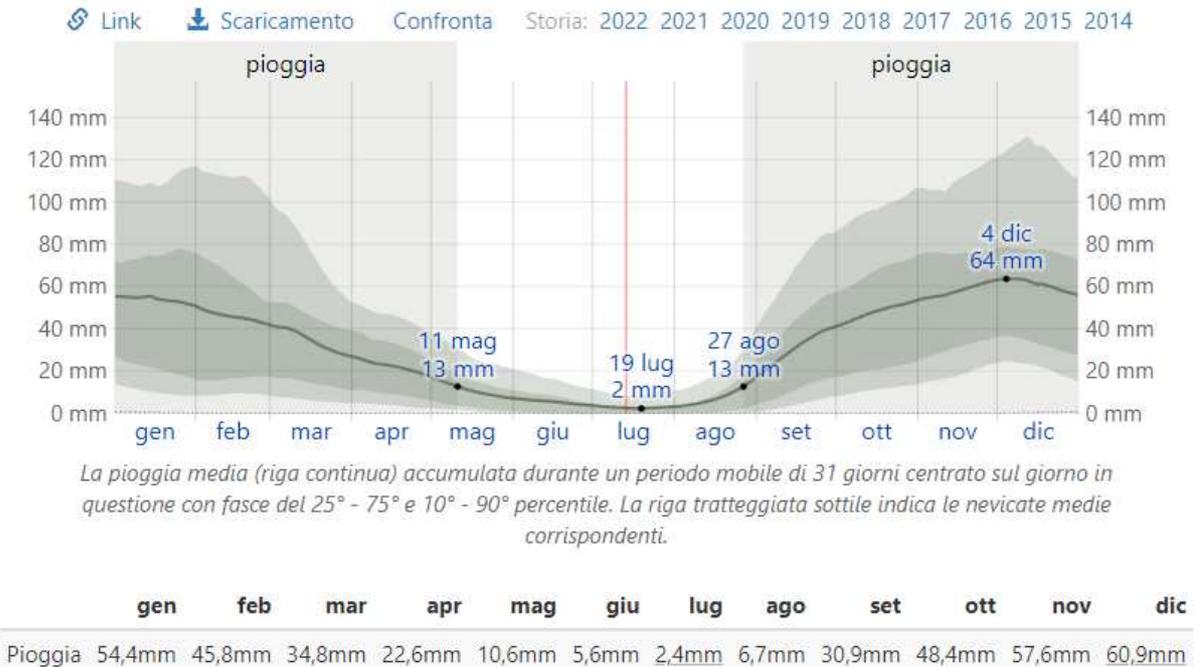


Fig. 22

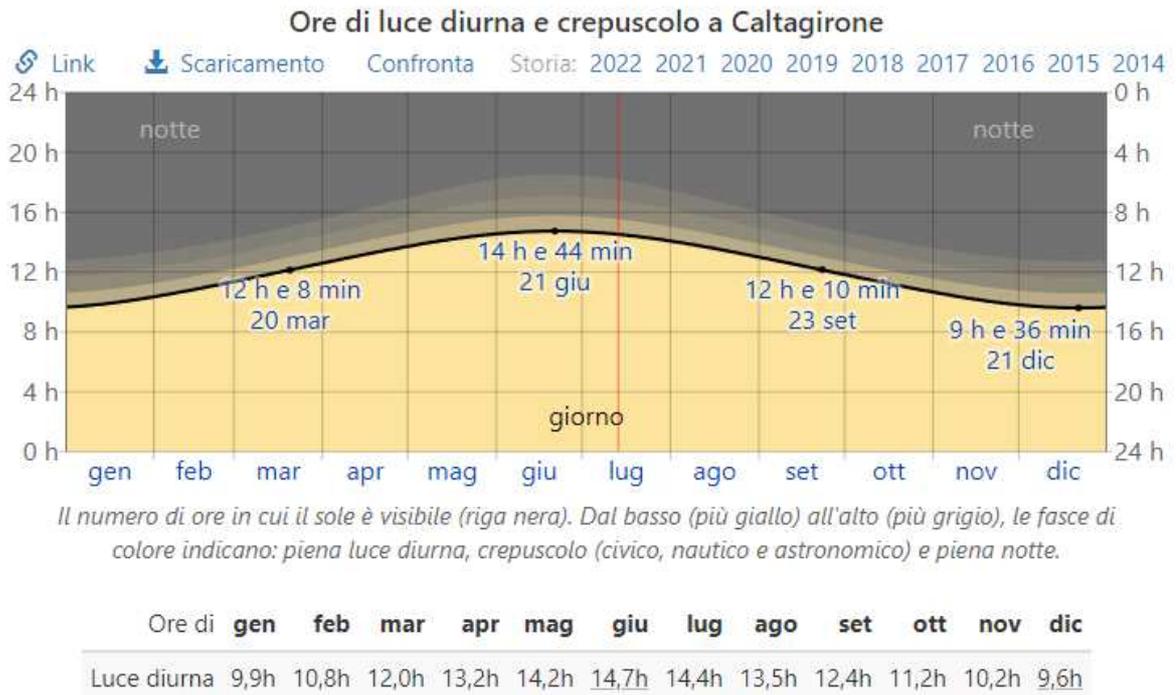


Fig. 23

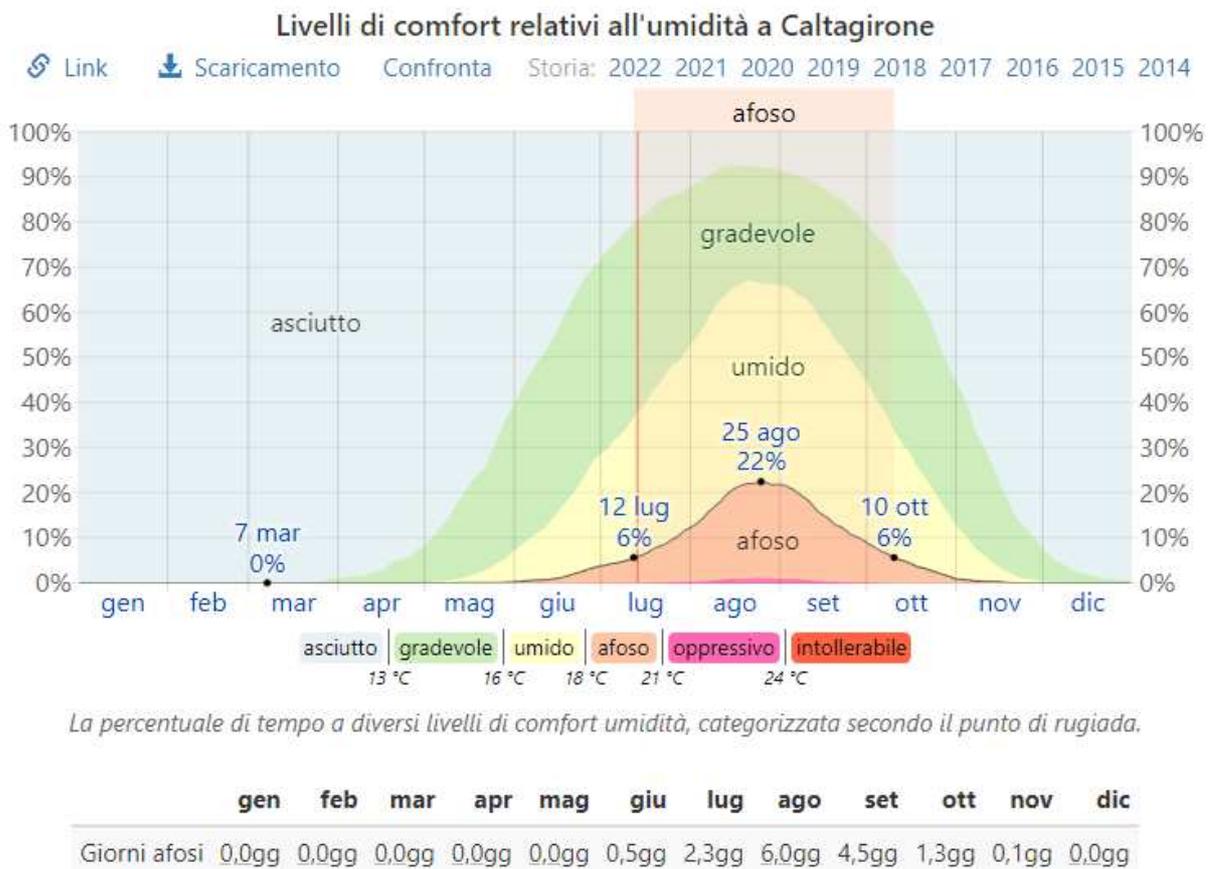


Fig. 24

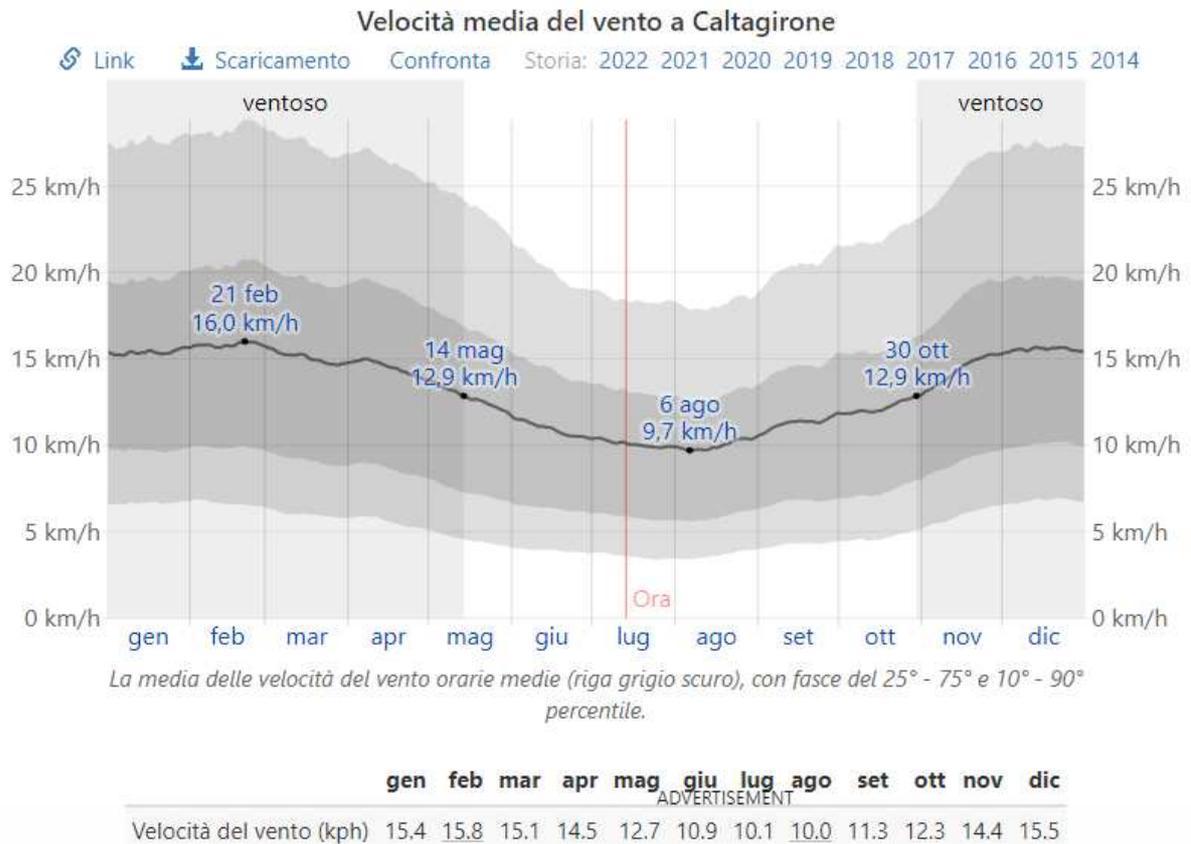


Fig. 25

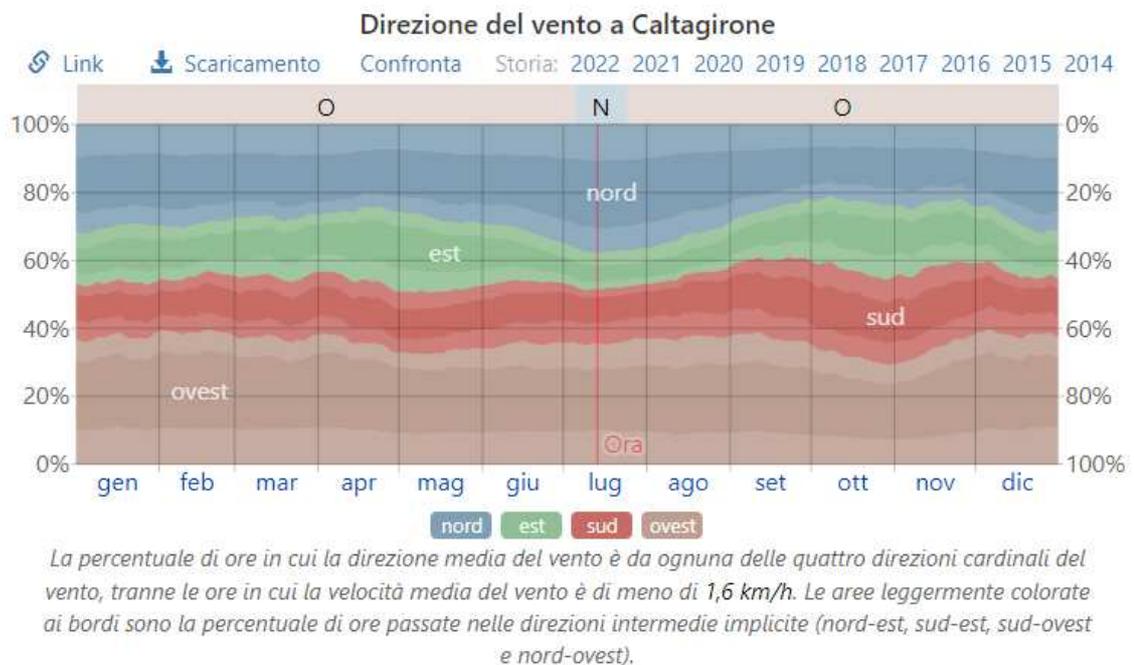


Fig 26

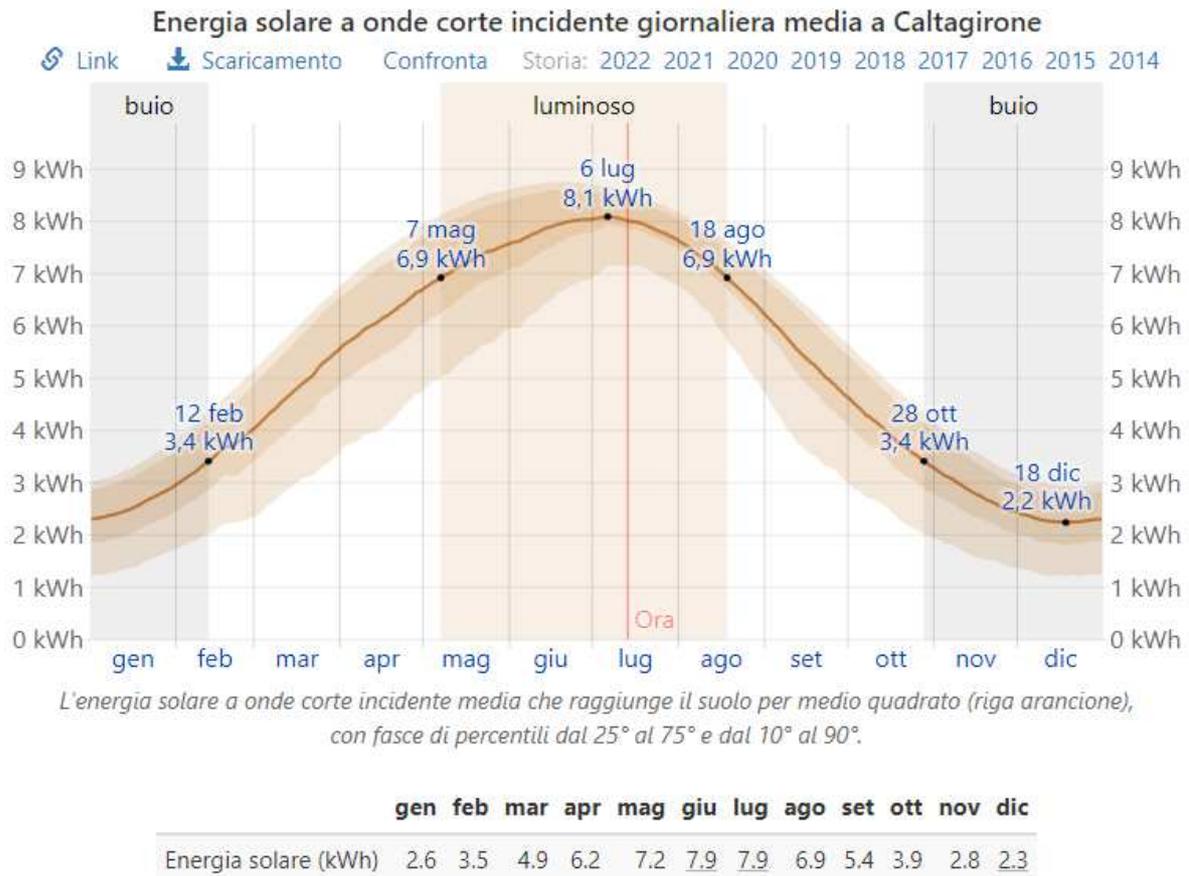


Fig. 27

7.0 IDROGRAFIA

Caratteri geologici e climatici sono i principali fattori che influenzano morfologia, sviluppo e grado di gerarchizzazione dei bacini idrografici. Particolarmente importanti a tale riguardo, nell'ambito dei fattori climatici, risultano le precipitazioni. Dall'interazione tra precipitazioni e natura litologica dove sono incassati gli alvei, dipende infatti la quantità e la distribuzione degli scorrimenti superficiali e di quelli profondi, e quindi il carattere e l'intensità dell'erosione, variabile a secondo che le acque superficiali defluiscono su rocce coerenti, lapidee o su rocce incoerenti. Gli alvei sono caratterizzati da un regime tipicamente torrentizio con totale assenza di

deflusso superficiale per gran parte dell'anno. I deflussi più importanti avvengono principalmente nella stagione invernale durante la quale, in occasione di intense e prolungate precipitazioni meteoriche, si possono verificare improvvisi riversamenti di eccezionali masse d'acque dall'elevato potere erosivo. La costituzione geologica dei bacini, è particolarmente importante in quanto la permeabilità dei terreni determina lo scorrimento superficiale e l'esistenza stessa dei corsi d'acqua, determinandone anche il regime. I rapporti tettonici e giaciture tra i terreni a diverse permeabilità condizionano l'ampiezza dei bacini idrogeologici e l'andamento della circolazione idrica sia sotterranea che superficiale.

7.1 Reticolo Idrografico

L'area in esame è interessata da un reticolo idrografico da angolato a sub-dentritico composto da un insieme di linee di impluvio confluenti in diverso modo fra loro e che danno origine a corsi d'acqua progressivamente via via più importanti. Questa disposizione è funzione della diversa composizione litologica delle rocce attraversate, il reticolo delle fratture, la diversa erodibilità e permeabilità dei litotipi, forme e paleoforme del rilievo. La direzione preferenziale ad andamento più o meno parallelo di alcuni rami indica un certo controllo tettonico di un sistema di fratture più o meno parallele. Costituiscono quindi dei piccoli bacini idrografici, la cui maggiore area di alimentazione è rappresentata nelle aree montane. I deflussi e le portate sono strettamente legate alle precipitazioni in quanto risultano scarse manifestazioni sorgentizie e/o assenti gli apporti di subalveo. La capacità erosiva a lungo termine dei segmenti di vario ordine, in tutti i bacini, è attenuata dalla elevata compattezza e competenza dei terreni affioranti nelle zone medio-alte resistenti all'erosione. La prova di quanto detto è la scarsa gerarchizzazione del reticolo idrografico e la geometria delle sezioni d'alveo dove le sponde, hanno pareti sub verticali nel complesso ben conservate.

8.0 IDROGEOLOGIA

La possibilità di avere, in una determinata zona la presenza di una circolazione idrica sotterranea, di cui le sorgenti in area rappresentano le manifestazioni superficiali, è collegata a due principali fattori: climatici e geologici. I fattori geologici agiscono nel senso di permettere l'accumulo delle acque e il loro scorrimento profondo in funzione delle caratteristiche litologiche e strutturali.

Fra le caratteristiche idrologiche che condizionano la presenza di falde idriche nell'area esaminata, quella più importante è la permeabilità.

Si definiscono permeabili le rocce in cui l'acqua può passare o attraverso gli spazi esistenti fra i granuli che le compongono, o attraverso le fessure che ne interrompono la compagine.

La permeabilità di una roccia dipende da due principali condizioni: dalle dimensioni dei meati o delle fessure (che non debbono essere tali da dar luogo a fenomeno della ritenzione per capillarità) e della loro continuità.

Le fessure o i meati esistenti nella roccia è necessario che comunichino tra di loro, per permettere la migrazione dell'acqua verso la roccia serbatoio.

Dal punto di vista idrogeologico le rocce presenti nell'area in studio possono essere suddivise in tre grandi classi:

- rocce permeabili per porosità;
- rocce permeabili per fessurazione e/o fratturazione;
- rocce a permeabilità mista.

La permeabilità per porosità è una proprietà intrinseca e congenita della roccia, ossia una proprietà che si è sviluppata quando si è formata la roccia stessa; la permeabilità per fessurazione e/o fratturazione è comunemente una qualità acquisita. Naturalmente un tipo di permeabilità non esclude l'altro. Il primo tipo è dovuto alla presenza nella roccia di spazi vuoti di una certa dimensione, che formano una rete continua, per cui, l'acqua può passare filtrando da uno spazio all'altro.

La permeabilità per fessurazione e/o fratturazione (detta anche permeabilità in grande) è dovuta alla presenza in masse rocciose per lo più impermeabili, di fratture e fessure (queste ultime riferite alle rocce vulcaniche estesamente diffuse nell'area in studio) che formano un sistema continuo.

Fra i due tipi di permeabilità non vi è un limite netto: quando, per esempio, le fessure sono estremamente fitte, come nel caso di certe rocce brecciate, non esistono più differenze sostanziali.

Per quanto qualsiasi tipo di roccia soggetta a fratturazioni possa divenire permeabile, sono le rocce più fragili e nel contempo più solubili in acqua, quelle nelle quali si manifesta maggiormente la permeabilità per fratturazione, come ad esempio per gli affioramenti delle calcareniti, rilevati nella porzione settentrionale dell'area.

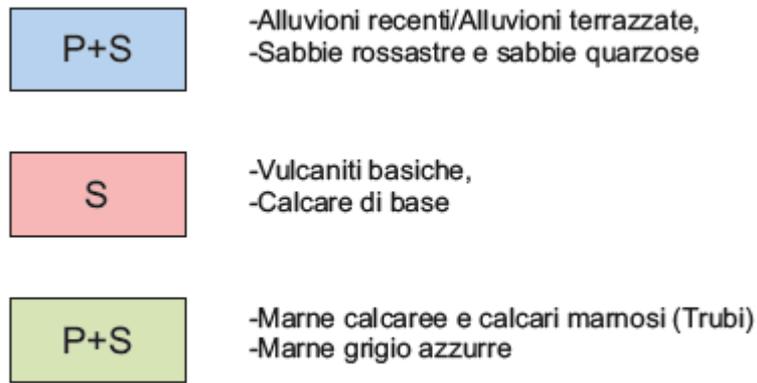
Il carattere della solubilità (carsismo) favorisce infatti, lo sviluppo della permeabilità, in quanto, le acque che circolano attraverso le fratture, tendono ad ampliare e ad aumentare a poco a poco le comunicazioni fra fessura e fessura. Questo tipo di permeabilità può essere distinto come permeabilità per soluzioni.

Le rocce che godono di caratteristiche idrologiche tali da permettere l'immagazzinamento dell'acqua e la sua circolazione sotterranea, prendono il nome di rocce serbatoio, e se l'acqua è in esse presente, costituiscono degli acquiferi. Affinchè si formi quindi un acquifero è necessario che esista una certa quantità d'acqua che si infiltri nel sottosuolo, per le caratteristiche di permeabilità dei terreni interessati e che esista, in genere, un sub-strato a comportamento impermeabile (BADROCKS) che arresti l'acqua ad un certo punto della sua discesa, permettendo così la saturazione dei materiali permeabili sovrastanti. Da quanto detto si comprende l'importanza di condurre, nell'ambito del presente lavoro, delle considerazioni aventi lo scopo di definire, le caratteristiche idrogeologiche dei vari complessi litologici, affioranti nell'area in studio.

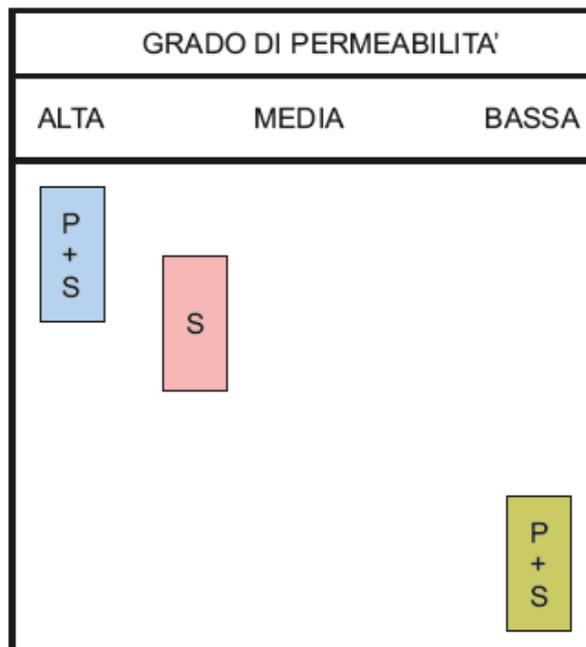
8.1 Caratteristiche Di Permeabilita'

Alla luce di quanto acquisito e dalle osservazioni fatte, si è cercato di definire le caratteristiche di permeabilità dei diversi tipi litologici presenti nell'area interessata dallo studio (vedasi carta idrogeologica allegata). La quasi totalità delle rocce affioranti nell'area di stretto interesse ed intorno significativo, è costituita da rocce di natura vulcanica, rocce in facies marnosa e marnoso calcarea, sabbie e rocce calcaree.

Tali litotipi possono essere distinti, in base alle loro caratteristiche litologiche stratigrafiche, in 3 complessi differenti:



Dal punto di vista idrogeologico, il primo complesso, dato dalle alluvioni e sabbie, presenta una permeabilità alta; il secondo complesso medio-alta (vulcaniti basaltiche per fratturazione e fessurazione e calcari per fratturazione e carsismo per dissoluzione dei gessi) pertanto, le acque di precipitazione meteorica, si infiltrano rapidamente nel sottosuolo grazie alla presenza di discontinuità primarie e secondarie. Il terzo complesso presenta una permeabilità bassa ed è rappresentato dalle marne calcaree e marne grigio azzurre che localmente però, in dipendenza della fratturazione possono attestare una permeabilità acquisita fino a media (Tab 1).



Tab 1

I tre complessi prima descritti rappresentano le formazioni geologiche che in area hanno maggiore potenzialità di acquiferi e/o manifestazioni sorgentizie. Più specificatamente, il tipo di circolazione idrica sotterranea tende a costituire fondamentalmente nell'area in studio tre tipologie di acquiferi.

A) Il primo complesso idrogeologico da considerare è di tipo multi falde; è possibile infatti trovare le prime falde sospese all'interno delle Vulcaniti ad una profondità di 10 metri circa, dove la presenza o di livelli marnosi-argillosi o di strati di vulcanite compatte dello spessore minimo di qualche metro danno origine a queste piccole falde. Altre falde confinate di portata maggiore è possibile intercettarle a profondità maggiori sempre all'interno delle vulcaniti. Le vulcaniti presenti nell'area di progetto, rappresentano dal punto idrogeologico la parte terminale di un grande bacino che ha il suo centro nella C.da Granvilla nel territorio di Vizzini; infatti le grosse portate di acqua rinvenute negli anni passati in questa formazione non hanno avuto vita lunga poiché emungevano da bacini limitati e non comunicanti tra loro (cosa che non avviene nel centro del bacino dove tutt'oggi sono presenti pozzi di notevoli portate). La permeabilità delle vulcaniti è legata quasi esclusivamente alle fratturazione in essa presente o alla matrice ialoclastica, risultando un buon serbatoio di accumulo per le acque.

B) Il secondo complesso idrogeologico è quello generato dalla presenza dei litotipi permeabili quali sabbie e calcareniti, poggianti su un substrato impermeabile, le argille; sia le sabbie che le calcareniti risultano essere delle buone rocce serbatoio poggianti su un substrato impermeabile che in alcune zone, esterne all'area di progetto, ha dato origine a sorgenti naturali, il contatto sabbie – argille va via via approfondendosi fino ad arrivare a profondità di circa 80-90 metri dal piano campagna con portate che non superano quasi mai il l/sec.

C) Il terzo complesso idrogeologico è quello presente all'interno delle argille; nelle parte apicale delle argille sono presenti dei livelli sabbiosi alimentati che danno origine a diverse falde confinate; questi livelli si rinvencono in alcuni casi anche a profondità di 40-50 metri e danno origine a portate in alcuni casi cospicue (diversi l/sec); in corrispondenza delle alluvioni del Fiume Margi, il contatto tra alluvione ed argille genera una falda freatica a pochi metri di profondità; in questo caso le portate sono molto variabili e dipendono principalmente dalle piogge invernali. Talora, in alcune zone, laddove il contatto tra i termini sabbiosi ed argillosi è affiorante, si riscontra la presenza di modeste venute sorgentizie ad andamento stagionale essendo direttamente influenzate dai fattori climatici.

La maggior parte dei pozzi presenti nella zona di stretto interesse, utilizzati prevalentemente ad uso domestico, si alimentano da queste falde e presentano nel complesso modeste portate. Nell'area in studio nel settore sud-est è ubicato il pozzo trivellato che rappresenta una importante opera idraulica in quanto viene captata la falda per uso idropotabile per l'abitato di Caltagirone. Il censimento dei pozzi di un'ampia estensione areale, ha permesso di acquisire notizie e dati, relativi ai corpi idrici e il loro livello statico in area.

9.0 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Lo studio geomorfologico, inteso come interpretazione del rilievo terrestre, contempla la combinazione di vari processi propri della dinamica dell'atmosfera, dell'idrosfera e della litosfera. Infatti, l'interazione tra i vari agenti morfodinamici quali le acque correnti superficiali ed incanalate, la gravità, la tettonica, le azioni carsiche, quelle antropiche etc, nonché le caratteristiche litologiche determinano le forme presenti in una determinata area.

L'area del territorio comunale di Caltagirone ha una estensione di 383 km², fa parte dell'altopiano ibleo e ne occupa la parte nord-occidentale. Relativamente alla zona in esame, la quota media si attesta sui 608 m.s.l.m. L'area in studio, morfologicamente, è il risultato dei processi successivi di erosione e deposito avvenuti ai danni dei termini carbonatici e vulcanici del Cenozoico, e si presenta a tratti con estesi pianori delimitati da variazioni di pendenza in adiacenza ad essi, date da versanti più o meno ripidi, solcati da tributari che alimentano gli assi di drenaggio superficiali, attivi durante le precipitazioni meteoriche. I corsi fluviali mostrano dei caratteri che sembrano avvicinarli ai corsi d'acqua a regime torrentizio, si registrano infatti, nel periodo invernale ed autunnale, abbondanti precipitazioni (ciò contribuisce a sviluppare una intensa attività d'erosione da parte delle acque), mentre risultano scarse o quasi nulle nei periodi primaverili ed estivi. Questa condizione provoca quindi un essiccamento nei periodi di scarse precipitazioni (estate), di quegli affluenti che non sono alimentati da sorgenti perenni. A riguardo dei caratteri litologici dell'area in

studio, si può dire che è caratterizzata nella sua totalità di sedimenti terziari (Oligocene-Pliocene), di natura calcarea, Vulcaniti e litotipi del pleistocene in cui si inquadrano le calcareniti e sabbie giallastre e i depositi fluviali e palustri. In relazione all'assetto morfologico dell'area esaminata, è possibile individuare in rapporto ai tipi litologici affioranti due settori ben distinti; uno che copre quasi tutta l'area in studio in cui significativamente affiorano le vulcaniti e uno che rappresenta la porzione settentrionale in cui affiorano terreni più recenti dati dalle sabbie e dalle calcareniti. La morfologia si presenta articolata a tratti con estesi pianori (che rappresentano le tipologie morfologiche più diffusamente interessate dalle aree di progetto); dalle porzioni sub-pianeggianti dei pianori man mano che ci si sposta verso le incisioni vallive si osservano forme del paesaggio repentinamente aspre, con acclività, ed una conformazione per lo più a gradini, corrispondenti ai piani di strato più resistenti, rafforzati molto spesso dall'uomo per ricavarne limitati terrazzamenti adibiti a modeste colture stagionali. Si notano infatti veri e propri rilievi di forma allungata con altezze mediamente accentuate, solcate da profonde incisioni, denominate "cave", che mostrano di essere allineate in direzione NE-SW, determinando così un reticolo idrografico di tipo tettonico, cioè che ha risentito e si è modificato, in base agli effetti delle componenti tettoniche (tettonica di tipo distensivo), che hanno agito nell'ambito dell'altopiano ibleo durante il suo sollevamento. Nelle porzioni dove sono presenti i terreni marnosi, i caratteri morfologici a prevalere sono di tipo mammellonare. Tale settore rispetto al precedente, risulta morfologicamente molto addolcito presentandosi topograficamente con rilievi meno marcati. Le forme di erosione più diffuse, sono costituite dai ruscellamenti diffusi e dai solchi nei litotipi marnosi che ne scaturiscono. Ridotti i depositi, relegati come sono ai modesti accumuli gelosamente custoditi con i terrazzamenti artificiali, nell'area in generale a prevalere sono i fenomeni erosivi. Essi si espletano essenzialmente attraverso l'incisione valliva operata dalle acque correnti, incisione che innesca a sua volta fenomeni di scalzamento al piede e di crollo lungo i versanti scoscesi adiacenti. Il risultato di questo processo è la formazione di queste forre profonde denominate localmente "cave", scavate nelle rocce e che convogliano tutte le acque meteoriche della zona altipiana che fa parte dei bacini idrici di questi torrenti. L'area esaminata non è, comunque, interessata da processi morfogenetici di rilievo, ed è caratterizzata da una buona stabilità d'insieme. L'erosione operata dagli esogeni è lenta per la resistenza opposta dai terreni affioranti che sono da duri a più facilmente erodibili vulcaniti, sedimenti calcarenitico marnosi e marne, o con attrito

interno elevato alluvioni, sabbie o calcarenite, la cui caratteristica è un elevato addensamento, la prevalenza delle frazioni granulometriche più grossolane e grado di cementazione dovuto al deposito di carbonati trasportati in soluzione dalle acque di ruscellamento e di subalveo. Ad avvalorare questa considerazione, sono gli alvei dei fiumi che risultano profondamenti incisi e con le sponde generalmente subverticali. Caratteristica questa, che si riscontra sia nella zona collinare, dove si trovano le cave, molto meno verso valle, dove affiorano le alluvioni e le marne. La rete idrografica dell'area risulta data proprio dalle suddette incisioni.

Tra le morfologie rilevate prevalgono principalmente quelle legate a processi gravitativi o dilavamento di versante ad opera degli agenti esogeni. Tra le principali morfologie riscontrate si hanno:

- scarpate morfologiche: delimitate da orli di terrazzo e di versante, sono localizzate prevalentemente lungo le incisioni che ospitano gli alvei torrentizi. Tali scarpate rocciose sono soggette all'erosione degli agenti esogeni che, unitamente alla fratturazione che presentano i litotipi, spesso ne isola dei blocchi potenzialmente instabili per effetto della gravità; Queste scarpate morfologiche alte in alcuni casi pochi metri sono costituite prevalentemente da vulcaniti basiche fratturate.
- solchi di ruscellamento concentrato: sono presenti lungo gli impluvi incassati presenti nella zona. Si tratta di impluvi che presentano un modesto bacino di alimentazione ma che in caso di eventi meteorici eccezionali possono essere interessati da piccole onde di piena con conseguente approfondimento dell'alveo stesso.
- erosione per ruscellamento diffuso: sono tutte quelle zone poco urbanizzate caratterizzate da vegetazione scarsa o addirittura assente e dove spesso affiorano i litotipi competenti senza alcuna copertura di suolo vegetale. In questi casi le acque meteoriche anche di media intensità scorrono in superficie originando piccoli rivoli ed un'erosione di tipo laminare.

Le morfologie legate ai processi di versante sono causate prevalentemente dalla gravità anche se, in realtà, all'evoluzione morfodinamica dei versanti si associano le azioni climatiche, sismiche e le caratteristiche composizionali, strutturali e tessiturali del litotipo su cui insistono i processi.

Altre volte, sempre nei versanti delle scarpate morfologiche l'erosione selettiva può avvenire all'interno degli stessi litotipi competenti prevalentemente di natura vulcanoclastica e in misura ridotta sabbiosa e calcarenitica, per differenze nella cementazione e nel grado di fratturazione. In definitiva i fenomeni appena esposti avvengono per effetto combinato della gravità, della pioggia battente e dell'infiltrazione delle acque, del termoclastismo, delle azioni sismiche, della presenza o meno di tipi di vegetazione e per azioni antropiche. Riguardo alle aree di progetto, esse non presentano elementi geomorfologici rilevanti che possono influire sia sull'attuale equilibrio morfologico. Al fine di far persistere o addirittura migliorare l'attuale equilibrio morfologico anche dopo l'attuazione dell'intervento progettuale, in dipendenza della coltre superficiale (dell'ordine del metro) delle vulcaniti, che per effetto dei processi di alterazione dei processi deuterici, mostra nella coltre superficiale, in porzioni più o meno estese, un grado di permeabilità da medio a basso, è opportuno prevedere una regimentazione delle acque superficiali, tramite una rete di canali superficiali di scolo, per poter raccogliere e far defluire le acque anche in caso di intense e prolungate precipitazioni meteoriche, evitando possibilmente flussi concentrati ad elevato potere erosivo, oppure bruschi rallentamenti del normale deflusso idrico superficiale, che possano causare processi di deposizione dei sedimenti trasportati, predisponendo le opportune sistemazioni idraulico-forestali sia a difesa dell'erosione dei suoli che al repentino allontanamento delle acque piovane. Inoltre occorre che ci si distanzi opportunamente dalle scarpate in prossimità degli alvei fluviali e si tuteli il deflusso stesso degli alvei naturali con linee di drenaggio che favoriranno la corrivazione delle acque di ruscellamento nella direzione dei corpi ricettori naturali.

10.0 PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)

Nella cartografia ufficiale del PAI SICILIA (2005), le aree di progetto sono inserite nel BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME ACATE-DIRILLO nei CTR **Sezione 639160, 640130, 644040, 644080, 644120, 645010, 645050 e 645090**

1. Carta dei dissesti;
2. Carta della Pericolosità e del Rischio geomorfologico
3. Carta della Pericolosità e del Rischio idraulico

Dalla consultazione degli elaborati cartografici, emerge che In riferimento alle aree in studio non risultano fenomeni di dissesti geomorfologici e/o pericolosità idrauliche per come si evince dalle cartografie del PAI allegate al presente studio. L'area si può ritenere geomorfologicamente stabile, confermando la sua compatibilità alla realizzazione delle opere di progetto. In particolare solo un tratto del cavidotto interessa una zona di pericolosità PAI, ma la traccia del cavidotto, in riferimento a tale area, è posizionata ricalcando esattamente la geometria dell'asse viario di riferimento, dove l'attraversamento delle aste fluviali, avviene in aderenza alla struttura dei ponti all'uopo dedicati, senza eseguire nessuna movimentazione di scavo (fig 28).

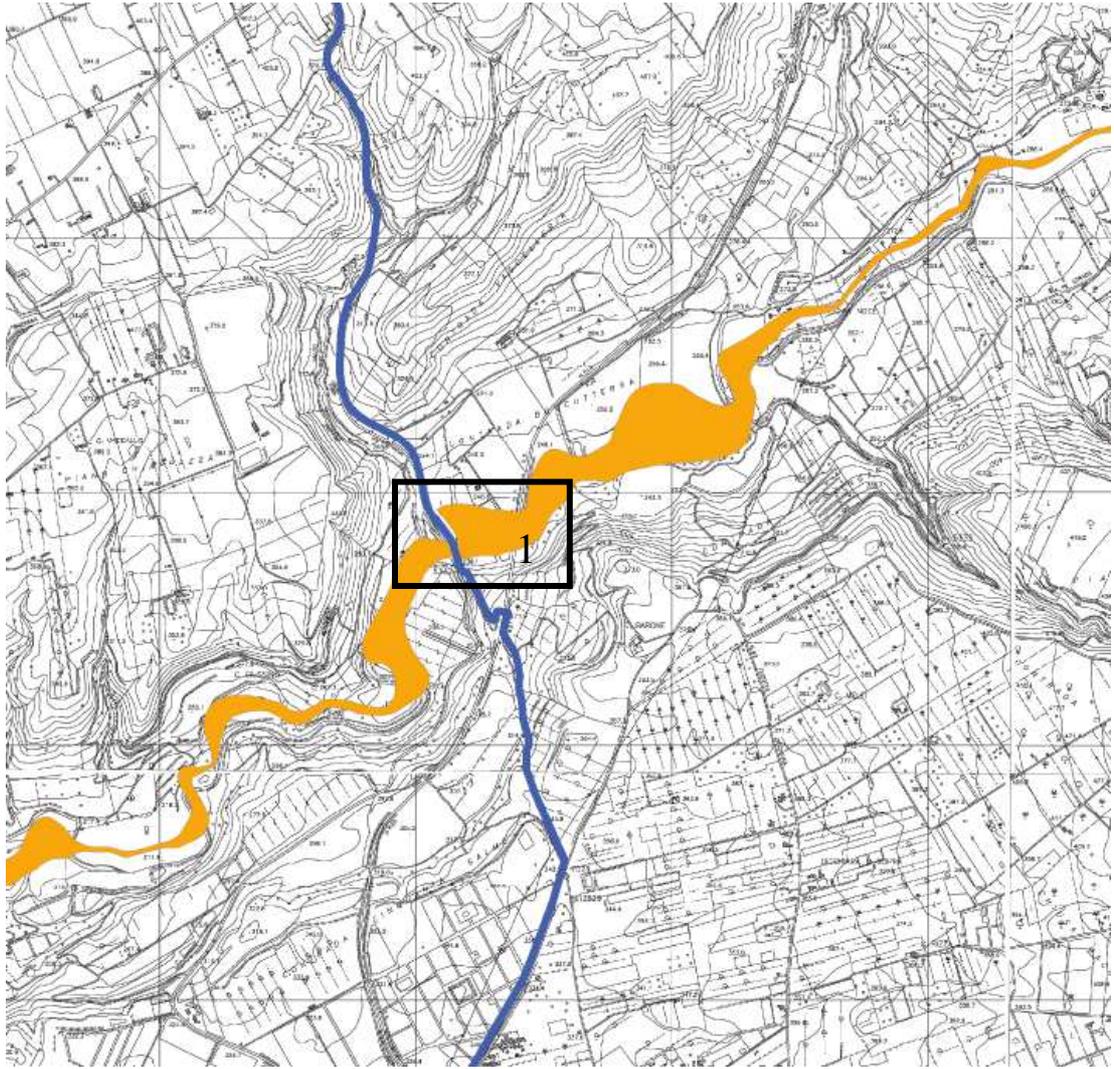


Fig 28

In particolare il punto areale nel riquadro 1 è identificabile come sito di attenzione e rischio R3

11.0 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Le caratteristiche geomeccaniche dei litotipi affioranti sono state desunte da analisi di laboratorio eseguite in occasione di precedenti lavori, da rilievi geostrutturali nonché dai dati di letteratura riferiti a litotipi del tutto assimilabili per composizione granulometrica e storia geologica con quelli presenti nell'area in studio e dai dati forniti dall'amministrazione comunale derivati dallo studio geologico del PRG di Caltagirone.

Dalla disamina dei dati si riportano le principali caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi strettamente affioranti nell'area in studio e che saranno interessati direttamente ed indirettamente dalle opere di progetto:

	Alluvioni recenti/terrazzate $\gamma=1.80/1.90 \text{ t/m}^3$ $\phi=20/22^\circ$ $c=0.0/0.05 \text{ kg/cm}^2$ $V_s=200/250 \text{ m/s} - V_p= 600/786 \text{ m/s}$
	Sabbie quarzose/Sabbie rossastre $\gamma=1.85/2.10 \text{ t/m}^3$ $\phi=30/32^\circ$ $c=0.0 \text{ kg/cm}^2$ $V_s=280/380 \text{ m/s} - V_p= 670/1400 \text{ m/s}$
	Calcari mamosi (Trubi)/Calcere di base $\gamma=1.9/2.0 \text{ t/m}^3$ $\phi=33/35^\circ$ $c=0.0/0.10 \text{ kg/cm}^2$ $V_s=300/400 \text{ m/s} - V_p= 720/1300 \text{ m/s}$
	Vulcaniti basiche $\gamma=1.9/2.2 \text{ t/m}^3$ $\phi=33/35^\circ$ $c=0.0 \text{ kg/cm}^2$ $V_s=480/550 \text{ m/s} - V_p= 1180/1340 \text{ m/s}$
	Marne grigio azzurre $\gamma=1.8/2.0 \text{ t/m}^3$ $\phi=24/26^\circ$ $c'=0.1/0.20 \text{ kg/cm}^2$ $V_s=260/278 \text{ m/s} - V_p= 630/990 \text{ m/s}$

Durante la fase esecutiva un più corretto approccio geotecnico dei litotipi appartenenti alle unità litotecniche sopra descritte, dovrà essere ricavato e/o verificato mediante l'esecuzione di accurate indagini geognostiche di dettaglio e specifiche analisi di laboratorio

12.0 CENNI DI SISMICITÀ' STORICA

Il catalogo parametrico DISS 3.0.2 rappresenta senza dubbio la base di dati parametrici più completa ed aggiornata che definisce le più importanti sorgenti e strutture sismogeniche presenti in Italia (DISS Working Group, 2006). Esso è stato sviluppato nell'ambito del progetto nazionale S2, svolto all'interno della convenzione triennale 2005-2007 tra il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile (DNPC) e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), e include i risultati più recenti ottenuti in questi ultimi anni. Questo catalogo è stato scelto come base di riferimento per individuare i terremoti più importanti per l'area studiata.

Numerosi sono i grandi terremoti che hanno colpito la Sicilia Sud – Orientale in epoca storica. L'immagine estratta (Fig. 29-30) dal portale WebGis dell'INGV contiene i dati del Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15 release 2.0; Locati et al., 2019), che classifica 123756 dati di intensità per 3219 terremoti. I dati derivano da 189 tra studi, database, rapporti e bollettini pubblicati fino al 2019.

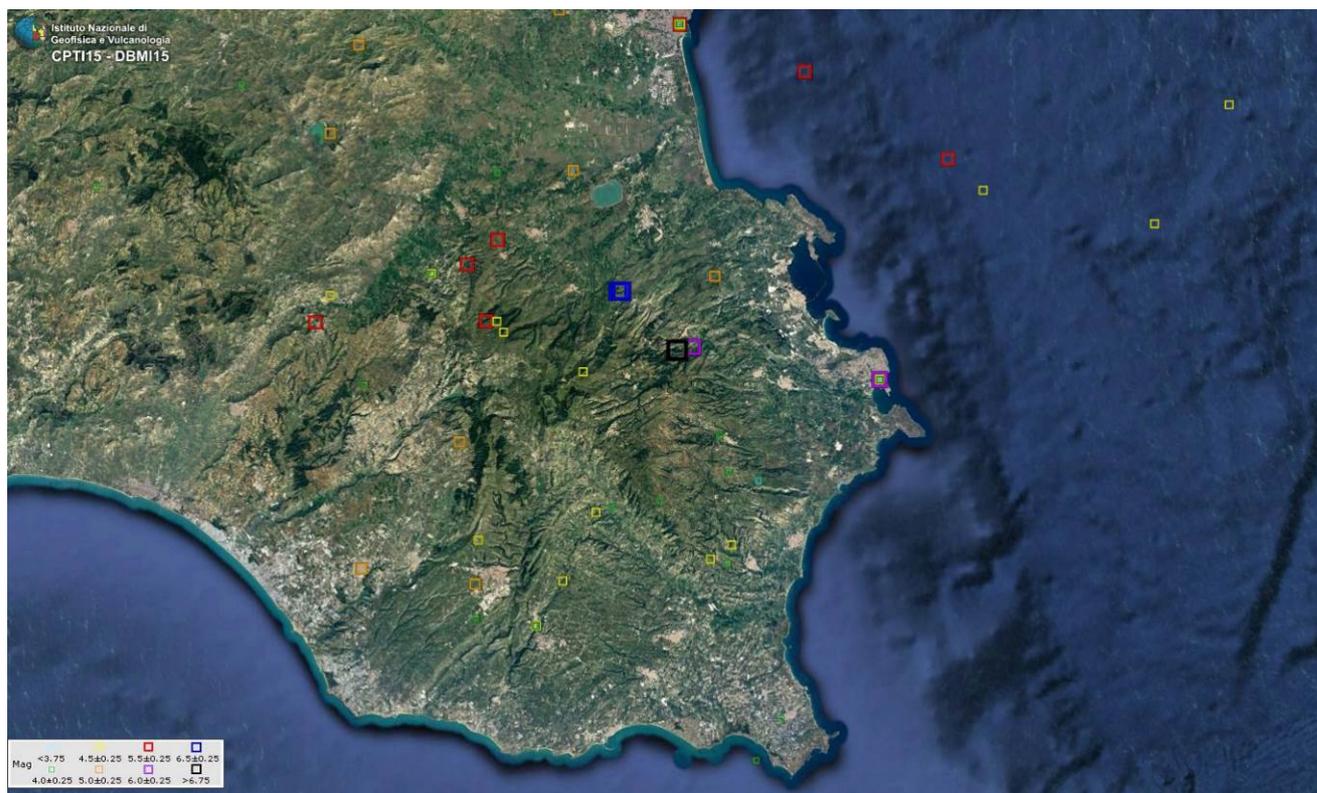


Fig 29

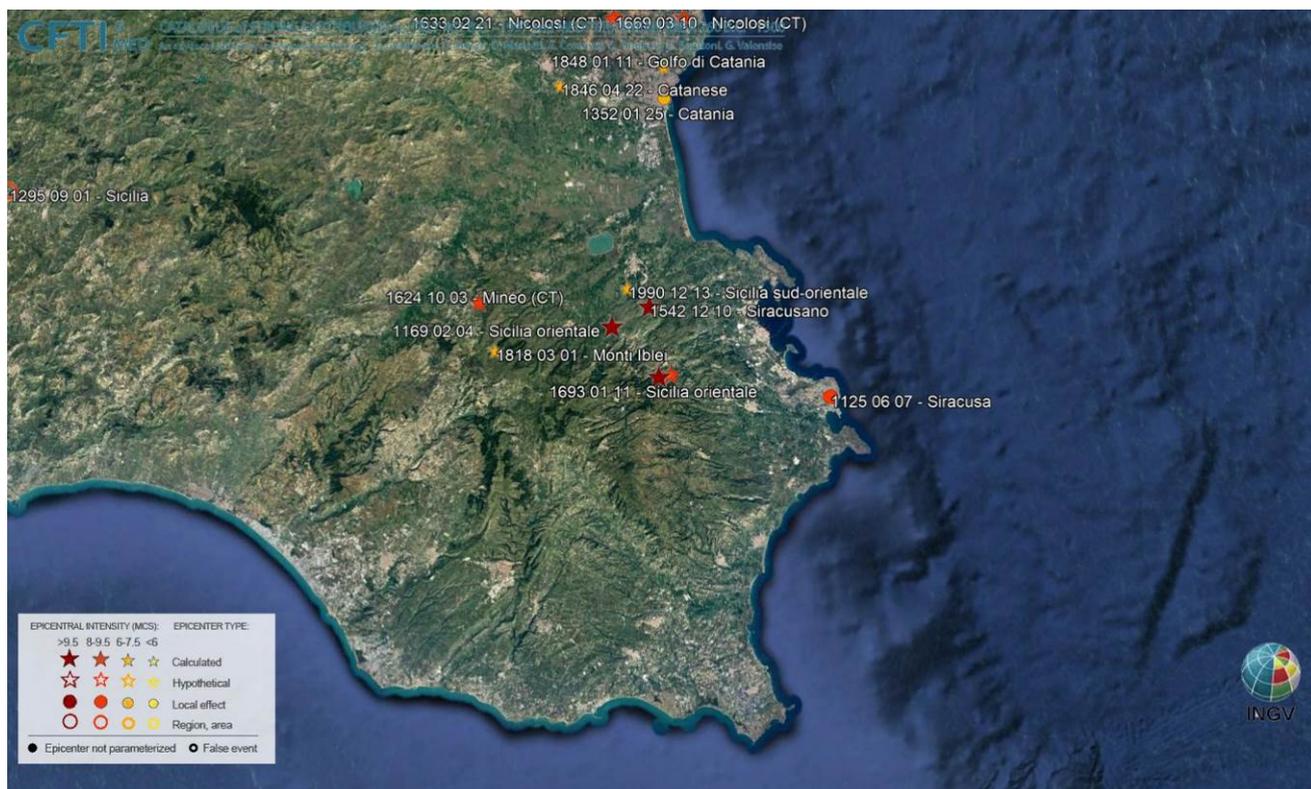


Fig 30

Dei numerosi terremoti che hanno colpito la Sicilia orientale prima del XVI secolo si hanno informazioni lacunose ed insufficienti alla ricostruzione del campo macrosismico e degli effetti del sisma sull'ambiente. Dal catalogo CFT104MED si sono considerati gli eventi sismici storici sotto descritti, ricostruiti dalle fonti con sufficiente attendibilità, ritenuti rappresentativi dello stile sismico dell'area di studio. Tali terremoti possono essere messi in relazione alle strutture sismogenetiche presenti nella Sicilia orientale e che hanno avuto effetti macrosismici significativi nelle aree colpite. La magnitudo macrosismica equivalente M_e (GASPERINI e FERRARI, 1995, 1997), riportata nel catalogo, è stata calcolata attraverso il metodo delle aree di risentimento che si basa su un adeguato campionamento del campo macrosismico e, pertanto, in relazione a questi eventi può essere ritenuta sufficientemente attendibile. In Figura 26 sono riportate le massime intensità risentite per ogni località della Sicilia orientale e della Calabria meridionale estratte dal catalogo DBM11 che contiene 86071 MDP (Macroseismic Data Points) relativi a 1684 terremoti avvenuti dopo il 1000.

Si riportano di seguito le Figure estratte dal CPT111, dove è mostrata la distribuzione degli epicentri dei terremoti avvenuti nell'area considerata nell'intervallo temporale 1000 – 1899 (Figura 31) e 1900 - 2006 (Figura 32) con un'indicazione della classe di magnitudo MW (Magnitudo momento).

I dati sono riferiti a 15416 località e ad ogni punto riportato in figura è associata la massima intensità risentita.

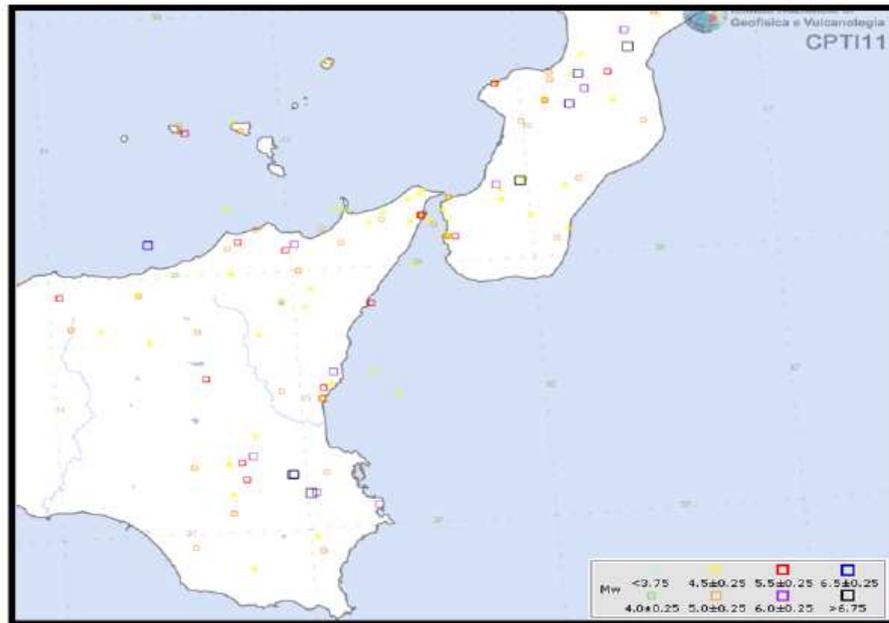


Figura 31 - Distribuzione degli epicentri dei terremoti della Sicilia Orientale e della Calabria meridionale nell'intervallo temporale 1000-1899 (CPTI11, [Rovida et al.,2011](#))

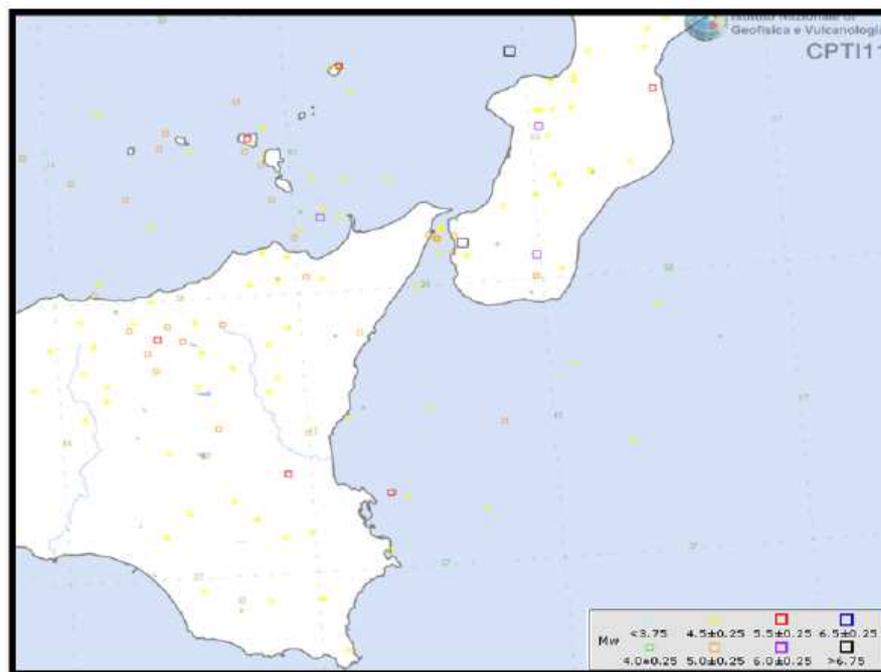


Figura 32 - Distribuzione degli epicentri dei terremoti della Sicilia Orientale e della Calabria meridionale nell'intervallo temporale 1900-2006 (CPTI11, [Rovida et al.,2011](#))

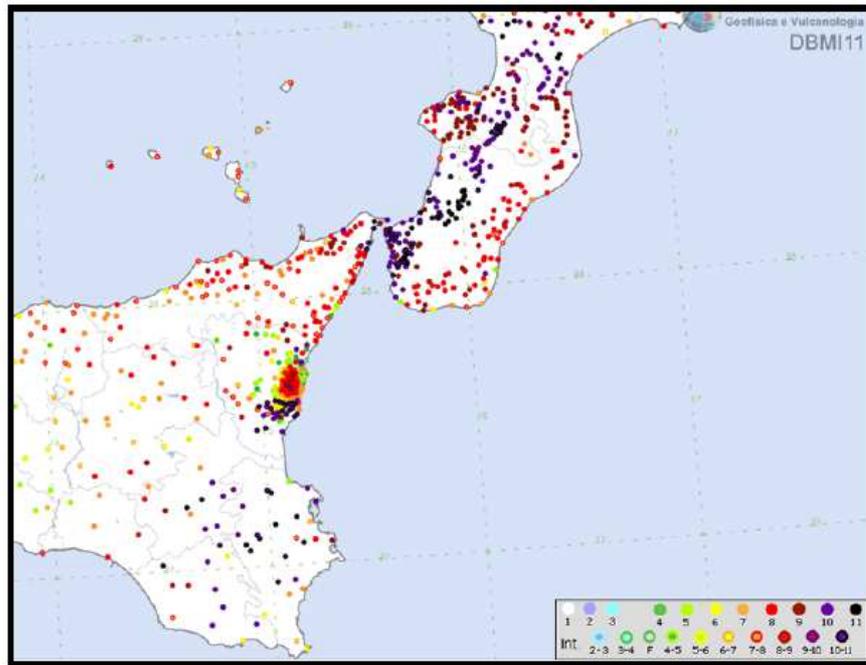


Figura 33 - Massime intensità risentite per ogni località della Sicilia orientale e della Calabria meridionale (DBMI11, [Rovida et al., 2011](#))

Numerosi sono i grandi terremoti che hanno colpito la Sicilia orientale e la Calabria meridionale in epoca storica. L'immagine estratta (Fig. 33) dal portale webGIS dell'INGV e riporta i dati del Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15 release 2.0; Locati et al., 2019), che contiene 123756 dati di intensità per 3219 terremoti. I dati derivano da 189 tra studi, database, rapporti e bollettini pubblicati fino al 2019.

Vengono di seguito descritti i principali terremoti storici che a partire dal 1542 hanno avuto effetti macrosismici significativi nella Sicilia Orientale. Le informazioni di seguito riportate sono state estratte dal catalogo dei forti terremoti CFTI (Guidoboni et al., 2007) al quale si rimanda per maggiori dettagli.

Nell'area sismica della Sicilia orientale gli eventi più energetici corrispondono ai terremoti del 1542 ($I_{max}=10$, $M_e=6.9$), del 1613 ($I_{max}=9$, $M_e=5.6$), del 1693 ($I_{max}=11$, $M_e=7.5$), 1783 ($I_{max}=9.5$, $M_e=6.2$), del 1786 ($I_{max}=9$, $M_e=6.2$), del 1818 ($I_{max}=9.5$, $M_e=6.2$), del 1894 ($I_{max}=9.5$, $M_e=5.1$), del 1905 ($I_{max}=10.5$, $M_e=6.9$), del 1908 ($I_{max}=11$, $M_e=7.1$). Nel dettaglio:

Terremoto del 10 dicembre 1542, ore 15:15, lat=37.23, lon=14.92 ($I_{max}=10$, $M_e=6.9$)

Il terremoto del 10 dicembre 1542 fu avvertito in tutta la Sicilia e colpì in particolare l'entroterra collinare montuoso degli iblei. I danni maggiori si rilevano in un'area di circa 6000 kmq, comprendente Melilli, Occhiolà, Lentini, Sortino, Avola, Buccheri, Ferla, Giarratana, Monterosso Almo, Palazzolo Acreide e Vizzini, dove molti edifici

crollarono o divennero completamente inagibili. Le massicce distruzioni furono favorite da morfologie urbanistiche che avevano come comune denominatore la discontinuità altimetrica e l'irregolarità delle murature degli edifici costruiti in varie fasi. In alcuni paesi, in particolare a Sortino e a Lentini, i danni furono aggravati da frane e scoscendimenti e dal cedimento dei terreni di fondazione. Danni di notevole entità si ebbero a Siracusa, per la quale è stato possibile localizzare le aree urbane più danneggiate, e a Catania; danni più leggeri si verificarono ad Agrigento. La scossa fu sentita a Messina, Trapani e, fortemente, a Palermo.

Terremoto del 25 agosto 1613, ore 05:00, lat=38.117, lon=14.783 (Imax=9, Me=5.6)

Il terremoto avvenne all'alba del 25 agosto (alla latitudine della Sicilia settentrionale, all'incirca alle ore 5:00 GMT). Gli effetti più gravi risultarono concentrati nella città di Naso, dove crollarono oltre 200 abitazioni e tutte le altre furono gravemente danneggiate. I morti furono 103 (53 persone morirono nel crollo della chiesa di S. Pietro dei Latini); numerosi i feriti. A Messina la scossa fu sentita violentemente e con grande panico e causò qualche leggero danno.

Terremoto del 11.01.1693, ore 13:30, lat=37.42, lon=15.05, Imax=11, Me=7.5
(CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes)

Il terremoto del gennaio 1693 colpì un territorio vastissimo, in due riprese, a distanza di due giorni. La prima scossa avvenne il 9 gennaio alle ore 4:30 italiane (21:00 GMT ca.). Nonostante le difficoltà incontrate nel distinguere gli effetti di questo primo evento da quelli del terremoto successivo, è stato possibile delineare, in maniera soddisfacente, il quadro complessivo degli effetti. La seconda scossa avvenne l'11 gennaio alle ore 21 italiane (13:30 GMT ca.). Gli effetti furono catastrofici anche perché si sovrapposero in parte a quelli della scossa precedente. L'area colpita fu tuttavia molto più vasta: un intero territorio di oltre 14000 kmq, considerando solo l'area dei danni maggiori, fu sconvolto; complessivamente danni di rilievo sono stati riscontrati in un'area che va dalla Calabria meridionale a Palermo e all'arcipelago maltese. Ovviamente l'ampiezza totale dell'area di risentimento è sconosciuta perché il mare limita il riscontro degli effetti osservabili; tuttavia, sembra accertato che la scossa fu avvertita sensibilmente nella Calabria settentrionale e sulla costa tunisina. Tutte le città più importanti della Sicilia sud orientale furono sconvolte. Catania fu quasi interamente distrutta, così come Acireale e tutti i piccoli insediamenti sparsi sul versante orientale dell'Etna. Distruzioni vastissime si verificarono in tutti i centri della Val di Noto: Vizzini, Sortino, Scicli, Ragusa, Palazzolo Acreide, Modica, Melilli, Lentini, Ispica, Occhiolà, Carlentini, Avola, Augusta, Noto. Crolli molto estesi subirono

Siracusa, Caltagirone, Vittoria, Comiso. In complesso sono 70 i centri nei quali si verificarono danni uguali o maggiori al IX grado MCS. Crolli e danni gravi subirono anche Messina ed alcuni centri della costa nordorientale, fra cui Patti e Naso; lesioni e crolli parziali si ebbero a Palermo, Agrigento, Reggio Calabria e, più gravi, a Malta; danni più leggeri, si ebbero in alcuni centri della Calabria Meridionale (Fig 34).

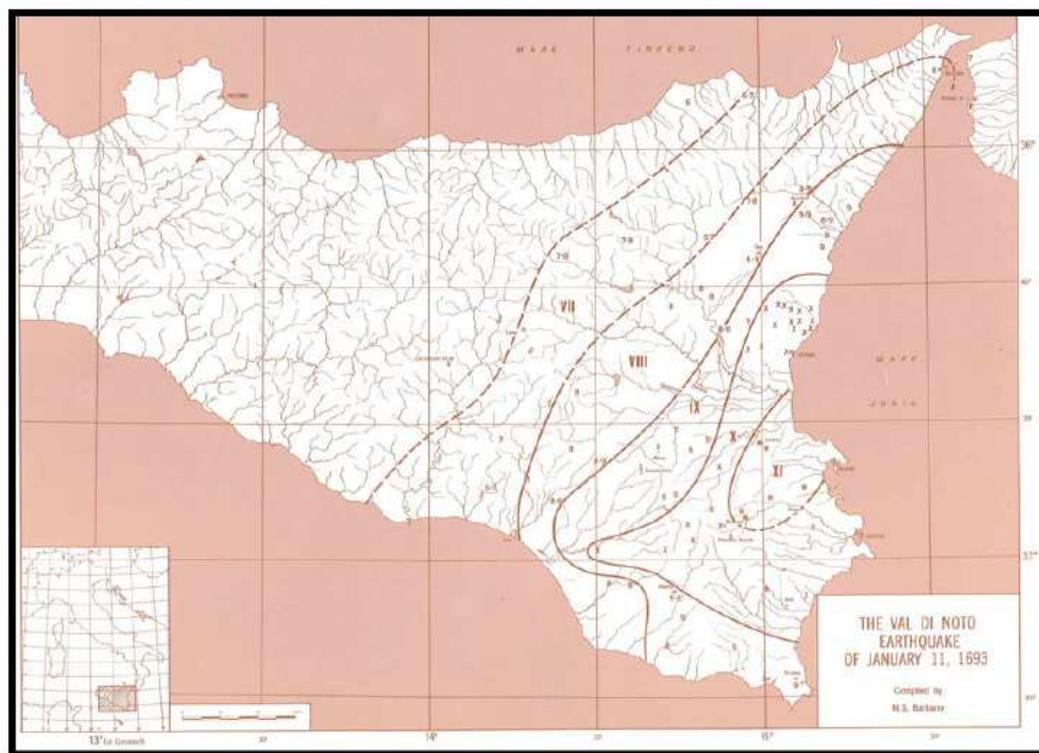


Figura 34 - Campo macrosismico del terremoto del 11/01/1693 (C.N.R., P.F.G. Postpischl editor, Atlas of Isoseismal maps of Italian Earthquakes, Bologna 1985)

Terremoti del 1783, $I_{max}=9.5$, $M_e=6.2$

Il 5 febbraio 1783 iniziò un periodo sismico, protrattosi per più di tre anni, che presentò 5 massimi di attività: 5 febbraio, 6 febbraio, 7 febbraio, 1 marzo e 28 marzo 1783, e varie centinaia di scosse minori, che ebbero effetti cumulativi devastanti su un territorio di varie migliaia di kmq. In meno di due mesi, a partire dal 5 febbraio fino al 28 marzo, gli epicentri delle scosse principali si spostarono dalla regione dell'Aspromonte all'istmo tra il golfo di Sant'Eufemia e il golfo di Squillace.

La scossa del 5 febbraio 1783 ebbe un'area di risentimento estesa a tutta la Sicilia e a gran parte dell'Italia meridionale, dalla costa amalfitana al Salento. L'area dei maggiori effetti si situa nel versante tirrenico dell'Appennino calabrese, in una regione corrispondente ai Piani d'Aspromonte e alla Piana di Gioia Tauro, delimitata a sud dal massiccio aspromontano e a nord dalla catena delle Serre.

Il terremoto ebbe effetti devastanti in 25 paesi; in altri 23 ci furono crolli estesissimi; in 49 località vi furono crolli gravi diffusi; altre 117 località subirono effetti distruttivi. La

scossa del 6 febbraio 1783 causò danni gravissimi a Scilla e a Messina; la scossa del giorno successivo, 7 febbraio, fu avvertita in una vasta area compresa tra Messina e Matera e causò nuove distruzioni nei centri dei Piani d'Aspromonte e della Piana di Gioia Tauro, già gravemente danneggiati dalla scossa del 5 febbraio. L'area epicentrale di questa scossa si spostò in direzione nord – est rispetto a quelle dei terremoti precedenti, verso le valli del Mesima e del Marepotamo, sul versante tirrenico della catena delle Serre.

Il terremoto fu completamente distruttivo in 20 località; altre 28 subirono crolli gravi diffusi; in 47 località causò effetti distruttivi diffusi. La scossa dell'1 marzo 1783 fu avvertita in un'ampia regione compresa tra Messina e Scalea e, rispetto ai precedenti eventi sismici, ebbe l'area dei massimi effetti spostata ancora più a nord, lungo la dorsale appenninica. A causa di questa scossa si ebbero effetti distruttivi a Polia e a Poliolo e danni molto gravi a Castelmonardo e Francavilla Angitola, centri del bacino dell'Angitola. La scossa del 28 marzo fu sentita in tutta l'Italia meridionale, dalla Sicilia a Napoli finì alla Puglia meridionale. L'area dei massimi effetti è collocata nella regione istmica a sud di Catanzaro, sia sul versante ionico che su quello tirrenico: rappresenta la localizzazione più settentrionale tra le aree di maggiore danneggiamento dell'intero periodo sismico. La scossa ebbe effetti catastrofici in 12 località; altre 25 subirono effetti distruttivi; gravi danni si registrarono in 71 paesi. La scossa del 26 aprile 1783, in precedenza classificata di VIII – IX grado MCS, causò danni soltanto a Milazzo e fu sentita fortemente a Messina; si tratta perciò di un evento piuttosto marginale e notevolmente sovrastimato.

La successione delle violentissime scosse avvenute tra il 5 febbraio e il 28 marzo 1783, caratterizzata da una migrazione degli epicentri lungo la catena appenninica in direzione nord – est, diede luogo ad ampie aree di sovrapposizione degli effetti distruttivi. Il quadro degli effetti che si è delineato è quindi, per alcune località, il risultato dell'azione cumulativa di più scosse. Quando la documentazione lo ha consentito, sono stati distinti gli effetti di danno relativi ai singoli eventi sismici. Rimane tuttavia aperta la questione relativa alla eventuale sovrastima dei danni, non quantificabile, indotta dalla vulnerabilità di un patrimonio edilizio fortemente indebolito da numerosissime e ravvicinate scosse e già di per sé di cattiva qualità.

Terremoto del 10.03.1786, ore 14:10, lat=38.1, lon=15.017, I_{max}=9, M_e=6.2

la scossa avvenne alle ore 20:45 italiane (14:10 GMT ca.) del 10 marzo e colpì soprattutto le località della Sicilia settentrionale affacciate sul golfo di Patti. Gravi distruzioni si ebbero, in particolare, a Oliveri, San Piero Patti e Scala; crolli e gravi

dissesti a Milazzo e a Patti. A Naso furono notevolmente danneggiate 72 case e vari edifici religiosi; a Messina caddero alcuni muri degli edifici in ricostruzione dopo i terremoti del 1783.

Terremoto del 20.02.1818, ore 18:15, lat=37.60, lon=15.12, I_{max}=9.5, M_e=6.2

La scossa del 20 febbraio avvenne alle ore 1:10 italiane (18:15 GMT ca.); interessò la regione etnea e fu avvertita fortemente in tutta la Sicilia e, più leggermente, nella Calabria meridionale e a Malta. Gli effetti più gravi riguardarono l'immediato entroterra di Acireale: le borgate di Aci Consolazione e Aci Santa Lucia furono pressochè completamente distrutte; crolli estesi a gran parte dell'abitato si verificarono ad Aci Catena, Aci Platani, Aci San Filippo e Aci Sant'Antonio. Complessivamente quasi 60 centri subirono crolli di edifici o danni generalizzati al patrimonio edilizio, compresi alcuni paesi dei versanti settentrionale e occidentale dell'Etna; in altre 40 località circa avvennero danni più leggeri. In generale, la presenza di scadenti tipologie edilizie amplificò dovunque gli effetti del terremoto. A Catania, in base ai rilievi condotti dall'Intendenza, 1768 case risultarono danneggiate, di queste oltre il 35% furono dichiarate cadenti e dovettero essere puntellate o demolite. La città era stata interamente ricostruita dopo il terremoto del 1693, era quindi "nuova" dal punto di vista dello stato di conservazione del patrimonio edilizio.

Le perizie attestano che il terremoto danneggiò edifici caratterizzati da evidenti e gravi difetti di costruzione: molte case non erano dotate di fondamenta sufficientemente solide, altre erano state innalzate o ampliate in un secondo momento, causando uno squilibrio tra la mole delle costruzioni e le fondazioni. L'1 marzo, alle ore 9:30 italiane (2:45 GMT ca.), una seconda violenta scossa colpì la Sicilia orientale, in particolare la regione Iblea, danneggiando gravemente Militello in Val di Catania, Mineo, Ragusa, Vizzini e numerosi altri centri. La scossa causò ulteriori leggeri danni a Catania e fu sentita fortemente nell'acese (Fig 35).

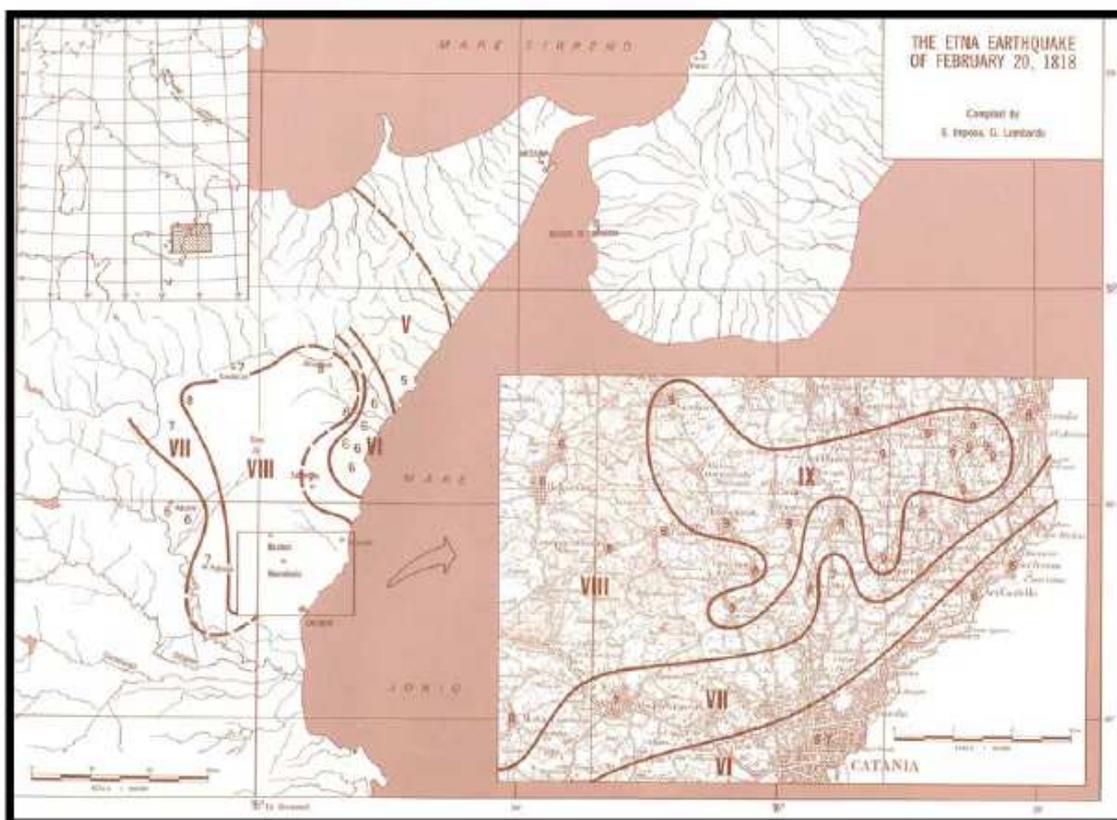


Figura 35 - Campo macrosismico del terremoto del 20/02/1818 (C.N.R., P.F.G. - Postpischl editor, Atlas of Isoseismal maps of Italian Earthquakes, Bologna 1985)

Terremoto del 08.08.1894, ore 05:16, lat=37.65, lon=15.12, I_{max}=9.5, M_e=5.1

La scossa principale avvenne alle ore 5:16 GMT e causò effetti distruttivi in un'area ristretta (14 kmq ca.) del versante sud orientale dell'Etna. Le località più colpite furono alcune borgate e contrade dei comuni di Zafferana Etnea e Acireale (Mazzasette, Pisano, Scacchieri, Fleri e Zerbate) dove gran parte delle abitazioni crollarono o divennero inabitabili. Crolli e gravi lesioni si verificarono in altre 15 località circa. Ad Acireale il terremoto causò leggeri danni in alcuni edifici civili e religiosi; a Catania e in molti centri della provincia fu avvertito fortemente, ma senza danni.

Terremoto del 08.09.1905, ore 01:43, lat=38.67, lon=16.05, I_{max}=10.5, M_e=6.9

Il terremoto si manifestò con maggiore violenza nell'area compresa fra Aiello, in provincia di Cosenza, fino al massiccio del monte Poro, su cui sono situati Monteleone (l'odierna Vibo Valentia), Triparni, Cessaniti, Piscopio, San Gregorio, Zammarò, Parghelia e Zungri. In 37 paesi i crolli interessarono la grande maggioranza degli edifici, quando non la loro totalità. A Pizzo, molti edifici divennero inabitabili e a Vibo Valentia fu danneggiata soprattutto la parte bassa della città, tanto che le strade furono descritte come un cumulo di macerie. I paesi maggiormente colpiti furono quelli verso la costa tirrenica, fra i capi Suvero e Vaticano; i meno colpiti furono quelli

compresi nell'estremità meridionale della Calabria. Danni si verificarono anche alle isole Eolie e in circa 30 comuni della provincia di Messina.

Il terremoto fu avvertito distintamente in tutta l'Italia meridionale e nella Sicilia orientale: la scossa fu sentita in modo molto sensibile a Catania, nella zona etnea, ad Augusta e a Siracusa, in modo più leggero fino a Palermo. In Basilicata il terremoto fu avvertito sensibilmente a Rionero in Vulture e a Nova Siri e causò qualche danno a Colobraro; si sentì una forte scossa a Taranto e ad Andria, più leggera a Lecce. La scossa fu avvertita anche a Napoli.

Terremoto del 28.12.1908, ore 04:20:27, lat=38.15, lon=15.683, I_{max}=11, M_e=7.1

Il terremoto del 28 dicembre 1908 è considerato uno degli eventi di più elevata magnitudo della storia sismica italiana e, dal punto di vista degli effetti, rappresentò una autentica catastrofe, sia per l'altissimo numero di morti, sia perché distrusse due città importanti come Messina e Reggio Calabria. La ricostruzione del quadro complessivo di un disastro di tale portata è influenzata da alcuni fattori preesistenti. Per comprendere adeguatamente l'impatto di questo evento sismico è infatti necessario ricordare che, se si escludono le due città dello Stretto e poche altre zone più sviluppate, la regione su cui si abbatté il terremoto era un'area caratterizzata da un'economia molto povera. Questo inevitabilmente si ripercuoteva sulla qualità dell'edilizia: i materiali impiegati erano scadenti e le tecniche costruttive molto vulnerabili dal punto di vista sismico; l'età e il degrado dei manufatti erano elevati; la manutenzione scarsa o inesistente. Inoltre, in molte località calabresi, gli effetti di questo terremoto si sovrapposero ai danni, non adeguatamente riparati, dei terremoti degli anni precedenti (1894, 1905 e 1907) aumentando l'entità delle distruzioni. La scossa avvenne alle ore 4:20 GMT e, per quanto riguarda i danni più gravi, colpì un'area di circa 6000 km². In circa 80 località delle province di Messina e Reggio Calabria gli effetti furono devastanti, con distruzioni estese dal 70 al 100% delle costruzioni. Nel Messinese l'area delle distruzioni pressoché totali fu ristretta e comprese, oltre a Messina, 13 località dell'immediato entroterra della città e delle estreme propaggini settentrionali dei monti Peloritani, fino alla costa tirrenica. Per quanto riguarda la città di Messina, il terremoto, con il maremoto e gli incendi che lo seguirono, distrusse completamente il tessuto urbano (abitazioni, edifici pubblici civili ed ecclesiastici, infrastrutture) Fig 36.

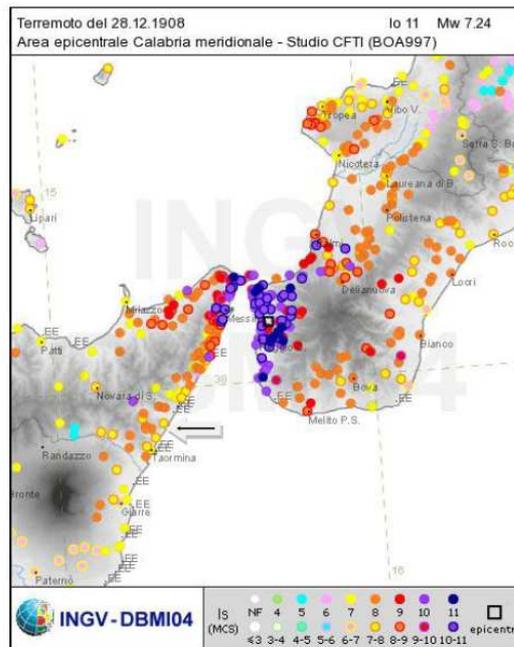


Fig. 36

Le costruzioni che resistettero furono incredibilmente poche: secondo le statistiche ufficiali del Ministero dei Lavori pubblici, soltanto due case risultarono illese. Tutti gli altri fabbricati furono o distrutti totalmente o completamente sventrati: ne rimasero in piedi solo le pareti esterne, mentre collassarono tetti, solai, muri divisorii, scale. In Calabria il terremoto ebbe effetti distruttivi in una regione molto più estesa, comprendente tutto il versante occidentale del massiccio dell'Aspromonte. A Reggio le distruzioni furono di entità leggermente inferiore rispetto a Messina; tuttavia nei rioni più popolari della città i crolli totali furono estesissimi e in molti edifici sprofondarono tutte le strutture interne. Il terremoto fu quasi totalmente distruttivo in diversi centri abitati importanti come Calanna, Sant'Alessio e Sant'Eufemia in Aspromonte, Villa San Giovanni, e in tutte le località della riviera sia a nord che a sud di Reggio, che furono devastate anche dal grande tsunami che seguì la scossa. Distruzioni estese fino a circa il 50% degli edifici furono riscontrate in 35 località, fra cui, in Calabria, alcuni paesi posti sul versante ionico dell'Aspromonte. L'area all'interno della quale gli effetti del terremoto furono gravi, con crolli totali limitati, ma molti edifici gravemente lesionati e resi inagibili, fu molto vasta e comprese oltre 170 località. Tale area include, in Calabria, la piana di Gioia Tauro, la Grecanica, la Locride e arriva fino alla penisola di capo Vaticano e alle località dell'istmo di Marcellinara, in provincia di Catanzaro; in Sicilia, comprende tutto il versante ionico dei Peloritani fino alle pendici nordorientali dell'Etna. Secondo i dati statistici rilevati dal Ministero dei Lavori pubblici, approssimati per difetto, nelle tre province di Messina, Reggio Calabria e Catanzaro

(che all'epoca comprendeva anche l'attuale provincia di Vibo Valentia), le case distrutte o demolite furono oltre 40.000; quelle gravemente danneggiate e rese totalmente o parzialmente inabitabili circa 33.000; quelle lesionate circa 68.000. La popolazione rimasta senza tetto fu certamente superiore a 120.000 persone. Danni più leggeri, con lesioni in genere non gravi e in un numero complessivamente limitato di case o edifici pubblici, furono rilevati in oltre 350 centri abitati (Fig 37)

sparsi su un'area estesa a nord fino alle province di Crotone e Cosenza; in Sicilia fino ad alcune località delle province di Enna, Caltanissetta, Agrigento e Ragusa. La scossa fu sentita dalle persone in un'area vastissima: in direzione nord fino all'isola d'Ischia e alla provincia di Campobasso; verso est fino al Montenegro, all'Albania e alle isole Ionie della Grecia; verso sud fu sensibile fino all'arcipelago maltese; a ovest fino a Ustica.

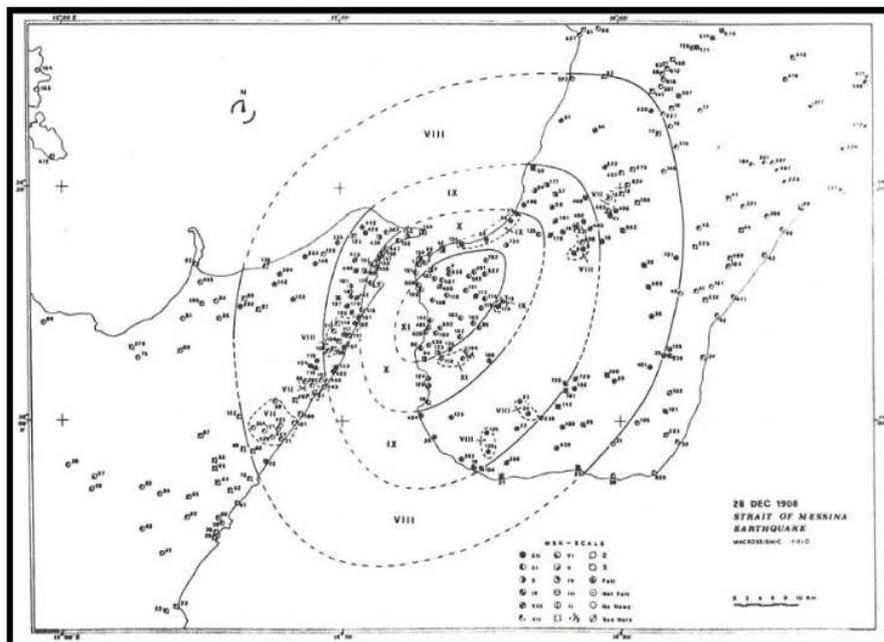


Figura 37 - Campo macrosismico del terremoto del 28/12/1908 (Bottari et al. 1984)

13.0 STORIA SISMICA

La Sicilia sud-orientale, dove ricade il territorio comunale del Comune di Caltagirone, è da considerarsi storicamente come un'area sismicamente attiva, come è rilevabile dalla "Carta delle massime intensità macrosismiche" fig 38 osservate nei comuni italiani e valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDDT e dai dati del catalogo dei Forti Terremoti dell'Istituto Nazionale di Geofisica.

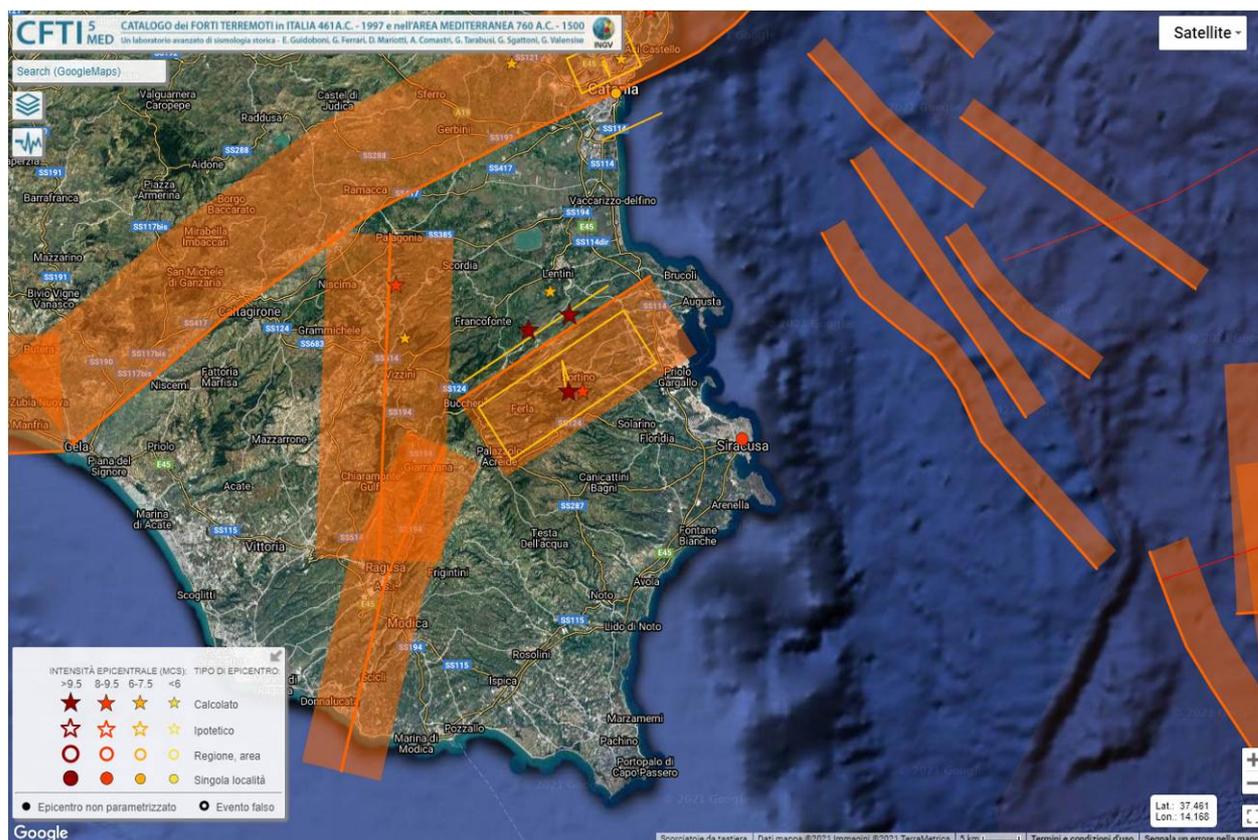


Fig 38

Alcuni dei terremoti sopra elencati sono localizzati lontano dal territorio studiato, ma gli effetti si sono risentiti localmente e hanno provocato dei danni a causa dell'amplificazione di sito, fenomeno probabilmente legato alla propagazione delle onde lunghe.

L'analisi e l'elaborazione statistica dei dati sismici desunti dai terremoti di massima intensità, avvenuti in Italia negli ultimi duemila anni, hanno avuto come risultato la pubblicazione, nel corso di due decenni, da parte di ENEL, CNR, GNDDT, INGV, di una serie di mappe di zonazione del rischio sismico nazionale, ai fini della protezione civile e dei criteri di progettazione tecnica in zona sismica, che vedono la Sicilia come una delle regioni d'Italia in cui si ha la maggiore probabilità di terremoti di elevata intensità macrosismica e magnitudo.

In particolare, il settore della Sicilia sud-orientale è quello dove sono state stimate le massime intensità macrosismiche con i terremoti del 1169, 1693, 1818, tra il IX e l'XI grado MCS. Lo stesso settore si presenta come una delle zone d'Italia in cui si ritiene vi sia la maggiore probabilità di terremoti di elevata intensità macrosismica e magnitudo, specialmente per periodi di ritorno maggiori di 100 anni. La causa della sismicità degli Iblei è da ricercare nel suo assetto geologico-strutturale, configurandosi l'altopiano come area di Avampaese, in cui la distribuzione degli epicentri dei terremoti ricade lungo i principali sistemi di faglie che lo interessano, quindi lungo la Scarpata Ibleo-Maltese nel margine ionico, la Linea di Scicli e le strutture tettoniche che delimitano i margini settentrionale e meridionale. Nel dettaglio, la distribuzione degli epicentri dei terremoti a magnitudo $M_{max} = 4,9-5,5$ è più addensata verso il margine occidentale del plateau ibleo ed è contrapposta a quella degli epicentri dei terremoti di massima intensità che ricadono nel settore ionico tra Catania e Augusta dove la magnitudo stimata è $M_{max} = 6,5 - 7,3$ (1169, 1693, 1818). L'area in esame è una delle zone a più alta pericolosità sismica dell'Italia essendo stata colpita nel passato da diversi terremoti distruttivi (magnitudo $M = 6.4-7.3$) Fig 39.

I terremoti capaci di dare un contributo significativo alla pericolosità sismica del settore in studio sono localizzati in Sicilia orientale e in Calabria meridionale. Per quanto riguarda le zone sismogenetiche della Calabria meridionale, le strutture qui certamente più attive sono le faglie del bacino del Mesima, delle Serre, di Gioia Tauro e di Cittanova, la cui attività si è protratta anche nel Pleistocene superiore e nell'Olocene (Valensise & D'Addezio, 1994; Monaco & Tortorici, 2000; Jacques et alii, 2001). Queste strutture con direzione NE-SO sono state probabilmente responsabili dei grandi terremoti calabresi del 5, 6 e 7 febbraio e del 1 marzo del 1783 (Baratta,1901).

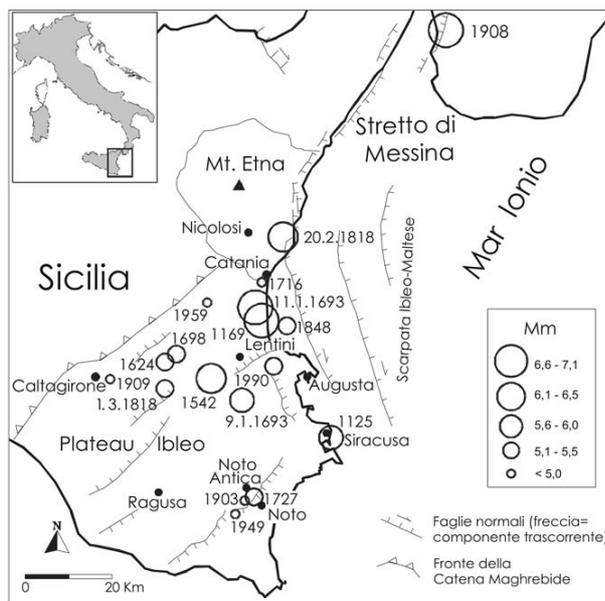


Fig 39- Epicentri dei principali terremoti nel periodo 1125-1990 che hanno provocato danni o sono stati avvertiti a Caltagirone

Nello stretto di Messina è ubicato il terremoto del 28 dicembre 1908 ($M @ 7.1$; $I_{max} = XI$, MCS) ampiamente descritto da Baratta (1910). In Sicilia sud-orientale la sismicità è distribuita soprattutto lungo la costa ionica, dove gli eventi hanno raggiunto $M @ 7.0$ (Azzaro & Barbano, 2000). La struttura responsabile dei terremoti maggiori di quest'area (1169, $I_0 = X$ MCS; 1693, $I_0 = XI$ MCS; 1818, $I_0 = IX/X$ MCS) è probabilmente la Scarpata Ibleo-Maltese. Questo sistema, formato da segmenti di faglie normali a direzione prevalente NNO-SSE, delimita offshore la zona ionica. Terremoti di moderata magnitudo sono localizzati invece nel settore più interno del Plateau Ibleo (Azzaro & Barbano, 2000) Fig 40.

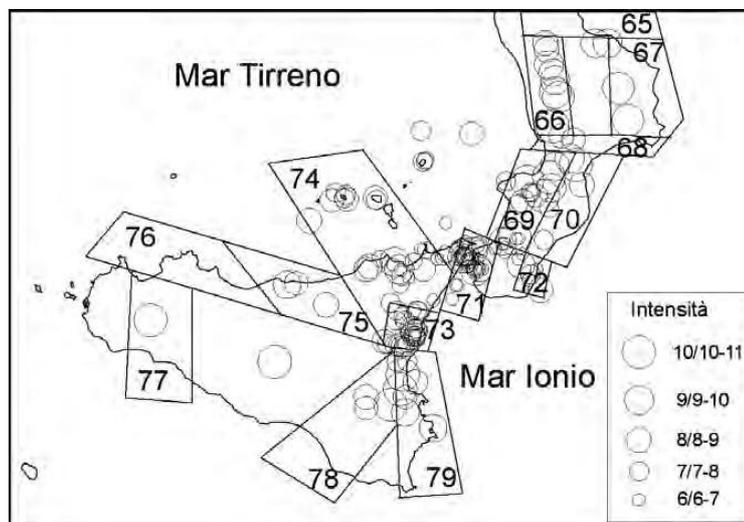
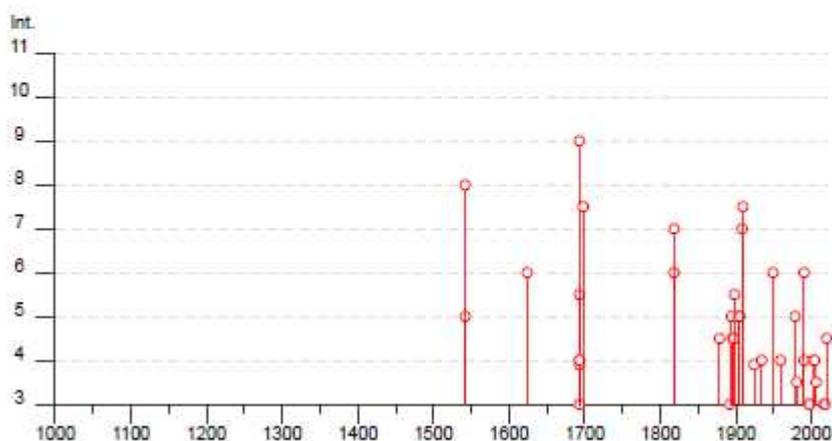


Fig 40

L'analisi della "storia sismica" dell'area in studio è stata eseguita consultando il sito https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/; nelle tabelle 2.3 e 4 vengono riportati gli eventi sismici storici relativi all'areale di studio per i terremoti più antichi.

Caltagirone

PlaceID IT_67776
 Coordinate (lat, lon) 37.231, 14.520
 Comune (ISTAT 2015) Caltagirone
 Provincia Catania
 Regione Sicilia
 Numero di eventi riportati 48



Effetti		In occasione del terremoto del							NMDP	Io Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale			
5	1542	11	30	18	40		Sicilia sud-orientale	3	5 4.16	
8	1542	12	10	15	15		Sicilia sud-orientale	32	10 6.68	
6	1624	10	03	17			Monti Iblei settentrionali	3	8 5.56	
5-6	1693	01	09	21			Sicilia sud-orientale	30	8-9 6.07	
2	1693	01	11	08			Sicilia sud-orientale	8		
9	1693	01	11	13	30		Sicilia sud-orientale	179	11 7.32	
4	1693	04	01	07	50		Ionio meridionale	4	6 4.63	
4	1693	04	17	19			Sicilia sud-orientale	4	5 4.16	
F	1693	05	12	13	20		Modica	2	6 4.63	
4	1693	07	08	17	50		Sicilia sud-orientale	7	6 4.93	
7-8	1698	01	01				Monti Iblei settentrionali	6	7-8 5.66	
6	1816	02	20	18	15		Catanese	128	9-10 6.28	
7	1818	03	01	02	48		Monti Iblei	24	7-8 5.57	
4-5	1878	10	04	00	46		Mineo	7	5-6 4.29	
3	1892	01	22	23	47		Monti Iblei	26	5 4.41	
5	1894	11	16	17	52		Calabria meridionale	303	9 6.12	
4-5	1895	04	13	15	01		Monti Iblei ?	32	6-7 4.82	
4-5	1897	02	11	23	33 0		Ionio meridionale	96	5 5.03	
4-5	1897	05	28	22	40 0		Ionio	132	6 5.46	
5-6	1898	11	03	05	59		Calatino	48	5-6 4.51	
5	1903	07	13	08	19		Calatino	46	5 4.14	

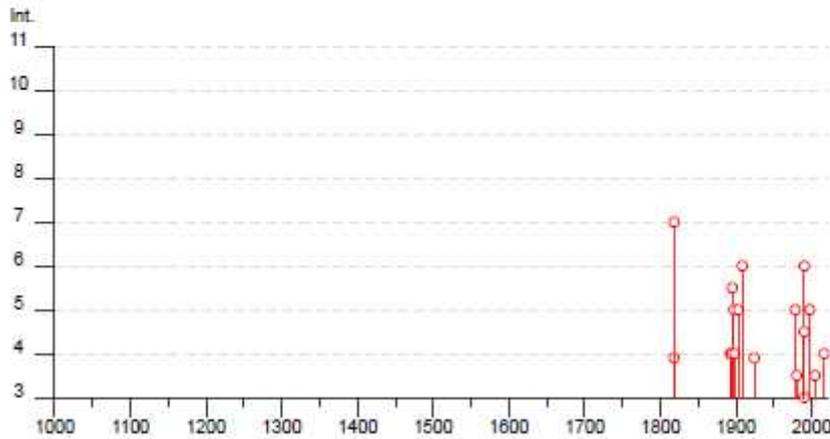
Effetti		In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
NF	1908	12	10	06	20		Monti Peloritani	64	7	5.11
7	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11	7.10
7-8	1909	01	02	01	05		Caltagirone	1	7-8	5.33
NF	1911	10	29	06	49		Mineo	11	5	4.16
F	1924	08	17	21	40		Monti Iblei	22	5	4.74
4	1934	09	11	01	19		Sicilia centro-settentrionale	28	5-6	4.84
NF	1947	05	11	06	32	1	Calabria centrale	254	8	5.70
6	1949	10	08	03	08		Sicilia sud-orientale	32	7	5.10
NF	1953	02	25	00	07	4	Vibonese	56	5-6	4.88
4	1959	12	23	09	29		Piana di Catania	108	6-7	5.11
5	1978	04	15	23	33	4	Golfo di Patti	330	8	6.03
3-4	1980	01	23	21			Monti Iblei	122	5-6	4.39
2-3	1987	08	13	07	22	0	Etna - Maletto	35	6	4.75
4	1990	10	29	08	16	1	Stretto di Sicilia	40		4.79
6	1990	12	13	00	24	2	Sicilia sud-orientale	304		5.61
2-3	1990	12	16	13	50	2	Ionio meridionale	103		4.38
3	1997	07	30	16	06	3	Monti Iblei	45	5	4.45
3	1997	12	24	09	40	0	Etna - Versante meridionale	11	6	4.08
4	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92
NF	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641		5.42
4	2004	12	30	04	04	5	Monti Iblei	48	4	3.82
NF	2008	11	21	10	57	4	Sicilia centrale	258		4.56
3-4	2006	12	19	14	58	0	Etna - Versante nord-occidentale	28	6	4.19
3	2016	02	08	15	35	4	Monti Iblei	58	5-6	4.44
3	2018	10	06	00	34	1	Etna - Versante sud-occidentale	44	7-8	4.72
4-5	2020	12	22	20	27	2	Ragusano	25	5	4.52

Tab.2 - Storia sismica di Caltagirone (DBMI15 v3.0 *Locati et al., 2021*)

Ax = area epicentrale nMDP = identificativo del record Mw = magnitudo momento, Io = intensità epicentrale (MCS)

Grammichele

PlaceID IT_67833
 Coordinate (lat, lon) 37.214, 14.636
 Comune (ISTAT 2015) Grammichele
 Provincia Catania
 Regione Sicilia
 Numero di eventi riportati 22



Effetti										In occasione del terremoto del		
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw		
F	1818	02	20	18	15		Catanese	128	9-10	6.28		
7	1818	03	01	02	45		Monti Iblei	24	7-8	5.57		
4	1892	01	22	23	47		Monti Iblei	26	5	4.41		
4	1894	11	16	17	52		Calabria meridionale	303	9	6.12		
5-6	1895	04	13	15	01		Monti Iblei ?	32	6-7	4.82		
5	1897	05	28	22	40	02	Ionio	132	6	5.46		
4	1898	11	03	05	59		Calatino	48	5-6	4.51		
5	1903	07	13	08	19		Calatino	46	5	4.14		
NF	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95		
6	1908	12	28	04	20	27	Stretto di Messina	772	11	7.10		
F	1924	08	17	21	40		Monti Iblei	22	5	4.74		
NF	1947	05	11	06	32	15	Calabria centrale	254	8	5.70		
5	1978	04	15	23	33	4	Golfo di Patti	330	8	6.03		
3-4	1990	01	23	21			Monti Iblei	122	5-6	4.39		
3	1990	10	29	08	16	1	Stretto di Sicilia	40		4.79		
6	1990	12	13	00	24	2	Sicilia sud-orientale	304		5.61		
4-5	1990	12	16	13	50	2	Ionio meridionale	105		4.38		
5	1997	07	30	16	06	0	Monti Iblei	45	5	4.45		
NF	2000	11	08	17	26	2	Etna - Versante meridionale	70	5-6	3.85		
3-4	2004	12	30	04	04	5	Monti Iblei	48	4	3.82		
NF	2005	11	21	10	57	4	Sicilia centrale	255		4.56		

CPTI15-DBMI15 v3 - Grammichele

Effetti		In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	nMDP	Io	Mw
4	2016	02	08	15	35	4	Monti Iblei	58	5-6	4.44

Località vicine (entro 10km)

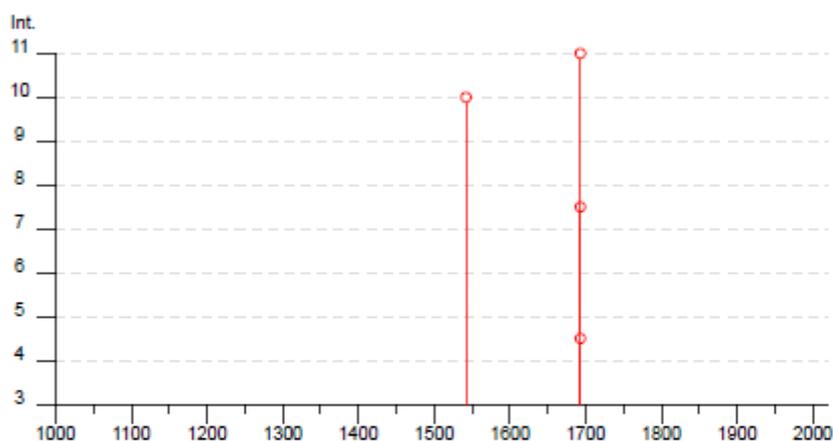
Località	BQs	Distansa (km)
Occhiolà	4	3
Mineo	69	8
Licodia Eubea	27	9
Stazione di Vizzini-Licodia	1	9

Tab.3 - Storia sismica di Grammichele (DBMI15 v3.0 *Locati et al., 2021*)

Ax = area epicentrale nMDP = identificativo del record Mw = magnitudo momento, Io = intensità epicentrale (MCS)

Occhiolà

PlaceID IT_71458
 Coordinate (lat, lon) 37.238, 14.620
 Comune (ISTAT 2015) Grammichele
 Provincia Catania
 Regione Sicilia
 Numero di eventi riportati 4



Effetti		In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
10	1542	12	10	15	15		Sicilia sud-orientale	32	10	6.68
7-8	1693	01	09	21			Sicilia sud-orientale	30	8-9	6.07
4-5	1693	01	11	08			Sicilia sud-orientale	8		
11	1693	01	11	13	30		Sicilia sud-orientale	179	11	7.32

Località vicine (entro 10km)

Località	BQs	Distanza (km)
Grammichele	22	3
Mineo	69	7
Caltagirone	47	9

Tab.4 - Storia sismica di Occhiolà (DBMI15 v3.0 *Locati et al., 2021*)

Ax = area epicentrale nMDP = identificativo del record Mw = magnitudo momento, Io = intensità epicentrale (MCS)

Tra i terremoti storici, quello più importante risentito nell'area di studio è quello scaturito dalla sorgente sismogenetica Monte Lauro a cui è associato il terremoto dell'11 gennaio 1693. Questo evento in DISS si ipotizza essere un terremoto complesso, con due shock che si verificano su due strutture compressive situate a nord e a sud della Piana di Catania, il Monte Lauro e Gravina di Catania. Questo del 1693 si classifica come uno dei più grandi terremoti storici italiani, ed ha colpito gran parte della Sicilia orientale, con intensità massime nella zona vicino Catania (a sud-sud-est del vulcano Etna) e nell'intero Altopiano Ibleo (Guidoboni et al., 2007). Il terremoto del 1693 è stato preceduto da un forte foreshock il 9 gennaio (Mw 6.2, I_{max} VIII-IX) e da un altro lo stesso giorno. L'evento del 9 Gennaio ha causato gravi danni nella regione del Plateau Ibleo e aumentato la vulnerabilità degli edifici, quindi probabilmente contribuendo al danno molto grande causato l'11 gennaio dalla scossa principale. La sequenza sismica è durata fino al 1696, è stata sentita in tutta la Sicilia orientale ed è stata caratterizzata da scosse di assestamento dannosi (Guidoboni et al., 2001). Molto probabilmente la scossa principale comprende due o più sottoeventi, come suggerisce l'esistenza di due distinte concentrazioni di danno più alto, ma su questa ipotesi non è stato eseguito il backup in modo esplicito dalle fonti storiche disponibili.

Secondo uno studio condotto dall'Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia di Roma - la Sicilia sarebbe a rischio tsunami a causa di terremoti che potrebbero causare onde alte anche fino a 15 metri.

Se un terremoto avvenisse al largo delle coste greche, questo evento produrrebbe nel giro di un'ora uno tsunami alto 5 metri che colpirebbe la costa sud orientale della Sicilia. Analogamente se il terremoto avvenisse al largo del Nord Africa. La Sicilia sud orientale, rappresenta un'area tettonicamente attiva interessata da frequenti eventi sismici e vulcanesimo. Strutturalmente i sistemi di faglie normali che si estendono lungo il bordo ionico si prolungano, nelle aree dell'off-shore ionico bordando, con direzioni NNE e SSW, i M.ti Peloritani e l'altopiano Ibleo.

I terremoti di alta magnitudo hanno un periodo medio di ritorno (secondo delle stime non definitive) compreso tra i 600 e i 1500 anni. Per risalire ad un evento sismico paragonabile, per forza e per l'estensione della zona vulnerata, a quello del 1908, lungo l'area dello Stretto di Messina, bisogna andare risalire al IV secolo D.C., intorno all'anno 374.

I terremoti di moderata o forte intensità, 5.0-5.5 Richter, hanno, invece, un periodo medio di ritorno molto più brevi, che può variare dai 75 ai 120 anni circa. Molto più frequenti sono i sismi di moderata energia, ossia con una magnitudo inferiore ai 4.0-4.5 Richter, che solitamente possono verificarsi ogni 28-30 anni lungo l'area dello Stretto. La mappa delle principali strutture sismogenetiche presenti nell'area orientale della Sicilia viene riportata nel Database of Individual Seismogenic Source (DISS 3.2.1) realizzato dall'INGV (Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia) Fig 41.

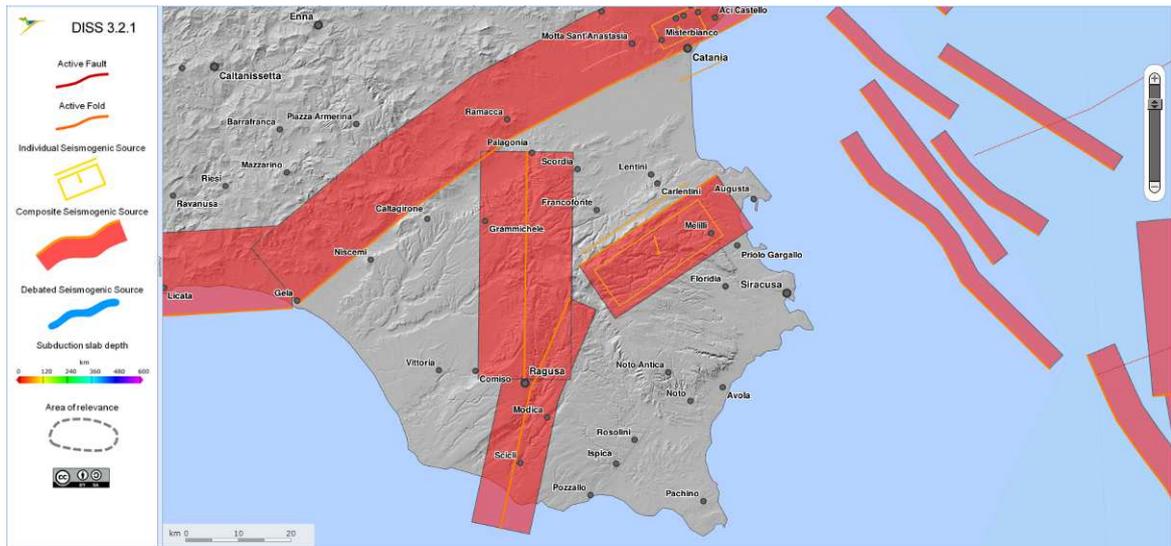


Fig 41

Nella figura 42 sottostante, estratta dal catalogo della sismicità italiana 1981-2002 (INGV. 2011) viene riportata la distribuzione degli epicentri dei terremoti avvenuti nell'area di studio tra il 1981 e il 2011 con indicazione della classe di magnitudo.

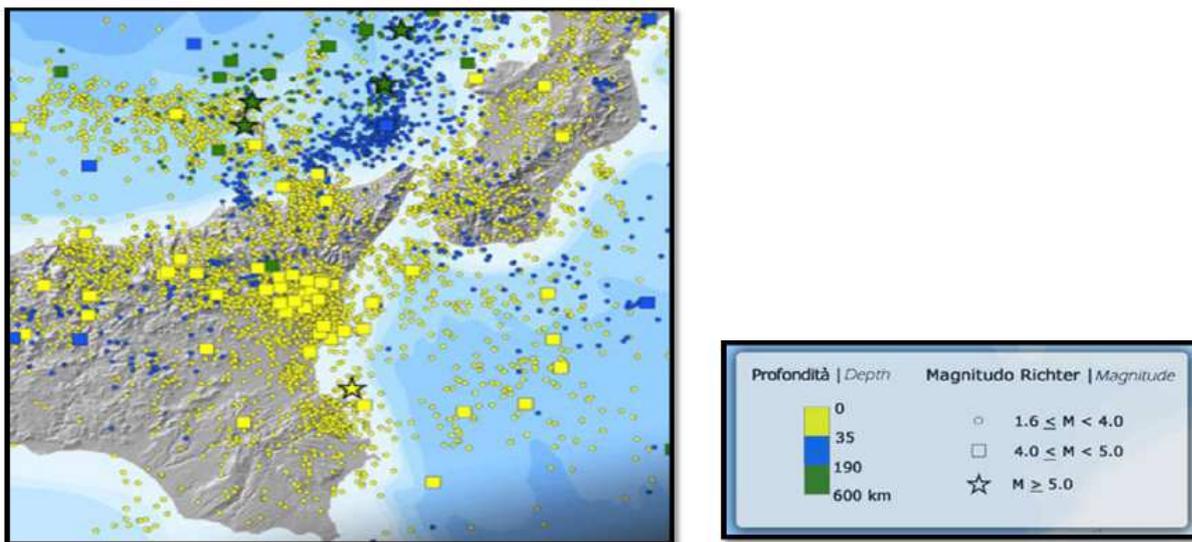


Fig 42 - Mappa della distribuzione degli epicentri dei terremoto strumentali localizzati dall'INGV tra il 1981 e il 2011. Catalogo della sismicità italiana 1981-2002 (INGV, 2011) Fig 32

14.0 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Secondo l'UNDRO (United Nations Disaster Relief Office) con il termine Pericolosità sismica si definisce la probabilità del verificarsi in una determinata area e in un determinato periodo temporale, con una certa eccedenza, lo scuotimento atteso e generato da un evento sismico dannoso per le attività umane con l'insieme degli effetti geologici e geofisici a esso connessi.

Gli elementi fondamentali che concorrono ad una moderna valutazione della "Pericolosità sismica" sono pertanto da ricercare nelle caratteristiche storiche, sismologiche, sismogenetiche, geologiche, relative al territorio analizzato.

Per quanto riguarda la quantificazione della pericolosità si fa riferimento ad alcune grandezze.

La prima è l'intensità sismica, misura della potenzialità distruttiva del terremoto che può essere valutata in modi diversi: sono infatti ben note le *Scale Mercalli Modificata (MM)*, *Medvedev-Sponhenar-Karnik (MSK)* e *Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS)* che si riferiscono a gradi macrosismici.

Un altro parametro, che viene attualmente molto utilizzato è il valore massimo dell'accelerazione $a(t)$ al suolo (P.G.A.: Peak Ground Acceleration); l'accelerazione è misurata relativamente all'accelerazione di gravità ($g = 9,80 \text{ m/sec}^2$), un valore di 0,1g è già capace di generare danni.

Il parametro generalmente usato da Geologi e Geofisici per la quantificazione della pericolosità sismica è l'intensità macrosismica, per cui i valori di pericolosità possono essere espressi con riferimento sia all'uno che all'altro parametro.

Le zone sismiche previste dalle nuove norme vengono definite in base ai valori di accelerazione al suolo.

La magnitudo di un terremoto è l'energia totale scaricata dal sisma. Un sisma di una certa magnitudo genera alla base di una costruzione una certa accelerazione sismica (espressa convenzionalmente come fattore dell'accelerazione di gravità) che può variare in relazione alla distanza, alla conformazione degli strati rocciosi di fondazione, alla morfologia e alle caratteristiche dell'onda.

Magnitudo e accelerazione sono comunque in relazione, ma ai fini edificatori è più importante definire l'accelerazione sismica di progetto o PGA (Parametro di scuotimento sismico).

Con l'emanazione della OPCM 3274/2003, seguita dall' Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519 e quindi dalle norme tecniche (NTC-2018), è stata introdotta un' importante evoluzione in materia di progettazione antisismica. Il territorio nazionale viene riclassificato in 4 zone sismiche a pericolosità decrescente, abbandonando il concetto di "categoria" e superando il problema dei limiti amministrativi. Le zone sismiche previste dalle nuove norme vengono definite in base ai valori di accelerazione sismica al suolo a_g (accelerazione orizzontale massima su suolo di Cat. A) che sostituisce il coefficiente S.

La pericolosità sismica del territorio italiano viene espressa in termini di accelerazione massima del suolo come frazione dell'accelerazione di gravità (g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli molto rigidi ($V_s \text{ eq} > 800 \text{ m/sec}$ – Cat A). La mappa riportata in Fig. 43 mostra come il comune di Caltagirone ricada in un'area con PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, cioè periodo di ritorno 475 a compresa tra 0.250g e 0.275 g. Questa è una scelta di parametri convenzionale e in particolare è il valore di riferimento per l'Eurocodice 8 (EC8), nel quale vengono stabilite le norme per il progetto e la costruzione di strutture.

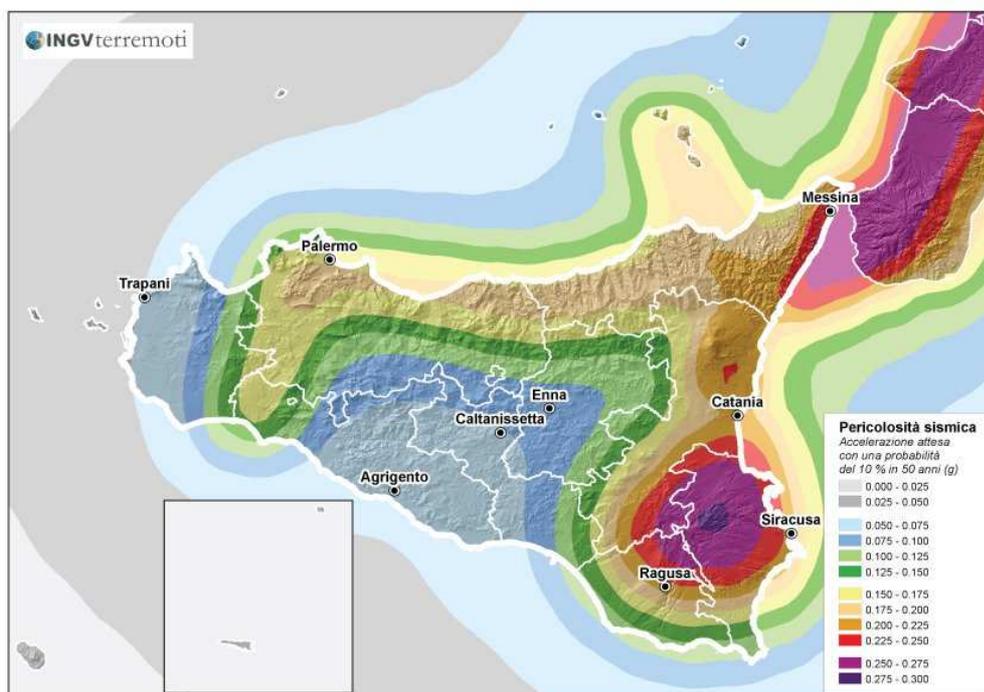


Fig. 43 – Mappa della pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800 \text{ m/s}$), Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All.1b; estratta da: <http://zonesismiche.mi.ingv.it>

Di fatto con l'introduzione della zona 4, nella quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica, sparisce il territorio "non classificato".

L'attuazione dell'ordinanza n.3274 del 2003 ha permesso di ridurre notevolmente la distanza fra la conoscenza scientifica consolidata e la sua traduzione in strumenti normativi e ha portato a progettare e realizzare costruzioni nuove e più sicure, anche con l'uso di tecnologie innovative.

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'Ordinanza PCM n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), da attribuire alle 4 zone sismiche.

Nella figura che segue sono riportate le zone sismiche in cui è suddiviso il territorio della regione siciliana, con evidenziate anche le aree ricadenti in 2° categoria nelle quali gli studi relativi alle strutture strategiche devono essere condotti con un grado di approfondimento simile a quello della zona 1- Fig 44.

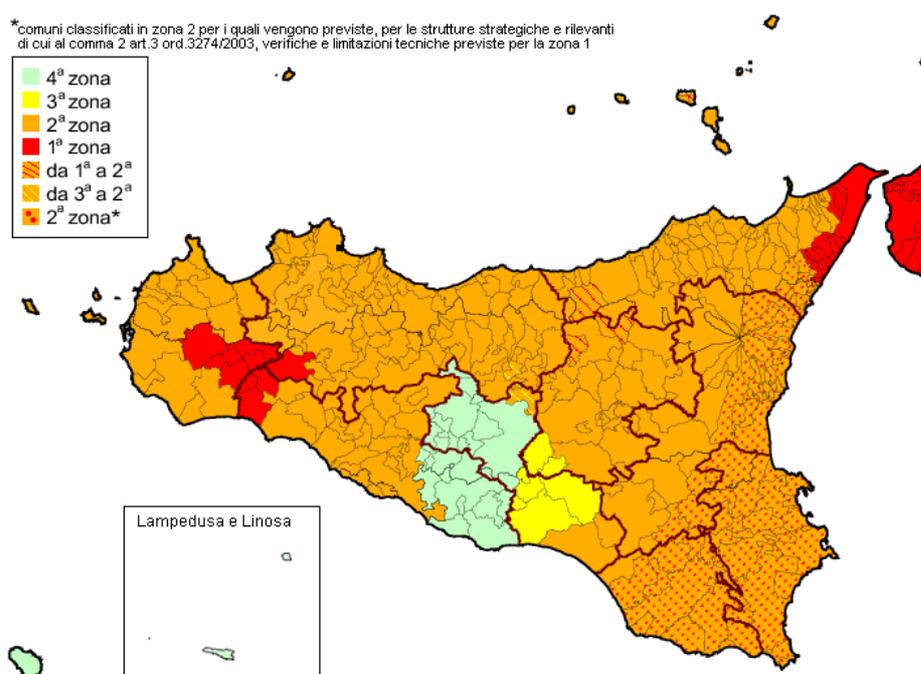


Fig 44

L'INGV, insieme al Dipartimento nazionale della Protezione Civile, ha sviluppato il Progetto S1 nell'ambito del quale è stata predisposta la mappa nazionale di pericolosità sismica dove vengono forniti, in una griglia regolare con passo 0,05°, i parametri di accelerazione al suolo in 'g' (accelerazione di gravità) con probabilità di superamento in 50 anni in funzione del periodo di ritorno (81%, 63%, 50%, 39%, 30%, 22%, 5% e 2% rispettivamente corrispondenti a periodi di ritorno di 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975, e 2475 anni).

I parametri significativi della pericolosità sismica sono disponibili, in forma interattiva, sul sito istituzionale del Progetto S1 dell'INGV.

Il sistema permette di ottenere anche, per ciascun nodo della griglia, il dettaglio in forma grafica e tabellare dell'analisi di disaggregazione (cioè il contributo delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza alla pericolosità del sito), nonché i valori medi di magnitudo.

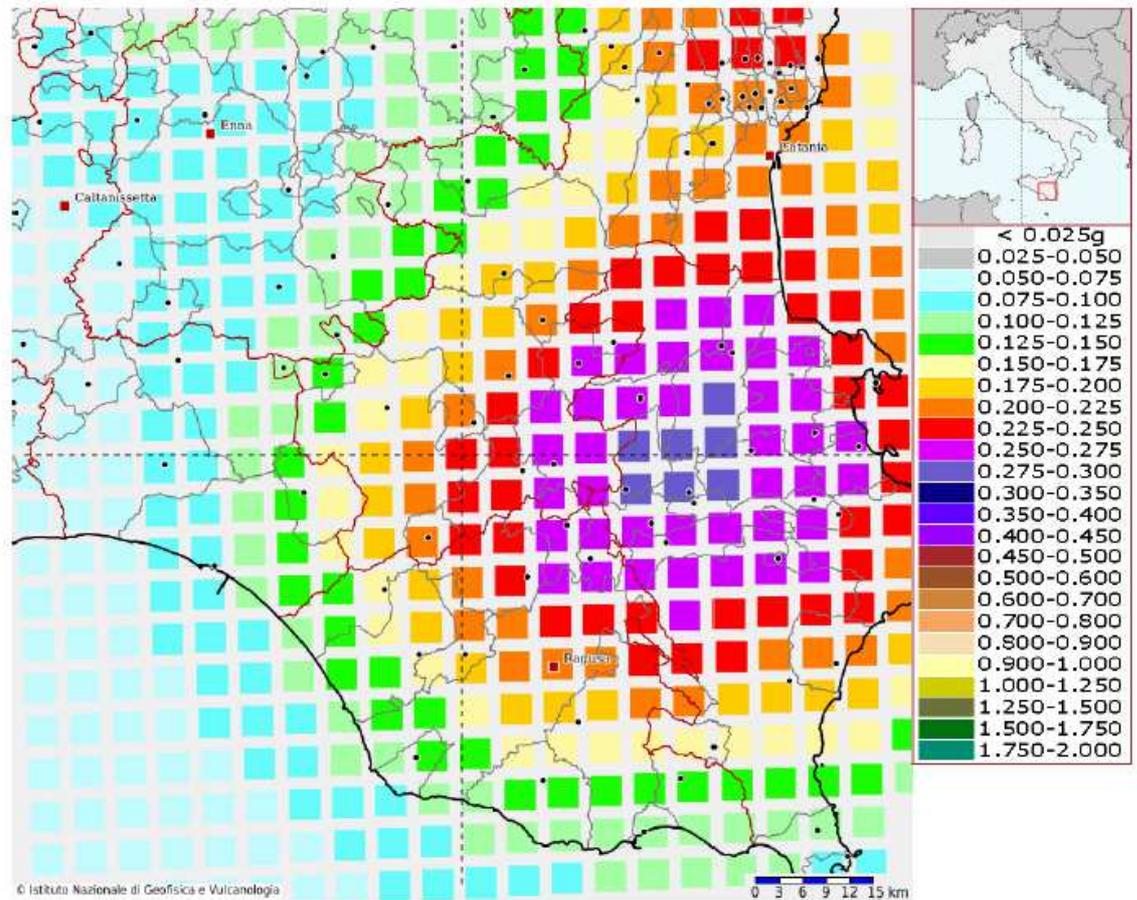
Il Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, raccoglie in forma unitaria le norme che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, per stabiliti livelli di sicurezza, la pubblica incolumità. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, vengono definite a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione, definita come l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato.

Tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato periodo di riferimento VR e la probabilità è denominata probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento RVP. Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (categoria T1), in condizioni di campo libero.

Le informazioni sulla pericolosità sismica della risposta sismica locale del sito sono state dedotte dal sito web del progetto nazionale S1 (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>) dell'INGV (Istituto Nazionale di geofisica e Vulcanologia).

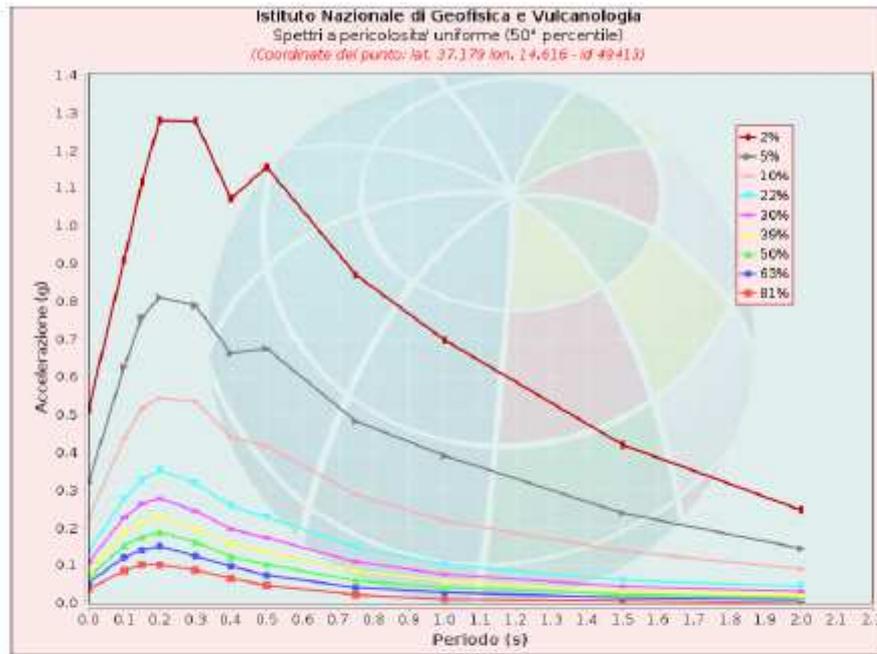
La figura 45 seguente mostra l'accelerazione di picco attesa per periodo di ritorno 475 anni ha valori compresi tra 0.225 g e 0.250 g.

Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)
 Informazioni sul nodo con ID: 49413 - Latitudine: 37.179 - Longitudine: 14.616

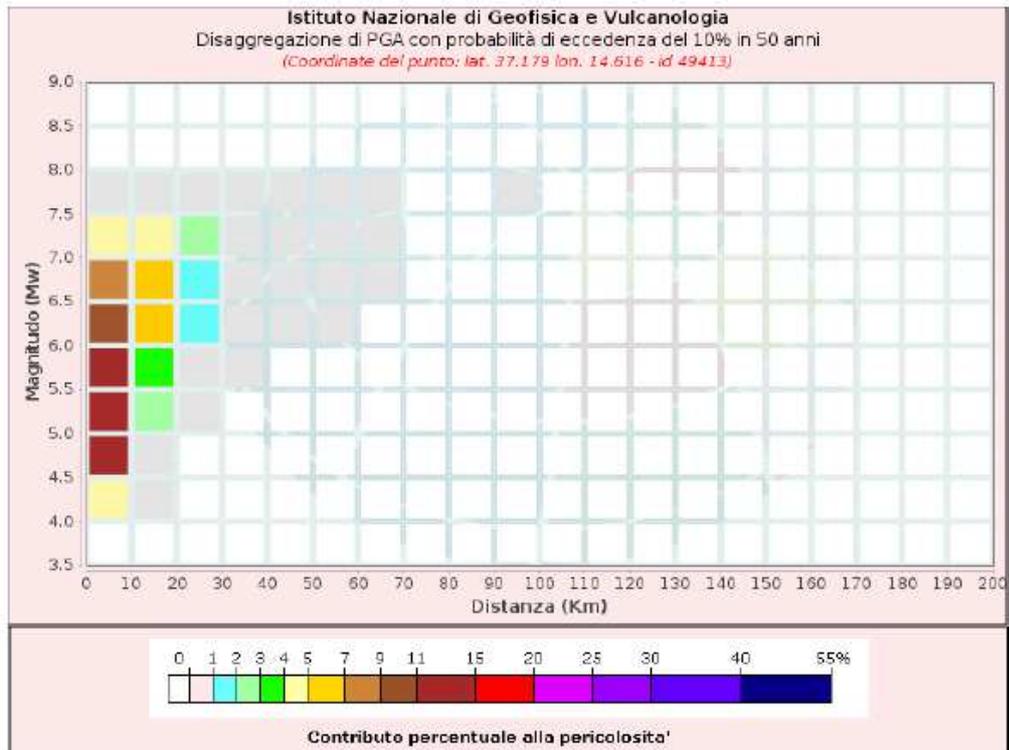


Mapa dell'accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (ovvero tempo di ritorno di 475 anni) riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800\text{m/s}$ Cat. A). Fig 45

Nelle tabelle seguenti il suddetto web-gis riporta i valori di magnitudo e distanza dalla sorgente degli eventi che si sono registrati nella zona di Caltagirone e riportati sempre in termini di probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.



Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE in 50 anni	Accelerazione (g)										
	Periodo (s)										
	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.514	0.909	1.118	1.280	1.278	1.072	1.157	0.871	0.698	0.420	0.248
5%	0.321	0.626	0.758	0.811	0.790	0.663	0.676	0.483	0.392	0.239	0.146
10%	0.227	0.437	0.518	0.545	0.535	0.442	0.417	0.290	0.218	0.139	0.091
22%	0.140	0.276	0.326	0.354	0.319	0.259	0.229	0.150	0.104	0.061	0.046
30%	0.110	0.228	0.265	0.278	0.246	0.197	0.174	0.111	0.077	0.046	0.031
39%	0.087	0.191	0.219	0.228	0.197	0.157	0.136	0.086	0.059	0.033	0.023
50%	0.069	0.154	0.177	0.189	0.164	0.125	0.104	0.061	0.043	0.025	0.016
63%	0.056	0.123	0.142	0.152	0.126	0.099	0.075	0.043	0.029	0.016	0.010
81%	0.038	0.087	0.103	0.102	0.089	0.067	0.048	0.023	0.012	0.007	0.000



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Distanza in Km	Magnitudo										
	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	4.3700	13.1000	14.5000	13.3000	10.4000	7.1100	4.3000	0.6010	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0918	0.8650	2.3200	3.9600	5.1500	5.3700	4.6100	0.7740	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0791	0.4950	1.1100	1.7200	2.0600	0.4150	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0331	0.2710	0.6260	0.9800	0.2280	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0379	0.2030	0.4180	0.1090	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0605	0.1890	0.0553	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0045	0.0276	0.0091	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	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 = 5.93 ; distanza = 9.31 ; epsilon = 0.584

Ai fini della normativa (N.T.C. – 2018) le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 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.

I valori di a_g , F_0 e T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche vengono di riportati in tabelle allegate al D.M. 17/01/2018, tali valori sono ordinati per coordinate geografiche crescenti. Di seguito i valori dei parametri a_g , F_0 , e T_c^* relativi al sito di stretto interesse ed ottenuti utilizzando le coordinate geografiche (punto medio) del nostro sito nel software "spettri – NTC del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

I dati di input nel software *spettri* sono :

Sito in esame:Le coordinate sono in ED50

latitudine: 37,183561
longitudine: 14,647863
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 49413	Lat: 37,1791 Lon: 14,6160	Distanza: 2865,866
Sito 2 ID: 49414	Lat: 37,1784 Lon: 14,6785	Distanza: 2773,293
Sito 3 ID: 49192	Lat: 37,2284 Lon: 14,6794	Distanza: 5716,490
Sito 4 ID: 49191	Lat: 37,2291 Lon: 14,6168	Distanza: 5762,877

Parametri sismici

- **Categoria sottosuolo:** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360m/s e 800m/s Categoria **B**
- **Categoria topografica:** Si tratta di configurazione superficiale semplice afferente alla categoria **T1** della classificazione della Tab. 3.2.III della vigente

normativa (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$).

- **Periodo di riferimento:** 50anni
- **Coefficiente cu:** 1

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. Tal fine fisseremo sia la vita di riferimento dell'edificio (V_r), sia le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{Vr} associate a ciascuno degli stati limite considerati. A tal fine si fa riferimento, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, al periodo di ritorno della azione sismica (T_R) espresso in anni, cosicchè entrambi i parametri sono esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione **$T_r = V_r / \ln(1 - P_{Vr})$** .

STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITA' DI SUPERAMENTO

La sicurezza e le prestazioni dell'edificio in questione saranno valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale. Stato limite è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.

-Sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;

-Sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera;

-Robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile. Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso. Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

STATO LIMITE DI OPERATIVITA' (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi. Per l'edificio in oggetto si utilizzeranno i seguenti dati d'ingresso:

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,040	g
Fo:	2,519	
Tc*:	0,254	[s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss:	1,200
Cc:	1,450
St:	1,000
Kh:	0,009
Kv:	0,004
Amax:	0,470
Beta:	0,180

STATO LIMITE DI DANNO (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature. Per il caso in esame, si ha:

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,057	g
Fo:	2,503	
Tc*:	0,268	[s]

Coefficienti Sismici

SLD:

Ss:	1,200
Cc:	1,430
St:	1,000
Kh:	0,012
Kv:	0,006
Amax:	0,673
Beta:	0,180

Gli stati limite ultimi sono:

-STATO LIMITE DISALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali. Per il caso in esame:

Probabilità di superamento: 10 %

Tr:	475 [anni]
ag:	0,233 g
Fo:	2,254
Tc*:	0,416 [s]

Coefficienti Sismici

SLV:

Ss:	1,190
Cc:	1,310
St:	1,000
Kh:	0,086
Kv:	0,043
Amax:	2,715
Beta:	0,310

-STATO LIMITE DI PREVENZIONE DAL COLLASSO (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali. Per i nostri calcoli, si ottiene:

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,331	g
Fo:	2,364	
Tc*:	0,463	[s]

Coefficienti Sismici

SLC:

Ss:	1,090
Cc:	1,280
St:	1,000
Kh:	0,112
Kv:	0,056
Amax:	3,533
Beta:	0,310

15.0 CONCLUSIONI

Scopo del presente lavoro è stato quello di valutare le problematiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, sismiche del territorio esaminato. A tal proposito sono state condotte una serie di indagini sia di natura geologica, geomorfologica ed idrogeologica consentendo la redazione delle carte tematiche precedentemente esposte. I dati così acquisiti sono stati utilizzati per ottenere un quadro il più possibile completo delle caratteristiche peculiari inerenti le problematiche geologico-tecniche dell'intera area in studio. L'indagine di campagna, con relativo rilevamento geologico in scala 1:5.000, ha permesso di riconoscere nell'ambito delle zone studiate, la presenza di 8 complessi, litologicamente correlabili dall'alto verso il basso in:

a	Alluvioni recenti
p	Alluvioni terrazzate
Qcs	Sabbie rossastre con lenti ghiaiose (Pleistocene inferiore)
Qsa	Sabbie quarzose con intercalazioni calcarenitiche (Pleistocene inferiore.)
Pv	Vulcaniti basiche (Pliocene medio superiore)
Pa	Marne grigio azzurre (Pliocene medio superiore)
Pm	Marne calcaree e calcari mamosi (Trubi) (Pliocene inferiore)
Mg	Calcarea di base (Messiniano)

Dalla cartografia ufficiale del PAI SICILIA, le aree di progetto sono inserite nel BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME ACATE-DIRILLO nei CTR Sezione 639160, 640130, 644040, 644080, 644120, 645010, 645050 e 645090.

Dalla consultazione degli elaborati cartografici, emerge che In riferimento alle aree interessate dal progetto, non risultano fenomeni di dissesti geomorfologici e/o pericolosità idrauliche per come si evince dalle cartografie del PAI allegate al presente studio. L'area di impianto pertanto si può ritenere geomorfologicamente stabile, attestando la sua compatibilità alla realizzazione delle opere di progetto. In particolare, solo un tratto di attraversamento per la posa in opera del cavidotto, interessa una zona di pericolosità PAI, ma in riferimento a tale aree, dove insiste il rischio idraulico la traccia del cavidotto ricalca esattamente la geometria dell'asse viario di riferimento, dove l'attraversamento delle aste fluviali, avviene con collocazione esterna in aderenza alla struttura dei ponti esistenti, senza eseguire nessuna movimentazione di scavo.

Dalla disamina delle prospezioni geofisiche eseguite si è definito inoltre il valore di $V_{s,eq}$ cioè la velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio calcolate, con risultati che collocano i terreni in categoria B con valori di velocità delle V_s pari compresi tra 360 m/s e 800 m/s (D.M.17-01-2018).

Le caratteristiche geomeccaniche dei litotipi affioranti sono state desunte da analisi di laboratorio eseguite in occasione di precedenti lavori, da rilievi geostrutturali nonché dai dati di letteratura riferiti a litotipi del tutto assimilabili per composizione granulometrica e storia geologica con quelli presenti nell'area in studio.

Dalla disamina dei dati si riportano le principali caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi strettamente affioranti nell'area in studio e che saranno interessati direttamente ed indirettamente dalle opere di progetto:

	Alluvioni recenti/terrazzate $\gamma=1.80/1.90 \text{ t/m}^3$ $\phi=20/22^\circ$ $c=0.0/0.05 \text{ kg/cm}^2$ $V_s=200/250 \text{ m/s} - V_p= 600/786 \text{ m/s}$
	Sabbie quarzose/Sabbie rossastre $\gamma=1.85/2.10 \text{ t/m}^3$ $\phi=30/32^\circ$ $c=0.0 \text{ kg/cm}^2$ $V_s=280/380 \text{ m/s} - V_p= 670/1400 \text{ m/s}$
	Calcari mamosi (Trubi)/Calcare di base $\gamma=1.9/2.0 \text{ t/m}^3$ $\phi=33/35^\circ$ $c=0.0/0.10 \text{ kg/cm}^2$ $V_s=300/400 \text{ m/s} - V_p= 720/1300 \text{ m/s}$
	Vulcaniti basiche $\gamma=1.9/2.2 \text{ t/m}^3$ $\phi=33/35^\circ$ $c=0.0 \text{ kg/cm}^2$ $V_s=480/550 \text{ m/s} - V_p= 1180/1340 \text{ m/s}$
	Marne grigio azzurre $\gamma=1.8/2.0 \text{ t/m}^3$ $\phi=24/26^\circ$ $c=0.1/0.20 \text{ kg/cm}^2$ $V_s=260/278 \text{ m/s} - V_p= 630/990 \text{ m/s}$

Con la variabilità del range dei valori in dipendenza delle porzioni di maggior coesione e/o porzioni decomprese dei litotipi. In conclusione emerge che non esistono condizioni ostative ai fini della realizzazione delle opere previste in progetto. Infine, sembra opportuno affermare che, per il suo carattere generale, questo studio non tende ad escludere dalle future opere progettuali da realizzare, le relative relazioni ed indagini geognostiche e geotecniche puntuali, specie in prossimità di aree interessate da disturbi tettonici e che dovranno verificare localmente, caso per caso, lo stato di alterazione dei litotipi e relativo spessore, i valori di resistenza, consistenza al taglio e di portanza, valutazione dei cedimenti se in presenza di litotipo coesivi, determinando puntualmente, la categoria di sottosuolo del terreno interessato e la frequenza di risonanza del sito per la verifica, dell'interazione terreno struttura, in conformità a quanto prescrive il D.M. 17-01-2018.

Il tecnico

Dr Geol. ~~Ranieri~~ Santarosa



BIBLIOGRAFIA

- F. LENTINI ET AL. - Carta geologica della Sicilia Sud orientale alla scala 1:100.000 S.E.L.C.A. Firenze, 1984
- F. LENTINI ET AL. - Carta geologica del settore nord orientale ibleo alla scala 1:50.000 S.E.L.C.A. Firenze, 1986
- M. GRASSO, Carta geologica del settore centro-meridionale dell'altopiano ibleo – Provincia di Ragusa scala 1:50000 – S.E.L.C.A. Firenze, 1999
- AURELI A., “Carta della vulnerabilità delle falde idriche – settore sud-occidentale ibleo (Sicilia S.E.)”, scala 1:50000, S.E.L.C.A. Firenze, 1993
- M. GRASSO e Altri, Carta Geologica del settore nord-occidentale dell' avampaese ibleo e del fronte della falda di Gela, scala 1:25.000 – S.E.L.C.A. Firenze, 2004
- MONTANARI L. (1985) – Approccio alla Geologia Stratigrafica. Dario Flaccovio Ed.
- AZZARO R., BARBANO M.S., R. RIGANO', B. ANTICHI (2000) – Contributo alla revisione delle zone sismogenetiche della Sicilia. In: CNR- GNDT c/o Istituto Internazionale di Vulcanologia, Catania, Dipartimento di Scienze Geologiche, Università di Catania.
- CARBONE S., GRASSO M. & LENTINI F. (1982) – Elementi per una valutazione degli eventi tettonico-sedimentari dal Cretaceo al quaternario nella Sicilia sud-orientale. In: Catalano R. & D'Argenio B. (eds.), Guida alla Geologia della Sicilia occidentale - Bollettino Guide geologiche regionali - Mem. Soc. Geol. It., Suppl. A. v. XXIV, 103-109, Palermo;
- ARBONE S., GRASSO M. & LENTINI F. (1987) – Lineamenti geologici del Plateau Ibleo (Sicilia SE), presentazione delle Carte geologiche della Sicilia sud orientale. Mem. Soc. Geol. It., 38, 127-135, Palermo;
- FERRARA V. (1988) – Groundwater vulnerability in some karst areas of Hyblean Foreland (SE Sicily). Proc. 21st Congr. IAH: Karst Hydrogeology and karst environment protection, Guilin City – China 10 – 15 ottobre 1988. XXI, (2) 1053 - 1058
- GRASSO M. (2001) – The Appenninic - Maghrebien orogen in southern Italy, Sicily and adjacent areas. In: Vai G. B. & Martini I. P. (eds.), “Anatomy of an orogen: the Appennines and adjacent Mediterranean basins” - Kluwer Acad. Publ., UK, 255-286;
- LENTINI F. (1987): “Carta Geologica della Sicilia sud – orientale, in scala 1:100.000” – Università degli Studi di Catania – Istituto Scienze della Terra
- AURELI A. (1997): “Carta della Vulnerabilità delle falde idriche – Settore nord occidentale ibleo (Sicilia SE), in scala 1:50.000” – Università degli Studi di Catania – Istituto di Geologia e Geofisica
- AZZARO R., BARBANO M.S. (2000) – Contributo alla compilazione della carta delle faglie attive della Sicilia. In: Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-99), CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma (pp. 227–235).
- BASILONE L. (2012) - Litostratigrafia della Sicilia. Arti Grafiche Palermitane Ed., 159 pp.
- LOCATI M., CAMASSI R., ROVIDA A., ERCOLANI E., BERNARDINI F., CASTELLI V., CARACCILOLO C.H., TERTULLIANI A., ROSSI A., AZZARO R., D'AMICO S., CONTE S., ROCCHETTI E. (2016) – Database Macrosismico Italiano (DBMI15). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.2>.
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E., Antonucci A. (2019).

Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.2>.

ROVIDA A., LOCATI M., CAMASSI R., LOLLI B., GASPERINI P. (2016) – Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), <https://doi.org/10.6092/INGV.IT - CPTI15>.

ITHACA Working Group (2019). ITHACA (ITaly HAZard from Capable faulting), 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>.

per le mappe di pericolosità sismica si è fatto riferimento a Montaldo V., Meletti C., 2007 - Valutazione del valore della ordinata spettrale a 1sec e ad altri periodi di interesse ingegneristico. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D3,

- PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)-

REGIONE SICILIA – ASSESSORATO TERRITORIO E AMBIENTE – Unità fisiografica 8 Punta Braccetto-Porto di Licata

-ENEA Elementi di gestione costiera – parte I

-Per le cronologia degli eventi sismici che hanno interessato il territorio in oggetto di studio dal 1990 al 2005, ed i Comuni immediatamente limitrofi, lo scrivente ha fatto riferimento a Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A. (2021). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.3>

-Weatherspark.com – Cedar Lake Ventures