PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

MS Livello 1

Regione Sicilia

Comune di Motta Camastra

Convenzione in data 20/12/2011 tra il Dipartimento Regionale della Protezione Civile e l'Università degli Studi di Messina: *Indagini di Microzonazione sismica di Livello I in diversi Comuni della Regione Sicilia ai sensi dell'OPCM 3907/2010*

Contraente:	Soggetto realizzatore:	Data:
Regione Siciliana – Presidenza Dipartimento della Protezione Civile	Università degli Studi di Messina C.A.R.E.C.I. – Centro Attrazione Risorse Esterne e Creazione d'Impresa	Gennaio 2013

Sommario

1 INTRODUZIONE 6

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA 12

3 CENSIMENTO DATI 14

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 15

4.1 Analisi Morfologica e Altimetrica 15

4.2 Idrografia 17

4.3 Inquadramento geologico strutturale regionale 18

4.4 Assetto geologico strutturale dell'area esaminata 25

4.5 Stratigrafia dell'area esaminata 26

4.6 Analisi geomorfologica ed assetto dei versanti 32

4.7 Classificazione litologica dei terreni affioranti 34

5 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO 39

5.1 Sismicità storica della Sicilia orientale e Calabria meridionale 40

5.2 Strutture sismogenetiche e faglie attive 53

5.3 Sismicità storica del comune di Motta Camastra 56

6 METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE DELLE INDAGINI 60

7 ELABORATI CARTOGRAFICI 63

8 GEOGNOSTICA E GEOFISICA 71

8.1 Strumentazione utilizzata 71

8.2 Processing dei dati 72

8.3 Il Rumore sismico 73

8.4 Teoria sull'analisi del Rumore Sismico 75

8.5 Aree Interessate dalle indagini di MS 77

8.6 Rappresentazione dei valori di frequenza ottenuti 80

8.7 Modello geologico dell'area in studio e bedrock geofisico 82

8.8 Considerazioni sui risultati ottenuti 87

9 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) 88

9.1 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali 91

9.2 Zone suscettibili di instabilità 99

10 INDICAZIONI CONCLUSIVE 102

11 BIBLIOGRAFIA 103

12 ALLEGATI 110

Indice delle Figure

Figura 1 – Individuazione geografica dell'area 7

Figura 2 – Corografia dell'area 13

Figura 3 – Suddivisione del territorio in fasce altimetriche 17

Figura 4 – Carta delle pendenze e dei dissesti geomorfologici 33

Figura 5 – Legenda della carta geologico tecnica della microzonazione sismica: substrato rigido o non rigido 35

Figura 6 – Legenda della carta geologico tecnica della microzonazione sismica: terreni di copertura 36

Figura 7 – Carta geologico tecnica 38

Figura 8 – Distribuzione degli epicentri dei terremoti della Sicilia orientale e della Calabria meridionale nell'intervallo temporale 1000-1899 (CPTI11, Rovida et al.2011)..... 41

Figura 9 – Distribuzione degli epicentri dei terremoti della Sicilia orientale e della Calabria meridionale nell'intervallo temporale 1900-2006 (CPTI11,Rovida et al. 2011)..... 42

Figura 10 – Massime intensità risentite per ogni località della Sicilia orientale e della Calabria meridionale (DBMI11, Locati et al. 2011) 43

Figura 11 – 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)..... 45

Figura 12 – Campo macrosismico del terremoto del 06/02/1783 (Tiberti et al.2006)..... 47

Figura 13 – Campo macrosismico del terremoto del 07/02/1783 (Tiberti et al. 2006). 48

Figura 14 – Campo macrosismico del terremoto del 28/03/1783 (Tiberti et al. 2006)..... 48

Figura 15 – 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)..... 50

Figura 16 – Campo macrosismico del terremoto del 28/12/1908 (Bottari et al., 1984)..... 53

Figura 17 – Mappa delle principali strutture sismogenetiche. Database of Individual Seismogenic Sources (Basili et al., 2008) 54

Figura 18 – Mappa della distribuzione degli epicentri dei terremoti strumentali localizzati dall'INGV tra il 1981 e il 2011. Catalogo della sismicità italiana 1981-2002 (INGV, 2011)..... 55

Figura 19 – Grafico della storia sismica di Motta Camastra (DBMI11, Locati et al., 2011) 57

Figura 20 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi 58

Figura 21 – Comune di Motta Camastra: delimitazione delle aree indagate 78

Figura 22 – Distribuzione delle indagini HVSR in relazione alle aree indagate nel Comune di Motta Camastra 80

Figura 23 – Carta delle frequenze nel Comune di Motta Camastra 82

Figura 24 – Profilo A-A' 84

Figura 25 – Profilo B-B' 84

Figura 26 – Schema delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica 90

Figura 27 – Schema delle zone suscettibili di instabilità 91

Indice delle Tabelle

Tabella 1 – Trasposizione analitica degli elementi geomorfologici individuati (PAI). 33

Tabella 2 – Trasposizione analitica delle aree in dissesto individuate 34

Tabella 3 – Compendio della classificazione litologica 38

Tabella 4 – Storia sismica del comune di Motta Camastra (DBMI11 Locati et al., 2011); Is è l'intensità macrosismica risentita (MCS); Ax l'area epicentrale; Np è il numero di località in cui è disponibile il dato macrosimico; I_0 è l'intensità macrosismica dell'epicentro (MCS); M_W è la magnitudo momento dell'evento con accanto il grado d'incertezza della stima. 56

Tabella 5 – Valori di PGA stimati per il comune di Motta Camastra per differenti livelli di probabilità in 50 anni, o equivalentemente differenti periodi di ritorno, e per diverso percentile. I dati sono stati derivati dalla mappa digitale della pericolosità sismica sul sito INGV e risultano riferiti a suoli rigidi 59

Tabella 6 – Sorgenti del rumore sismico 74

Tabella 7 – Sigle dei siti di selezionati con relativa data di registrazione ed indicazione dell'uso del suolo 79

Tabella 8 – Quadro riassuntivo dei siti di registrazione con esibizione dei dati di frequenza elaborati (per tutti i siti l'accoppiamento suolo/sensore è diretto ed orientato verso Nord; tutti i rilievi sono stati eseguiti in condizioni di bel tempo..... 79

Tabella 9 – Risultati dei rilievi HVSR in relazione alla geologia ed all'altimetria 86

Indice delle Foto

Foto 1 - Veduta di Motta Camastra con, in primo piano, i banchi arenacei su cui è edificato il centro urbano 27

Foto 2 - Particolare di un affioramento della colata dell'Alcantara in cui l'azione fluviale ne ha eroso i volumi più incoerenti: la morfologia residua è priva di qualunque regolarità. In primo piano si notano i resti di lenti di brecce quasi completamente dilavate 29

Foto 3 - Sezione esposta dell'interno della colata dell'Alcantara in cui è evidente la suddivisione in prismi del volume deformati dalle spinte generate dai meccanismi di messa in posto. Si notano fratture secondarie, subortogonali alle prime, derivate da stress compensativi di tipo meccanico susseguenti il raffredamento 30

Foto 4 - Panoramica aerea del costone dove è edificato l'abitato di Motta Camastra 83

1 INTRODUZIONE

Nell'ambito dell'attuazione dell'Art. 11 del Decreto Legge 28/04/2009 n. 39, convertito, con modificazioni, dalla Legge 24/06/2009 n. 77 - Interventi di prevenzione del rischio sismico – Finanziamenti per indagini di Microzonazione Sismica, il Dipartimento Regionale della Protezione Civile ha sottoscritto tre distinte convenzioni, identiche nella sostanza, con le Università Siciliane.

La finalità delle convenzioni è lo svolgimento delle INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1 IN DIVERSI COMUNI DELLA REGIONE SICILIA, SECONDO LE SPECIFICHE E LE CONDIZIONI STABILITE DALL'OPCM N. 3907/2010

Le Università Siciliane, in questa prima fase di lavoro dovranno curare la micro zonazione sismica di 58 comuni individuati dal DRPC. Nello specifico l'Università degli Studi di Messina deve curare la micro zonazione sismica dei comuni elencati nell'Allegato A dell'ART. 1 della Convenzione.

La presente relazione illustrativa riguarda il territorio comunale di Motta Camastra in Provincia di Messina (Figura 1 – Individuazione geografica dell'area).

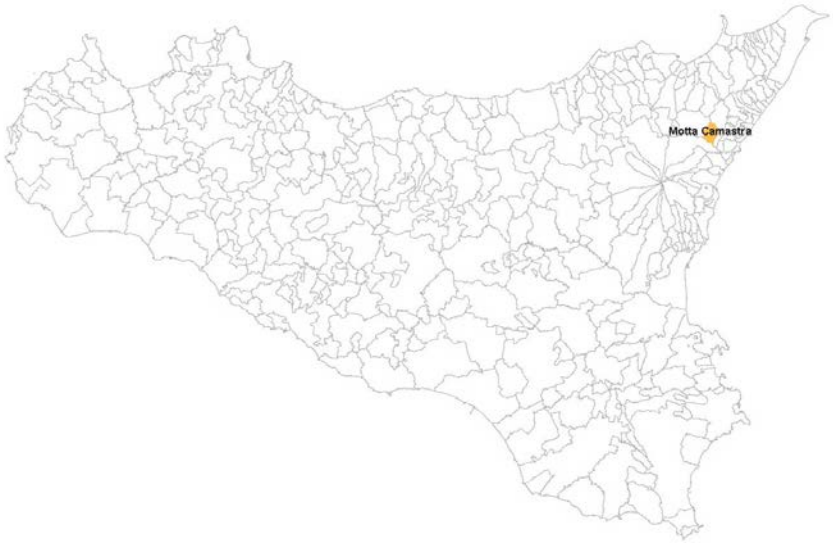


Figura 1 – Individuazione geografica dell'area

Il programma delle attività di cui alla convenzione è riportato nell' ART. 2 - PROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ ed articolato secondo quanto descritto nell' Allegato B nel quale, fra l'altro, sono riportati gli obiettivi da perseguire e gli elaborati finali che dovranno essere prodotti per ciascun Comune.

L'ALLEGATO B nello specifico recita:

"Studio geologico - tecnico ai fini della microzonazione sismica di livello 1 secondo le specifiche e le condizioni stabilite dall'OPCM 3907/2010" - PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO OGGETTO DELLA PRESENTE CONVENZIONE.

Finalità:

- Individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
- Definire il tipo di effetti attesi;
- Indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario;

- Definire il modello geologico, in termini di caratteristiche litologiche e geometriche delle unità geologiche del sottosuolo che costituirà la base per la microzonazione sismica.

Elaborati da produrre per ciascun Comune oggetto di studio, al momento della consegna dei risultati:

1) *Carta delle indagini*: in questo elaborato, a scala almeno 1:10.000 (preferibilmente di maggiore dettaglio) dovranno essere chiaramente indicate le prove pregresse raccolte e le aree dove si ritiene importante o indispensabile che vengano effettuate ulteriori indagini (si segnalano in questo modo le aree in cui le incertezze sui risultati di questo livello di approfondimento sono maggiori). Tutte le prove dovranno essere classificate in base al tipo ed alla profondità raggiunta.
2) *Carta geologica - geomorfologica*: derivata dalla revisione a scala dettagliata (1:10.000 - 1:5.000) dei rilievi geologici e morfologici disponibili. In questa cartografia dovranno essere rappresentati gli elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie. Dovranno essere chiaramente perimetrate le coperture detritiche, le aree instabili e quelle potenzialmente soggette a dissesti. Questa cartografia dovrà essere corredata da sezioni geologiche significative, in numero adeguato, orientate sia trasversalmente sia longitudinalmente ai principali elementi geologici (strutture tettoniche e assi dei bacini) e dovrà riguardare un'area con estensione significativa per la realizzazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.
3) *Carta delle frequenze naturali dei terreni (f)*, a scala almeno 1:10.000 (preferibilmente di maggiore dettaglio), derivate da indagini speditive di sismica passiva (HVSR sulle vibrazioni ambientali) o, se disponibili, SSR da registrazioni di terremoti. In questa carta dovranno essere riportati tutti i punti di misura, con associato il risultato della prova (valore di f_0 del picco significativo a più bassa frequenza corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale e di altri picchi significativi a più alta frequenza o indicazione dell'assenza di

picchi). Ove possibile, il territorio indagato sarà suddiviso in base a classi di frequenza allo scopo di distinguere aree caratterizzate da assenza di fenomeni di risonanza significativi (nessun massimo relativo significativo nelle funzioni HVSR o SSR nell'intervallo 0.1 - 20 Hz) o da presenza di fenomeni di risonanza.

4) *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)*: è il documento fondamentale di questo livello di approfondimento. In questa cartografia dovranno essere chiaramente indicate le aree in cui si ritiene necessario effettuare indagini e analisi di microzonazione sismica e i livelli di approfondimento ritenuti necessari. Nelle aree di pianura dovrà essere realizzata anche la carta dei depositi di sottosuolo che possono influenzare il moto in superficie (es.: isobate del tetto dei depositi grossolani tipo ghiaie di conoide, isobate del tetto dei corpi sabbiosi presenti nei primi 20 m di profondità, isobate del tetto della falda, isobate della base dei depositi continentali, isobate di discontinuità stratigrafiche importanti, ...).

Le microzone della carta saranno classificate in tre categorie:

a) *zone stabili*, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco acclive – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°); in queste zone non sono quindi richiesti ulteriori approfondimenti;

b) *zone stabili suscettibili di amplificazioni locali*, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale; nelle zone con variazioni stratigrafiche laterali poco significative (zone di pianura, valli ampie) sono ritenuti sufficienti approfondimenti di secondo livello; nelle zone in cui la stratigrafia presenta variazioni laterali significative e il modello geologico non è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale, come valli strette, conche intramontane e fasce pedemontane o zone prossime a strutture tettoniche sepolte (in prima approssimazione: zone con coefficiente di

forma C > 0.25 dove C = H/L, H = spessore della coltre alluvionale, L = semiampiezza della valle), sono richiesti approfondimenti di terzo livello;

c) *zone suscettibili di instabilità*, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (instabilità di versante in presenza di pendii instabili e potenzialmente instabili, liquefazioni, densificazioni, cedimenti differenziali).

5) *Relazione illustrativa* in cui dovranno essere descritti tutti gli elementi caratterizzanti i documenti sopra indicati e le aree in cui effettuare indagini, con indicazione del tipo di prove da realizzare. Poiché una delle finalità fondamentali di questo livello di approfondimento è la definizione del modello geologico del sottosuolo che costituirà la base per la microzonazione sismica, dovrà essere accuratamente descritta la stratigrafia e fornita una stima indicativa, su basi geologiche, della profondità dell'orizzonte ipotizzato essere il substrato rigido. La definizione del substrato rigido è uno degli obiettivi degli approfondimenti successivi.

Nella successiva tabella (*Tabella 2 della convenzione*) che segue viene riepilogato il quadro conoscitivo minimo che deve essere raggiunto per ciascun Comune, al termine delle attività previste dalla convenzione:

INDAGINI MINIME OBBLIGATORIE	Raccolta dei dati pregressi ritenuti utili ai fini degli studi tra quelli resi disponibili da Amministrazioni pubbliche e/o private: es. rilievi geologici, geomorfologici, geologico – tecnici, indagini geofisiche, sondaggi e stratigrafie desunte da pozzi, etc. ; Rilevamenti geologici di controllo sul terreno; Eventuali nuove indagini: esecuzione di ulteriori indagini geofisiche e geologico - tecniche, qualora la raccolta dei dati pregressi non consenta la ricostruzione di un quadro conoscitivo sufficientemente attendibile rispetto agli obiettivi del livello 1; Misure passive del rumore ambientale, mediante tecnica a stazione singola.
ANALISI ED ELABORAZIONI	Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili;

	Rilettura, sintesi dei dati.
PRODOTTI FINALI OBBLIGATORI	Carta delle indagini (sia esistenti che di nuova realizzazione); • Carta geologica – geomorfologica, almeno a scala 1:5.000 – 1:10.000, di un'area con estensione significativa per la realizzazione della carta delle Microzone; • Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica almeno a scala 1:5.000 – 1:10.000; • Carta delle Frequenze di un'area con estensione significativa per la realizzazione della carta delle Microzone; Relazione tecnica illustrativa.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA

La presente relazione illustrativa è stata redatta per il territorio comunale di Motta Camastra in Provincia di Messina, settore ionico.

Il territorio comunale di Motta Camastra è ubicato nella parte nord-orientale dei Monti Peloritani, sul versante ionico della Provincia di Messina, occupa un'estensione di circa 25,12 Kmq (Figura 2 – Corografia dell'area) e ricade, nella cartografia ufficiale in scala 1:25.000 edita dall'I.G.M., nelle tavolette "Limina" F° 262 I NO, "Rocca Novara" F° 262 IV NE, "Castiglione di Sicilia" F° 262 IV SE e "Taormina" F° 262 I SO.

L'abitato di Motta Camastra ricade sul fianco destro del Vallone Zangala, sulla culminazione dello spartiacque secondario di due aste torrentizie di questo tributarie.

Amministrativamente è caratterizzato dal centro abitato di Motta Camastra, dove risiede la maggior parte della popolazione ed è sede Municipale, nonché dalle frazioni di Fondaco, Fondaco Motta e San Cataldo. Gli abitanti censiti sono circa 894.

Dal punto di vista morfologico a fronte di un'escursione altimetrica compresa tra quota 110 m s.l.m. e quota 1374 m s.l.m., raggiunta in corrispondenza del rilievo di Montagna Grande, le caratteristiche sono quelle montuoso collinari.

La fisiografia evolve dall'ambiente collinare a quello montuoso ed è possibile distinguere, nell'area oggetto di studio una zona di fondo valle e sub collinare (da 100 fino a circa 200 m s.l.m.), limitato settore che ricade in corrispondenza dell'alveo del fiume Alcantara ed allo sbocco, entro questo, del torrente San Cataldo, zona da sub collinare a collinare (da 200 fino a circa 600 m s.l.m.), che si sviluppa entro la valle dei torrenti San Cataldo e Vallone Zangala e una zona montana (oltre 600 m s.l.m.) che si localizza unicamente nel settore più settentrionale del territorio comunale realizzando un paesaggio di rilievi frequentemente allineati contrassegnati da pendii ripidi ed impluvi delle aste torrentizie molto incassati.

Figura 2 – Corografia dell'area

3 CENSIMENTO DATI

La microzonazione sismica (MS) è uno strumento di supporto per la governance del territorio nonché per la progettazione e la pianificazione delle emergenze di protezione civile pertanto, scopo della MS è individuare ad una scala sufficientemente grande (scala comunale) le condizioni locali che possono indurre a sensibili modifiche del moto sismico atteso e/o a deformazioni permanenti sul territorio, sulle costruzioni ed alle infrastrutture. La qualità dello studio di MS è funzione del livello di approfondimento degli studi condotti nell'area oggetto di studio ed è fortemente condizionato dai budget messi a disposizione da chi redige lo studio.

Visto il forte impatto che la MS ha sulla pianificazione territoriale si è ritenuto opportuno dare priorità al censimento agli studi geologici prodotti a supporto dei Piani Regolatori Generali Comunali al fine di analizzare lo stato conoscitivo in termini di modelli geologici, geotecnici, geomorfologici (dissesti e alluvioni) e sismicità su cui si è pianificato lo sviluppo urbano del territorio. Per questo studio di I livello, però, non è stato possibile acquisire nessuna documentazione tecnica relativa sia al P.R.G. sia a studi geologici a livello comunale pertanto si è unicamente fatto riferimento ai dati di bibliografia ed alla Relazione e banca dati dei dissesti geomorfologici del PAI.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Quanto riportato in questo capitolo è il risultato di un'attenta analisi e revisione degli elaborati tecnici acquisiti (*tabella 2 della convenzione)* dall'Amministrazione Comunale e della consultazione e sintesi di quanto disponibile nella bibliografia specializzata.

Particolare attenzione è stata rivolta all'esame delle caratteristiche morfologiche, altimetriche, litologiche e geomorfologiche dei versanti, elementi di estrema rilevanza per la definizione della "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica".

Le analisi eseguite sono riportate nei sottoparagrafi di seguito elencati:

- Analisi Morfologica e Altimetrica
- Idrografia
- Inquadramento geologico strutturale regionale
- Assetto geologico strutturale e stratigrafico dell'area esaminata
- Analisi geomorfologica e assetto dei versanti
- Classificazione litologica dei terreni affioranti

4.1 Analisi Morfologica e Altimetrica

Il territorio comunale di Motta Camastra, che si estende per una superficie complessiva di circa 25,12 Kmq, rientra nel settore nordorientale della Sicilia e ricade nel comparto più meridionale dei Monti Peloritani lungo il versante sinistro della valle del fiume Alcantara (096 della classificazione del PAI).

Confina a N e NE con il comune di Antillo, ad E con il comune di Graniti, a S e SO con il comune di Castiglione di Sicilia ed a O e NO con il comune di Francavilla di Sicilia.

Il motivo dominante del paesaggio è il fianco sinistro della valle del Fiume Alcantara che, in questo tratto, espone versanti da mediamente acclivi a molto acclivi ed è solcato dal reticolo dei suoi affluenti.

Entro il territorio comunale rientra la cresta morfologica che delimita il bacino del torrente S. Cataldo, ad E, da quello del torrente Vallone Zangala, ad O, entrambi tributari del fiume Alcantara.

L'abitato di Motta Camastra ricade sul fianco destro del Vallone Zangala, sulla culminazione dello spartiacque secondario di due aste torrentizie di questo tributarie.

Dal punto di vista morfologico a fronte di un'escursione altimetrica compresa tra quota 110 m s.l.m. e quota 1374 m s.l.m., raggiunta in corrispondenza del rilievo di Montagna Grande, le caratteristiche sono quelle montuoso collinari. La fisiografia evolve, pertanto, dall'ambiente collinare a quello montuoso, ed è ben riassunta nella dorsale, del citato spartiacque, che dalle quote minori, prossime all'alveo dell'Alcantara, raggiunge, con uniforme progressione, la massima elevazione in corrispondenza di Portella Tre Fontane (1119 m s.l.m.).

Dal punto di vista altimetrico è possibile distinguere, nell'area oggetto di studio, tre zone:

- zona di fondo valle e sub collinare (da 100 fino a circa 200 m s.l.m.), limitato settore che ricade in corrispondenza dell'alveo del fiume Alcantara ed allo sbocco, entro questo, del torrente San Cataldo;
- zona da sub collinare a collinare (da 200 fino a circa 600 m s.l.m.), che si sviluppa entro la valle dei torrenti San Cataldo e Vallone Zangala;
- zona montana (oltre 600 m s.l.m.) che si localizza unicamente nel settore più settentrionale del territorio comunale realizzando un paesaggio di rilievi frequentemente allineati contrassegnati da pendii ripidi ed impluvi delle aste torrentizie molto incassati.

La figura di seguito proposta (Figura 3 – Suddivisione del territorio in fasce altimetriche) rappresenta l'andamento altimetrico del territorio comunale suddiviso nei seguenti intervalli: 100-200 m; 200-600 m; 600-1278 m. Ancora, in Figura 3, è rappresentato il contorno delle aree urbanizzate del comune di Motta Camastra.

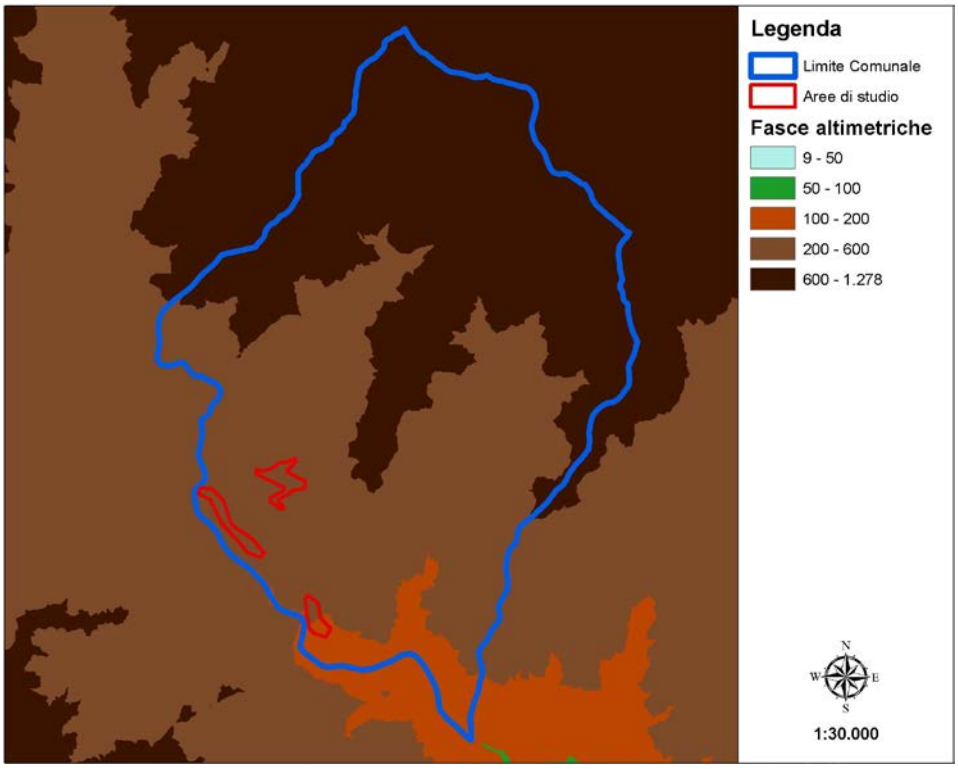


Figura 3 – Suddivisione del territorio in fasce altimetriche

4.2 Idrografia

Gli elementi del reticolo idrografico che più tipicamente si sviluppano nel quadro fisiografico dei Monti Peloritani e più in generale nell'arco Calabro Peloritano, sono le "fiumare" che rappresentano elementi delle rete fluviale caratterizzati da un regime idrologico tipicamente torrentizio, fortemente influenzato dalle precipitazioni stagionali.

Il relativo corso fluviale possiede uno sviluppo che, nel suo complesso, può essere suddiviso in due parti:

- tratto montano - collinare: in questo settore il corso d'acqua si contraddistingue per una ridotta lunghezza ed elevata pendenza e, in particolare, nei tratti medio alti delle aste fluviali, l'elevato trasporto solido assume caratteri di debris flow;
- tratto vallivo: caratterizzato da minori pendenze e ampi letti fluviali, spesso sovralluvionati, a testimonianza delle impetuosità delle portate di piena.

Il territorio comunale di Motta Camastra ricade interamente all'interno del bacino idrografico del fiume Alcantara. Il reticolo idrografico superficiale è tutto incentrato sul corso dei torrenti San Cataldo ad E e Vallone Zangala ad O e appare ben sviluppato con innesti delle aste fluviali molto angolati, sebbene le aste fluviali di ordine superiore tendono a mantenere percorsi brevi e rettilinei, mentre quelli di ordine inferiore tendono a sviluppare percorsi più articolati in cui non è difficile intravedere controlli della tettonica.

Gli elementi del reticolo sono linee di deflusso preferenziale, linee d'impluvio e torrenti veri e propri che scorrono entro valli incassate con sagoma dei talweg a V molto stretta ed elevata pendenza del profilo longitudinale.

Le aste principali, i citati Torrente San Cataldo e Vallone Zangalo, mostrano strutture vallive a V nella parte alta del bacino che evolvono, gradualmente, ad un profilo più piatto verso le rispettive aree di confluenza con il fiume Alcantara.

L'insieme è quello tipico di uno stadio giovanile, tuttora in evoluzione, la cui dinamica è ravvisabile anche nella frequente osservazione di alvei dei torrenti che scorrono a quote inferiori a quelle delle loro stesse alluvioni, dimostrando l'attualità dell'azione erosiva che si evidenzia con fenomeni di scalzamento alla base dei versanti ed erosioni di sponda che si intensificano durante le piene stagionali generalmente coincidenti con gli eventi piovosi più intensi e prolungati.

4.3 Inquadramento geologico strutturale regionale

Per una più compiuta definizione dell'assetto geologico del territorio del Comune di Motta Camastra si è utilmente fatto riferimento alla geologia settore

nordorientale della Sicilia e, in particolare, alla zona del versante ionico dei monti Peloritani, nell'ambito della quale questo ricade.

E' stata consultata la seguente cartografia geologica:

- FOGLIO 601 DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1:50.000) E LE RELATIVE NOTE ILLUSTRATIVE;
- FOGLIO 613 DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1:50.000) E LE RELATIVE NOTE ILLUSTRATIVE;
- CARTA GEOLOGICA DELLA PROVINCIA DI MESSINA (1:50.000);
- CARTA GEOLOGICO-MORFOLOGICA DELL'AREA DI TAORMINA (1:5.000);
- CARTA GEOLOGICA DEI MONTI DI TAORMINA (1:25.000);
- CARTA GEOLOGICA DEL GOLFO DI PATTI (1:50.000);
- SCHEMA GEOLOGICO DELLA SICILIA NORD ORIENTALE (1:200.000)

I primi dati geologici significativi relativi a questa zona derivano da rilevamenti effettuati alla fine dello scorso secolo da SEGUENZA (1869), da CORTESE (carta geologica del foglio n. 254, Messina, 1882) e da BALDACCI (1886).

Si tratta di lavori di base di notevole interesse in quanto rappresentano una sintesi delle precedenti conoscenze settoriali, Particolare importanza per la conoscenza della struttura geologica della Catena Peloritana rivestono la carta geologica alla scala 1:100.000 del Servizio Geologico d'Italia elaborata da BALDACCI (1886) e la relativa "Descrizione geologica dell'isola di Sicilia".

Il lavoro espone una descrizione piuttosto dettagliata delle formazioni geologiche esistenti, basata su una concezione statica dei terreni, ma lontana dalle concezioni successivamente maturate, soprattutto per merito delle intuizioni, delle interpretazioni e degli studi, successivamente elaborati da LUGEON ed ARGAND (1906) e da QUITZOW (1935).

Questi autori anticipano, nelle linee generali, le attuali concezioni sull'assetto tettonico della Sicilia nordorientale, attribuendo le inversioni dell'ordine stratigrafico, osservato per talune successioni litologiche, a fenomeni di trasporto orogenico e avanzando la teoria dei grandi "carreggiamenti", successivamente ripresa e documentata, per altre zone della Sicilia, da FABIANI e TREVISAN (1940), BENEO (1949, 1950), SCHMIDT DI FRIEDBERG (1959).

Un notevole contributo alla conoscenza degli aspetti petrografici e strutturali dei Peloritani deriva anche dagli studi eseguiti da ANDREATTA (1941).

Nel 1960 viene pubblicato da OGNIBEN lo "Schema geologico della Sicilia nordorientale" che rappresenta una sintesi dei dati stratigrafici, petrografici e tettonici precedenti e costituisce un fondamentale ed originale contributo alla conoscenza delle condizioni geostrutturali della regione.

In sintesi OGNIBEN riconosce l'esistenza di una successione geologica basale ("Complesso basale") cui si sovrappongono tettonicamente vari "complessi" di terreni costituiti da singole successioni, suddivise in una o più "falde di trasporto", a loro volta ricoperte da terreni postorogeni ("Complesso neoautoctono").

Lo schema proposto da OGNIBEN viene, negli anni successivi, avvalorato e parzialmente adeguato sia in base alle indagini di dettaglio eseguite dallo Stesso (1970, 1971) sia da numerosi altri studiosi tra i quali, per brevità, si citano TRUILLET (1968), DUEE (1969), ATZORI (1970, 1972), ATZORI et alii (1974), LENTINI e VEZZANI (1975, 1978), AMODIO MORELLI et alii (1976), GHISETTI e VEZZANI (1978), BONARDI (1980), GIUNTA et alii (1980), NIGRO e SIDOTI (1993), CARBONE et alii (2007).

Per quanto riguarda specificatamente la zona considerata un quadro geostrutturale aggiornato viene rappresentato sulla "Carta geologica dei monti di Taormina" alla scala 1:25.000 (1994) curata da CARBONE et alii dell'Istituto di Geologia dell'Università di Catania e nella "Carta geologica della Provincia di Messina" alla scala 1:50.000 a cura di LENTINI et alii, (2.000).

Allo stato attuale delle conoscenze i lineamenti geostrutturali della Sicilia nordorientale possono essere sintetizzati nello schema descritto di seguito, tratto dai lavori a larga scala estesi a tutta la catena peloritana-nebroidea. Per semplicità non si fa riferimento ad altri significativi studi, non sempre concordanti con quanto di seguito descritto, non sempre sufficientemente estesi e dettagliati.

L'unità stratigrafica più bassa, nota con la denominazione di "Flysch Numidico", è costituita da una potente successione di argille brune con intervalli di quarzareniti. La formazione affiora in vasta zona, nel settore occidentale del territorio della provincia di Messina, ad O-SO del torrente Furiano, fino a Mistretta, Castel di Lucio e Tusa.

In sovrapposizione tettonica al Flysch Numidico si sovrappongono varie unità raggruppate nel "Complesso Sicilide

L'unità di base è costituita dalla Formazione delle "Argille scagliose", costituita da prevalenti argille varicolori caoticizzate inglobanti lenti litoidi eterogenee. Questi terreni affiorano nel bacino del torrente Furiano, in una fascia che si estende in modo frastagliato, da S. Fratello a Cesarò, nonchè, in placche discontinue, nei territori di Capizzi, Caronia, Mistretta e Tusa.

Le argille scagliose passano superiormente ad un'alternanza calcareo-marnosa con calcilutiti biancastre e rari livelli calcarenitici riferibili alla "Formazione di Polizzi".

Segue un intervallo di "Argille varicolori" e quindi un'alternanza di marne, calcari marnosi e arenarie tufitiche appartenenti alla unità del "Flysch di Troina-Tusa", affiorante nelle zone di S. Teodoro, Mistretta e Tusa.

Il vasto territorio nebroideo compreso tra Acquedolci, Cesarò e S. Domenica di Vittoria, è costituito da un'altra unità alloctona in facies di flysch denominata "Flysch di M. Soro" e riferita ad un'età cretaceo-eocenica.

Nell'ambito di questa formazione vengono distinti vari intervalli (o "membri") di cui uno, inferiore, a composizione argilloso-calcarea, uno intermedio a composizione argilloso-arenacea e una parte sommitale prevalentemente quarzarenitica.

Il complesso dei terreni sicilidi si chiude con un'alternanza argilloso-arenaceo-conglomeratica denominata "Flysch di Reitano" le cui aree di affioramento sono localizzate nei Nebrodi occidentali e, nella zona a SSE del comprensorio di Taormina, sul fianco destro del fiume Alcantara, con la "Formazione di Piedimonte" costituita da una successione argilloso-arenacea oligocenica.

In sovrapposizione tettonica sui terreni del Complesso Sicilide, e in particolare sul Flysch di M. Soro, si accavalla, lungo l'allineamento S. Fratello-Sant'Agata di Militello-Roccella Valdemone-Taormina, un'altra successione di terreni alloctoni che, nel loro insieme, formano il "Complesso Calabride", che si estende nel settore nebroideo orientale e nella catena peloritana.

Questo è formato da varie falde di ricoprimento costituite da terreni di origine metamorfica con placche discontinue di una copertura sedimentaria prevalentemente carbonatica.

La posizione strutturale delle falde è chiaramente indicativa di un'inversione dell'originaria successione stratigrafica in quanto le varie unità sono in atto accavallate in ordine di metamorfismo crescente.

In pratica, in ordine di sovrapposizione dal basso verso l'alto, si riscontrano le seguenti successioni litologiche.

In corrispondenza della fascia di sovrapposizione con i terreni sicilidi, e cioè lungo l'allineamento sopra indicato, vengono distinte tre unità strutturalmente molto simili denominate rispettivamente "Unità di Capo S. Andrea", "Unità di Longi-Taormina", "Unità di S. Marco D'Alunzio".

Si tratta di tre successioni costituite da un intervallo basale di metamorfiti di basso grado, a prevalenti semiscisti clorico-sericitici grigio-nerastri e filladi, e da una sovrastante successione sedimentaria, talora lacunosa e condensata, comprendente un livello di arenarie e conglomerati rossi e una serie carbonatica a calcari, dolomie, calcari marnosi e marne in facies di "scaglia".

Ancora piuttosto simile alle precedenti risulta la "Unità di Rocca Novara" affiorante nella zona di Novara di Sicilia, anch'essa costituita di metamorfiti di basso grado e da lembi residui di una copertura carbonatica.

Seguendo l'ordine di sovrapposizione tettonica si passa ad una unità a prevalenti filladi con discontinui lembi di calcari e calcari marnosi, denominata "Unità di Mandanici".

Il Complesso Calabride si chiude con la "Falda dell'Aspromonte", costituita da metamorfiti di medio-alto grado a prevalenti micascisti, gneiss biotitici e occhiadini con intrusioni aplitico-pegmatitiche.

Questa unità forma l'ossatura dei Peloritani orientali, da Messina a Castroreale, affiorando in modo discontinuo fino a Capo Calavà e a Capo d'Orlando.

Le Unità calabridi vengono ricoperte, in discordanza, dal "Flysch di Capo d'Orlando", di età compresa tra l'Oligocene ed il Miocene inferiore, formato da un intervallo basale conglomeratico, in lenti talora piuttosto potenti, e da una successione di prevalenti arenarie grigio-giallastre con subordinati livelli o interstrati argillitico-siltosi.

Questa formazione risulta molto estesa nella fascia di passaggio tra i Peloritani e i Nebrodi, e si rinviene anche in placche discontinue sovrapposte alle metamorfiti nel settore SE dei Peloritani fino alle aree di Limina e S. Alessio Siculo.

Dall'analisi dell'assetto strutturale del flysch emergono chiare evidenze indicative di un parziale coinvolgimento dello stesso nei movimenti tettonici che hanno coinvolto la successione delle unità metamorfiche.

In ricoprimento tettonico sul Flysch di Capo d'Orlando, e sulle unità calabridi, si rinvengono, più diffusamente sul versante tirrenico della dorsale peloritana, ad Est dell'allineamento Brolo-Floresta e fino a S. Lucia del Mela, numerose placche di argille caotiche variegate che nella letteratura specializzata vengono individuate con la denominazione di "Complesso Sud-Liguride" o "Argille Scagliose Antisicilidi".

Su questa unità poggiano in discordanza tettonica delle arenarie glauconitiche piuttosto smembrate note con la denominazione di "Calcareniti di Floresta", corrispondenti al "Complesso Post-sudliguride" di OGNIBEN (1960).

Le formazioni geologiche già descritte, tutte collegate alla dinamica dell'orogenesi alpina, vengono localmente ricoperte da una successione di terreni postorogeni autoctoni essenzialmente costituita da:

- una formazione basale conglomeratico-arenacea-sabbiosa o marnosa datata al Miocene superiore, affiorante lungo le fasce pedemontane del settore NE del territorio provinciale di Messina;
- livelli, piuttosto limitati, di depositi di facies evaporitica (Serie Gessoso-Solfifera) con lenti di calcari bianchi, spesso brecciati, gessi, gessareniti e livelletti di argille gessose, passanti verso l'alto a marne e calcari marnosi bianchi a foraminiferi (Trubi). Questi terreni si rinvengono in numerose placche piuttosto scompaginate dalla periferia di Messina (zona di Annunziata e Giostra e nell'area di Castanea-Gesso) fino a Villafranca Tirrena - Rometta, Venetico, Roccavaldina e Pace del Mela, ed altri piccoli affioramenti nella zona ad Ovest, fino a Patti;
- una successione di marne e argille azzurre passanti a facies sabbioso-calcarenitiche, di età plio-pleistocenica, presente lungo l'immediato entroterra costiero da Villafranca a Furnari (facies argilloso-sabbiose) nonchè, in placche isolate, in altre località, come a Naso e Rometta;

- la formazione pleistocenica delle "sabbie e ghiaie di Messina" costituita da depositi di sabbie, ghiaie e conglomerati di origine fluvio-deltizia, affiorante in placche con spessore fino ad oltre 200 metri, sulle propaggini collinari prospicenti la linea di costa, nella fasce costiere tra S. Alessio e Nizza di Sicilia e a Nord di Messina. Relativamente alla loro genesi le Ghiaie di Messina sono oggetto di differenti interpretazioni infatti secondo alcuni autori sono considerate trasgressive su tutti i termini sottostanti (LOMBARDO, 1980; GHISETTI, 1981; ATZORI et alii, 1983) mentre, BARRIER (1987) considera questi corpi come una facies deltizia diacrona, regressiva a progradazione centripeta diretta verso il centro dello Stretto, in seguito al brusco sollevamento dei retrostanti terreni cristallini. In ogni caso tutti concordano nel definire le Ghiaie di Messina come una successione sedimentaria di ambiente transizionale dove è possibile distinguere una porzione basale tipicamente marina e una porzione superiore tipica degli ambienti transizionali costieri;
- i depositi alluvionali di origine fluviale, terrazzati, recenti o attuali, a composizione sabbiosa ghiaiosa che, lungo le fasce costiere e i fondovalle dei corsi d'acqua principali, ricoprono le unità precedentemente descritte, con spessori talora piuttosto consistenti.

Gli studi più recenti tendono ad inquadrare la situazione strutturale della zona nell'ambito del quadro tettonico legato all'orogene appenninico-maghrebide (Africa settentrionale). In tale ottica nel settore NE della Sicilia s'individuerebbero due elementi strutturali principali tettonicamente sovrapposti e denominati: "Catena Kabilo-Calabride" e "Catena Appenninico-Maghrebide" (LENTINI et alii, 1995). La Catena Kabilo-Calabride comprende le falde di ricoprimento con basamento metamorfico, con le relative coperture mesocenozoiche e costituisce l'ossatura dei Peloritani. Essa si sovrappone, lungo un fronte compreso tra S. Agata di Militello e Taormina, alla Catena Appenninico-Maghrebide, prevalentemente costituita terreni sedimentari in parte riferibili al "Complesso Sicilide" di OGNIBEN, (Argille scagliose, Flysch di M. Soro, FLysch Numidico).

In riferimento agli schemi strutturali sopra citati, in letteratura si rinvengono numerosi altri lavori tendenti a definire le caratteristiche tettoniche, litologiche e

stratigrafiche delle varie unità o a proporre modelli cinematici o tettonico-strutturali spesso in netto contrasto tra di loro.

I temi trattati nei suddetti lavori, pur se interessanti dal punto di vista del perfezionamento del modello geologico strutturale regionale, risultano poco rilevanti ai fini dell'analisi della geologia di ambito comunale, in relazione agli scopi degli odierni studi.

4.4 Assetto geologico strutturale dell'area esaminata

Le caratteristiche geologiche e stratigrafiche del territorio comunale di Motta Camastra sono state definite attraverso l'analisi dei dati derivabili dalla cartografia disponibile integrati con quelli della bibliografia consultata

L'areale delimitato ricade nell'ambito del settore orientale dei Monti Peloritani che, dal punto di vista geologico strutturale, costituisce il lembo meridionale dell'Arco Calabro Peloritano che raccorda la Catena Appenninica Meridionale alla Catena Siculo - Maghrebide.

I terreni affioranti sono di natura sedimentaria e vulcanica, con rapporti giaciturali regolati da complesse strutture tettoniche determinate da grandi dislocazioni a "falde di ricoprimento" verificatesi nel corso dell'orogenesi alpino - appenninica e, successivamente, dai movimenti epirogenetici che hanno portato al sollevamento della dorsale settentrionale della Sicilia.

Nell'areale selezionato per il presente studio affiorano esclusivamente terreni, riferibili alla formazione nota in bibliografia come Flysch di Capo d'Orlando, ricoperti, in corrispondenza dell'alveo delle aste fluviali principali, da terreni vulcani ed alluvionali recenti ed attuali.

Il Flysch di Capo d'Orlando, denominazione storicamente usata per indicare potenti alternanze detritiche pelitico arenacee, che nelle moderne concezioni sull'evoluzione tettonica dell'area ha perso l'originario senso stratigrafico e deposizionale, ricopre in trasgressione le unità tettoniche affioranti in questo comparto della Catena Peloritana. La giacitura e le caratteristiche strutturali di questi depositi flyschioidi, infatti, rivelano un parziale coinvolgimento nei movimenti tettonici, che hanno determinato la messa in posto delle successioni metamorfiche,

suggerendone la collocazione stratigrafica, nel contesto dell'evoluzione tettonica, in ambito sintettonico.

Infine va segnalata sia l'esistenza di varie dislocazioni per faglie dirette, a sviluppo essenzialmente locale, legate ai movimenti di assestamento, in fase epirogenetica, dei volumi più superficiali dell'ammasso roccioso.

4.5 Stratigrafia dell'area esaminata

- Flysch di Capo d'Orlando (Oligocene inferiore - Burdigaliano inferiore)
Alternanza Arenaceo Argillosa;
- Colate laviche (15 ka - 3,9 ka);
- Alluvioni recenti (Olocene);
- Alluvioni attuali (Olocene);
- Detrito di versante (Olocene).

Inoltre sono stati evidenziati i seguenti elementi:
- contatti tettonici generici (probabili linee di frattura, lineazioni morfologiche desunte da aerofoto-interpretazione).
- linee di ricoprimento tettonico.

Flysch di Capo d'Orlando

Nella selezione areale considerata affiora una successione di facies torbiditiche conglomeratico - arenacee che evolvono verso l'alto e lateralmente a facies arenacee o arenaceo - pelitiche, e più rare facies pelitiche o pelitico-arenacee.
Tali sequenze sono riferibili alla parte apicale della formazione del "Flysch di Capo d'Orlando" trasgressiva sulle Unità metamorfiche.
Si tratta di una potente sequenza, costituita da depositi detritici generalmente distinguibili in un conglomerato basale che evolve verso l'alto, ma anche lateralmente, ad un'alternanza argilloso arenacea. Al coinvolgimento della formazione nei movimenti tardo - orogenici può essere imputata la genesi di alcune faglie, di fratture e della fitta rete di fessurazioni che interessano questa unità.
Nell'area selezionata che si distribuisce nell'ambito delle principali aree urbanizzate

del comune di Motta Camastra, prevale il litotipo pelitico, con sottili intercalazioni di torbiditi arenacee, che lateralmente passa ad un'alternanza arenaceo argillosa a torbiditi sottili entro cui si intercalano livelli arenacei microconglomeratici, di composizione arkosica, localmente a grossi banchi, vistosamente riscontrabili, dal punto di vista morfologico, nella rocca dove sorge il centro abitato principale di Motta Camastra (Foto 1).

Foto 1 - Veduta di Motta Camastra con, in primo piano, i banchi arenacei su cui è edificato il centro urbano

La formazione appare fortemente tettonizzata, in modo discontinuo ed attraversata da più sistemi di fratturazione, rendendo variabilmente disarticolati i livelli più competenti dell'ammasso che, pertanto, nelle aree più acclivi ed esposte agli agenti esogeni è incline al crollo di blocchi e materiale più minuto. La potenza massima è stimata in 600 metri.

Colate laviche

Si tratta di una copertura di vulcaniti recenti a composizione basaltica e morfologia superficiale di tipo "aa", riferibile a due distinti episodi eruttivi della formazione di Torre del Filosofo: lave di Monte Moio e lave dell'Alcantara (CATALANO, 2009). Le prime sono riconducibili all'attività effusiva di Monte Moio, apparato eruttivo eccentrico, che si è formato sulla sinistra orografica del fiume Alcantara, mentre per le seconde non è più possibile individuare il centro di emissione ormai ricoperto da spandimenti lavici più recenti.
La colata di Monte Moio si è riversata nel corso del fiume Alcantara arrestandosi all'altezza dell'abitato di Francavilla di Sicilia. Tale colata è coperta dalla colata dell'Alcantara che ne occupa il corso d'acqua per tutta l'estensione fino a raggiungere la costa ionica formando Capo Schisò. I fronti più avanzati di questa colata si localizzano in mare ad una distanza di circa 3 km dalla costa (DEL NEGRO & NAPOLI, 2002).
L'insieme è schematizzabile come un ammasso, prevalentemente roccioso, in cui volumi a struttura lapidea e variabile fratturazione si ritrovano caoticamente associati verticalmente e lateralmente, a volumi costituiti da brecce autoclastiche eterometriche a granulometria da sabbiosa a ghiaiosa fino a blocchi, a volte di grandi dimensioni, tutti a spigoli vivi e struttura scoriacea normalmente al letto ed ai fianchi dello spandimento (Foto 2).

Foto 2 - Particolare di un affioramento della colata dell'Alcantara in cui l'azione fluviale ne ha eroso i volumi più incoerenti: la morfologia residua è priva di qualunque regolarità. In primo piano si notano i resti di lenti di brecce quasi completamente dilavate

All'interno del fiume Alcantara la colata è stata erosa lungo tutto il suo spessore. L'asportazione dei volumi incoerenti e delle porzioni lapidee più scomposte ha messo a nudo il nucleo più interno della colata, costituito dalle strutture colonnari che rappresentano l'aspetto più noto e spettacolare di questo comparto dell'Alcantara.
L'ammasso è pertanto fittamente attraversato da una rete di discontinuità di cui le più frequenti derivano dagli effetti della contrazione termica, che la colata subisce durante il raffreddamento e che riescono a disarticolare l'insieme anche durante la fase plastica (Foto 3).

Foto 3 - Sezione esposta dell'interno della colata dell'Alcantara in cui è evidente la suddivisione in prismi del volume deformati dalle spinte generate dai meccanismi di messa in posto. Si notano fratture secondarie, subortogonali alle prime, derivate da stress compensativi di tipo meccanico susseguenti il raffredamento

Un sistema secondario si innesca dopo il completo irrigidimento dell'ammasso che si adatta, fratturandosi in campo fragile, a stress compensativi innescati dall'interazione tra i volumi di terreno neoformati ed i substrato di scorrimento.
La coesione dell'insieme è pertanto affidata all'incastro tra i prismi ed alle forze di attrito che si attivano lungo i piani di discontinuità che attraversano l'ammasso.

Alluvioni recenti

Si tratta di depositi alluvionali reincisi dagli alvei attuali, ad indicare lo stato di ringiovanimento del reticolo fluviale, che a volte si trovano terrazzati entro la valle stessa dei corsi d'acqua, lateralmente all'alveo di piena.

Dal punto di vista litologico e granulometrico si osservano ghiaie poligeniche a clasti eterometrici (da centimetrici a decimetrici) associati a livelli sabbiosi grossolani con lenti di limi disperse nel deposito.
Lo spessore è molto variabile ed aumenta in prossimità del tratto subcollinare dei torrenti.

Alluvioni attuali

Sono i depositi alluvionali presenti nel greto dei torrenti soggetti al continuo rimaneggiamento da parte delle acque torrentizie pertanto totalmente incoerenti.
Dal punto di vista litologico e granulometrico prevalgono i conglomerati ad elementi arrotondati di dimensioni da centimetriche a metriche, spesso associati a sacche sabbiose e subordinate lenti limose.
Non infrequente il reperimento, entro il greto, di grossi blocchi rocciosi, testimonianza dell'energia fluviale nei periodi di piena.

Detrito di versante

I terreni del substrato sono ricoperti da una diffusa, anche se discontinua, copertura di materiali detritici derivati dalla degradazione dei litotipi affioranti nelle aree più acclivi, dall'erosione dei fianchi dei canaloni delle linee d'impluvio e dalla progressiva denudazione dei versanti.
Normalmente le coltri detritiche si presentano discontinue e con spessori tali da non renderne possibile la restituzione cartografica. Al contrario, in particolari situazioni morfologiche caratterizzate da elevata riduzione dell'acclività, possiedono un considerevole sviluppo areale, talvolta con spessori anche rilevanti, assumendo, pertanto, particolare importanza ai fini della stabilità dei versanti.
Dal punto di vista litologico e granulometrico si tratta di detriti grossolani di natura arenacea ad elementi eterometrici con spigoli vivi irregolarmente dispersi in una abbondante matrice sabbioso argillosa con frequenti inclusioni di grossi blocchi di dimensioni superiori al decimetro.

4.6 Analisi geomorfologica ed assetto dei versanti

L'analisi geomorfologica dei versanti e del territorio, più in generale, permette la ricostruzione morfodinamica ed il riconoscimento delle azioni morfogenetiche, per l'individuazione di tutti i fattori essenziali allo sviluppo dello studio di MS secondo i criteri dettati dagli ICMS.

L'evoluzione morfologica progredisce in funzione della naturale opera di erosione dei rilievi che, successivamente si depositano nelle depressioni. La velocità del processo è modulata dall' "energia del rilievo", dove la conformazione orografica e lito-strutturale esalta le azioni gravitative, dai fattori climatici e dall'uso del suolo.

Fattori stabilizzanti quali forestazioni, opere di sistemazione dei pendii e di regolazione del deflusso idraulico, lungo gli alvei interessati da erosione contribuiscono, al contrario, a rallentare le azioni morfodinamiche. In generale la fisiografia è condizionata dalle caratteristiche litologiche dei terreni affioranti che determinano la risposta geomorfologia agli agenti morfoevolutivi.

Dall'esame della cartografia del PAI Sicilia e di quanto disponibile in bibliografia è stato possibile derivare, per tutto il territorio comunale di Motta Camastra, le principali evidenze geomorfologiche, riportate nell'allegata carta geologico-tecnica.

Mediante la classificazione e la ridisposizione di tali dati è stato realizzato un modello territoriale quantitativo (Figura 4 – Carta delle pendenze e dei dissesti geomorfologici) in cui le aree, caratterizzate dai vari livelli di instabilità, sono sovrapposte alla distribuzione clivometrica.

La procedura seguita può essere così schematizzata:

1. Analisi della cartografia acquisita (Studio Geologico di PAI, CARG);
2. Acquisizione dei dati coerenti con gli standard ICMS;
3. Elaborazione numerica e digitale per l'individuazione e classificazione di:
    a. Scarpate morfologiche tra 10 e 20 m e superiori ai 20 m
    b. Creste
    c. Picchi isolati
    d. Orlo di terrazzi fluviali tra 10 e 20 m e superiori ai 20 m
    e. Perimetrazione dei dissesti

4. Classificazione e popolamento degli elementi individuati secondo gli standard 2.0_Beta II

Di seguito viene restituito il risultato sotto forma di elaborato cartografico (Figura 4) e di tabelle riepilogative quantitative degli elementi geomorfologici individuati.

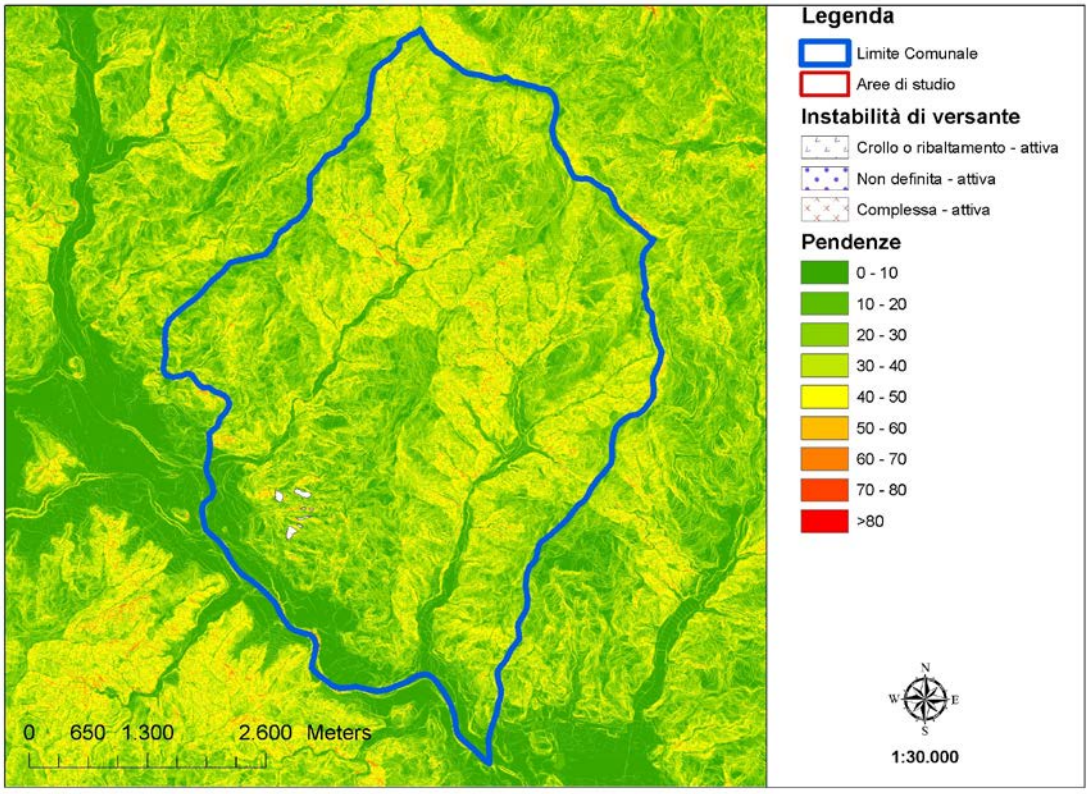


Figura 4 – Carta delle pendenze e dei dissesti geomorfologici

Descrizione	Numero
Orlo di scarpata morfologica (10-20m)	3
Orlo di terrazzo fluviale (10-20m)	2
Picchi isolati	2

Tabella 1 – Trasposizione analitica degli elementi geomorfologici individuati (PAI).

Per la selezione areale di Motta Camastra, qui esaminata, sono stati censiti 9 dissesti: gli eventi più frequenti risultano quelli conseguenti a crollo o ribaltamento (4) seguiti da eventi complessi e di erosione accelerata.

La tabella seguente (Tabella 2) esibisce i dati raccolti raggruppati per tipologia di dissesto.

Tipo dissesto	N° totale	Superficie Totale (mq)
Crollo o ribaltamento	4	6340
Complessa	1	9946
Dissesti conseguenti ad erosione accelerata	2	18306

Tabella 2 – Trasposizione analitica delle aree in dissesto individuate

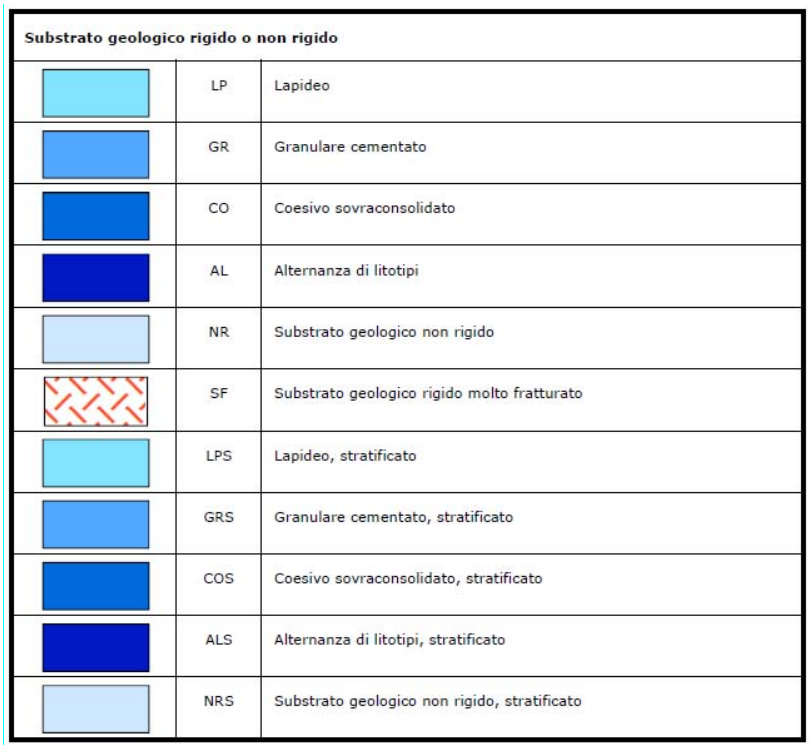
I dissesti censiti sono stati cartografati, classificati (per tipologia e per stato di attività) e sono riportati, ove previsto, negli elaborati cartografici prodotti dal presente studio.

4.7 Classificazione litologica dei terreni affioranti

Per quanto concerne la realizzazione della carta Geologico – Tecnica le indicazioni riportate negli ICMS prevedono la classificazione preliminare delle formazioni geologiche, attenendosi ai criteri dell'Unified Soil Classification System (ASTM, 1985), in due categorie:

- Substrato geologico
- Terreni di copertura

Nelle figure di seguito proposte (tratte da Microzonazione Sismica – standard di rappresentazione e archiviazione informatica, Figura 5, Figura 6) sono riportate tutte le sottocategorie, definite negli ICMS, in cui sia il substrato geologico rigido e non rigido sia i terreni di copertura, sono ulteriormente suddivisi in funzione delle loro essenziali caratteristiche geomeccaniche e geotecniche.



Substrato geologico rigido o non rigido		
	LP	Lapideo
	GR	Granulare cementato
	CO	Coesivo sovraconsolidato
	AL	Alternanza di litotipi
	NR	Substrato geologico non rigido
	SF	Substrato geologico rigido molto fratturato
	LPS	Lapideo, stratificato
	GRS	Granulare cementato, stratificato
	COS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato
	ALS	Alternanza di litotipi, stratificato
	NRS	Substrato geologico non rigido, stratificato

Figura 5 – Legenda della carta geologico tecnica della microzonazione sismica: substrato rigido o non rigido

Terreni di copertura		
	RI	Terreni contenenti resti di attività antropica
	GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie
	GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
	GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
	GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
	SW	Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose
	SP	Sabbie pulite con granulometria poco assortita
	SM	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
	SC	Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla
	OL	Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità
	OH	Argille organiche di media-alta plasticità, limi organici
	MH	Limi inorganici, sabbie fini, Limi micacei o diatomitici
	ML	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
	CL	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
	CH	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
	PT	Torbe ed altre terre fortemente organiche

Figura 6 – Legenda della carta geologico tecnica della microzonazione sismica: terreni di copertura

Secondo tali indicazioni i terreni riconosciuti nel comprensorio comunale di Motta Camastra sono stati classificati nel modo seguente:

A) Substrato geologico di tipo "Alternanza di Litotipi Stratificati" (ALS): litofacies dell'alternanza argilloso arenacea della formazione del Flysch di Capo d'Orlando che si presentano variamente fratturate;

B) Terreni di copertura classificati come "Colate laviche" (LA) delle seguenti formazioni:

- Colate Laviche - si fa osservare che l'analisi delle caratteristiche litologiche delle colate laviche ha messo in evidenza la difficoltà di classificare queste in completa aderenza agli ICMS. Si tratta, infatti, di ammassi rocciosi che sebbene a struttura

lapidea, risultano completamente disarticolati e caoticamente associati a terreni incoerenti autoclastici ed alluvionali, senza direzioni privilegiate di miglioramento geomeccanico come invece accade per il substrato geologico vero e proprio.
Dal punto di vista della risposta sismica, stante in questo caso anche il limitato spessore, ne è stato previsto un comportamento dinamico comparabile a quello di un terreno di copertura poco coerente. Tale ipotesi è compatibile con i risultati ottenuti dalle misure di rumore sismico più avanti illustrati.

C) Terreni di copertura classificati come "Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia" (GP):

- Alluvioni recenti;

D) Terreni di copertura classificati come "Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia" (GP):

- Alluvioni attuali;

E) Terreni di copertura classificati come "Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia ed argilla" (GC):

- Detrito di versante.

La precedente classificazione è compendiata nella seguente tabella e restituita nell'allegata Carta geologico - tecnica (Figura 7 – Carta geologico tecnica).

Categorie	Sottocategorie	Litotipi
Substrato rigido o non rigido	Alternanza di litotipi stratificato (substrato geologico molto fratturato)	Flysch di Capo d'Orlando
Terreni di copertura	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla (Sciolto)	Falda detritica
	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia (sciolto)	Alluvioni attuali

	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia (poco addensato)	Alluvioni Recenti
	Lapideo (coesivo molto consistente)	Formazione Torre del Filosofo – campi lavici

Tabella 3 – Compendio della classificazione litologica

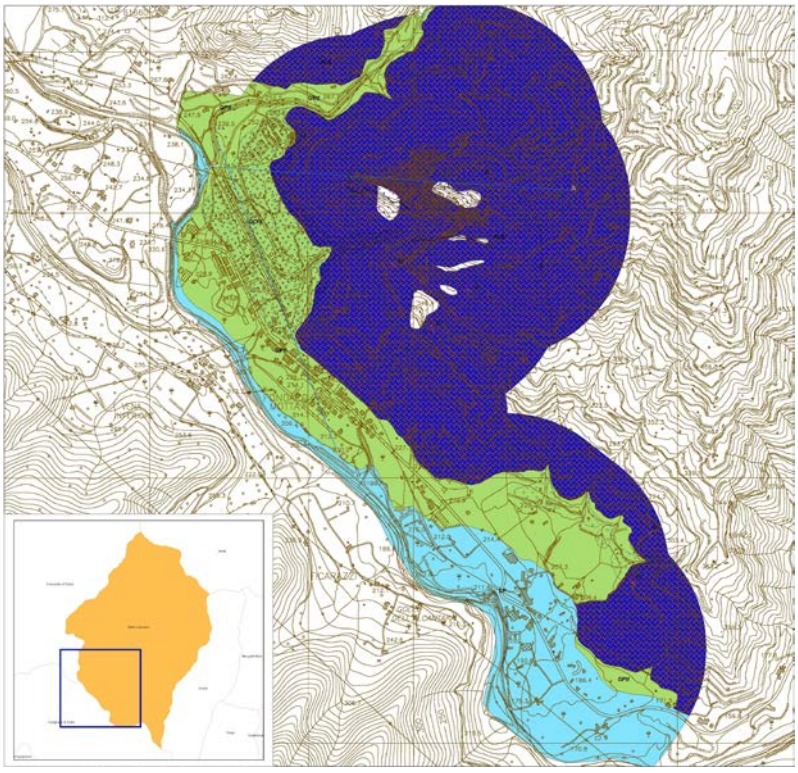


Figura 7 – Carta geologico tecnica

5 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO

La "pericolosità sismica di base", più generalmente indicata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la valutazione delle azioni sismiche attese.

La pericolosità sismica di un generico sito deve essere descritta con un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici sia temporali. I relativi risultati sono forniti, in corrispondenza dell'area considerata, come valori di accelerazione orizzontale massima a_g, riferita ad un sito rigido orizzontale (Vs> 800 m/s), e per diverse probabilità di superamento e/o diversi periodi di ritorno.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo e dalla morfologia della superficie topografica. Tali modifiche riguardano gli studi di risposta sismica locale.

La valutazione della pericolosità sismica deve derivare da studi estesi a livello nazionale, su dati aggiornati, con procedure e metodologie validate che devono essere resi pubblici in modo da consentire la riproduzione dell'intero processo.

In Italia i risultati ufficialmente accreditati, dei più recenti studi di pericolosità sismica che fanno uso delle tecniche di ricerca ed analisi dei dati di base più avanzati, sono disponibili nel CPTI 11 (ROVIDA et alii, 2011, Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani) che utilizza i dati derivati dal DBMI11 (LOCATI et alii, 2011, Data Base Macrosismico Italiano 11) che oggi è già alla sua terza versione pubblica.

5.1 Sismicità storica della Sicilia orientale e Calabria meridionale

Il quadro della sismicità che in epoca storica ha interessato la Sicilia Orientale e Calabria meridionale, area di riferimento per il presente studio, si può utilmente derivare dai cataloghi sismici:

CFTI04MED (GUIDOBONI et alii, 2007);
DBMI11 (LOCATI et alii, 2011);
CPTI11 (ROVIDA et alii, 2011).

Nelle Figura 8 e Figura 9, estratte dal CPTI11, è mostrata la distribuzione degli epicentri dei terremoti avvenuti nell'area considerata nell'intervallo temporale 1000-1899 (Figura 8) e 1900-2006 (Figura 9) con un' indicazione della classe di magnitudo M_W (Magnitudo momento).

In Figura 10 sono riportate le massime intensità risentite per ogni località della Sicilia Orientale e della Calabria meridionale estratte dal catalogo DBMI11 che contiene 86071 MDP (Macroseismic Data Points) relativi a 1684 terremoti avvenuti dopo il 1000.

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

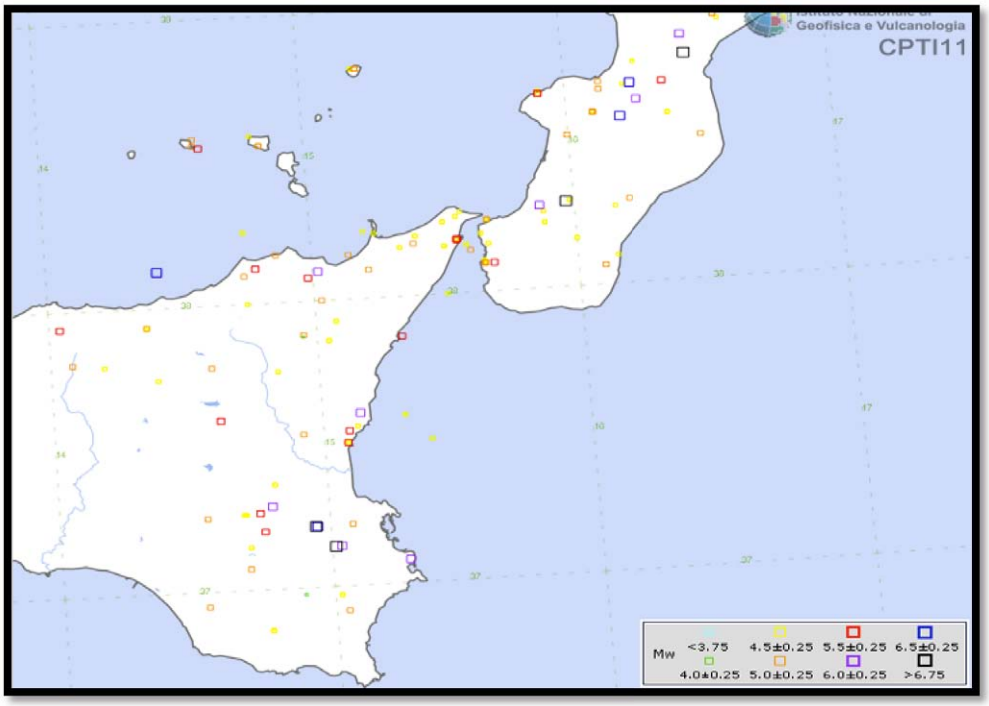


Figura 8 – Distribuzione degli epicentri dei terremoti della Sicilia orientale e della Calabria meridionale nell'intervallo temporale 1000-1899 (CPTI11, Rovida et al.2011)

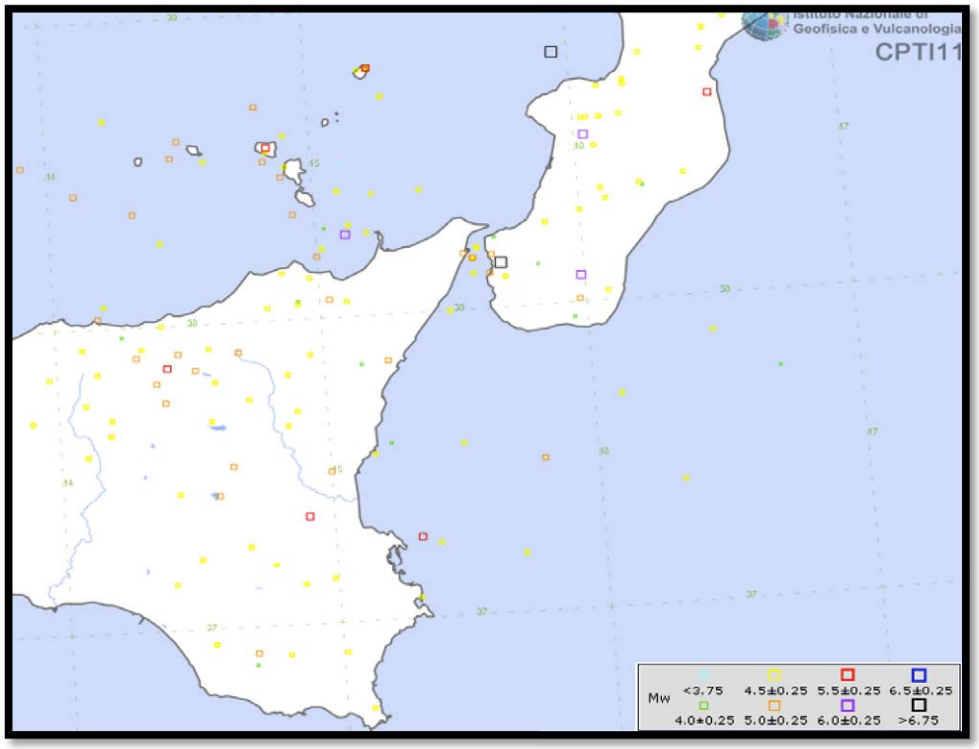


Figura 9 – Distribuzione degli epicentri dei terremoti della Sicilia orientale e della Calabria meridionale nell'intervallo temporale 1900-2006 (CPTI11,Rovida et al. 2011)

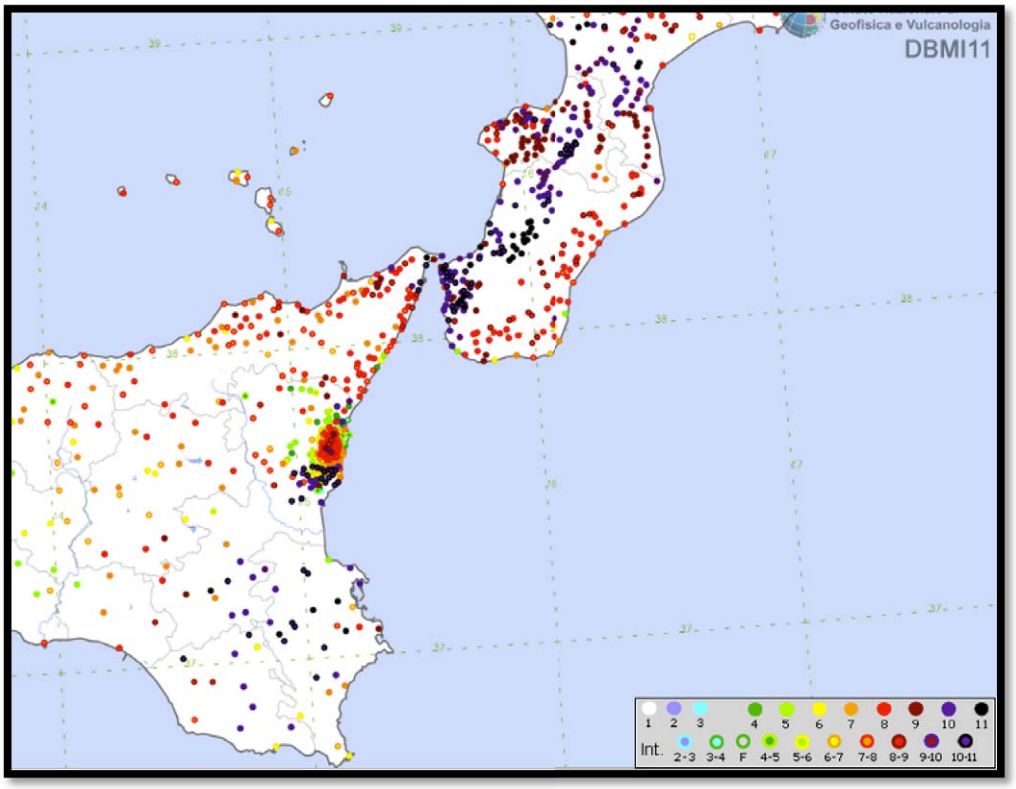


Figura 10 – Massime intensità risentite per ogni località della Sicilia orientale e della Calabria meridionale (DBMI11, Locati et al. 2011)

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 CFTI04MED si sono considerati gli eventi sismici storici sotto descritti, ricostruiti dalle fonti con sufficiente attendibilità, ritenuti rappresentativi dello stile sismico dell'area in studio.

Sono terremoti che è possibile mettere 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 citato catalogo, è stata calcolata attraverso il metodo delle aree di risentimento che si basa su un adeguato campionamento del

campo macrosismico, pertanto, in relazione a questi eventi può essere ritenuta sufficientemente attendibile.

Terremoto del 10.12.1542, ore 15:15, lat=37.23, lon=14.92, I_{max}=10, M_e=6.9: il terremoto fu avvertito in tutta la Sicilia e colpì in particolare l'entroterra collinare e 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 dalle 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 anche 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, a Trapani e, fortemente, a Palermo.

Terremoto del 25.08.1613, ore 05:00, lat=38.117, lon=14.783, I_{max}=9, M_e=5.6: il terremoto avvenne all'alba del 25 agosto (alla latitudine della Sicilia settentrionale, all'incirca le 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, I_{max}=11, M_e=7.5: (Figura 11) 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 nord-orientale, 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.

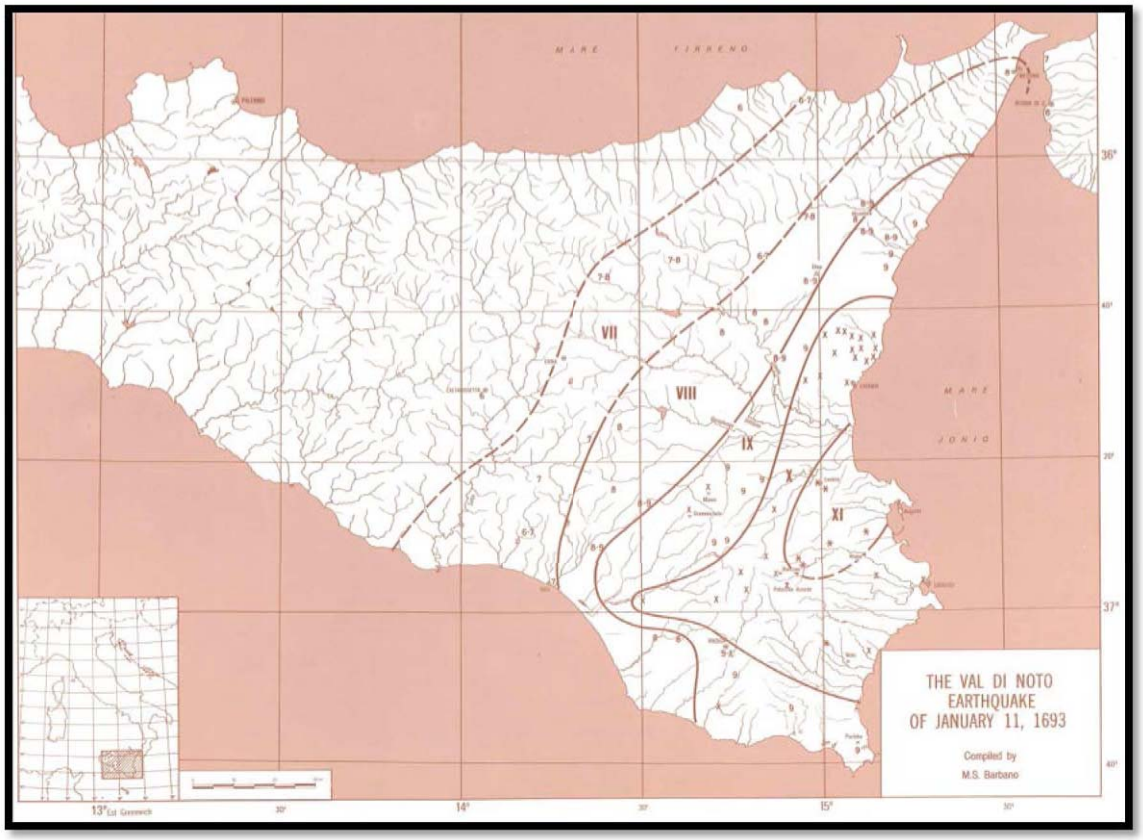


Figura 11 – Campo macrosismico del terremoto del 11/01/1693 (C.N.R., P. F. G. - Postpischl editor, Atlas of Isoseismal maps of italian Earthquakes, Bologna 1985)

Terremoti del 1783, I_{max}=9.5, M_e=6.2: (Figura 12, Figura 13, Figura 14) 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 ed 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, alla Puglia meridionale. L'area dei massimi effetti è collocata nella regione istmica a sud di Catanzaro, sia sul versante ionico sia 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.

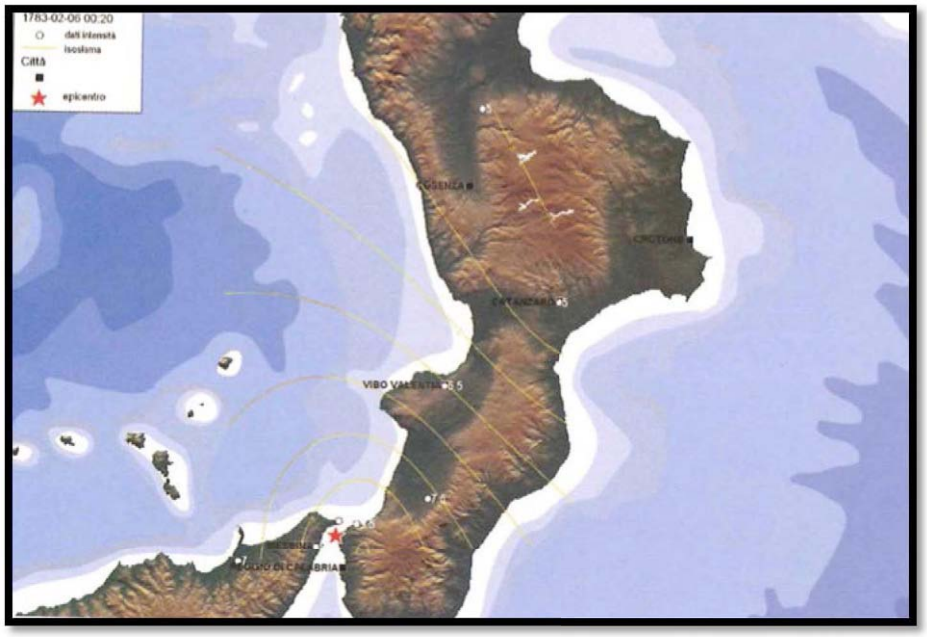


Figura 12 – Campo macrosismico del terremoto del 06/02/1783 (Tiberti et al.2006)

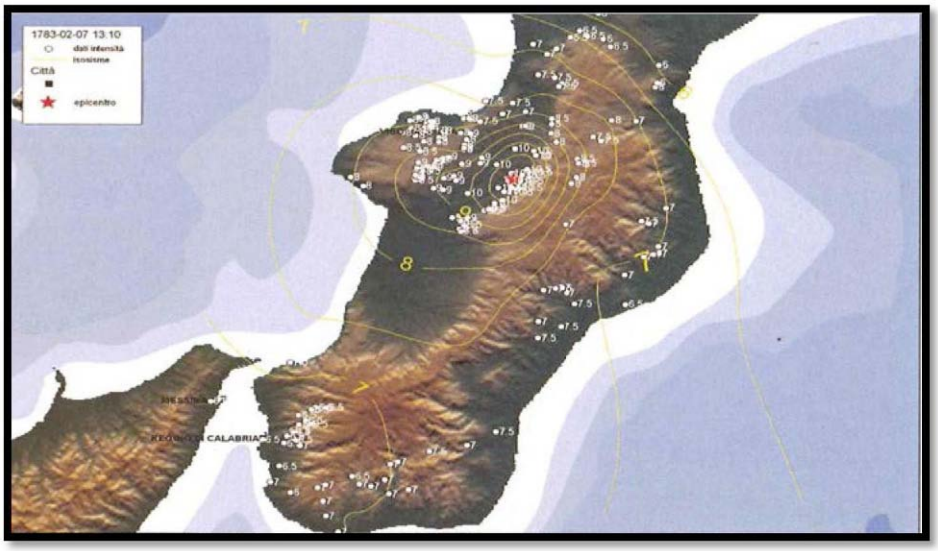


Figura 13 – Campo macrosismico del terremoto del 07/02/1783 (Tiberti et al. 2006).

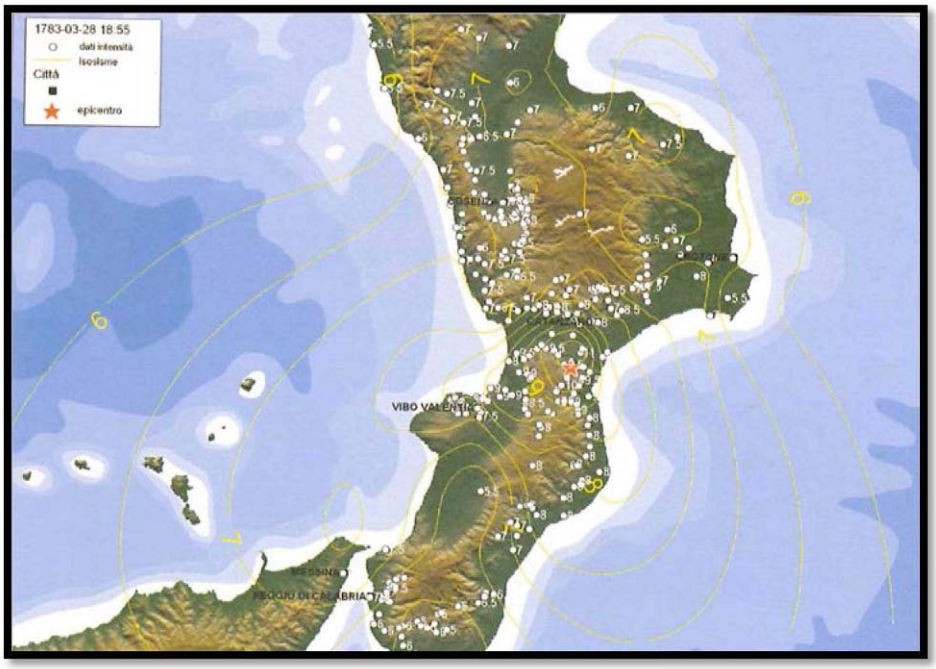


Figura 14 – Campo macrosismico del terremoto del 28/03/1783 (Tiberti et al. 2006)

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: (Figura 15**)** 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 pressoché 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.

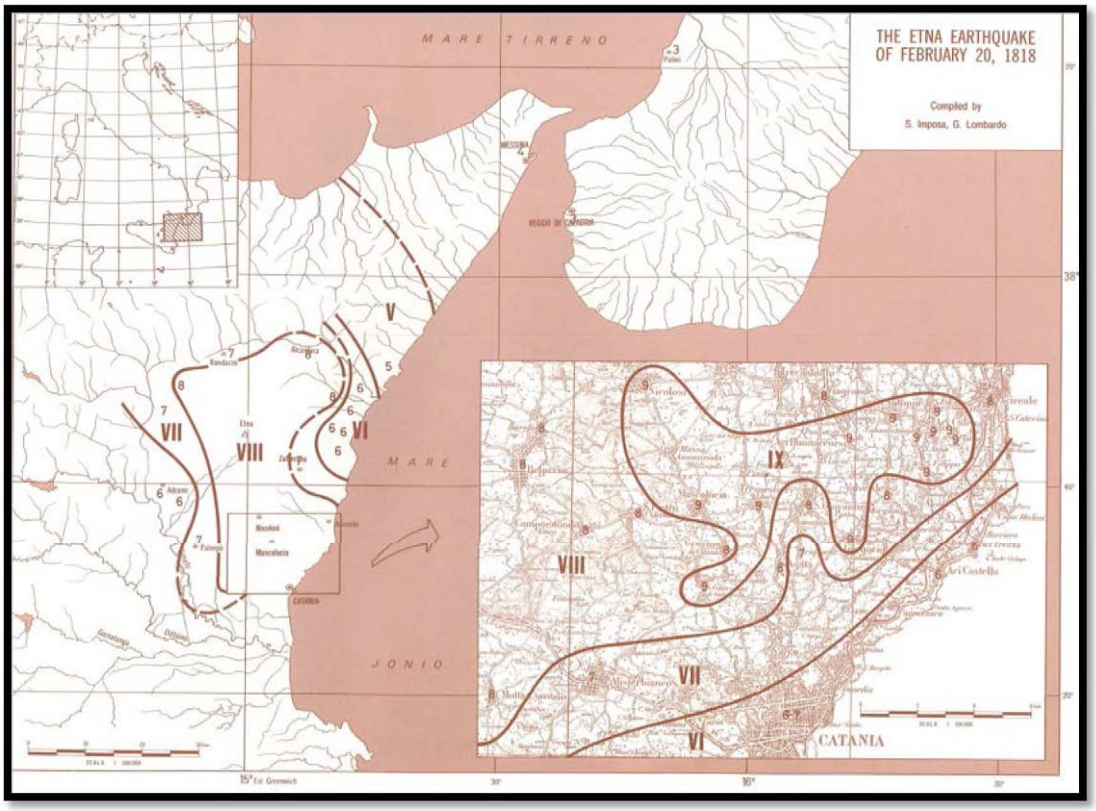


Figura 15 – Campo macrosismico del terremoto del 20/02/1818 (C.N.R., P. F. G. - Postpischl editor, Atlas of Isoseismal maps of italian Earthquakes, Bologna 1985)

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, 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, ore01:43, 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, Pargheliae 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: (Figura 16) 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). 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 divisori, 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 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 ed alla provincia di Campobasso; verso est fino al Montenegro, all'Albania ed alle isole Ionie della Grecia; verso sud fu sensibile fino all'arcipelago maltese; ad ovest fino a Ustica.

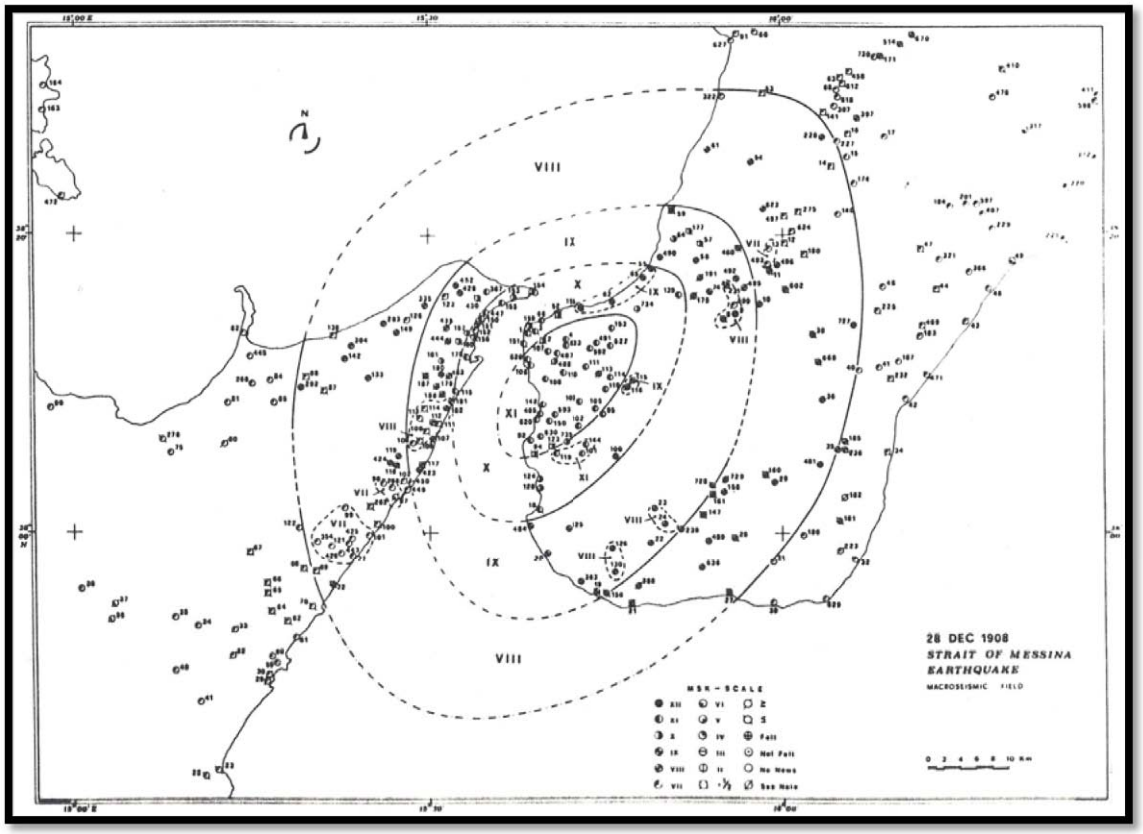


Figura 16 – Campo macrosismico del terremoto del 28/12/1908 (Bottari et al., 1984)

5.2 Strutture sismogenetiche e faglie attive

Il riferimento di base per la ricostruzione del quadro della sismogenesi è costituito dal Database delle strutture sismogenetiche disponibile per il territorio italiano, rappresentato in Figura 10 (DISS, Database of Individual Seismogenic Sources, Basili et al., 2008).

In particolare le aree sismogenetiche in questo rappresentate, più significative ai fini della presente trattazione ed a cui possono essere riferiti gli eventi sopradescritti sono:

A) Strutture dei graben della Catena Costiera Calabra, dove si può localizzare la crisi sismica del 1783.

B) Strutture dello stretto di Messina a cui possono essere ascritti gli eventi del 1905 e del 1908.

C) Struttura sismogenetica Patti - Isole Eolie.

D) Strutture dell'area etnea in cui, generalmente, si registra una sismicità di tipo superficiale che limita gli effetti più gravi a circoscritti ambiti del distretto etneo.

E) Strutture del Plateau Ibleo -Avanfossa.

F) Sistema Ibleo Maltese, a cui possono essere attribuiti, anche se con qualche incertezza, i sismi del 1169, del 1542 e del 1693.

G) Sistema trascorrente Scicli-Ragusa-Monte Lauro.

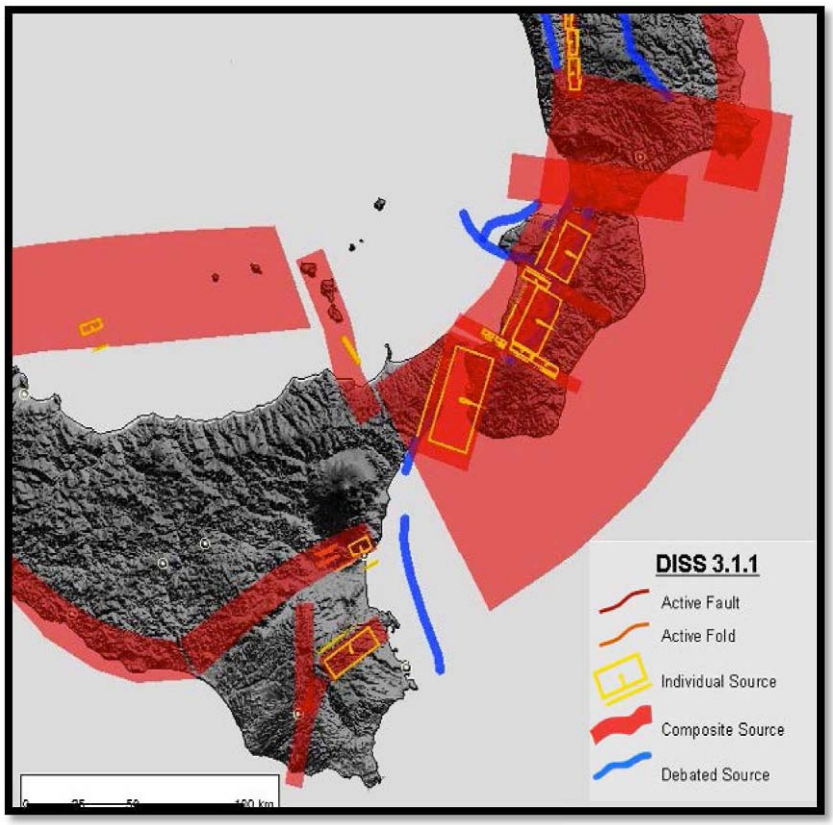


Figura 17 – Mappa delle principali strutture sismogenetiche. Database of Individual Seismogenic Sources (Basili et al., 2008)

Nella Figura 18, estratta dal catalogo della sismicità italiana 1981-2002 (INGV, 2011) è mostrata, ai fini di un utile confronto, la distribuzione degli epicentri dei terremoti avvenuti nell'area di studio tra il 1981 e il 2011 con una indicazione della classe di magnitudo.

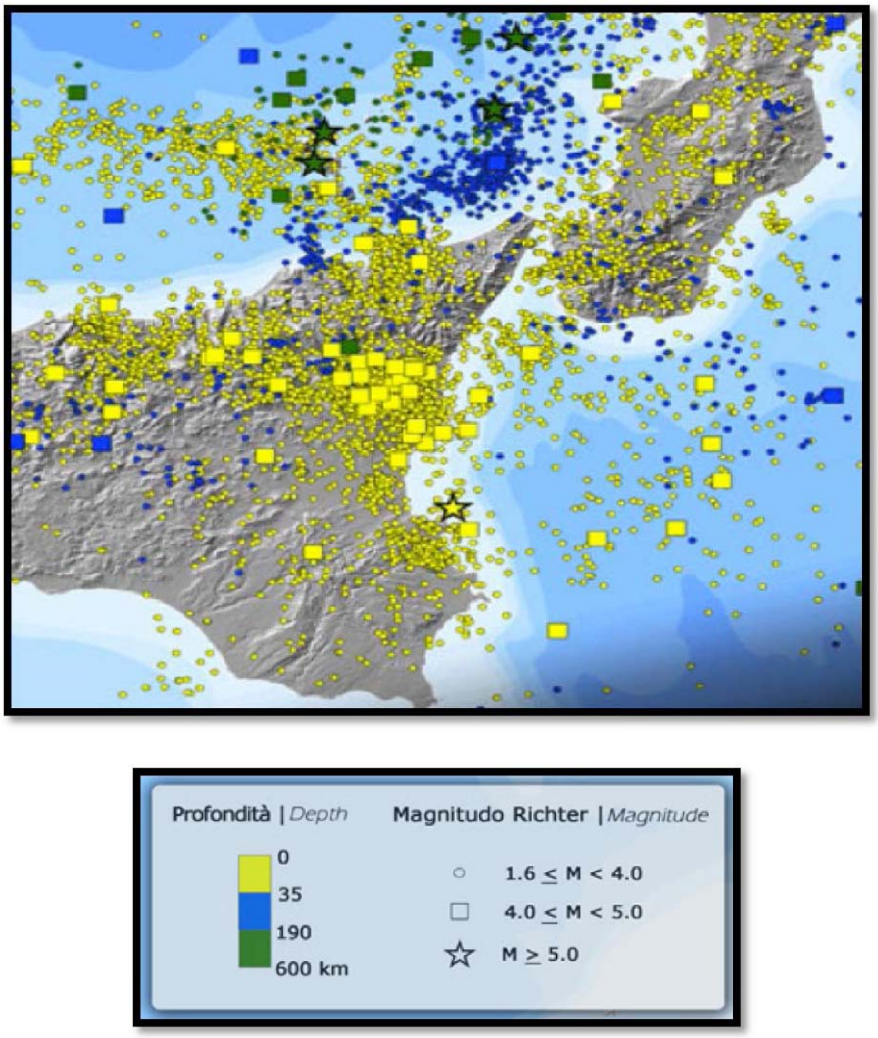


Figura 18 – Mappa della distribuzione degli epicentri dei terremoti strumentali localizzati dall'INGV tra il 1981 e il 2011. Catalogo della sismicità italiana 1981-2002 (INGV, 2011)

5.3 Sismicità storica del comune di Motta Camastra

Il comune di Motta Camastra è tra quelli, del territorio provinciale messinese, che ricadono più a S. Per questo motivo viene a trovarsi nella posizione più distale dalle strutture sismogenetiche dello stretto di Messina e della linea Patti Isole Eolie, a ridosso del distretto vulcanico etneo ed a nord dei sistemi sismogenetici Iblei.

In tale ambito rientra in un comparto tra i più esposti, per frequenza di risentimento, agli effetti della sismicità di tutte le aree sismogenetiche della Sicilia Orientale. L'analisi della Tabella 4, ove è riportata la storia sismica estraibile dal DBMI11 (LOCATI et al., 2011) per il territorio, dimostra infatti che in occasione dei principali eventi delle aree sismogenetiche più attive, sismi del 1693 (I_o = XI MCS M_w 7.41), 1818 (I_o = IX-X MCS M_w 6.23), 1908 (I_o = XI MCS M_w 7.1), riferibili rispettivamente alle strutture del sistema Ibleo Maltese, all'area etnea ed alle strutture sismogenetiche dello Stretto, nel comune di Motta Camastra si sono avuti effetti macrosismici, compresi tra il VII ed VIII MCS, pressoché comparabili.

Storia sismica di Motta Camastra
[37.894, 15.170]

Numero di eventi: 13

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	**Data**	**Ax**	**Np**	**Io**	**Mw**
7	1693 01 11 13:30	Sicilia orientale	185	11	7.41 ±0.15
7	1818 02 20 18:15	Catanese	128	9-10	6.23 ±0.12
5	1894 02 20	NOVARA DI SICILIA	16	5	4.28 ±0.36
5	1894 11 16 17:52	Calabria meridionale	303	9	6.07 ±0.10
5	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895		7.04 ±0.16
7-8	1908 12 28 04:2	Calabria meridionale-Messina	800	11	7.10 ±0.15
4	1975 01 16 00:0	Stretto di Messina	346	7-8	5.20 ±0.09
NF	1986 10 29 23:18	PIANO PROVENZANA	74	7	4.16 ±0.26
3	1986 11 03 06:32	C.DA ALGERAZZI	86	6	3.71 ±0.26
5	1999 02 14 11:4	Patti	101		4.69 ±0.09
NF	2001 01 09 02:51	ZAFFERANA ETNEA	104	6	3.71 ±0.26
3	2001 04 22 13:56	VERSANTE OCCIDENTALE	55	5-6	3.49 ±0.26
NF	2002 09 22 16:01	PIANO PROVENZANA	35	6	3.71 ±0.26

Tabella 4 – Storia sismica del comune di Motta Camastra (DBMI11 Locati et al., 2011); Is è l'intensità macrosismica risentita (MCS); Ax l'area epicentrale; Np è il numero di località in cui è disponibile il dato macrosimico; I_0 è l'intensità macrosismica dell'epicentro (MCS); M_W è la magnitudo momento dell'evento con accanto il grado d'incertezza della stima.

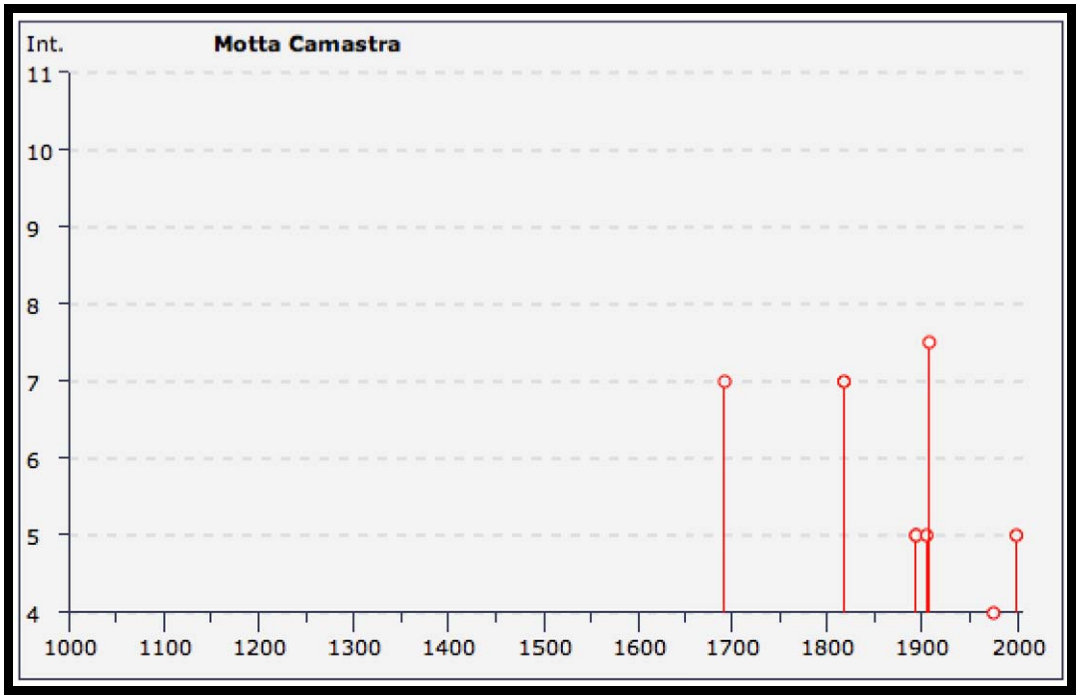


Figura 19 – Grafico della storia sismica di Motta Camastra (DBMI11, Locati et al., 2011)

Per la definizione quantitativa della pericolosità sismica di base, si può fare riferimento ai valori di pericolosità sismica del territorio nazionale (Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All. 1b) espressi in termini di accelerazione massima orizzontale al suolo (Figura 14) con probabilità di eccedenza del 2, 5, 10, 22, 30% in 50 anni riferita a suoli rigidi (*http://zonesismiche.mi.ingv.it.*).

Le stime di PGA sono state determinate con la tecnica di analisi statistica degli effetti valutati sulla base dei dati contenuti nei cataloghi sismici, proposta da Cornell (CORNELL, 1968; BENDER & PERKINS, 1987; Gruppo di Lavoro MPS, 2004) e la loro incertezza è espressa mediante percentili, nell'assunto che il catalogo sia un campione rappresentativo dell'intera popolazione di eventi possibili con effetti significativi nel sito considerato.

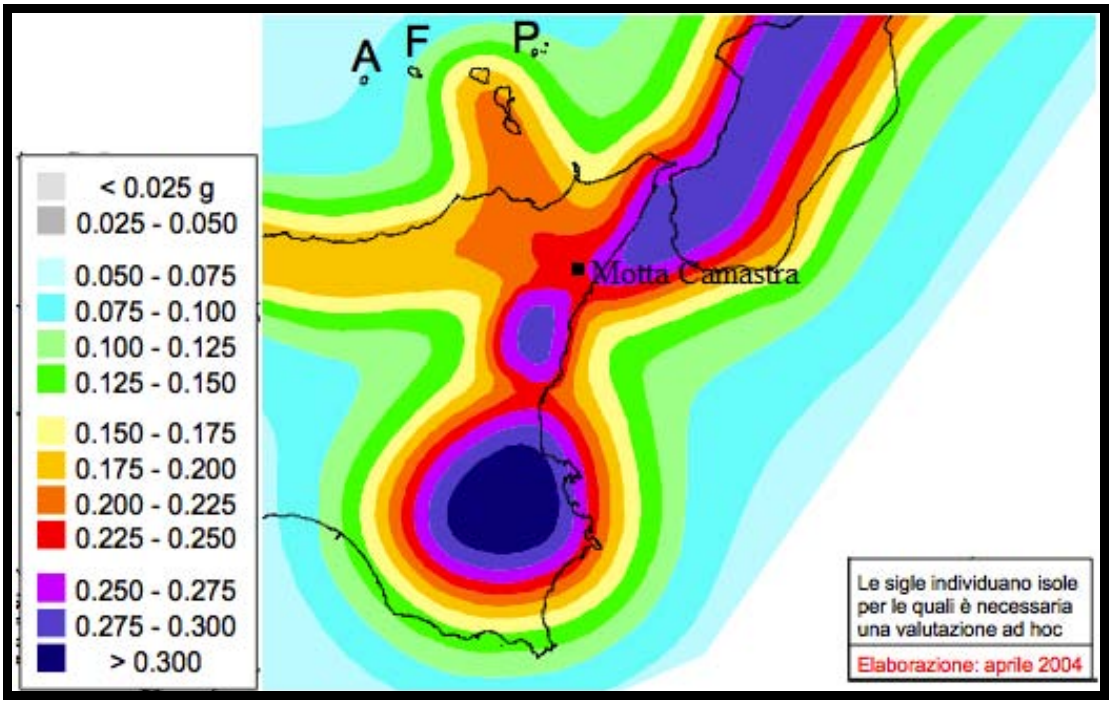


Figura 20 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi

I valori di PGA pubblicati sul sito INGV, risultano riferiti a suoli rigidi (Vs> 800 m/s) e sono restituiti in una mappa di pericolosità sismica generata da una griglia di valori con maglia di 3,5 x 3,5 km. Per un generico sito il calcolo è eseguito mediante la media pesata della distanza del sito considerato dai quattro vertici della griglia dei valori di accelerazione, entro cui questo ricade:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^{4} \frac{Pi}{di}}{\sum_{i=1}^{4} \frac{1}{di}}$$

Nella seguente tabella vengono prodotti i valori di PGA, stimati per il territorio comunale di Motta Camastra, per differenti livelli di probabilità in 50 anni, o in modo equivalente per differenti periodi di ritorno.

Parametro di scuotimento PGA (g)		Probabilità in 50 anni/Periodo di ritorno				
		2%	5%	10%	22%	30%
		2475a	975a	475a	201a	140a
Percentile	16	0,297	0,217	0,166	0,117	0,099
	50	0,343	0,258	0,205	0,152	0,133
	84	0,410	0,300	0,233	0,169	0,146

Tabella 5 – Valori di PGA stimati per il comune di Motta Camastra per differenti livelli di probabilità in 50 anni, o equivalentemente differenti periodi di ritorno, e per diverso percentile. I dati sono stati derivati dalla mappa digitale della pericolosità sismica sul sito INGV e risultano riferiti a suoli rigidi

6 METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE DELLE INDAGINI

Nel presente capitolo viene esplicitata la procedura informatica seguita per l'inserimento dei dati nel database del progetto che di fatto è la base per la redazione della presente nota illustrativa.

In merito all'acquisizione informatica delle indagini fornite dal Comune di Motta Camastra non è stato possibile caricare le indagine pregresse all'interno delle più recenti strutture dati fornite dalla Protezione Civile (database MS Access *CdI_tabelle.mdb* e *Indagini.mdb*, versione 2.0 beta II) poiché non è stata fornita alcuna documentazione da parte dell'Amministrazione Comunale.

Si è pertanto provveduto a realizzare una nuova campagna indagini caratterizzata da 14 misure di microtremore a stazione singola.

Sulla base delle indagini di nuova acquisizione si è proceduto pertanto al popolamento delle tabelle presenti nel database *CdI_tabelle.mdb* ed alla contemporanea localizzazione delle indagini all'interno delle features puntuale e lineare presenti nel GeoDB *Indagini.mdb*. L'editing delle indagini è stato effettuato a partire dalla localizzazione presente nell'elaborato cartografico raster (CTRN alle scale 1:10.000 e 1:2.000; ortofoto 2008) fornito dal gruppo di lavoro che si è occupato di svolgere le indagini.

L'attività di popolamento del database *CdI_tabelle.mdb* ha portato all'inserimento delle seguenti indagini e relativi parametri, raggruppati per classe e tipologia di indagine:

Indagini Puntuali			
Classe Indagine	**Tipo Indagine**	**Parametro**	**Numero**
GF	HVSR	FR	14

Per il comune in oggetto si è quindi provveduto al caricamento di 14 siti di indagine, caratterizzati da un totale di 14 indagini e 14 parametri.

Durante le attività di popolamento del database *CdI_tabelle.mdb* si è provveduto inoltre, per le tipologie di dati che prevedevano un intervento interpretativo, a definire ed attuare alcune convenzioni. Le convenzioni utilizzate vengono riportate di seguito e descritte per singola tabella.

Tabella *Sito_Puntuale*

Si è provveduto a popolare il campo *note_sito* con la dicitura dell'oggetto della relativa relazione geologica. I valori di quota del campo *quota_sml* sono stati prelevati direttamente dal DTM fornito dalla Regione Siciliana tramite servizio WMS e, quando il dato non era ancora disponibile, dalla CTRN alla scala 1:10.000 sempre fornita dalla Regione. Le coordinate inserite nei campi *coord_x* e *coord_y* sono state prelevate mediante strumenti software dalla base cartografica CTRN alla scala 1:10.000 della Regione Siciliana. Per quanto concerne gli indirizzi del campo *indirizzo* questi sono stati estrapolati confrontando l'ubicazione del sito di indagine presente in relazione con lo stradario, prendendo in considerazione la via più vicina. Nei casi in cui non fossero presenti tratti stradali per un determinato sito si è provveduto ad indicare il nome della località o di un manufatto nelle immediate vicinanze (es. "Contrada Fontana"). Il valore del campo *data_sito* è stato ottenuto impostando il valore predefinito "now()" che fornisce automaticamente la data del sistema al momento dell'inserimento del dato.

Tabella *Indagini_Puntuali*

Non sempre nella documentazione analizzata è stato possibile risalire alla data dell'indagine, vuoi perché non presente, vuoi perché illeggibile; in particolare vengono spesso riportati i risultati di indagini delle quali si conosce soltanto l'anno di esecuzione. In tali casi si è provveduto ad inserire nel campo *data_ind* il primo giorno

del primo mese dell'anno di riferimento (es. indagine eseguita nel 2001, *data_ind*: 01/01/2001).

Il campo *note_ind* è stato utilizzato per illustrare l'eventuale presenza di particolari situazioni.

Tabella *Parametri_Puntuali*

La valorizzazione del campo *attend_mis* è stata eseguita inserendo sempre il valore "1" quando in relazione il relativo dato è risultato leggibile e frutto di una misurazione strumentale. Per quanto concerne invece l'inserimento della stratigrafia dei sondaggi e, quindi, durante le fasi di popolamento del parametro "L", il campo *attend_mis* è sempre stato valorizzato con "2", a causa della difficolta di interpretazione e/o dello scarso allineamento fra la descrizione fornita nella relazione geologica e la *tabella di classificazione terreni e substrato* presente nelle specifiche di archiviazione (versione 2.0). Anche per questa tabella il campo *note_par* è stato utilizzato per descrivere situazioni particolari.

7 ELABORATI CARTOGRAFICI

Sulla base di quanto precedentemente esposto, integrato con le informazioni di carattere geologico - tecnico (indagini geognostiche, prove di laboratorio, indagini geofisiche) acquisite durante la fase di censimento dati è stato possibile suddividere le diverse unità stratigrafiche secondo i criteri geologico – tecnici definiti nell'ICMS ai fini della Microzonazione Sismica. E' opportuno precisare che l'area oggetto di studio è stata definita su un intorno di 500 m a partire dalle aree di studio comunicate dall'Amministrazione Comunale, pertanto il livello conoscitivo derivante dall'analisi degli studi geologico tecnici condotti nell'area risultano fortemente condizionati sia nel numero sia nella distribuzione areale dei dati necessari per condurre uno studio di Microzonazione Sismica. È pertanto necessario prevedere per la successiva fase un approfondimento sia in termini di rilevamento geologico – tecnico sia in termini di indagini geognostiche e di laboratorio, per colmare le lacune conoscitive relative alla caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi e dei terreni e di conseguenza aggiornare la carta geologico - tecnica.

In accordo con le specifiche riportate negli ICMS le unità litostratigrafiche affioranti nell'area sono state suddivise nelle due classi previste e precisamente:

- terreni di copertura – all'interno di questa categoria sono state inserite le unità geologiche di copertura aggregate in funzione della litologia, dello stato di addensamento o consistenza e dell'ambiente genetico e deposizionale. Pertanto nella tabella di seguito proposta si riportano le unità litostratigrafiche e la relativa classificazione a standard ICMS e 2.0:

Unità Litostratigrafica	Tipo_gt	Stato	Gen
Livelli detritici ad elementi eterometrici a spigoli vivi in matrice sabbioso-argillosa con frequenti inclusioni di grossi blocchi (litotipi sciolti)	GC – Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla	14	fd
Conglomerati ad elementi ben arrotondati di dimensioni da centimetriche a metriche, spesso associate a sacche sabbiose (litotipi sciolti)	GP – Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia	14	tf
Ghiaie a clasti eterometrici (da centimetrici a decimetrici) associati a livelli sabbiosi (poco addensati)	GP – Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia	13	tf
Copertura di vulcaniti recenti a composizione basaltica, morfologia superficiale di tipo "aa", costiuita da un ammasso a struttura caotica di volumi compatti a variabile fratturazione da contrazione termica, evidenziata, all'interno della colata, da una struttura di tipo prismatico colonnare. Le lave appaiono discontinuamente associate a depositi di brecce autoclastiche, costituite da sabbie e ghiaie fino a blocchi, a volte di grandi dimensioni, tutti a spigoli vivi e struttura scoriacea, normalmente a letto ed ai fianchi dello spandimento, e livelli e/o lenti più dispersi internamente a questo (coesivo molto consistente)	LA - Lapideo	22	la

- substrato geologico rigido o non rigido – all'interno di questa categoria sono state inserite le unità geologiche del substrato aggregate in funzione della litologia, dello stato di coesione. Pertanto nella tabella di seguito proposta si riportano le unità litostratigrafiche e la relativa classificazione a standard ICMS e 2.0:

Unità Litostratigrafica	Tipo_gt	Stato
Successione sedimentaria del Flysch di Capo d'Orlando: sequenza mediana del Flysch di Capo d'Orlando caratterizzata da discordanza intraformazionale tra un intervallo di peliti prevalenti con sottili intercalazioni arenacei fini passante lateralmente e superiormente a un'alternanza arenaceo-pelitico a torbiditi sottili. Nelle porzioni più alte della sequenza argilloso arenacea si ritrovano intercalazioni in banchi metrici di megatorbiditi grossolane da arenacee a microconglomeratiche (substrato geologico molto fratturato)	ALS – Alternanza di litotipi, stratificato	31

Da un punto di vista squisitamente informatico gli elaborati cartografici per gli studi di Livello 1 previsti dalla più recente versione delle specifiche di rappresentazione e archiviazione informatica (2.0, al momento della stesura della presente relazione), unitamente a quanto indicato nella convenzione fra il Dipartimento Regionale di Protezione Civile e la scrivente Università degli Studi, puntano ad illustrare l'attuale stato della conoscenza mediante la produzione della Carta delle indagini, della Carta geologico-tecnica, della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1) e della Carta delle frequenze.

Tutti gli elaborati prodotti contengono l'insieme delle informazioni raccolte dalla bibliografia scientifica di maggior rilievo, ed ospitano inoltre informazioni di recente acquisizione frutto delle indagini geofisiche realizzate ex novo, nonché dati provenienti da rielaborazioni informatiche effettuate su quanto già acquisito. Per una migliore comprensione di come si è operato per ottenere gli output cartografici finali oggetto della convenzione si procederà a descriverli uno per uno, ponendo l'accento non sulle modalità di archiviazione e rappresentazione, basate sulla scrupolosa analisi della documentazione tecnica fornita dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica, ma bensì sugli aspetti relativi alle modalità di aggregazione e rielaborazione dei dati di origine.

Carta delle Indagini

Questo elaborato è il frutto della rappresentazione cartografica a standard 2.0 dei siti puntuali e lineari di indagine già caricati all'interno della banca dati *CdI_tabelle.mdb*. Le scelte effettuate dal gruppo di lavoro riguardano unicamente due aspetti non dettagliati nella documentazione tecnica di riferimento e sono relativi alla scelta della colorazione della base cartografica ed alla impostazione degli elementi inseriti in legenda. In particolare la base cartografica è stata impostata sostituendo al colore nero il colore marrone (RGB 115, 70, 0) al fine di agevolare notevolmente la lettura sia dei simboli che delle relative etichette associate, mentre per la legenda si è scelto di inserire tutti i simboli relativi alle indagini, così come forniti dalla succitata Commissione tecnica, in modo tale da semplificare e velocizzare le attività di allestimento per la stampa.

All'interno della carta in oggetto sono state inoltre inserite le indagini HVSR di nuova realizzazione.

Carta geologico - tecnica

L'elaborato in questione costituisce l'aggregazione delle informazioni di natura geologica effettuate dal gruppo di lavoro a partire dalla geologia e geomorfologia di base, integrata con le indagini geognostiche già implementate nella banca dati.

Per quanto concerne la rappresentazione delle unità geologico tecniche, suddivise in "Terreni di copertura" e "Substrato geologico rigido", archiviate all'interno della feature *Geotec*, si è proceduto mediante collezione, analisi, aggregazione e sintesi dei rilievi geologici provenienti da varie fonti della letteratura scientifica più recente e verifiche speditive di campagna. Per le unità geologiche così individuate, l'archiviazione informatica e la relativa rappresentazione cartografica è passata attraverso l'assegnazione dei codici sulla tipologia, sullo stato e sull'ambiente genetico-deposizionale, effettuata confrontando e normalizzando i dati di letteratura con i risultati delle indagini geofisiche, geognostiche e di laboratorio. La fase di aggregazione dei dati è stata invece effettuata aggregando affioramenti adiacenti con il medesimo codice *Tipo_gt*, ma differenziandoli sulla base dei campi *Stato* e *Gen*. In questo modo è stato possibile cartografare le seguenti unità geologico - tecniche:

Terreni di copertura						
Tipo_gt	**Descrizione**	**Stato**	**Descrizione**	**Gen**	**Descrizione**	**Numero**
GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla	14	Sciolto	fd	Falda detritica	1
GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia	14	Sciolto	tf	Terrazzo fluviale	1
GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia	13	Poco addensato	tm	Terrazzo fluviale	3
LP	Lapideo	22	Coesivo molto consistente	la	Campi lavici	1
Substrato rigido / non rigido						
Tipo_gt	**Descrizione**	**Stato**	**Descrizione**	**Gen**	**Descrizione**	**Numero**
ALS	Alternanza di litotipi, stratificato	31	Molto fratturato	-	-	2

Le medesime modalità di intervento sono state effettuate per gli elementi tettonico strutturali, frutto cioè della sintesi ed adeguamento a standard di diverse fonti. Per quanto riguarda invece le forme di superficie ed in particolare per gli orli di scarpata, per la loro individuazione si è operato mediante procedure informatiche che, nel dettaglio, hanno previsto la realizzazione un elaborato digitale che mostrasse, a partire dai valori delle singole celle del DTM, i dislivelli di quota in un intorno di circa 5m. Filtrando i risultati ottenuti per un range di valori compreso fra "10 – 20m" e > "20m" si è poi provveduto ad una verifica speditiva mediante DTM (2m), CTRN (agg. 2008) e Ortofoto (2008) ed infine all'editing delle geometrie relative agli orli di scarpata, suddivisi nelle due classi previste dalle specifiche di riferimento. Anche per l'individuazione delle creste si è ricorso ad una elaborazione numerica mediante GIS, sempre affiancata alle analisi di dettaglio della CTRN e delle Ortofoto,

mediante la quale si è provveduto all'individuazione di tutti i bacini idrografici dell'area a partire dal DTM ed alla successiva selezione delle geometrie di interesse. Di seguito la sintesi delle strutture tettoniche e delle forme di superficie cartografate, archiviate all'interno della feature *Elineari*:

Faglia non attiva / frattura vulcanica cosismica		
Tipo_el	**Descrizione**	**Numero**
7032	Faglia trascorrente\obliqua – tratto inferito	1
Altri elementi lineari		
Tipo_el	**Descrizione**	**Numero**
5041	Orlo di scarpata morfologica (10-20m)	3
5051	Orlo di terrazzo fluviale (10-20m)	2

Per quanto concerne l'identificazione dei picchi isolati, che come previsto dalle specifiche di riferimento rientrano all'interno della feature E puntuali, si è proceduto attraverso la selezione dei punti quotati e delle curve di livello della CTRN 1:10.000 e successivamente all'identificazione dei punti quota che ricadevano all'interno del contesto morfologico "picco isolato". Di seguito si riporta la tabella riepilogativa degli elementi morfologici puntuali riconosciuti.

Elementi morfologici puntuali		
Tipo_ep	**Descrizione**	**Numero**
6010	Picco Isolato	2

Gli elementi morfologici relativi alle forme di superficie e sepolte sono state ricavate attraverso l'analisi e l'integrazione di diverse fonti dati, quali la base cartografica CTRN scala 1:10.000 e le carte geomorfologiche presenti in letteratura. Gli elementi così individuati sono stati cartografati e archiviati nella feature *Forme* secondo la seguente classificazione:

Forme di superficie e sepolte		
Tipo_f	**Descrizione**	**Numero**
4010	Conoide alluvionale	4

4020	Falda detritica	1

Le stesse fonti dati, ulteriormente integrate con gli elementi di dissesto geomorfologico presenti nel PAI, sono state utilizzate per l'individuazione, la definizione e l'archiviazione delle zone suscettibili di instabilità. In particolare la metodologia di rappresentazione cartografica, nelle aree in cui si verificava la sovrapposizione di dissesti presenti in diverse fonti dati, ha puntato alla perimetrazione dell'area di ingombro complessiva. Di seguito gli elementi di instabilità, archiviati all'interno della feature *Instab*:

Instabilità di versante		
Tipo_i	**Descrizione**	**Numero**
3011	Crollo o ribaltamento – attiva	4
3015	Non definito – attiva	2
3024	Complessa - quiescente	1

Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1)

La realizzazione dell'elaborato da un punto di vista informatico ha previsto la semplice rappresentazione delle informazioni precedentemente elaborate e descritte nel capitolo dedicato alla descrizione della metodologia di individuazione delle microzone omogenee. Rispetto a quanto previsto dalla specifiche si è provveduto ad inserire il layer "Aree di Studio", in modo da agevolare l'individuazione delle aree di interesse individuate dal Comune.

Carta delle frequenze

L'elaborato in questione è stato realizzato perché previsto dalla convenzione fra il DRPC e l'Università e prevede la rappresentazione delle indagini HVSR di nuova realizzazione. In particolare si provveduto ad evidenziare per ciascun punto di misura i valori di frequenze e le relative amplificazioni secondo la seguente convenzione:

- in nero l'indicazione del valore della frequenza fondamentale e relativa amplificazione

- in blu l'indicazione del secondo valore di frequenza e relativa amplificazione
- n.a. nessuna amplificazione

Poiché le specifiche non prevedono degli standard di rappresentazione per la carta in oggetto si è provveduto a realizzare un layout ad hoc per l'inserimento nella presente relazione, per quanto concerne invece la metodologia di acquisizione si rimanda al capitolo dedicato.

8 GEOGNOSTICA E GEOFISICA

Per l'analisi geognostico – geofisica non è stato possibile disporre di dati di alcun tipo in quanto l'amministrazione Comunale di Motta Camastra non ha fornito alcuna documentazione.

Sono stati usati, pertanto, solo i dati derivati dalle misure di rumore sismico, eseguite, specificatamente per questo I Livello di Microzonazione Sismica, mediante uso del TROMINO® che in assenza di dati geognostici e di misure di velocità delle onde sismiche possono restituire informazioni geognostiche solo di tipo qualitativo.

8.1 Strumentazione utilizzata

Per le registrazioni dei dati di campagna è stato usato un tromometro (misuratore di vibrazioni) digitale di ultima generazione concettualmente derivato da quello concepito nel 1870 da Timoteo Bertelli.

Tale strumentazione, commercializzata con la denominazione TROMINO®, è prodotta e brevettata da Micromed S.p.a. e possiede i vantaggi di essere estremamente compatta, leggera e dotata di una grande semplicità di utilizzo: Queste caratteristiche ne permettono il posizionamento e l'attivazione della registrazione quasi ovunque in pochi minuti.

La versione utilizzata per le acquisizioni di questa indagine è dotata di tre canali velocimetrici elettrodinamici, ad alta risoluzione, disposti secondo tre direzioni tra di loro ortogonali e smorzati criticamente.

Il segnale del microtremore, rilevato dai velocimetri, è inviato ad un convertitore integrato A/D a 24 bit, equivalenti a 128 Hz, e registrato in una scheda di memoria interna da 1 Gb: in questo modo sono stati evitati cavi di connessione potenzialmente in grado di introdurre rumori meccanici od elettronici nel processo di acquisizione.

Il costruttore dichiara un'operatività del sistema nell'intervallo di frequenze 0,1 - 1024 Hz su tutti i canali, che può estendersi fino a 32 kHz limitando le registrazioni a due canali, garantendo la visibilità di microtremori fino a ± 1.5 mm/s con un'accuratezza, al di sopra di 0,1 Hz, maggiore di 10^{-4}.

8.2 Processing dei dati

Il processing dei dati acquisiti in campagna è stato effettuato con il software GRILLA realizzato dalla stessa Micromed S.p.a., che costituisce il logico completamento della strumentazione realizzata.

L'attuale versione del software permette l'equalizzazione dei dati acquisiti solo a 128 e 512 Hz, semplici considerazioni analitiche indicano che una frequenza di campionamento a 128 Hz è ampiamente sufficiente alla ricostruzione dei segnali imputabili alle frequenze di interesse stratigrafico (< di 40 Hz), mentre l'adozione della frequenza di campionamento a 512 Hz è stata prevista per lo studio di vibrazioni fino a 100 Hz derivate dalle attività antropiche, in accordo alle norme UNI 9916 e DIN 4150, pertanto l'utilizzo di campionamenti a frequenze diverse deve necessariamente essere ricondotto a quelle di base utilizzando una apposita funzione del database di Grilla (*File>Desampling*).

Il software consente la scelta delle finestre temporali (in numero e durata) in seguito all'analisi dei grafici della variazione temporale ed azimutale dello spettro H/V e che devono essere selezionate secondo criteri di stabilità delle frequenze d'interesse eliminando eventuali transienti.

Le serie temporali registrate, nelle tre componenti del moto, vengono analizzate secondo procedure spettrali di vario tipo (tipicamente FFT) fino alla produzione delle curve H/V, dove la componente H è restituita come media di due componenti spettrali orizzontali ortogonali.

Il software permette, inoltre, l'applicazione del test di significatività H/V proposto da SESAME (Site EffectS Assessment using AMbient Excitations) nel 2005.

Si tratta di due gruppi di condizioni: 3 il primo gruppo e 6 il secondo. I primi tre criteri valutano la durata della registrazione e la durata delle finestre di analisi verificando la loro adeguatezza alla frequenza analizzata; i successivi sei criteri sono

di significatività della distribuzione statistica e valutano la convergenza del picco individuato ad una gaussiana e la deviazione standard della frequenza ed ampiezza del picco: in pratica indicano semplicemente se la forma del picco possiede una struttura ben definita.

E' utile osservare che la rigida applicazione di questi criteri non è desiderabile per diverse situazioni specifiche: per esempio, in siti dove affiora il bedrock o dove i contrasti di velocità sono molto deboli, per esempio a causa della graduale transizione di velocità verso il basso, i criteri SESAME non vengono superati. Questo non implica necessariamente la mancata o l'errata acquisizione di risonanze importanti: si tratta nel primo caso di un sito privo di amplificazione e questa è comunque un'informazione stratigrafica, mentre, nel secondo caso, che il picco, o i picchi, di frequenza non sono chiaramente definibili, ed anche questa, se ben interpretata, può costituire un'interpretazione stratigrafica.

Ulteriore, e relativamente comune, caso di non superamento dei criteri SESAME è costituito da quei siti in cui sono presenti inversioni di velocità causate da strati lenti (Low Velocity Layer), non rilevabili in superficie, cavità e/o strutture artificiali superficiali od a piccola profondità (pavimentazioni, lastricati, fondazioni asimmetriche, paratie, platee di fondazione). In queste situazioni sono state riscontrate pesanti alterazioni della componente spettrale orizzontale che non interessano quella verticale (CASTELLARO e MULARGIA, 2009) che producono rapporti H/V con ampiezza inferiori a 1 (non rispetto del criterio 3 del secondo gruppo SESAME) per larghi intervalli di frequenze, ostacolando l'individuazione dell'autofrequenza del sito. E' comunque possibile rilevare ugualmente l'autofrequenza dall'analisi degli spettri delle singole componenti.

8.3 Il Rumore sismico

Le vibrazioni sismiche ambientali (o rumore sismico) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm (OKADA, 2003). In riferimento al contenuto in frequenza, il rumore sismico può essere classificato come microtremore se contiene alte frequenze (> di 0.5 Hz) e microsisma per basse frequenze (< di 0.5 Hz).

Per quanto riguarda l'origine del rumore sismico, è noto (GUTEMBERG, 1958 e ASTEN, 1978; 1984) che le sorgenti dei microsismi sono molteplici (Tabella 6 – Sorgenti del rumore sismico): le perturbazioni atmosferiche sugli oceani, che si propagano come onde superficiali sui continenti, l'impatto di fulmini sul terreno, i movimenti isostatici, i fenomeni di microfratturazione crostale, mentre le sorgenti dei microtremori sono essenzialmente le attività antropiche come il traffico veicolare e le attività industriali.

Sorgenti microsismiche	*Gutenberg (1958)*	*Asten (1978, 1984)*
Onde oceaniche contro le coste	0.05 - 1 Hz	0.5 - 1.2 Hz
Perturbazioni metereologiche a grande scala	0.1 - 0.25 Hz	0.16 - 0.5 Hz
Cicloni oceanici	0.3 - 1 Hz	0.5 - 3 Hz
Condizioni metereologiche locali	1.4 - 5 Hz	
Tremore vulcanico	2 - 10 Hz	
Attività antropiche e veicolari	1 - 100 Hz	1.4 - 30 Hz

Tabella 6 – Sorgenti del rumore sismico

E' opinione diffusa, anche se non unanime, che il rumore sismico ambientale si propaga come onde superficiali, in ogni caso queste rivestono un ruolo fondamentale perché possiedono una velocità prossima a quella delle onde S (LACHET e BARD, 1994).

Inoltre il rumore sismico, in virtù della sua ubiquità, della sua natura stocastica e del contenuto in frequenze di interesse ingegneristico, si dimostra utile per la stima degli effetti di sito (BEN - MENAHEM e SINGH, 1981;). E' stata, infatti, ampiamente riconosciuta, da tempo, la dipendenza dell'andamento dello spettro del rumore di fondo dalle condizioni topografiche e litostratigrafiche locali.

Nel moto di propagazione dello scuotimento sismico entro il bedrock le onde sismiche subiscono il fenomeno dell'attenuazione geometrica che sostanzialmente ne lascia inalterato il contenuto spettrale. Nel percorso di emersione verso la superficie terrestre lo spettro delle onde sismiche può però modificarsi, più o meno

intensamente, in dipendenza delle caratteristiche fisiche dei terreni attraversati e che sovrastano il bedrock. Gli effetti possibili sono di amplificazione e/o di attenuazione selettiva del contenuto in frequenza, in questo caso la colonna di sedimenti sovrapposta al bedrock agisce come un filtro, o di nessuna variazione del contenuto spettrale, caso generalmente riferibile al bedrock affiorante.

8.4 Teoria sull'analisi del Rumore Sismico

I primi tentativi di ricavare dati stratigrafici dall'analisi del rumore sismico risalgono agli anni '60 del secolo scorso. Dai primi lavori di KANAI (1954, 1957) e DOUZE (1964), che classificarono i tremori ambientali come onde di volume, si svilupparono studi basati sull'assunto che lo spettro del rumore sismico è correlabile, nel dominio della frequenza, a quello di eventi sismici avvenuti nella stessa area (KANAI & TANAKA 1961).

Sotto questa ipotesi i microtremori sono onde S che incidono verticalmente e lo spettro del moto, che abbandona l'interfaccia bedrock/suolo, è bianco. Lo spettro del microtremore, pertanto, è rappresentativo della funzione di amplificazione sismica dei depositi incoerenti sovrapposti al bedrock. Sebbene esiste un'innegabile, anche se grossolana, correlazione tra caratteristiche geologiche del sito e frequenza del picco massimo degli spettri, che indurrebbe a interpretarla come la frequenza di risonanza del moto fondamentale, questa pratica ha trovato riscontro, solo per frequenze di picco basse (f_o < 1 Hz), in diversi siti del Giappone (spiegando quindi il motivo della diffusione in quel paese), a Città del Messico (LERMO et al., 1988) e Los Angeles (YAMANAKA et al., 1993). Per tali motivi si tende a considerare tale tecnica poco affidabile.

Il perfezionamento del metodo avviene con l'utilizzo dei rapporti spettrali, calcolando cioè i rapporti degli spettri di Fourier delle stesse componenti registrate simultaneamente su siti di terreni incoerenti e su un sito roccioso vicino. In questo caso si presuppone che il moto, registrato su roccia sia rappresentativo di quello che arriva sull'interfaccia roccia/terreno, sotto il sito di terreni incoerenti. I risultati ottenuti si mostrano apprezzabili ed in accordo con quelli ottenuti da registrazioni di terremoti solo a basse frequenze dove l'origine del rumore è la stessa per tutti i siti indagati

(YAMANAKA et al., 1993). Risultati controversi sono stati invece ottenuti a frequenze più alte (GUTIERREZ & SINGH, 1992).

Negli anni '70 del secolo scorso NOGOSHI & IGARASHI (1971) e SHIONO (1979) nell'ambito di studi sul significato fisico del rapporto tra le componenti orizzontali e verticali (H/V) del rumore ambientale mostrarono la sua relazione diretta con la curva di ellitticità delle onde di Rayleigh e conclusero che il picco massimo di ampiezza si verifica alla frequenza di risonanza fondamentale della copertura sovrastante il bedrock.

Successivamente NAKAMURA (1989), osservando empiricamente che la componente verticale del rumore sismico non è influenzata dalla presenza degli strati superficiali, propone di utilizzare il rapporto H/V come stimatore affidabile della funzione di trasferimento dello onde S per un dato sito. L'ipotesi avanzata è che i microtremori siano originati da sorgenti molto locali, che non eccitano il tetto del bedrock, e che siano onde di Rayleigh che si propagano in un solo strato su un semispazio.

In lavori più recenti si è avuta parziale giustificazione dei risultati ottenuti da NAKAMURA con considerazioni teoriche (FIELD et al., 1992; FIELD & JACOB, 1993; LERMO & CHAVEZ-GARCIA, 1994; LACHET & BARD, 1995; FAH et al., 2001) le cui conclusioni dimostrano come la frequenza del picco massimo del rapporto H/V e correlabile con l'ellitticità, in superficie, del modo fondamentale delle onde di Rayleigh: alla frequenza di risonanza l'ellisse dello spostamento di Rayleigh cambia segno ed il rapporto H/V tende teoricamente all'infinito.

La maggiore attendibilità dei risultati è stata però verificata in condizioni geologiche semplici e con forti contrasti di velocità (DELGATO et al., 2000). I migliori risultati, per la predizione degli effetti di sito con le misure del rapporto H/V, del rumore sismico, riguardano solo la frequenza di risonanza del modo fondamentale dello strato di sedimenti, quando non ci sono effetti laterali 2D o 3D.

Successivamente in America e poi in Europa la tecnica H/V ha trovato importanti applicazioni in ambito sismico. Con la realizzazione di un progetto denominato SESAME (2005) (Site EffectS Assessment using AMbient Excitations), che si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure

di microtremore ambientale in stazione singola ed array, si è certificata l'affidabilità delle misure spettrali per la ricostruzione sismica del sottosuolo.

Permangono comunque incertezze sulla completa affidabilità del metodo di Nakamura a causa dei bassi livelli di ampiezza coinvolti che in assenza di forti contrasti di velocità contribuiscono a rendere poco definibili i picchi della funzione H/V.

8.5 Aree Interessate dalle indagini di MS

In riferimento alla delimitazione delle aree del Comune di Motta Camastra da sottoporre agli studi di MS di primo livello, in assenza di indicazioni da parte del Comune, è stato stabilito, su indicazione del Dipartimento Regionale della Protezione Civile, di estendere le indagini all'area urbana (Figura 21 – Comune di Motta Camastra: delimitazione delle aree indagate).

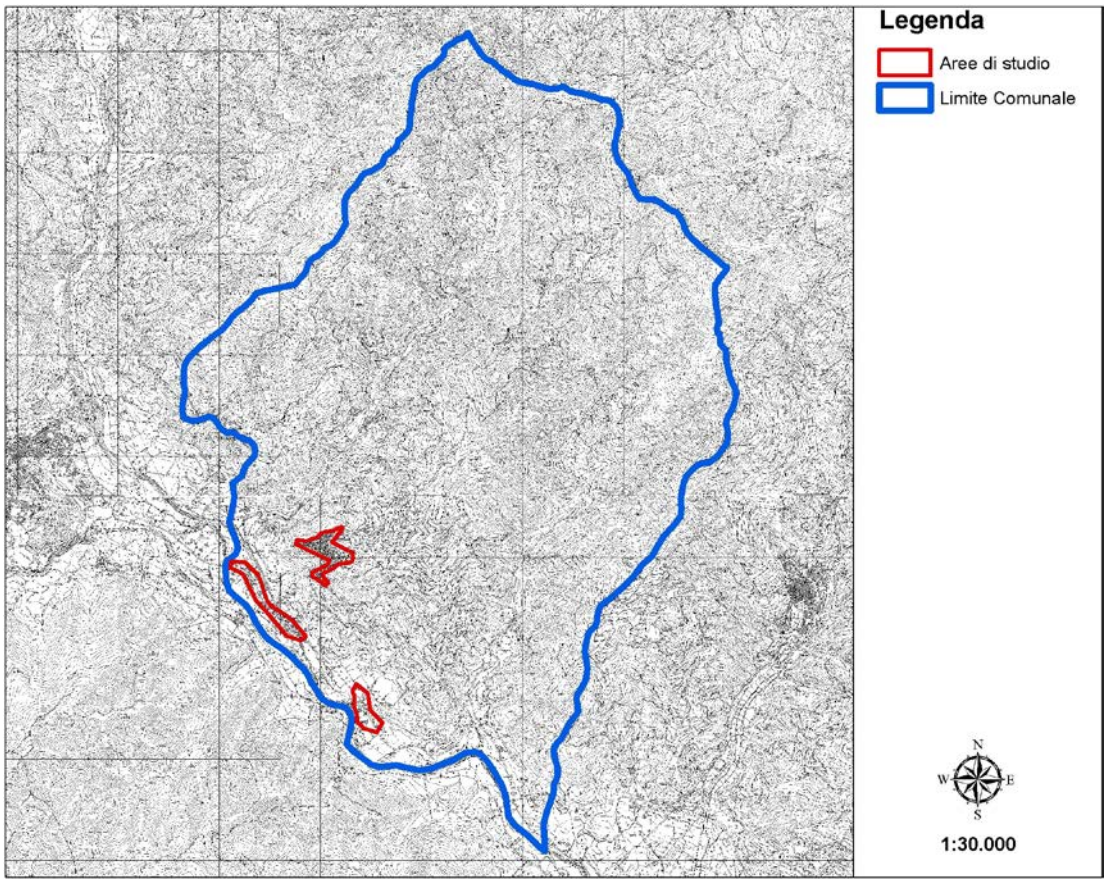


Figura 21 – Comune di Motta Camastra: delimitazione delle aree indagate

L'area indagata è stata pertanto coperta con 14 punti complessivi di registrazione di rumore sismico. Nelle tabelle seguenti (Tabella 7, Tabella 8), sono riassunti: sigla identificativa, coordinate geografiche, quota dei siti di registrazione e risultati ottenuti.

IDENTIFICATIVO	DATA	SITO DI REGISTRAZIONE
HVSR - MTC 1 - 2012	19/10/2012	TERRENO INCOLTO
HVSR - MTC 2 - 2012	19/10/2012	ULIVETO
HVSR - MTC 3 - 2012	19/10/2012	TERRENO INCOLTO

HVSR - MTC 4 - 2012	19/10/2012	TERRENO INCOLTO, CASTAGNETO
HVSR - MTC 5 - 2012	19/10/2012	VIGNETO
HVSR - MTC 6 - 2012	19/10/2012	VIGNETO ORTO TERRAZZATO
HVSR - MTC 7 - 2012	19/10/2012	SPIAZZO SU RIPORTO ?
HVSR - MTC 8 - 2012	19/10/2012	TERRENO INCOLTO
HVSR - MTC 9 - 2012	19/10/2012	SPIAZZO STERRATO
HVSR - MTC 10 - 2012	19/10/2012	AGRUMETO
HVSR - MTC 11 - 2012	19/10/2012	TERRENO INCOLTO
HVSR - MTC 12 - 2012	19/10/2012	ULIVETO AGRUMETO
HVSR - MTC 13 - 2012	19/10/2012	SPIAZZO IN TERRA BATTUTA
HVSR - MTC 14 - 2012	19/10/2012	DISTRIBUTORE SP

Tabella 7 – Sigle dei siti di selezionati con relativa data di registrazione ed indicazione dell'uso del suolo

IDENTIFICATIVO	ID_SPU	LATITUDINE	LONGITUDINE	QUOTA s.l.m.	f_0	H/V	f_1	H/V	f_2	H/V
HVSR - MTC 1 - 2012	083058P1	37° 53' 45,204" N	15° 10' 23,050" E	439.0	3.6	2.1	5.47	2.28	28	2
HVSR - MTC 2 - 2012	083058P2	37° 53' 43,528" N	15° 10' 13,789" E	414.0	3.75	3.53	18	1.95		
HVSR - MTC 3 - 2012	083058P3	37° 53' 40,554" N	15° 10' 4,595" E	417.0	3.95	2.74				
HVSR - MTC 4 - 2012	083058P4	37° 53' 34,935" N	15° 10' 19,272" E	414.0	21.6	1.54				
HVSR - MTC 5 - 2012	083058P5	37° 53' 34,412" N	15° 10' 25,034" E	446.0	0.7	1.7	5.19	2.02	38	1.95
HVSR - MTC 6 - 2012	083058P6	37° 53' 31,269" N	15° 10' 13,544" E	401.0	4.56	1.74				
HVSR - MTC 7 - 2012	083058P7	37° 53' 27,899" N	15° 10' 16,743" E	407.0	14.7	2.07				
HVSR - MTC 8 - 2012	083058P8	37° 53' 30,146" N	15° 9' 42,299" E	231.0	1.98	1.5				
HVSR - MTC 9 - 2012	083058P9	37° 53' 22,547" N	15° 9' 49,302" E	228.0	20.8	2.73				
HVSR - MTC 10 - 2012	083058P10	37° 53' 16,940" N	15° 9' 56,482" E	222.0	1.95	2.8	33.7	3.63		
HVSR - MTC 11 - 2012	083058P11	37° 53' 11,675" N	15° 10' 4,400" E	219.0	40	2.02				
HVSR - MTC 12 - 2012	083058P12	37° 52' 51,138" N	15° 10' 28,702" E	211.0	7.58	2.4				
HVSR - MTC 13 - 2012	083058P13	37° 52' 41,620" N	15° 10' 33,055" E	191.0	2.22	1.81				
HVSR - MTC 14 - 2012	083058P14	37° 52' 42,817" N	15° 10' 35,918" E	193.0	2.95	2.01				

Tabella 8 – Quadro riassuntivo dei siti di registrazione con esibizione dei dati di frequenza elaborati (per tutti i siti l'accoppiamento suolo/sensore è diretto ed orientato verso Nord; tutti i rilievi sono stati eseguiti in condizioni di bel tempo

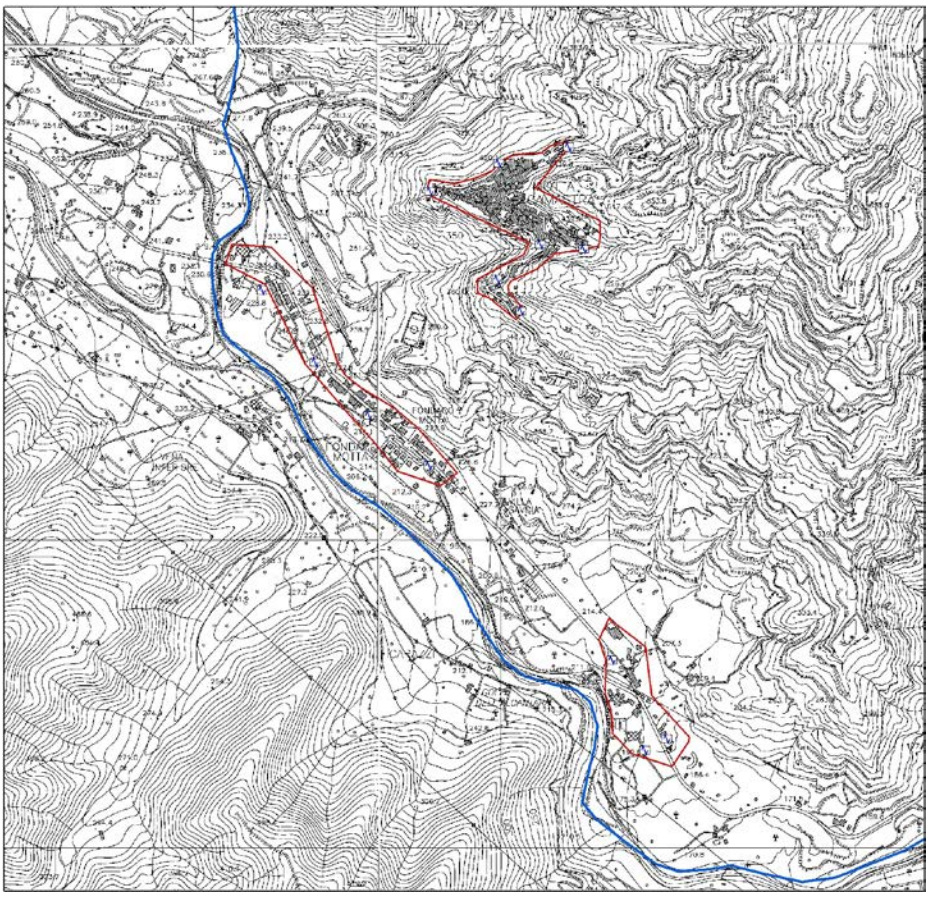


Figura 22 – Distribuzione delle indagini HVSR in relazione alle aree indagate nel Comune di Motta Camastra

8.6 Rappresentazione dei valori di frequenza ottenuti

I valori di frequenza ottenuti dal processing dei dati acquisiti (Tabella 8), sono stati esibiti nel relativo elaborato (Carta delle frequenze) a fianco del simbolo, che individua il sito di registrazione, con i seguenti criteri (Figura 23 – Carta delle frequenze nel Comune di Motta Camastra):

- in alto il valore della frequenza fondamentale e della relativa amplificazione;
- a destra il valore della seconda frequenza e della relativa amplificazione;
- in basso il valore della terza frequenza e della relativa amplificazione.

Il primo gruppo (es: 1,5/2) in alto, indicherà il valore dell'autofrequenza, insieme a quello della corrispondente amplificazione, in legenda sono specificate le relative attribuzioni.

Nei siti, dove è stato rilevato un unico picco di frequenza è, ovviamente, visibile un'unica etichetta.

Nel caso di siti privi di amplificazioni (bedrock affiorante), l'etichetta riportata sarà semplicemente la sigla n.a. (nessuna amplificazione).

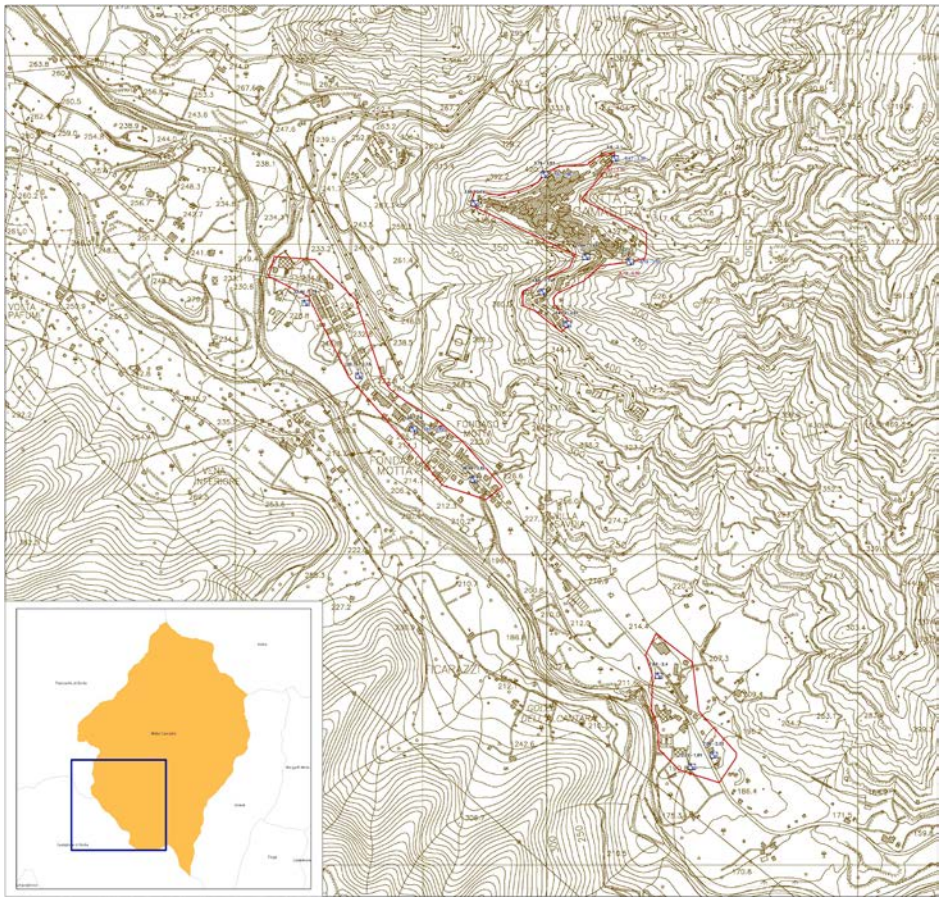


Figura 23 – Carta delle frequenze nel Comune di Motta Camastra

8.7 Modello geologico dell'area in studio e bedrock geofisico

Nella selezione areale studiata, al centro della quale ricade l'abitato principale di Motta Camastra (Foto 4), affiora una successione costituita da terreni sedimentari appartenenti alla formazione del Flysch di Capo d'Orlando.

Foto 4 - Panoramica aerea del costone dove è edificato l'abitato di Motta Camastra

Il modello geologico del sottosuolo che è stato possibile ricostruire, per le selezioni areali di pertinenza del comune di Motta Camastra, è compendiato dalle Sezioni AA' (Figura 24) e BB' (Figura 25) le cui tracce possono essere rilevate nell'allegata Carta Geologico tecnica (Figura 7).

Si può osservare, schematizzando la stratigrafia, che il substrato geologico affiorante è sormontato irregolarmente, nelle aree di fondo valle, da coperture di terreni di genesi detritico alluvionale e vulcanica di potenza non definita.

Dal punto di vista litologico il substrato è costituito dall'alternanza stratificata di facies pelitiche e facies arenacee a banconi metrici, a giacitura fortemente inclinata che condizionano la morfologia rendendola molto acclive, praticamente con angolo di pendio coincidente con quello dell'inclinazione degli strati, laddove prevale la facies arenacea e più morbida in corrispondenza dei settori dove la sequenza è essenzialmente pelitica.

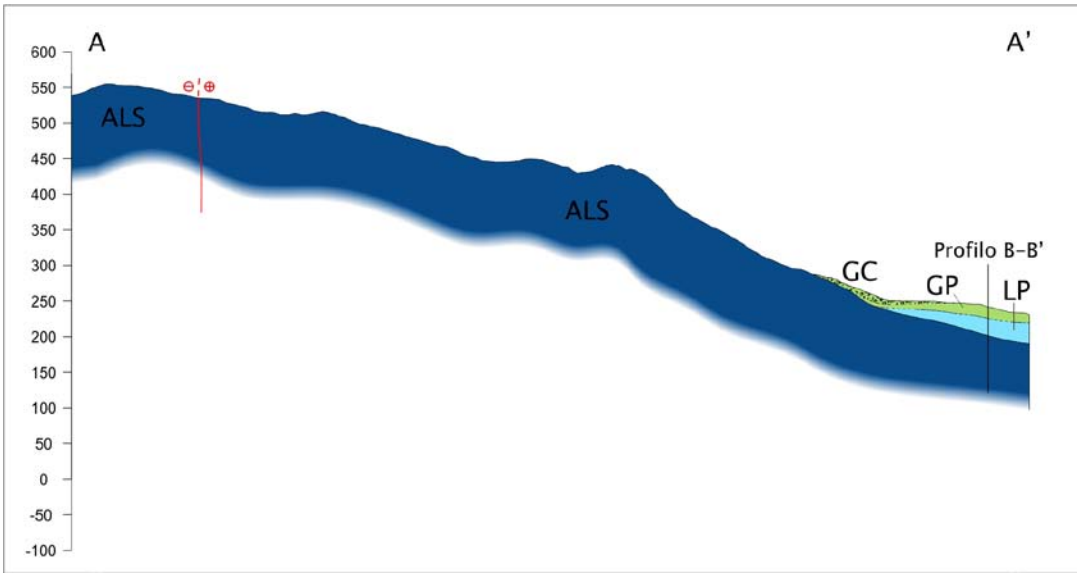


Figura 24 – Profilo A-A'

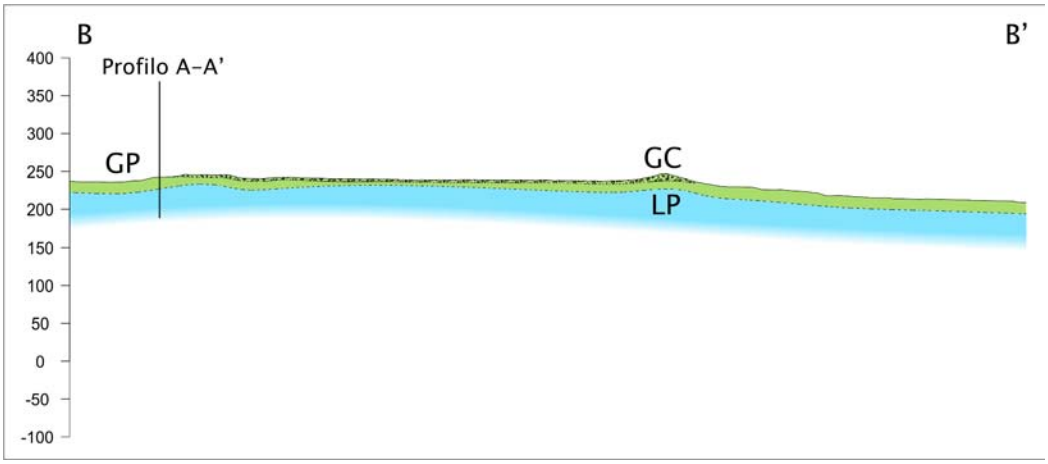


Figura 25 – Profilo B-B'

Il profilo BB', realizzato nella zona di fondo valle dell'Alcantara, evidenzia la

sequenza completa delle coperture costituita dalle colate laviche dell'Alcantara sormontate dai depositi alluvionali e dal detrito di versante.

Il profilo A - A' mette in evidenza che la posizione del centro urbano ricade in uno scenario complesso rispetto alla topografia, inclinazione del pendio a valle maggiore del 100%, e rispetto alla litostratigrafia, strati subverticali con forte contrasto di rigidità.

Dal punto di vista geomeccanico l'alternanza argilloso arenacea è attraversata da un irregolare reticolo di discontinuità costituito da giunti di stratificazione e da diaclasi che conferiscono alla roccia caratteristiche di coerenza e compattezza più vicine a quelle di un ammasso detritico.

Pertanto i volumi apicali affioranti del substrato sono inclini allo sgretolamento ed alla formazione di materiali detritici che tendono a migrare verso il basso assottigliandosi nelle aree più acclivi dove vengono messi a nudo i comparti più tenaci e meno fratturati. La copertura detritica si presenta, pertanto, discontinua e con spessori irregolari.

Per questo modello di sottosuolo non sono ravvisabili i requisiti necessari ad assimilare le formazioni affioranti al bedrock geofisico (Vs > 800 m/s) che dovrebbe porsi alle profondità in cui le condizioni di rigidità necessarie siano continue e costanti.

La previsione sarebbe confermata dai risultati ottenuti dalle misure HVSR (Tabella 9), che nell'area indagata hanno fornito picchi di autofrequenza compresi tra 0,7 Hz e 4,56 Hz, (**083058P5, 083058P1, 083058P2, 083058P3**) nei siti di registrazione materializzati nell'ambito di affioramenti con facies pelitica prevalente, che sulla base di un valore medio della velocità delle onde di taglio (AKI, 1964; WATHELET et al., 2004) cautelativamente estrapolabile da valori di bibliografia, porrebbero il contrasto di rigidità di fondo a profondità superiori ai 20 m ed anche molto maggiori in corrispondenza del valore a 0,7 hz. Al contrario nei rilievi eseguiti in corrispondenza di siti a facies arenacea prevalente (**083058P7, 083058P4**) si sono ottenuti valori più alti (14,72 Hz e 21,64), indicativi di forte contrasto di rigidità a pochi metri di profondità. Ne discende che, in prima approssimazione, l'insieme non sembra facilmente riconducibile ad un modello monodimensionale.

In corrispondenza dell'area di fondo valle (083058P11, 083058P10, 083058P8) si sono ottenuti tre picchi di autofrequenza con valori molto bassi (1,19 Hz, 1,95 Hz e 1,98 Hz) insieme ad un unico valore lievemente superiore a 20 Hz (083058P9) nell'ambito dei depositi detrico alluvionali, e tre valori (2,22 Hz, 2,95 Hz e 7,58 Hz) in corrispondenza delle colate laviche (083058P13, 083058P14, 083058P12).

Escludendo il valore superiore 20 Hz, ottenuto in un sito vicino al limite tra alluvioni e substrato per cui è verosimile prevedere l'assottigliamento dello spessore della copertura alluvionale e quindi la congruità del valore di autofrequenza, i dati che complessivamente si possono, ricavare dai valori ottenuti sono, la profondità del bedrock sismico che si porrebbe a profondità variabili ma vicine ai 70 m, ed il ruolo di copertura disarticolata svolto dalle colate laviche stante i valori di autofrequenza ottenuti. Valori compatibili, in assenza di caratterizzazioni geognostiche, con le osservazioni litostratigrafiche che è possibile eseguire nella parte centrale della colata dell'Alcantara fluita entro l'alveo e denudata dall'azione fluviale.

IDENTIFICATIVO	LITOLOGIA	QUOTA s.l.m.	f_0
HVSR - MTC 1 - 2012	ALTERNANZA ARENACEO PELITICA	439	3.6
HVSR - MTC 2 - 2012	ALTERNANZA ARENACEO PELITICA	414	3.75
HVSR - MTC 3 - 2012	ALTERNANZA ARENACEO PELITICA	417	3.95
HVSR - MTC 4 - 2012	ARENARIE	414	21.64
HVSR - MTC 5 - 2012	ALTERNANZA ARENACEO PELITICA	446	0.7
HVSR - MTC 6 - 2012	ALTERNANZA ARENACEO PELITICA	401	4.56
HVSR - MTC 7 - 2012	ARENARIE	407	14.72
HVSR - MTC 8 - 2012	ALLUVIONI	231	1.98
HVSR - MTC 9 - 2012	ALLUVIONI	228	20.75
HVSR - MTC 10 - 2012	ALLUVIONI	222	1.95
HVSR - MTC 11 - 2012	ALLUVIONI	219	1.19
HVSR - MTC 12 - 2012	COLATE LAVICHE	211	7.58
HVSR - MTC 13 - 2012	COLATE LAVICHE	191	2.22
HVSR - MTC 14 - 2012	COLATE LAVICHE	193	2.95

Tabella 9 – Risultati dei rilievi HVSR in relazione alla geologia ed all'altimetria

L'indisponibilità di dati geognostici non permette ulteriori precisazioni od affinamenti del quadro conoscitivo che devono essere demandati alle fasi di studio successive e subordinate all'acquisizione di opportuni dati geognostici.

8.8 Considerazioni sui risultati ottenuti

Sulla base dei dati complessivamente acquisiti è stato possibile definire un modello geologico tecnico qualitativo del sottosuolo nella selezione areale utilizzata per lo studio delle aree urbanizzate del comune di Motta Camastra supportato unicamente dai dati derivati dalle registrazioni di rumore sismico, mediante la tecnica di Nakamura.

I risultati ottenuti indicano che il modello geologico ricostruito nell'area esaminata, non è assimilabile ad una struttura modimensionale ed è caratterizzato da forti contrasti di rigidità che variano in modo irregolare e discontinuo.

Sebbene la tecnica impiegata permette l'acquisizione, in modo agevole ed in tempi relativamente brevi, di dati potenzialmente in grado di trasportare ad un ambito quantitativo il modello elaborato, l'utilizzo in questo comparto deve essere preceduto dalla compiuta definizione del modello geologico. A questo scopo è però indispensabile disporre di dati geognostici del sottosuolo di qualità ed in numero sufficiente.

9 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

Sulla base di quanto previsto dall'ICMS le aree comunali, interessate dalle indagini, sono state suddivise in tre classi di suscettibilità:

a) *zone stabili*, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco acclive – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°); in queste zone non sono quindi richiesti ulteriori approfondimenti;

b) *zone stabili suscettibili di amplificazioni locali*, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale; nelle zone con variazioni stratigrafiche laterali poco significative (zone di pianura, valli ampie) sono ritenuti sufficienti approfondimenti di secondo livello; nelle zone in cui la stratigrafia presenta variazioni laterali significative e il modello geologico non è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale, come valli strette, conche intramontane e fasce pedemontane o zone prossime a strutture tettoniche sepolte (in prima approssimazione: zone con coefficiente di forma C > 0.25 dove C = H/L, H = spessore della coltre alluvionale, L = semiampiezza della valle), sono richiesti approfondimenti di terzo livello;

c) *zone suscettibili di instabilità*, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (instabilità di versante in presenza di pendii instabili e potenzialmente sinstabili, liquefazioni, densificazioni, cedimenti differenziali).

Nella selezione areale considerata per il comune di Motta Camastra non sono presenti Zone stabili, quindi di seguito sono state individuate solo quelle appartenenti alle altre due categorie.

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (da qui in poi MOPS) realizzata per il Comune di Motta Camastra ha una superficie di circa 3,3 Kmq e comprende una zona di estensione più ampia rispetto a quella dell'area interessata dai rilievi di rumore sismico.

Nonostante nell'area oggetto di studio affiorino estesamente terreni costituenti il substrato geologico questi non costituiscono in ogni caso zone stabili per le seguenti ragioni:

- condizioni topografiche: pendii con inclinazioni superiori ai 15° e dislivelli superiori a 30 m;
- la presenza di uno strato di alterazione che generalmente interessa i primi metri delle formazioni il cui spessore, sulla base dei ad oggi disponibili, può raggiungere valori superiori ai 3 m.

Per quanto concerne i terreni di copertura questi sono stati classificati come zone suscettibili di amplificazioni locali a partire dalle indicazioni degli ICMS e, quindi, sulla base di fattori topografici e morfologici locali nonché fattori di carattere litostratigrafico (Vs < 800 m/s, spessori > 5m).

Nella selezione areale studiata sono state individuate 4 zone suscettibili di amplificazione (Figura 26) e 7 zone suscettibili di instabilità (Figura 27) che verranno di seguito descritte.

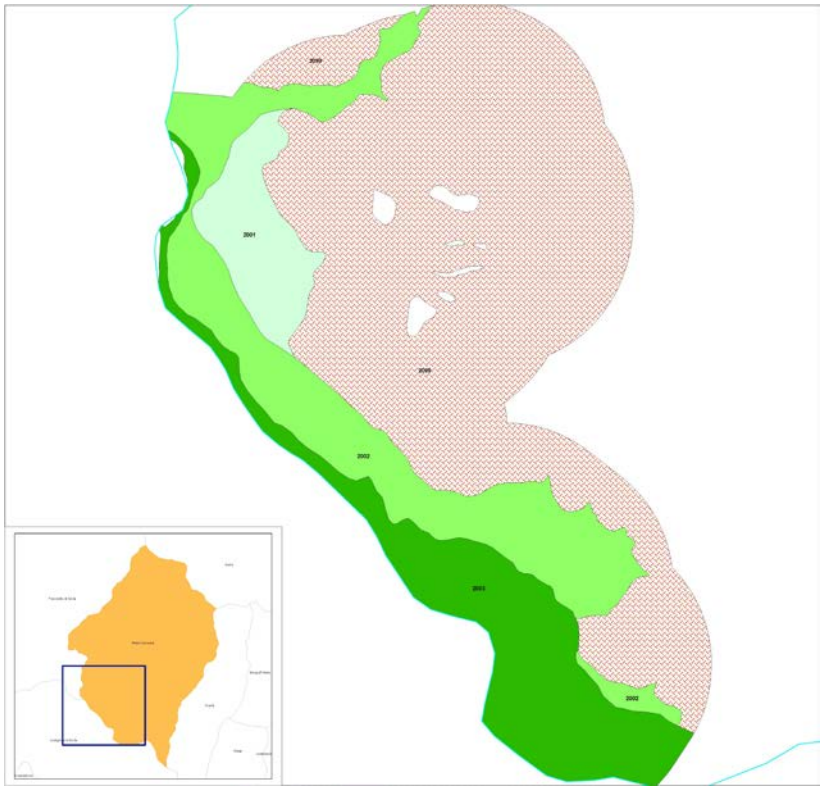


Figura 26 – Schema delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

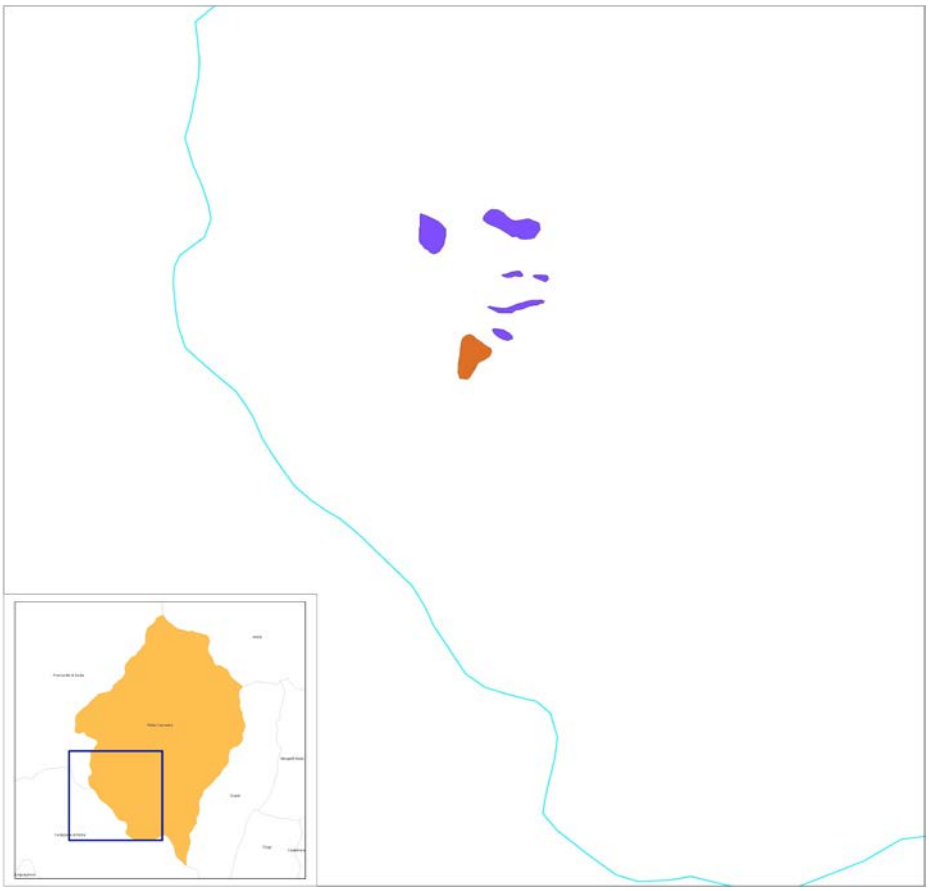


Figura 27 – Schema delle zone suscettibili di instabilità

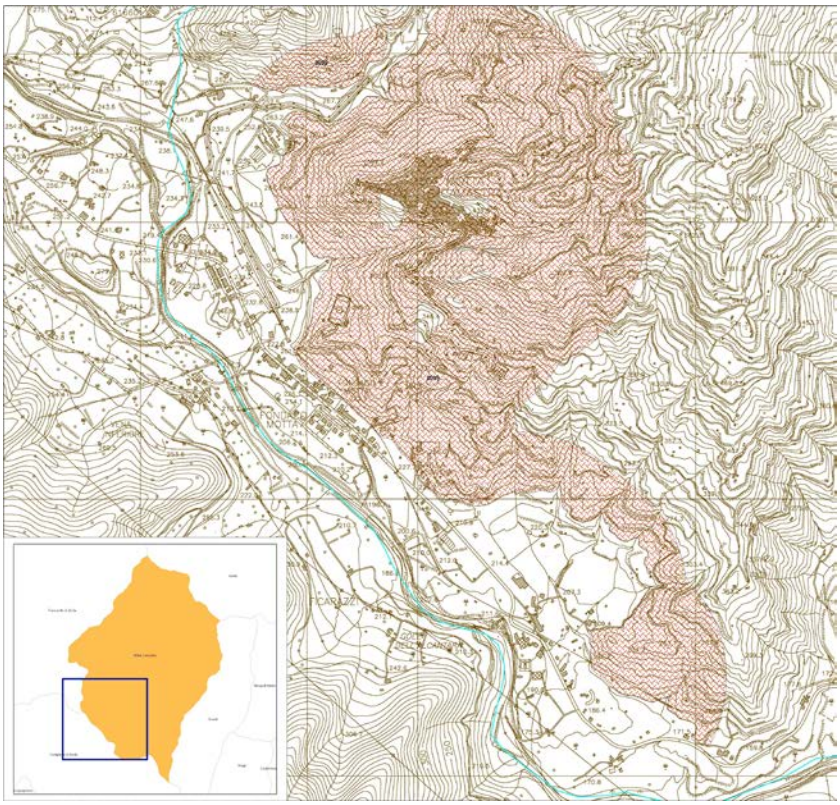
9.1 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

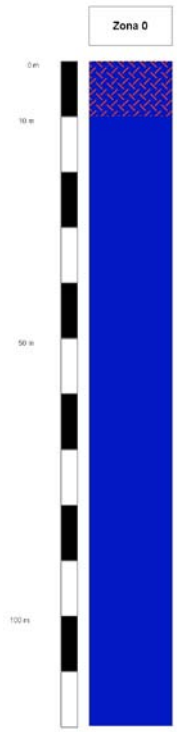
Zona 0

Questa zona, che si estende per tutta la selezione areale considerata, comprende terreni del substrato geologico appartenenti alla formazione del Flysch di Capo d'Orlando, in facies argilloso arenacea.

La classificazione in zona stabile, ma suscettibile di amplificazioni, locali è data dalle condizioni di acclività (frequenti pendii con inclinazioni superiori ai 15° e dislivelli superiori a 30 m).

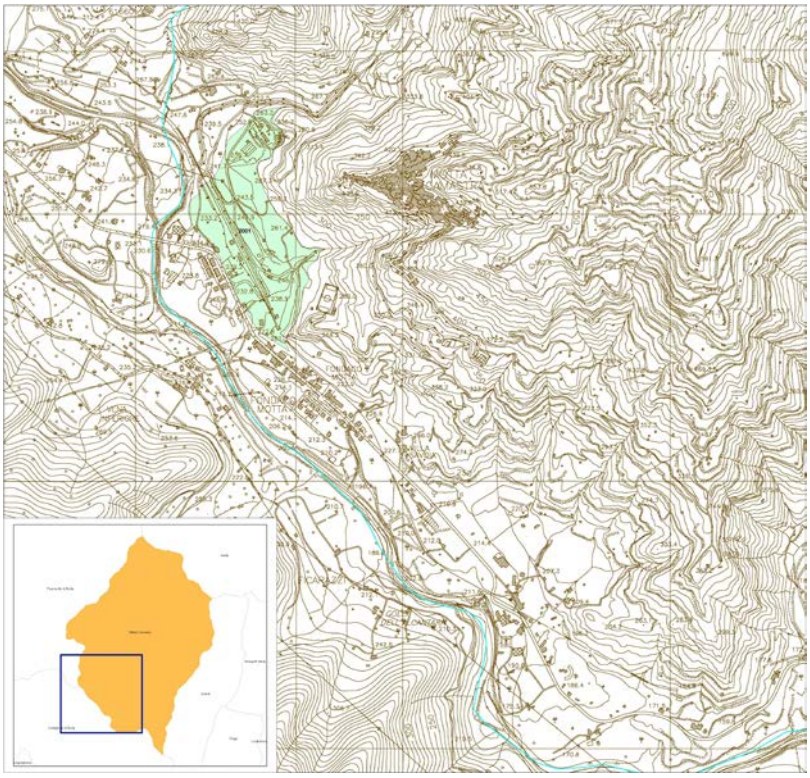
La formazione appare interessata in misura variabile ma estesa da sistemi di fratture che rendono gli ammassi rocciosi disarticolati. E' presente, a luoghi una copertura detritica incoerente il cui spessore variabile, in corrispondenza di zone poco acclivi, è dell'ordine di diversi metri. Non si dispone di dati geognostici diretti per ulteriori caratterizzazioni di dettaglio.

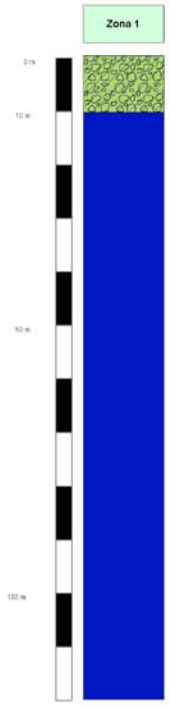




Zona 1

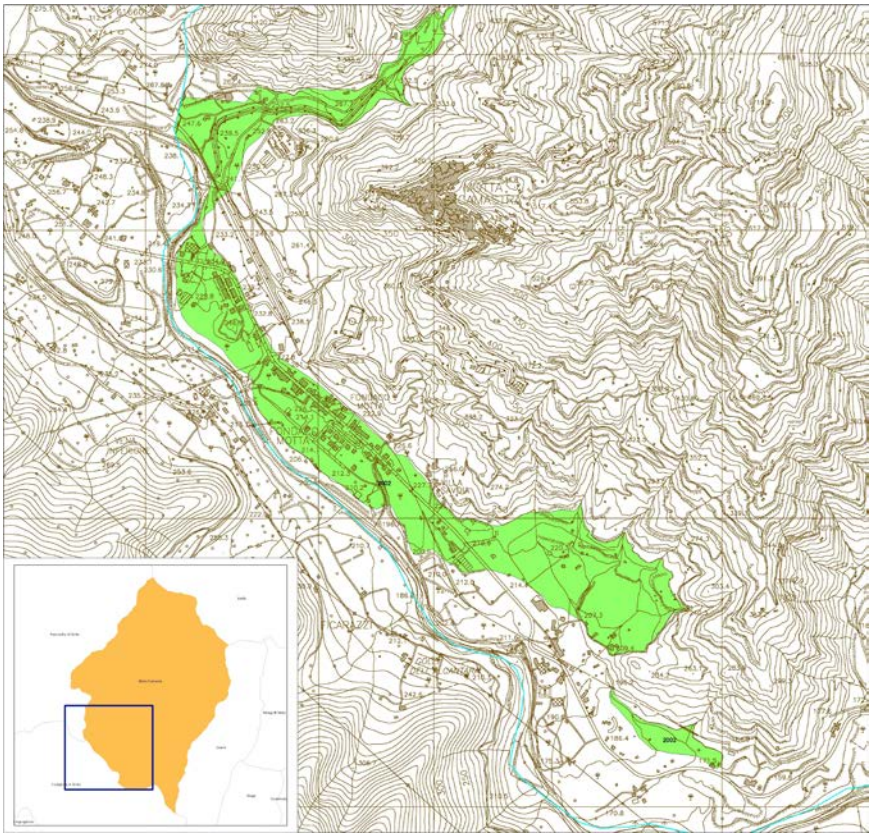
Comprende l'area a N della frazione di Fondaco Motta. La stratigrafia è data dall'alternanza pelitico arenacea del Flysch di Capo d'Orlando e da una copertura detritica di genesi colluviale a potenza irregolare. Non si dispone di dati geognostici diretti per ulteriori caratterizzazioni di dettaglio.

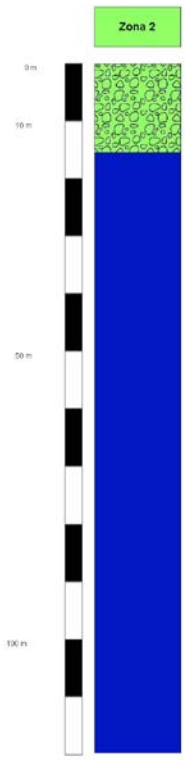




Zona 2

Comprende l'area di fondo valle del fiume Alcantara, che ricade entro il territorio comunale di Motta Camastra e la frazione di Fondaco Motta. La stratigrafia è data dall'alternanza pelitico arenacea del Flysch di Capo d'Orlando e da una copertura a potenza irregolare di genesi alluvionale, con una potenza irregolare quantificabile, sulla base delle osservazioni di campagna, maggiore di 10 metri. Non si dispone di dati geognostici diretti per ulteriori caratterizzazioni di dettaglio.



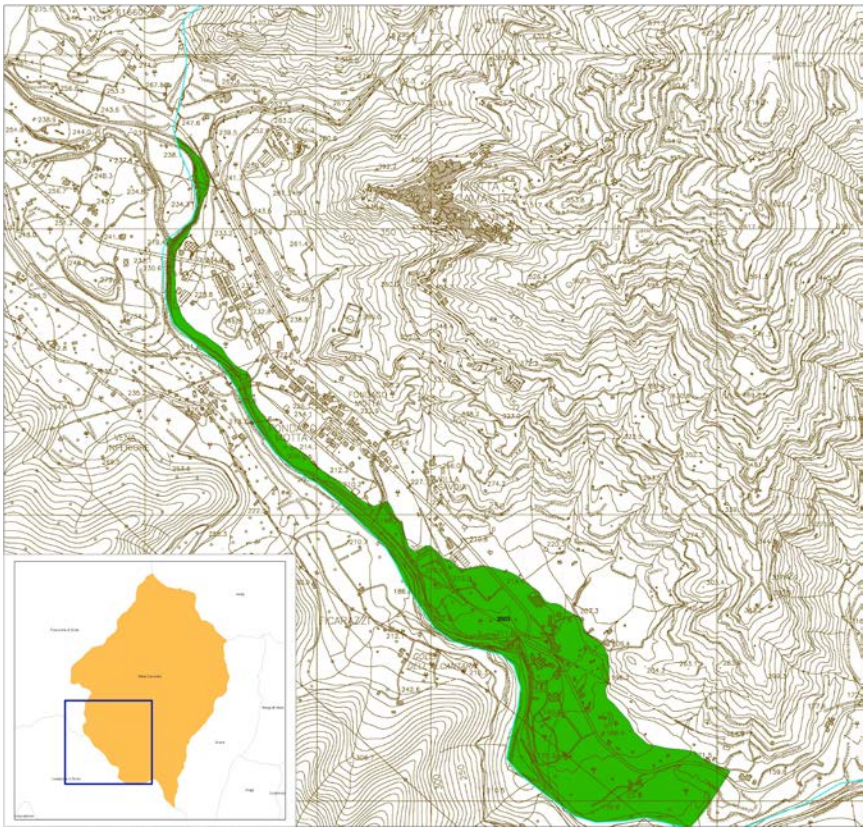


Zona 3

Comprende l'area di fondo valle del fiume Alcantara che ricade entro il territorio comunale di Motta Camastra, in corrispondenza della frazione di San Cataldo. La stratigrafia è data dall'alternanza pelitico arenacea del Flysch di Capo d'Orlando e da una copertura di colate laviche.

L'inversione dei dati HVSR, ottenuta utilizzando una stima verosimile dei valori di Vs, fornisce valori di potenza del corpo vulcanico prossimi ai 70 m che risultano compatibili con le sezioni esposte nell'alveo fluviale.

Non si dispone di dati geognostici diretti per ulteriori caratterizzazioni di dettaglio.



9.2 Zone suscettibili di instabilità

Sulla base delle informazioni disponibili è stato possibile ascrivere a questa categoria tutti quei fenomeni legati ai processi morfogenetici che innescano, o hanno indotto, deformazioni permanenti sul territorio. Come descritto nel capitolo 3 e nel paragrafo 4.3 per la definizione di queste zone sono state analizzate ed elaborate le informazioni acquisite dal PAI. Questo piano ad oggi rappresenta, a livello regionale, lo strumento tecnico-scientifico con valenza amministrativa che meglio rappresenta lo stato conoscitivo del territorio in termini di dissesti geomorfologici e più in generale idro-geomorfologici. Va precisato che, pur essendo un valido strumento con elevata valenza amministrativa e governo della pianificazione territoriale, il PAI si riferisce ad uno stato dei luoghi e dei fenomeni funzione della data di esecuzione dei rilievi.

Per la realizzazione della carta delle MOPS, così come per la redazione della carta Geologico-Tecnica, sono state individuate e classificate, come zone suscettibili

di instabilità, solo quelle ricadenti all'interno delle aree interessate dai piani di espansione urbanistica così come vengono definite nel P.R.G.

Ciò premesso nella tabella di seguito proposta è riportato l'elenco completo dei 7 dissesti presenti nell'area oggetto di studio.

Comune	Motta Camastra (ME)				
Bacino Idrografico (P.A.I.)	Alcantara				
LOCALITA	**SIGLA**	**COD_TIP**	**COD_ATT**	**PERICOLO**	**Superficie**
Rocca Mancusa	*096-5MO-011*	1	1	n.c.	1595,664
Rocca Mancusa	*096-5MO-009*	1	1	n.c.	781,3296
Rocca Mancusa	*096-5MO-008*	1	1	n.c.	969,7881
Rocca Mancusa	*096-5MO-010*	1	1	n.c.	2993,317
S Rocca Mancusa	*096-5MO-012*	5	3	1	9946,276
E Centro Abitato	*096-5MO-007*	11	1	1	9882,374
SW Centro Abitato	*096-5MO-006*	11	1	1	8423,272

Nella tabella sopra riportata ad ogni valore numerico inserito nelle colonne COD_TIP, COD_ATT, Pericolo corrisponde un preciso significato in termini di tipo dissesto, codice attività e Pericolo. La tabella di seguito proposta, consente la decodifica in linguaggio formale del tipo di dissesto, del suo stato di attività e del suo grado di pericolosità così come definito nel DB del PAI.

Dissesti	**COD_TIP**
Crollo e/o ribaltamento	1
Colamento rapido	2
Sprofondamento	3
Scorrimento	4
Frana complessa	5
Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)	6
Colamento lento	7
Area a franosità diffusa	8

Deformazione superficiale lenta	9
Calanco	10
Dissesti conseguenti ad erosione accelerata	11
Stato di attività	**COD_ATT**
Attivo	1
Inattivo	2
Quiescente	3
Stabilizzato artificialmente o naturalmente	4
Pericolosità	
P0 basso	1
P1 moderato	2
P2 medio	3
P3 elevato	4
P4 molto elevato	5

10 INDICAZIONI CONCLUSIVE

I rilievi geologici e geomorfologici acquisiti per il territorio comunale esaminato sono stati utili alla ricostruzione di un modello geologico preliminare del sottosuolo ed alla successiva classificazione delle formazioni presenti, in affioramento ed in profondità, finalizzata alla delimitazione di Microzone Omogenee. E' però necessario segnalare che l'analisi delle informazioni geologiche di base, propedeutica alla realizzazione degli elaborati prodotti, ha messo in evidenza per questo ambito territoriale la completa mancanza di dati geognostici che rende indispensabili opportune integrazioni.

I risultati conseguiti sono, pertanto da considerare preliminari e potranno essere perfezionati solo in sede di successivi approfondimenti.

In questa fase si possono suggeriscono le seguenti indicazioni:

1) MODELLO TRIDIMENSIONALE DEL SOTTOSUOLO.

Nel territorio in esame, segnatamente per l'area del centro urbano di Motta Camastra, appare di grande utilità la ricostruzione dell'assetto del substrato geologico che si presenta a struttura giaciturale complessa.

L'eventuale progetto del programma d'indagini necessario dovrà essere fortemente vincolato alle informazioni geologiche di superficie ed in grado di definire:

A) Spessore dei terreni di copertura e morfologia del substrato geologico;

B) Dettaglio dell'assetto litostratigrafico dei terreni del substrato;

C) Caratterizzazione sismica e geotecnica dei terreni di copertura.

2) ANDAMENTO DEL BEDROCK GEOFISICO.

La ricostruzione dell'andamento del bedrock geofisico che, come è stato messo in evidenza dai risultati fin qui conseguiti, non coincide con il tetto del substrato geologico e si presenta problematica sia per la verticalizzazione degli strati delle formazioni che costituiscono il substrato, sia a causa della caotica distribuzione dei

volumi fratturati dagli stress tettonici. La precisione di una tale ricostruzione dipenderà dalla densità dei dati acquisiti.

L'eventuale ulteriore utilizzo dei rilievi HVSR dovrà essere subordinato al riconoscimento dei siti in cui siano effettivamente presenti le condizioni ideali previste per l'ottimale impiego della tecnica.

Inoltre, sulla base della caratterizzazione litologica della copertura detritica per il momento disponibile, è proponibile, con lo scopo di realizzare un buon rapporto costi/benefici e previa verifica operativa, l'integrazione delle indagini dirette con prove penetrometriche dinamiche. Gli eventuali risultati positivi potrebbero utilmente integrare un più esiguo numero di indagini dirette necessarie a fornire dati quantitativi sulle caratteristiche stratimetriche dei terreni attraversati.

11 BIBLIOGRAFIA

Aki K., 1964. A note on the use of microseisms in determining the shallow structures of the earth's crust. Geophysics 29, 665-666.

Amato A., Selvaggi G., Catalogo della sismicità italiana 1981-2002 CSI 1.1 – Progetto GNDT "terremoti probabili in Italia tra l'anno 2000 e il 2030: elementi per la definizione di priorità degli interventi di riduzione del rischio sismico". http://csi.rm.ingv.it/.

Amodio Morelli G., Bonardi G., Colonna V., Dietrich D., Giunta G., Ippolito F., Liguori V., Lorenzoni S., Paglionico A., Perrone V., Piccarreta G., Russo M., Scandone P., Zanettin Lorenzoni E. & Zuppetta A., 1976. L'arco Calabro-Peloritano nell'orogene Appenninico- Maghrebide. Mem. Soc. Geol. It., 17: 1-60.

Andreatta C.,1941. Studi geologici e petrografici sul cristallino dei Monti Peloritani. Boll. R. Uff. Geol. It., 46: 1-91.

APAT, 2008. Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 Foglio 601 Messina - Reggio di Calabria. Coord. scientifico F. Lentini. S.EL.CA. Firenze.

Asten M. W., 1978. Geological control of the three-component spectra of Rayleigh-wave microseisms. Bulletin of the Seismological Society of America 68 (6), 1623–1636.

Asten M. W., Henstridge J. D., 1984. Arrays estimators and the use of microseisms for reconnaissance of sedimentary basins. Geophysics 49 (11), 1828–1837.

Atzori P. ,1970a. Contributo alla conoscenza degli scisti epizonali dei Monti Peloritani (Sicilia). Riv. Min. Sic., 21 (124-126): 1-21.

Atzori P., 1970b. Caratteri petrografici e petrochimici di un metadiabase dei Peloritani occidentali. Rend. Soc. It. Min. Petr., 26: 411-426.

Atzori P. ,1972. Le anfiboliti della zona tra Mandanici e Altolia (Peloritani). Per. Miner., 41: 511-538.

Atzori P., Maccarrone E., Messina A. & Puglisi G., 1974. Le muscoviti delle metamorfiti di Milazzo e di alcune plutoniti calabro-peloritane - Atti Acc. Pel. Per. Sci. F.M.N., 54: 189-211.

Atzori P., Ghisetti F., Pezzino A. & Vezzani L., 1983. Carta geologica del bordo occidentale dell'Aspromonte. Scala 1:50.000, S.EL.CA., Firenze.

Atzori P., Cirrincione R., Del Moro A. & Pezzino A., 1994. Structural, metamorphic and geochronologic features of the Alpine event in south-eastern sector of the Peloritani Mountains (Sicily). Period. Miner., 63: 113-125.

Baldacci l., 1886. Descrizione geologica dell'Isola di Sicilia. Mem. Descr. della Carta Geol. d'It., 1 vol. 408 pp.

Barrier P., 1987. Stratigraphie des dépots pliocènes et quaternaires du Detroit de Messine (Italie).Doc. et Trav. IGAL, 11: 59-81.

Basili R., Valensise G., Vannoli P., Burrato P., Fracassi U., Mariano S., Tiberti M.M., Boschi E., 2008. The Database of Individual Seismogenic Sources, DISS version 3: summarizing 20 years of researchon Italy's earthquake geology, Tectonophysics, doi:10.1016/j.tecto.2007.04.014.

Bender B., Perkins D.M., 1987. SEISRISK III: a computer program for seismichazardestimation. U.S. GeologicalSurveyBulletin, 1772, 48.

Beneo E., 1949b. Tentativo di sintesi tettonica dell'Italia peninsulare e insulare. Boll. Soc. Geol. It., 68, 66-80.

Beneo E., 1950 Appunti sulla elaborazione di una diagnosi strutturale della Sicilia. Boll. Serv. Geol. d'It., 73, 409-438.

Ben-Menahem, A. & S.J. Singh, 1981. Seismic Waves and Sources, Springer-Verlag, New York.

Bonardi G., Giunta G., Perrone V., Russo M., Zuppatta A. e Ciampo G., 1980. Osservazioni sulla evoluzione dell'Arco calabro – Peloritano nel Miocene inferiore: la Formazione di stilo capo d'Oralndo. Boll. Soc. geol. It., 99 (4), 365-393.

Bottari A., Carapezza E., Carapezza M., Carveni P., Cefali F., Lo Giudice E., Pandolfo C., 1984. The Messina Strait Earthquake in the regional geostructural frameworkt. Act of XXVII International Geological Congress, C 08 section, Moscow.

Carbone S., Catalano S., Lentini F. Vinci G., 1994. Carta geologica dei Monti di Taormina (Monti Peloritani, Sicilia nord – orientale), scala 1:25.000, S.EL.Ca., Firenze.

Carbone S., Messina A., Lentini F., 2007. Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. F° 601, Messina-Reggio Calabria. Servizio Geologico d'Italia.

Castellaro S. e Mulargia F., 2009b. The effect of velocity inversions on H/V. Pure Appl. Geophys. 166, 567-592.

Cornell C. A., 1968. Engineering seismic risk analysis. Bull. Seism. Soc. Am., 58, 1583-1606.

Cortese E. (1882) – Brevi cenni sulla geologia della parte NE della Sicilia.- Boll. Com. Geol. D'Italia, vol. XIII, Roma

CPTI Working Group, 2004. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna. http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04.

CPTI Working Group, 2011. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11), INGV, Bologna. http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11.

Delgado J., Lopez Casado C., Giner J., Estevez A., Cuenca A. e Molina, S., 2000. Microtremors as a geophysical exploration tool: applications and limitations. Pure Appl. Geophys., 157, 1445–1462.

Del Negro C. & Napoli R., (2002). Ground and marine magnetic surveys of the lower eastern flank of Etna volcano (Italy).J. Volcanol. Geotherm. Res., 114, 357-372.

DISS Working Group, 2010. Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: a compilation of potential sources for earthquakes larger than

M 5.5 in Italy and surrounding areas. http://diss.rm.ingv.it/diss/ INGV 2010 – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Douze E. J., 1964. Rayleigh waves in short-period seismic noise. Bulletin of the Seismological Society of America, 54-4, 1197-1212.

Dueé G., 1969. Etude géologique des Monts Nebrodi (Sicile). Thèse Fac. Sci., 2 vol. 221+169 pp., Paris.

Fabiani R. e Trevisan L., (1940). Prove dell'esistenza di uno stile tettonico a falde di ricoprimento nei Monti di Palermo. Atti R. Acc. D' Italia, vol. 11, 453-448.

Fäh, D., F. Kind, D. Giardini, 2001. A theoretical investigation of average H/V ratios. Geophis. J. Int. 145, 535-549.

Fäh D., Kind F. and Giardini D., 2003. Inversion of local S-wave velocity structures from average H/V ratios, and their use for the estimation of site-effects. J. Seismol., 7, 449–467.

Field E. H., Jacobs K.H. and Hough S.H., 1992. Earthquake site response estimations: a weak-motion case study. Bull. Seism. Soc. Am. 82, pp. 2283- 2307.

Field E. and Jacob K., (1993). The theoretical response of sedimentary layers to ambient seismic noise, Geophys. Res. Lett. 20, 2925-2928.

Gasperini P. e Ferrari G., 1995. Stima dei parametri sintetici, in: Boschi E. (a cura di), Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980, ING e SGA, Bologna, 96-111.

Gasperini P. e Ferrari G., 1997. Stima dei parametri sintetici: nuove elaborazioni, in: Boschi E. (a cura di), Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990, ING e SGA, Bologna, 56-64.

Ghisetti F., 1981. L'evoluzione strutturale del bacino plio-pleistocenico di Reggio Calabria nel quadro geodinamico dell'arco calabro. Boll. Soc. Geol. It., 100: 433-466.

Ghisetti F. & Vezzani L., 1978. Dati preliminari sulla neotettonica dei fogli 252 (Naso), 253 (castro reale), 254 (Messina Reggio C.), 261 (Bronte) e 262 (M. Etna). In contributi preliminari alla realizzazione della carta neotettonica d'Italia. Pubbl. n. 155 del P.F. Geodinamica CNR, 247-260,6.

Giunta G. & Somma R., 1996. Nuove osservazioni sulla struttura dell'Unità di Alì (Monti Peloritani, Sicilia). Boll. Soc. Geol. It., 115: 489-500.

Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Valensise G., 2007. CFTI04MED,Catalogo dei forti terremoti in Italia e nell'area mediterranea. INGV-SGA.

Gruppo di Lavoro MPS, 2004. Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'ordinanza PCM 3274 del 20 Marzo 2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione civile, INGV, Milano-Roma, Aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

Gutenberg B., 1958. Microseisms. Advan. Geophys., 5, 53-92.

Gutierrez C. and Singh S. K., 1992. A site effect study in Acapulco, Guerrero, Mexico: comparison of results from strong-motion and mi- crotremor data, Bull. Seism. Soc. Am. 82, 642-659.

ISPRA, 2010. Foglio 613 della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 . Coord. scientifico F.Lentini.

ISPRA, 2010. Note illustrative della Carta Geologica D'Italia (scala 1:50.000) Foglio 613. A cura di S. Catalano.

Kanai K., 1954. Measurements of Microtremors. Bulletin of earthquake research institute, Tokyo University, 32, 199-210

Kanai, K., 1957. The requisite condition for the predominant vibration of ground. Bull. Earthq. Res. Inst., 35, 457-471

Kanai K. and Tanaka T., 1961. On microtremors, VIII, Earthquake Res. Inst. Tokyo 39, 97-114.

Lachet C., & Bard P.Y., 1994. Numerical and theoretical investigations on the possibilities and limitations of the Nakamura's technique. J. Physics of the Earth, 42-4, 377-397.

Lachet C. & Bard P. Y., 1995. Theoretical investigation of the Nakamura's technique. Proceedings of the 3rd international conference on recent advances in geotechnical earthquake engineering and soil dynamics, 2, 617-675.

Lentini F. & Vezzani L., 1975. Le unità meso-cenozoiche della copertura sedimentaria del basamento cristallino peloritano (Sicilia nord-orientale). Boll. Soc. Geol. It., 94: 537-554.

Lentini F. & Vezzani L., 1978. Tentativo di elaborazione di uno schema strutturale della Sicilia orientale. Mem. Soc. Geol. It., 19: 495-500.

Lentini F., Carbone S., Catalano S., Di Stefano A., Gargano C., Romeo M., Strazzulla S. & Vinci G., 1995. Sedimentary evolution of basins in mobile belts: examples from tertiary terrigenous sequences of the Peloritani Mts (NE Sicily). Terra Nova, 7 (2): 161-170.

Lentini F., Carbone S., Catalano S. & Grasso M., 1995b. Principali lineamenti strutturali della Sicilia nord-orientale. Studi Geol. Camerti (1995/2): 319-329.

Lentini F., Carbone S., Grasso M., Di Stefano A., Romeo M. & Messina A., 2000a. Carta Geologica della Provincia di Messina. Scala 1:50.000, 3 fogli. S.EL.CA., Firenze.

Lentini F., Catalano S. & Carbone S., 2000. Note illustrative della carta geologica della Provincia 174 di Messina. Scala 1: 50.000. S.EL.CA., Firenze.

Lermo, J., F. J. Chavez-Garcia, 1994. Are microtremors useful in site response evaluation? Bulletin of Seismological Society of America 84, 1350-1364.

Lermo J., M. Rodriguez and S.K. Singh, 1988. Natural periods of sites in the valley of Mexico from microtremors measurements and strong motion data. Earthquake Spectra. 4(4), 805-814.

Locati M., Camassi R. e Stucchi M. (eds.), 2011. DBMI11, the 2011 version of the Italian.

Lombardo G., 1980, Stratigrafia dei depositi pleistocenici della Sicilia nord-orientale. Atti Acc.Gioenia Sc. Nat. Catania, 12: 84-113.

Lugeon M. & Argand E., 1906. La racine de la nappe sicilienne et l'arc de charriage de la Calabre. C. R. Acad. Sc. Paris, 142: 1107-1109.

Lugeon M., Argand E (1906a) - Sur de grandes phenomenes de charriage en Sicile. - C.R. Acad. Sciences, 142, 13 p

Monachesi G. & Stucchi M., 1997. DOM4.1: an intensity database of damaging earthquakes in the Italian area. GNDT-CNR open file rep., 2 vv., Milano, 1052 pp. Web site: http://emidius.itim.mi.cnr.it/DOM/home. html.

Nakamura Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimates of subsurface using microtremor on the round surface, QR of RTRI 30, p. 25-30.

Nigro e Sidoti, 1993. L'area di Longi (Monti Nebrodi, Sicilia NE): un geotopo da valorizzare. SIGEA !/2, 9-11.

Nogoshi M., and T. Igarashi, 1970. On the amplitude characteristics of microtremors, J. Seism. Soc. Jpn 23, 264-280.

Ogniben L., 1960. Schemi paleotettonistici anzichè paleogeografici in regioni di corrugamento:l'esempio della Sicilia. Mem. Soc. Geol. It., 9: 793-816.

Ogniben L., 1971. Tettonica della Sicilia e della Calabria.- Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat., Catania s.4, n. 11.

Okada H., 2003. The Microtremor Survey Method (translated by Koya Suto): Geophysical Monograph Series, No.12, Society of Exploration Geophysicists.

Postpischl D., 1985. Atlas of isoseismalmaps of italianearthquakes - Progetto P.F.G..

Provincia Regionale di Messina, 1993. Carta Geologica del Golfo di Patti. S.EL.CA., Firenze

Quitzow H.W., 1935. Der Deckenbau des Kalabrischen Massivs und seiner Randgebiete. Abh. Ges.Wiss. Gottingen. Mat. Phys. Kl., 3 Folge, 13: 63-179.

Rovida A., Camassi R., Gasperini P., Stucchi M., 2011. CPTI11, versione 2011 del Catalogo parametrico dei terremoti italiani.

Schmidt di Friedberg, 1959. La geologia del gruppo montuoso delle Madonie nel quadro delle possibilità petrolifere della Sicilia centro settentrionale. Atti 2° Convegno Inter.Studi "Petr. Sicilia, 130-136

Seguenza G., 1869. Stratigrafia della Provincia di Messina. – Atti Soc. Ital. Di Sc. nat., vol. XII – Milano.

Servizio Geologico D'Italia, 2008. Carta geologica d'Italia scala 1.50.000, F° 601 Messina-Reggio Calabria

SESAME Project: "Site Effects Assessment Using Ambient Excitations", 2005

Tiberti M. M., Fracassi U., Valensise G., 2006. Il quadro sismotettonico del grande terremoto del 1905, In "8 settembre 1905 Terremoto in Calabria" a cura di Ignazio Guerra e Antonello Savaglio, Volume edito dalla Regione Calabria Assessorato alla Cultura, Università della Calabria, Dipartimento di Fisica, Deputazione di Storia Patria per la Calabria. AGM S.r.l. Castrovillari (CS).

Truillet R. ,1968. Etude géologique des Péloritains orientaux (Sicile). Thèse Fac. Sci., 2 voll., 547 pp., Paris.

Wathelet M, Jongmans D, Ohrnberger M., 2004. Surface wave inversion using a direct search algorithm and its application to ambient vibration measurements. Near Surf Geophys 2004:211–221

Yamanaka H., M. Dravinski and H. Kagami, 1993. Continuous measurements of microtremors on sediments and basement in Los Angeles, California. Bull. Seism. Soc. Am, 83(5), 1595-1609.

12 ALLEGATI

Elaborati Cartografici

Carta delle indagini
Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica
Carta delle frequenze
Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (livello 1)