



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
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

Regione Campania

Comune di Barano d'Ischia



Città metropolitana di Napoli

Regione



Soggetto realizzatore

Dott.ssa Geol. Michela Langella

Data

Gennaio 2020

Sommario

1.	Introduzione	2
2.	Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento	4
2.1	Eventi sismici di riferimento – sismicità storica	4
2.2	Eventi sismici di riferimento – sismicità recente	7
2.3	Zonazione ZS9	8
2.4	Database DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) – vers. 3.2.0.....	11
2.5	Faglie attive.....	12
2.6	Definizione della pericolosità sismica di base	15
2.7	Classificazione sismica.....	17
3.	Assetto geologico e geomorfologico dell’area	19
4.	Dati geotecnici e geofisici.....	27
5.	Modello del sottosuolo	29
5.1	Dati geologici.....	30
6.	Interpretazioni e incertezze	31
7.	Metodologie di elaborazione e risultati	33
8.	Elaborati cartografici	42
8.1	Carta delle indagini	42
8.2	Carta Geologico - Tecnica per la Microzonazione Sismica	42
8.3	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.)	43
9.	Note sull’adozione di strumento Geographic Information System.....	46
10.	Procedura per la stima del livello di qualità delle cartografie di Microzonazione Sismica di livello 1.....	47
11.	Commenti finali e criticità	49
12.	Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati	49
13.	Bibliografia e sitografia.....	50

1. Introduzione

Viene definita Microzonazione Sismica (MS) la “valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l’individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo. In sostanza, la MS individua e caratterizza le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità (ora Zone di attenzione per instabilità, N.d.R.)”.

Le problematiche trattate dagli studi di Microzonazione Sismica hanno avuto un forte sviluppo a livello scientifico negli ultimi anni, soprattutto a seguito dei terremoti che hanno coinvolto l’Appennino umbro–marchigiano nel 1997–98, la città di L’Aquila nel 2009, la Regione Emilia nel 2012 e l’attuale sequenza sismica Amatrice–Norcia–Visso, anche se la loro importanza era emersa già in epoca passata, tant’è che è da tempo noto le condizioni locali dei terreni di fondazione condizionano in modo importante gli effetti del terremoto. Già un secolo fa i criteri informativi delle norme tecniche approvate con Regio Decreto 18 aprile 1909, n. 193, a seguito del disastroso terremoto di Messina e Reggio Calabria del 1908, riportavano il divieto di nuove costruzioni e ricostruzioni “su terreni posti sopra e presso fratture, franosi o atti comunque a scoscendere, od a comunicare ai fabbricati vibrazioni e sollecitazioni tumultuarie per differente costituzione geologica o diversa resistenza delle singole parti di essi”.

È facile leggere in questa sola frase come già all’epoca fossero chiari gli effetti del terremoto in termini di scuotimento (deformazioni reversibili) e deformazioni permanenti, e come esse fossero collegate fortemente alle caratteristiche locali dei terreni.

In uno studio condotto nel 1969 da Seed ed Idriss sulle registrazioni accelerometriche effettuate in occasione del terremoto di S. Francisco del 1957, emersero risultati che indicavano con evidenza come nell’ambito della stessa città, a poche centinaia di metri di distanza, lo stesso terremoto provocasse scuotimenti decisamente differenti in dipendenza degli spessori e delle caratteristiche dei terreni più soffici presenti negli strati più superficiali. Ulteriori studi effettuati in anni successivi, utilizzando le registrazioni accelerometriche e modelli strutturali di edifici, mostrarono come essi risentissero di forze sismiche molto diverse, sia in termini di risultante globale, sia in termini di contenuto in frequenza, spiegando in tal modo alcune evidenti differenze di danneggiamento riscontrate

in strutture simili su terreni diversi.

Da allora gli studi su molti terremoti (es. Città del Messico, 1986; Kobe, 1992; Izmit, 1999) hanno continuato a mostrare con sempre maggiore evidenza come le caratteristiche locali del territorio possano alterare in maniera evidente l'azione sismica. Anche in Italia (Umbria–Marche, 1997; L'Aquila, 2009; Emilia Romagna, 2012; Centro Italia, 2016–17) sono state evidenziate situazioni in cui vengono mostrati livelli di danneggiamento estremamente diversi in edifici simili, dal punto di vista strutturale, in siti distanti poche centinaia di metri fra loro.

Gli studi di Microzonazione Sismica hanno l'obiettivo di razionalizzare la conoscenza di questi fenomeni restituendo informazioni utili per chi deve pianificare o realizzare interventi sul territorio.

Al fine di consentire l'elaborazione degli studi di Microzonazione Sismica, realizzati per le finalità di cui all'art. 11 della Legge 77/09, puntando ad una semplificazione e sintesi dei contenuti, ottenere un'omogenea rappresentazione dei tematismi da parte dei soggetti realizzatori, facilitando la lettura ed il confronto dei risultati degli studi di contesti territoriali diversi e garantire un sistema di archiviazione dei dati il più semplice e flessibile possibile, la Commissione tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica ha prodotto degli standard di rappresentazione e archiviazione informatica, di cui si è tenuto conto per la realizzazione di questo studio.

Tra il Comune di Barano di Ischia e la Dott.ssa Geol. Michela Langella, è stato firmato il disciplinare d'incarico professionale per l'effettuazione dello studio di Microzonazione Sismica per il suddetto territorio comunale.

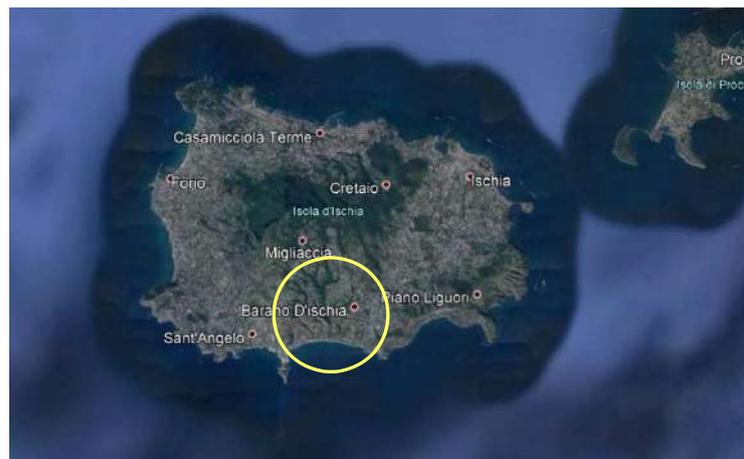


Figura 1 -Ubicazione Comune di Barano di Ischia, Isola di Ischia (NA)

2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento

2.1 Eventi sismici di riferimento – sismicità storica

Per la determinazione degli eventi sismici di riferimento che successivamente condurranno alla definizione della pericolosità di base del territorio comunale di Barano si è partiti dall'analisi del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15) che fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima > 5 o magnitudo > 4.0 di interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000– 2014 (Figura 2) e che si riferisce al DataBase Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15).



Figura 2 – Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15).

(Fonte https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_eq/)

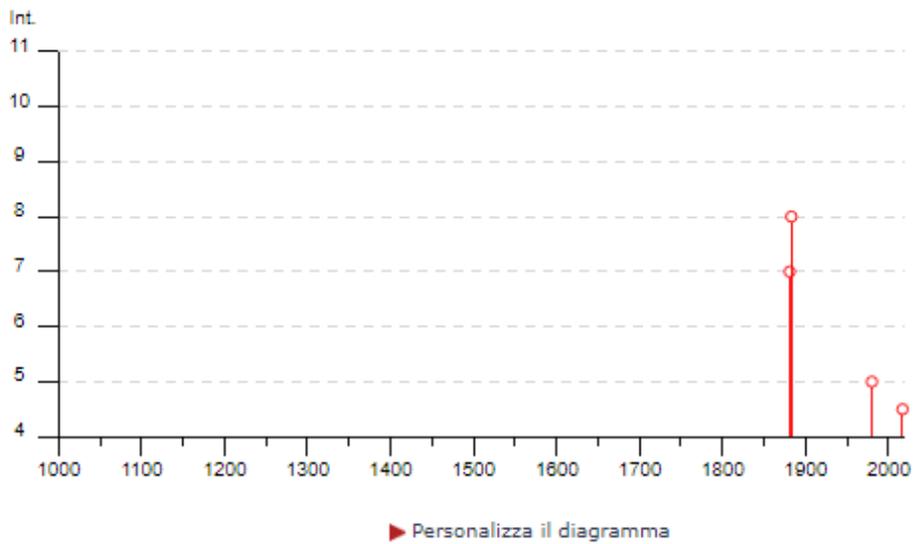
La consultazione per località di tale catalogo, disponibile liberamente all'indirizzo <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>, ha fornito 7 risultati. Sono comunque da tenere presenti gli eventi sismici avvenuti nel raggio di 10km (Figura 3).

Barano d'Ischia

PlaceID IT_59970
 Coordinate (lat, lon) 40.709, 13.919
 Comune (ISTAT 2015) Barano d'Ischia
 Provincia Napoli
 Regione Campania
 Numero di eventi riportati 7

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
F	📄 1863	01	30	11	30		Isola d'Ischia	8	4 2.87
7	📄 1881	03	04	12	15		Isola d'Ischia	17	9 4.14
8	📄 1883	07	28	20	25		Isola d'Ischia	27	9-10 4.26
NF	📄 1899	03	27	01	19	5	Tirreno centrale	18	4 3.70
5	📄 1980	04	23	11	11	2	Isola d'Ischia	4	5 4.37
F	📄 2016	10	30	06	40	1	Valnerina	379	6.61
4-5	📄 2017	08	21	18	57	5	Isola d'Ischia	24	8 3.91

Regione Campania – Comune di Barano di Ischia
 MICROZONAZIONE SISMICA – Relazione Illustrativa



Località vicine (entro 10km)

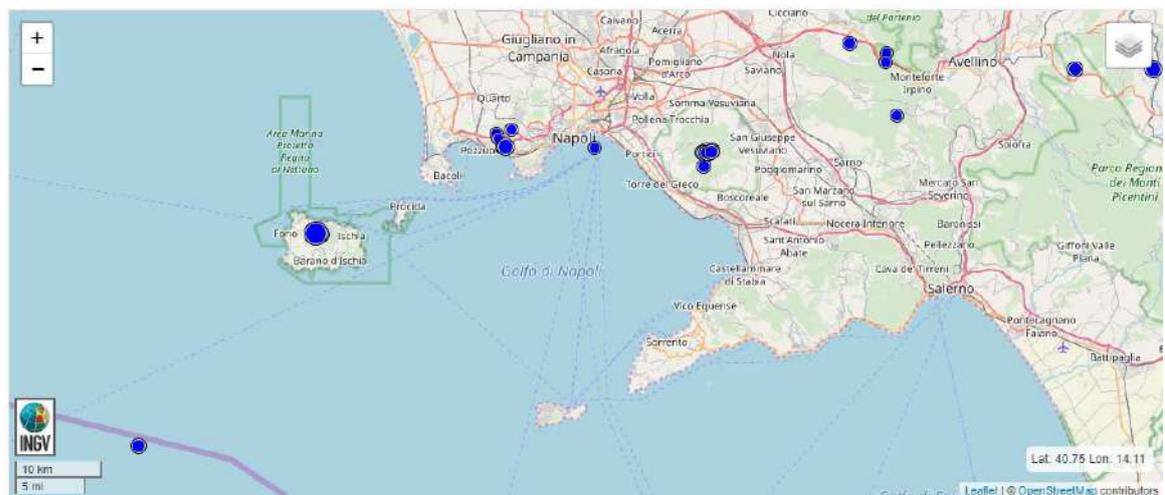
Località	EQs	Distanza (km)
Testaccio	4	1
Buonopane	2	1
Piedimonte	1	1
Fiaiano	3	2
Fontana	4	2
Noia	1	2
Serrara Fontana (Serrara)	4	2
Sant'Angelo	2	3
Sant'Antuono	2	3
Rotaro	1	3
Cretaio	1	3
Succhivo	2	3
Cigliò	2	3
Campagnano	4	3
San Domenico	1	4
Panza	2	4
Casamicciola Alta	1	4
Casamicciola Terme	19	4
Ischia	25	4
Marina di Casamicciola	1	4
Perrone	1	5
Fango	4	5
Cuotto	1	5
Monterone	2	5
Lacco Ameno	7	5
Forio	12	6
Montevergine	1	6
Procida	15	10

Figura 3 – Risultato dell'interrogazione per località del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15).

2.2 Eventi sismici di riferimento – sismicità recente

Viene compiuta una ricerca degli eventi sismici recenti più rilevanti attraverso l’Italian Seismological Instrumental and Parametric Data-base (ISIDE), servizio di sorveglianza sismica nazionale dell’INGV.

L’interrogazione, effettuata per un periodo di 3 anni, compreso tra il gennaio 2017 e la data della stesura della presente relazione (gennaio 2020) e che ha riguardato un raggio di 50 km dal Comune di Barano di Ischia ed una magnitudo M_w compresa tra 2,0 e 10,0, ha fornito 21 risultati (Figura 4) aventi magnitudo M_w max 3.9.



Data e Ora (Italia)	Magnitudo	Zona	Profondità	Latitudine	Longitudine
2019-12-06 01:17:23	Md 2.8	6 km E Pozzuoli (NA)	2	40.83	14.15
2019-10-05 07:08:37	Md 2.2	5 km E Pozzuoli (NA)	2	40.83	14.15
2019-08-22 04:12:00	ML 2.4	3 km NE Cancello ed Arnone (CE)	10	41.10	14.05
2019-07-08 22:28:29	ML 2.5	Tirreno Meridionale (MARE)	10	40.52	13.66
2019-05-25 07:18:05	Md 2.0	Golfo di Napoli e Capri (Napoli)	0	40.83	14.28
2019-05-18 23:11:18	Md 2.5	5 km SW Ottaviano (NA)	2	40.82	14.43
2019-03-15 05:26:41	ML 2.0	4 km S Quarto (NA)	2	40.84	14.14
2018-12-09 13:24:29	Md 2.0	5 km SE Massa di Somma (NA)	1	40.82	14.43
2018-12-03 00:42:50	Md 2.4	5 km SW Ottaviano (NA)	2	40.82	14.43
2018-12-02 20:09:18	Md 2.2	4 km SE Massa di Somma (NA)	1	40.82	14.42
2018-12-01 11:11:09	Md 2.0	5 km SW Ottaviano (NA)	2	40.82	14.43
2018-11-29 16:55:12	Md 2.3	5 km SE Massa di Somma (NA)	2	40.82	14.42
2018-10-16 03:07:13	Md 2.3	5 km SE Massa di Somma (NA)	0	40.82	14.43
2018-10-12 09:43:35	Md 2.0	5 km E Pozzuoli (NA)	2	40.84	14.15
2018-09-18 23:36:42	ML 2.1	4 km SE Quarto (NA)	2	40.85	14.16
2018-08-16 15:14:09	Md 2.2	5 km SE Massa di Somma (NA)	1	40.82	14.43
2018-08-08 10:02:57	Md 2.5	1 km S Casamicciola Terme (NA)	2	40.74	13.91
2018-05-09 23:58:07	Md 2.3	5 km SE Massa di Somma (NA)	1	40.82	14.43
2018-04-26 20:04:41	Md 2.1	5 km SE Massa di Somma (NA)	2	40.82	14.43
2017-08-21 20:57:51	Mw 3.9	1 km SW Casamicciola Terme (NA)	2	40.74	13.90
2017-02-04 18:14:22	Md 2.2	4 km N Trincea (NA)	1	40.81	14.42

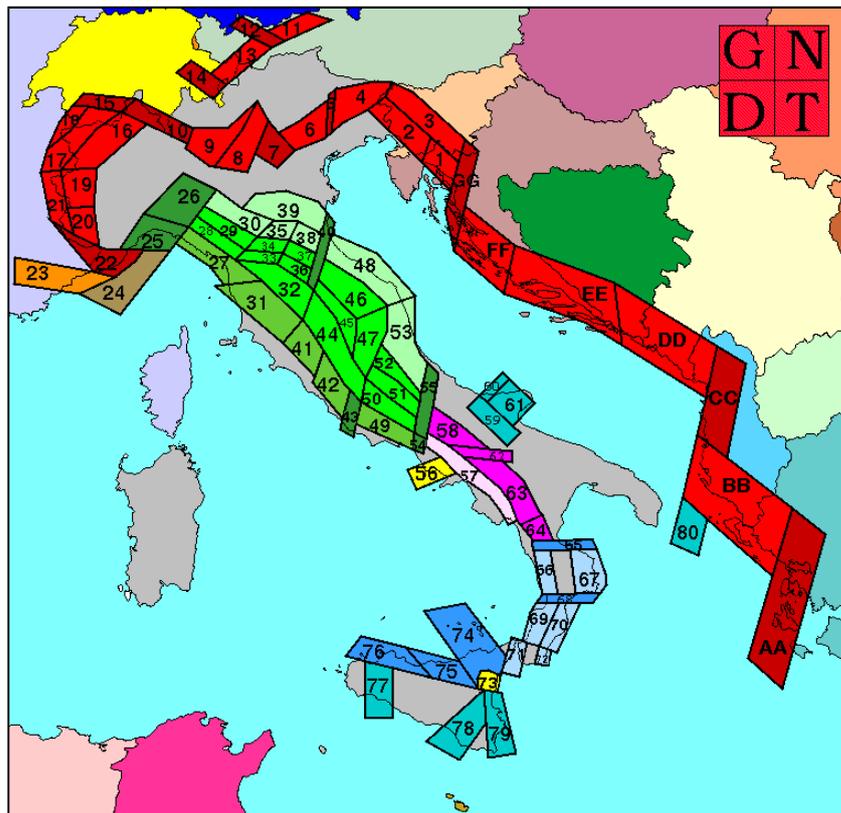
Figura 4 – Localizzazione ed elenco degli eventi sismici occorsi negli ultimi 3 anni.

Fonte database ISIDE <http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp>

2.3 Zonazione ZS9

Negli ultimi anni e fino al 2002, la zonazione sismogenetica ZS4 (Figura 5 – http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/ZONE/zone_sismo.html; Scandone e Stucchi, 2000), ha rappresentato il punto di riferimento per la maggior parte delle valutazioni di pericolosità sismica dell'area italiana.

Tale zonazione era stata realizzata da Scandone e colleghi nel 1996 ma gli sviluppi più recenti delle conoscenze in materia di sismogenesi hanno evidenziato alcune inconsistenze di tale modello di zonazione, a cui a partire dal 1999 si è aggiunta una non completa coerenza con il catalogo CPTI (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, pubblicato in quell'anno dal Gruppo di Lavoro CPTI); inoltre, a causa delle ridotte dimensioni delle zone sismogenetiche, anche utilizzando questo catalogo, il campione di terremoti disponibili per molte delle zone sismogenetiche è scarso, tale da rendere instabili le stime dei ratei di sismicità.



Legenda alla pagina seguente

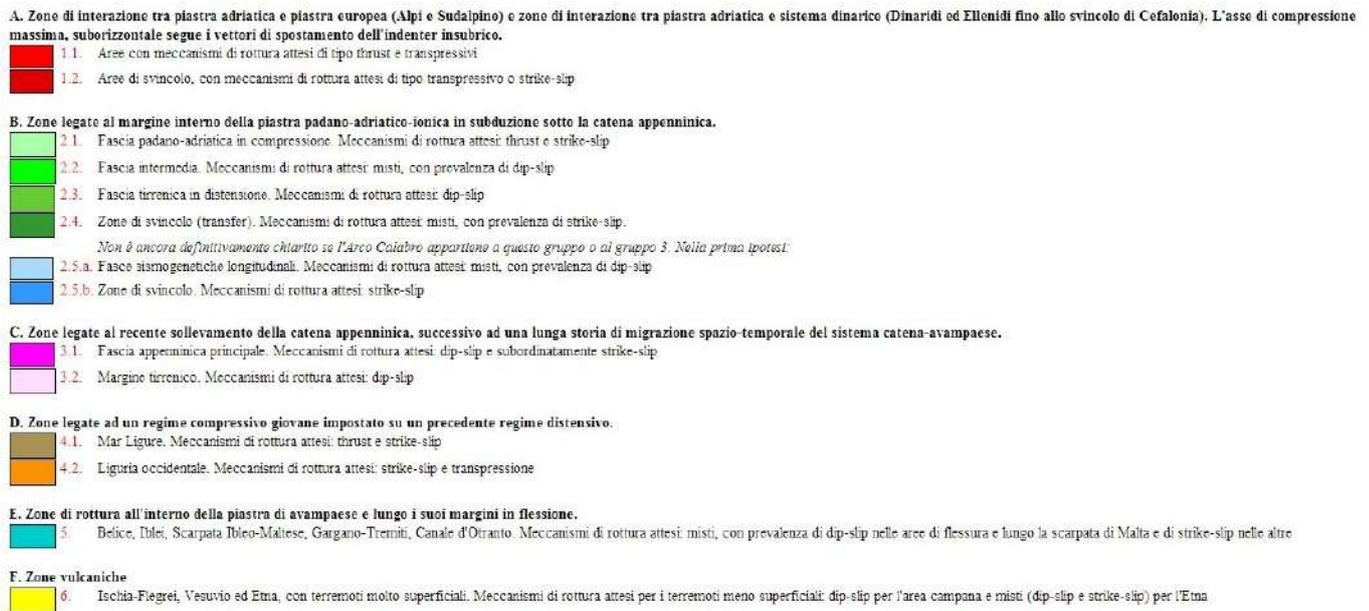


Figura 5 – Zonazione sismogenetica ZS4 adottata dal GNDT nel 1996 e relativa legenda (da http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/ZONE/zone_sismo.html)

Per superare questo stato di cose si è convenuto di disegnare una nuova zonazione, denominata ZS9 (Figura 6) che soddisfacesse i seguenti requisiti:

- a) Essere basata prevalentemente sul background informativo e sull'impianto generale di ZS4, che deriva dall'approccio cinematico all'elaborazione del modello sismotettonico;
- b) Ricepire le informazioni delle sorgenti sismogenetiche italiane messe a disposizione da DISS 2.0 (Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M5.5 in Italy, Valensise e Pantosti, 2001) e da altre compilazioni regionali di faglie attive;
- c) Considerare le indicazioni e gli spunti che derivano dall'analisi dei dati relativi ai terremoti più importanti verificatisi successivamente alla predisposizione di ZS4;
- d) Superare il problema delle ridotte dimensioni delle zone-sorgente e della conseguente limitatezza del campione di terremoti che ricade in ciascuna di esse;
- e) Essere utilizzabile in congiunzione con il nuovo catalogo CPTI2 utilizzato per i calcoli dei tassi di sismicità all'interno di questo progetto (ZS4 era stata tracciata anche sulla base del quadro di sismicità storica che derivava da NT.4);
- f) Fornire una stima di profondità "efficace", definita come l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti in ogni zona-sorgente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione determinate su base regionale;
- g) Fornire per ogni ZS un meccanismo di fagliazione prevalente utilizzabile in combinazione

con le relazioni di attenuazione sulla base dei coefficienti proposti da Bommer et al. (2003).

Nel caso in esame, il territorio comunale di Barano di Ischia, seguendo la zonazione ZS9, si trova all'interno della zona sismogenetica 928 (Zona "Appennino meridionale e avampaese apulo"). La geometria delle zone sorgente dell'Appennino meridionale, inteso come il settore appenninico della Majella e il Pollino, è stata sensibilmente modificata nella sua configurazione generale rispetto a ZS4. (C. Meletti e G. Velensise, 2004). Per valutare in maniera cautelativa la pericolosità sismica dell'area napoletana si è deciso di estendere verso l'Appennino la zona 56 di ZS4, modificata in 928. Tale zona include così parte dei terremoti che prima ricadevano nella zona 57.

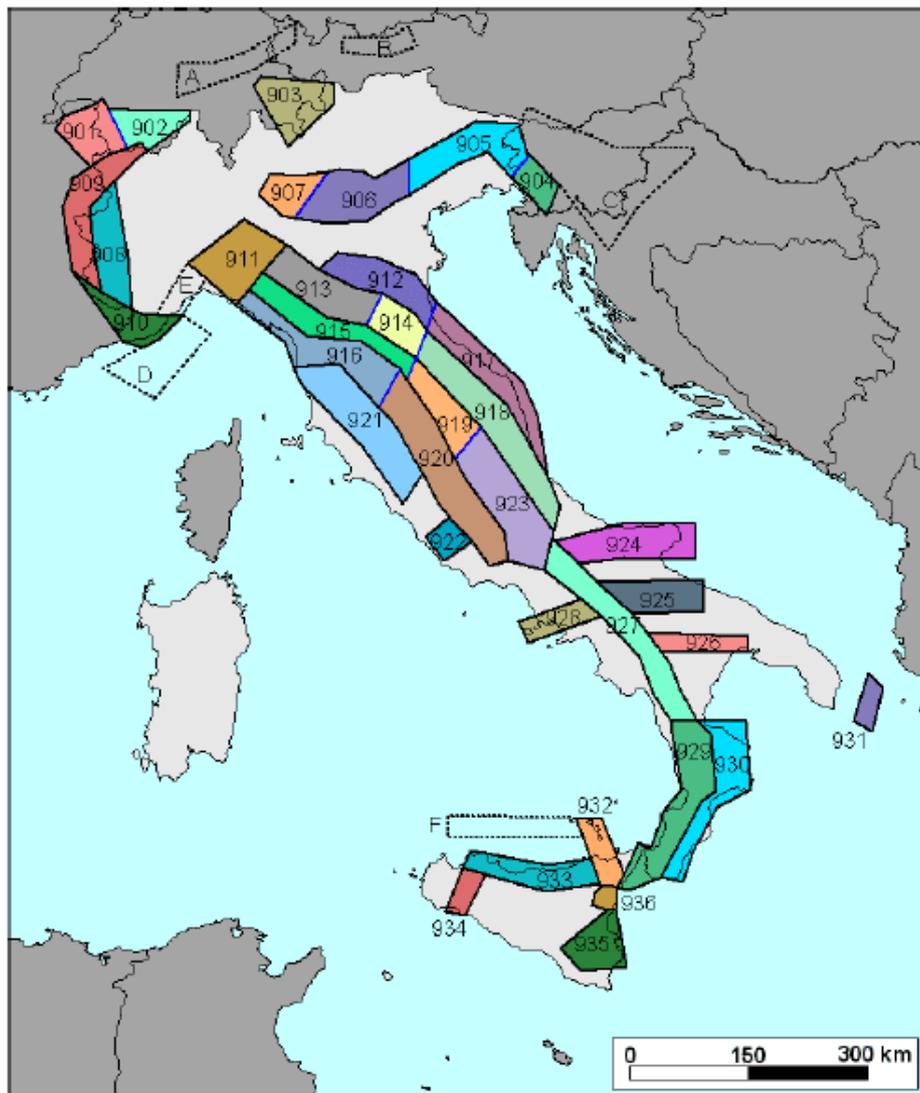


Figura 6 – Zonazione simogenetica ZS9

(da <http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>).

Regione Campania – Comune di Barano di Ischia
MICROZONAZIONE SISMICA – Relazione Illustrativa



Figura 7 – Zona sismogenetica ZS9 n. 918 (verde acqua) – Zona “Appennino meridionale e avampaese apulo” – <http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=8c5d55e0d3b34ea78346e802fd4f6d73>).

2.4 Database DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) – vers. 3.2.0

Il database DISS è stato concepito negli anni '90 da un gruppo di scienziati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia: è stato poi notevolmente migliorato attraverso rilasci successivi. Diversi autori, tra cui Bommer, definisce il DISS come il database più avanzato per le sorgenti sismogenetiche sviluppate in un contesto sismotettonico europeo.

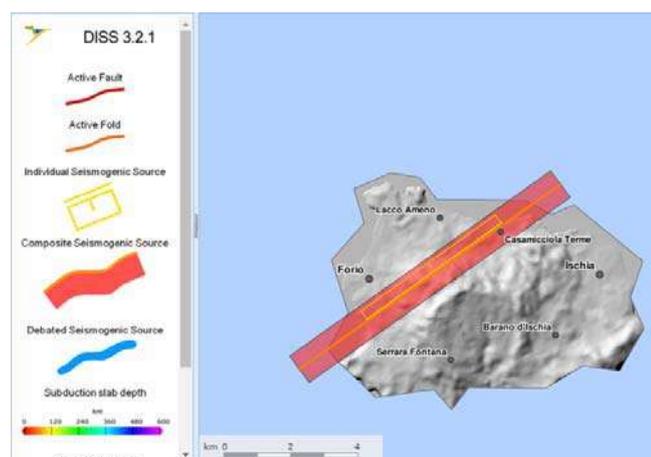


Figura 8 – DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) – vers. 3.2.1 (da <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>)

Inoltre rappresenta uno strumento indispensabile per lo sviluppo di futuri modelli di pericolosità sismica (Scotti, 2010).

Dopo la prima versione del DISS, rilasciata nel luglio del 2000, sono succedute altre versioni, fino a giungere all'attuale 3.2.0, rilasciata nel giugno 2015, consultabile anche su software gratuito Google Earth, che facilita la ricerca ai propri utenti ed espande le proprie capacità di diffusione dei dati.

Si può osservare che il territorio del Comune di Barano di Ischia ricade per la maggior parte al di fuori di un'ampia fascia sismogenetica composta indicata come ITCS085 "Ischia", localizzata tra 0 e 4 km di profondità. Questa sorgente composta cavalca l'isola di Ischia; la sorgente è una faglia normale ad alto angolo, immergente a NW, perpendicolare al margine NW-SE Tirreno della regione Campania. Viene associata una magnitudo massima M_w max di 5,4. (<http://diss.rm.ingv.it>)

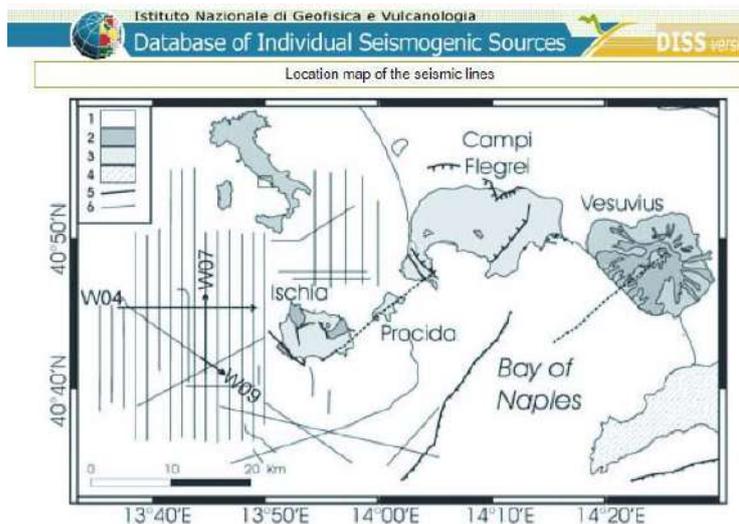
2.5 Faglie attive

La Piana Campana è una depressione Plio-Quaternaria; la sua attività vulcanica ebbe inizio nel Pleistocene superiore accompagnando la tettonica estensionale e controllato da un trend di fratture con direzione principale NE-SW. L'isola d'Ischia è la parte sommitale emersa di un complesso vulcanico situato lungo il suddetto trend NE-SW. Alcuni autori (Acocella and Funiciello, 1999) ritengono i lineamenti con andamento NE-SW come l'espressione di faglie trascorrenti sub-verticali attraverso cui può intrudersi magma. Il sollevamento della caldera ha causato un'intensa instabilità delle scarpate, accompagnata dall'attivazione di faglie, riprendendo il vulcanismo e generando terremoti che possono innescare frane (De Vita et al., 2006).

L'isola di Ischia è caratterizzata da quattro principali sistemi di faglia (Vezzoli, 1988):

- a) Un sistema con direzione da ENE-WSW a EW, presente a nord di M.te Epomeo, il maggior rilievo (787 m. sl.m) che domina la parte centrale dell'isola;
- b) Un sistema NNE_SSE che taglia i depositi del settore orientale;
- c) Un sistema NW-SE nel settore sud-occidentale;
- d) Un sistema da NNW-SSE a N-S nei settori più esterni, a est e ad ovest.

I fianchi settentrionali e meridionali del M.te Epomeo sono interessati da frane attive; una frana nel settore nord-occidentale dell'isola si sviluppò dopo il terremoto di Casamicciola nel 1883.



Geological sketch of the area and location map of the geophysical acquisition grid of Cruise GMS-05. Symbols: 1, continental and subordinate marine and volcano-sedimentary deposits (Quaternary); 2, lavas (Quaternary); 3, pyroclastic products (Quaternary); 4, Apennine Units (Meso-Cenozoic); 5, regional faults; 6, survey lines.

Location map of the seismic lines acquired around Ischia on board of the Urania Cruise GMS00 05, October 2000 (from Bruno et al. [2002]).

Figura 9 – Mappa con indicazione delle principali linee sismiche dell'area
 (da <http://diss.rm.ingv.it>)

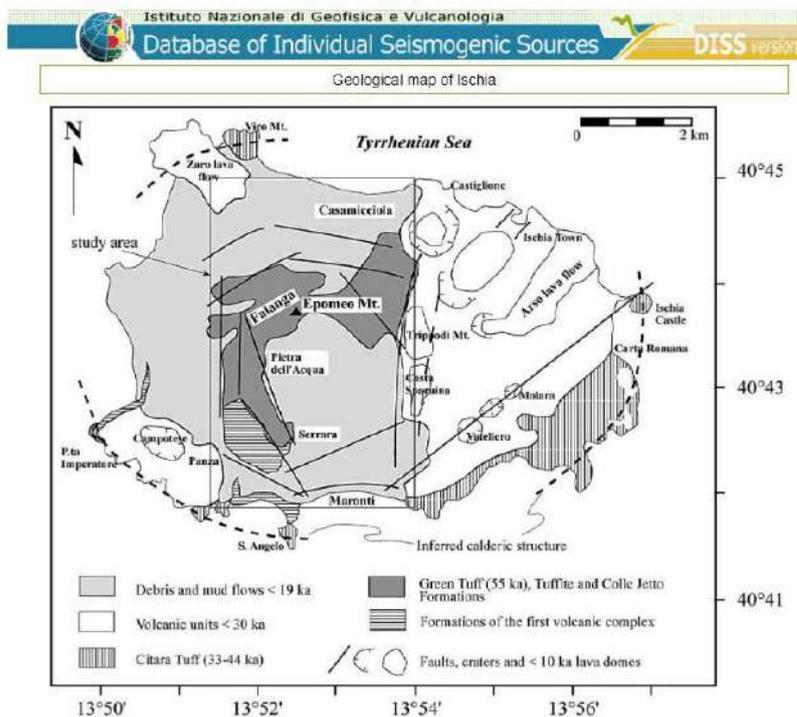


Figura 10 – Mappa geologica dell'isola d'Ischia (da <http://diss.rm.ingv.it>)

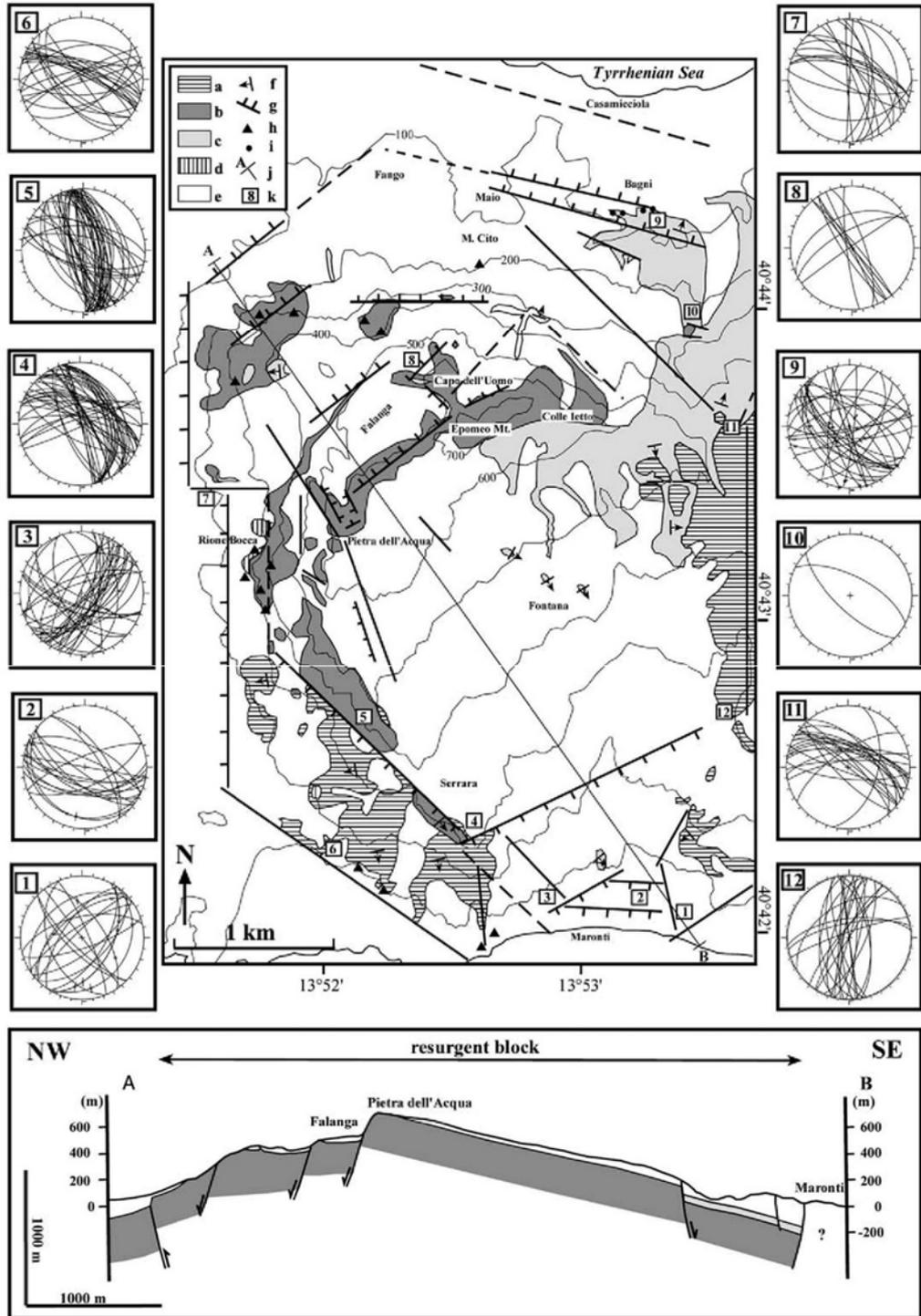


Figura 11 – Mappa geologica dell'isola d'Ischia, con indicazioni strutturali (da <http://diss.rm.ingv.it>)

2.6 Definizione della pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è definita come lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo.

Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input tra i quali anche i cataloghi dei terremoti precedentemente visti.

Con l'Ordinanza P.C.M. 3274/2003 (GU n.108 dell'8 maggio 2003) si è avviato in Italia un processo per la stima della pericolosità sismica secondo dati, metodi, approcci aggiornati e condivisi e utilizzati a livello internazionale. Per la prima volta si è delineato un percorso per il quale venivano definite le procedure da seguire, il tipo di prodotti da rilasciare e l'applicazione dei risultati. Un documento di tale tipo avrebbe infatti costituito la base per l'aggiornamento dell'assegnazione dei comuni alle zone sismiche. L'INGV si è fatto promotore di una iniziativa scientifica che ha coinvolto anche esperti delle Università italiane e di altri centri di ricerca. Questa iniziativa ha portato alla realizzazione della Mappa di Pericolosità Sismica 2004 (MPS04) che descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante.

Dopo l'approvazione da parte della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, la mappa MPS04 è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale con l'emanazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 (G.U. n.105 dell'11 maggio 2006). Attualmente (gennaio 2020) la versione più aggiornata è la versione di marzo 2015.

La legislazione nazionale prevede che l'aggiornamento delle zone sismiche spetti alle singole Regioni e Province Autonome, sulla base di criteri definiti a scala nazionale. In seguito all'O.P.C.M. 3519/2006, le Regioni e Province Autonome che volessero aggiornare tale elenco devono basarsi sui valori di accelerazione proposti dalla mappa di pericolosità sismica MPS04 per individuare le soglie che definiscono il limite tra una zona sismica e un'altra. La situazione aggiornata delle zone sismiche è disponibile nel sito del Dipartimento della Protezione Civile.

Successivamente, nell'ambito del progetto INGV-DPC S1 (2005–2007), sono state rilasciate una serie di mappe di pericolosità sismica per diverse probabilità di eccedenza in 50 anni, basate sullo stesso impianto metodologico e sugli stessi dati di input di MPS04. Inoltre sono state prodotte mappe per gli stessi periodi di ritorno anche in termini di accelerazioni spettrali. Per ogni punto della griglia di calcolo (che ha una densità di 20 punti per grado, circa un punto ogni 5 km) sono oltre 2.200 i parametri che ne descrivono la pericolosità sismica. Questa mole di dati ha reso possibile la definizione di norme tecniche nelle quali l'azione sismica di riferimento per la progettazione è valutata punto per punto e non più solo per 4 zone sismiche, cioè secondo solo 4 spettri di risposta elastica.

Si riporta in figura uno stralcio della mappa di pericolosità sismica in termini di accelerazione massima del suolo a_g , con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, pari ad un periodo di ritorno T_r di riferimento di 475 anni, riferita a suoli rigidi; la mappa è estratta dal link <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

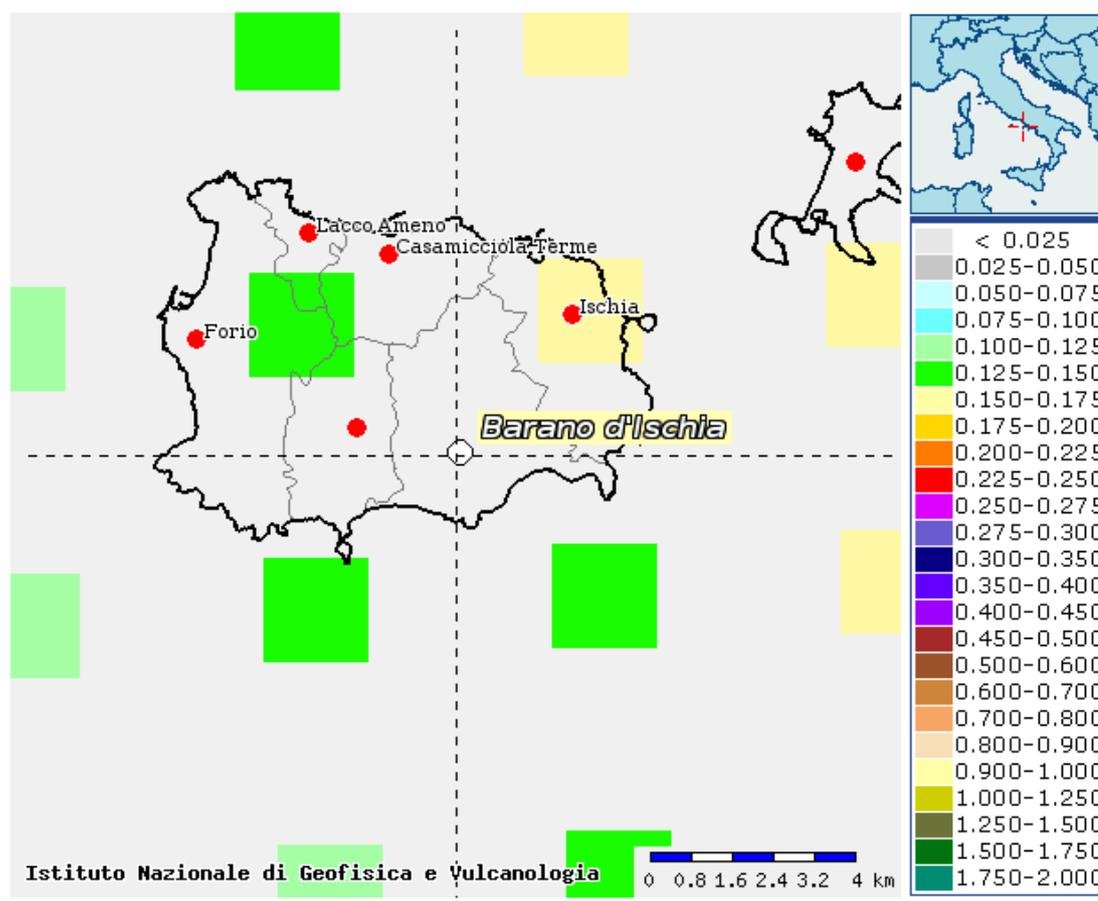


Figura 12 – Mappa interattiva di pericolosità sismica (da <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

2.7 Classificazione sismica

La prima classificazione sismica del territorio nazionale risale al 1909, anno di emanazione del Regio Decreto n. 193 in seguito al catastrofico terremoto di Reggio Calabria e Messina del 28 dicembre 1908, che istituì un elenco di località in cui veniva imposto il rispetto di “norme tecniche ed igieniche obbligatorie per le riparazioni, ricostruzioni e nuove costruzioni di edifici pubblici e privati” in cui veniva richiesto nei calcoli di stabilità e resistenza delle costruzioni, anche le “azioni dinamiche dovute al moto sismico ondulatorio, rappresentabile con accelerazioni proporzionali alle masse del fabbricato”.

Con la legge n. 64 del 2 febbraio 1974, il Ministero dei Lavori Pubblici venne riconosciuto come l’ente atto all’emanazione di norme tecniche per le costruzioni sia pubbliche che private, da effettuarsi con decreto ministeriale, di concerto con il Ministero degli Interni, sentito il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e con la collaborazione del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), ovvero all’aggiornamento della classificazione sismica attraverso appositi decreti ministeriali (D.M. 22 settembre 1980 emanato in seguito al terremoto in Friuli; D.M. n. 515 del 3 giugno 1981 emanato a seguito del terremoto dell’Irpinia del 23 novembre 1980, con la quale veniva introdotta la zona sismica di terza categoria).

Una tappa fondamentale per l’aggiornamento della classificazione sismica, fu l’istituzione della Commissione Grandi Rischi che incaricò un Gruppo di Lavoro, costituito dal Servizio Sismico Nazionale, dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti e dall’INGV, per la proposta di una riclassificazione del territorio italiano. Quest’ultima gettò le basi per la redazione della classificazione sismica emanata dalla Protezione Civile con l’O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 la cui fondamentale innovazione è rappresentata di fatto che l’intero territorio nazionale è stato classificato come sismico e suddiviso in 4 zone, caratterizzate da pericolosità sismica decrescente. Come accennato nel precedente capitolo, tali zone sono individuate da 4 classi di accelerazione massima del suolo (PGA) con probabilità di accadimento del 10% in 50 anni:

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento
1	Zona con pericolosità sismica alta. Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti	$ag \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media, dove possono verificarsi terremoti abbastanza	$0,15 \leq ag < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti	$0,05 \leq ag < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa. È la zona meno pericolosa, dove le possibilità di	$ag < 0,05g$

Una successiva classificazione del territorio italiano è stata pubblicata nell'O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006, in cui sulla base dei risultati di uno studio dell'INGV, alcune Regioni hanno ulteriormente modificato la loro classificazione sismica, introducendo sottozone caratterizzate da valori di accelerazione intermedi tra quelli delle zone sismiche dell'OPCM 3274. In definitiva, il territorio comunale di Ischia è attualmente classificato come Zona a Sismicità Media o Zona 2.

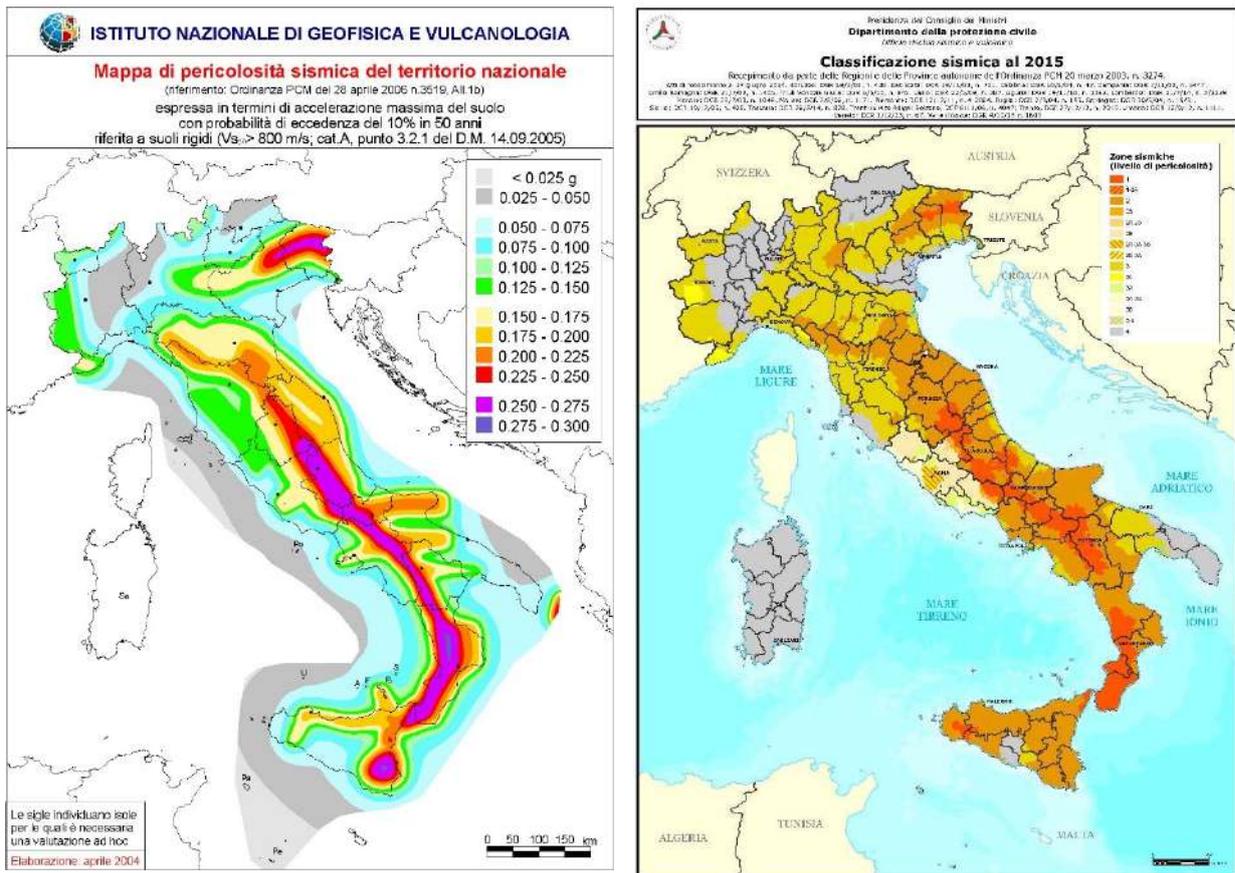


Figura 13 – Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale secondo OPCM 3519 e OPCM 3274 (fonte: <http://zonesismiche.mi.ingv.it/> e <http://www.protezionecivile.gov.it>)

3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

L'isola d'Ischia fa parte del Distretto Vulcanico Flegreo; si colloca alla terminazione meridionale della piattaforma continentale che delimita geograficamente il settore settentrionale e centrale della Catena Appenninica; verso nord e verso est la piattaforma è direttamente connessa con il litorale e collega Ischia, Procida ed i Campi Flegrei; ad ovest invece scende gradualmente verso il bacino del golfo di Gaeta, mentre a sud e a sud-ovest si approfondisce rapidamente per 800 metri o più verso il fondale marino del bacino del Tirreno.

L'isola di Ischia in generale si caratterizza per l'eccezionale varietà del paesaggio e presenta una morfologia varia e complessa che si articola su alcune principali emergenze orografiche e su una costa molto incisa e frastagliata, con promontori estesi e vai e profonde.

Negli ultimi decenni, l'equilibrio delle diverse componenti del territorio e del paesaggio sono state

in parte compromesse da una diffusa edificazione, nelle aree costiere e nelle aree agricole ai margini del monte Epomeo, prevalentemente caratterizzata da residenze stagionali e attività turistico ricettive.

L'isola nell'insieme rappresenta un'unica grande zona costituita in prevalenza dal Tufo verde del monte Epomeo e dai Tufi di Citara con breccie associate, ricadenti in una fascia altimetrica compresa tra 0 e 600 metri s.l.m. Tale area ha una permeabilità variabile dipendente dal grado di diagenesi e fratturazione del tufo. È caratterizzata dalla presenza di Orli craterici, quali elementi morfologici strutturanti e dai duomi lavici ubicati in località Caponegro e Punta Chiarito. A Occidente sono localizzati depositi piroclastici, misti a frammenti di depositi sedimentari con tessitura caotica a cui sono state accorpate aree di limitata estensione del Tufo verde di Monte Epomeo.

Ischia è un'isola formata da una complessa successione di vulcaniti con intercalate numerose unità sedimentarie ed epiclastiche legate alle intense fasi deformative, di sollevamento, subsidenza ed erosive che il vulcano ha subito nei circa 160 ka della sua storia evolutiva.

Ischia, analogamente agli altri complessi del Distretto Flegreo è un campo vulcanico di grandi dimensioni, in buona parte sottomarino, esteso su una superficie di circa 600 km². È stata caratterizzata da eruzioni esplosive di magnitudo molto elevata con volumi eruttivi di decine di km³ di magma.

Il campo vulcanico ischitano si colloca come già accennato in corrispondenza di una struttura regionale ad andamento anti-appenninico e sul suo terreno sono riconoscibili non solo le strutture tettoniche ad andamento regionale, di ordine maggiore, ma anche tutta una serie di faglie e fratture di ordine inferiore associate al sollevamento del blocco risorgente del Monte Epomeo.

Quest'ultimo costituisce la zona centrale sollevata dell'isola; questa è circondata da una serie di centri eruttivi, duomi, tuffi, coniche e colate laviche distribuiti su una vasta area.

In letteratura tutti i lavori concordano con il ritenere Ischia come una caldera risorgente. La caldera presenta una forma ellittica con asse maggiore allungato ENE–OSO. Fino a 28 ka fa la distribuzione dei centri eruttivi è stata lungo questa struttura calderica, tra 28 e 18 ka fa l'attività vulcanica si è invece spostata nel settore SO e lungo il bordo SE dell'isola. Tra 10 ka fa ed il 1302, anno dell'ultima eruzione (quella del centro eruttivo dell'Arso), l'attività si è concentrata nei settori orientali e settentrionali dell'isola, con emissione di duomi e colate laviche. La struttura del blocco risorgente, rappresentata dal Monte Epomeo, si trova in posizione centrale rispetto alla caldera ed ha in pianta una forma quadrangolare delimitata da faglie con direzione NO e NE.

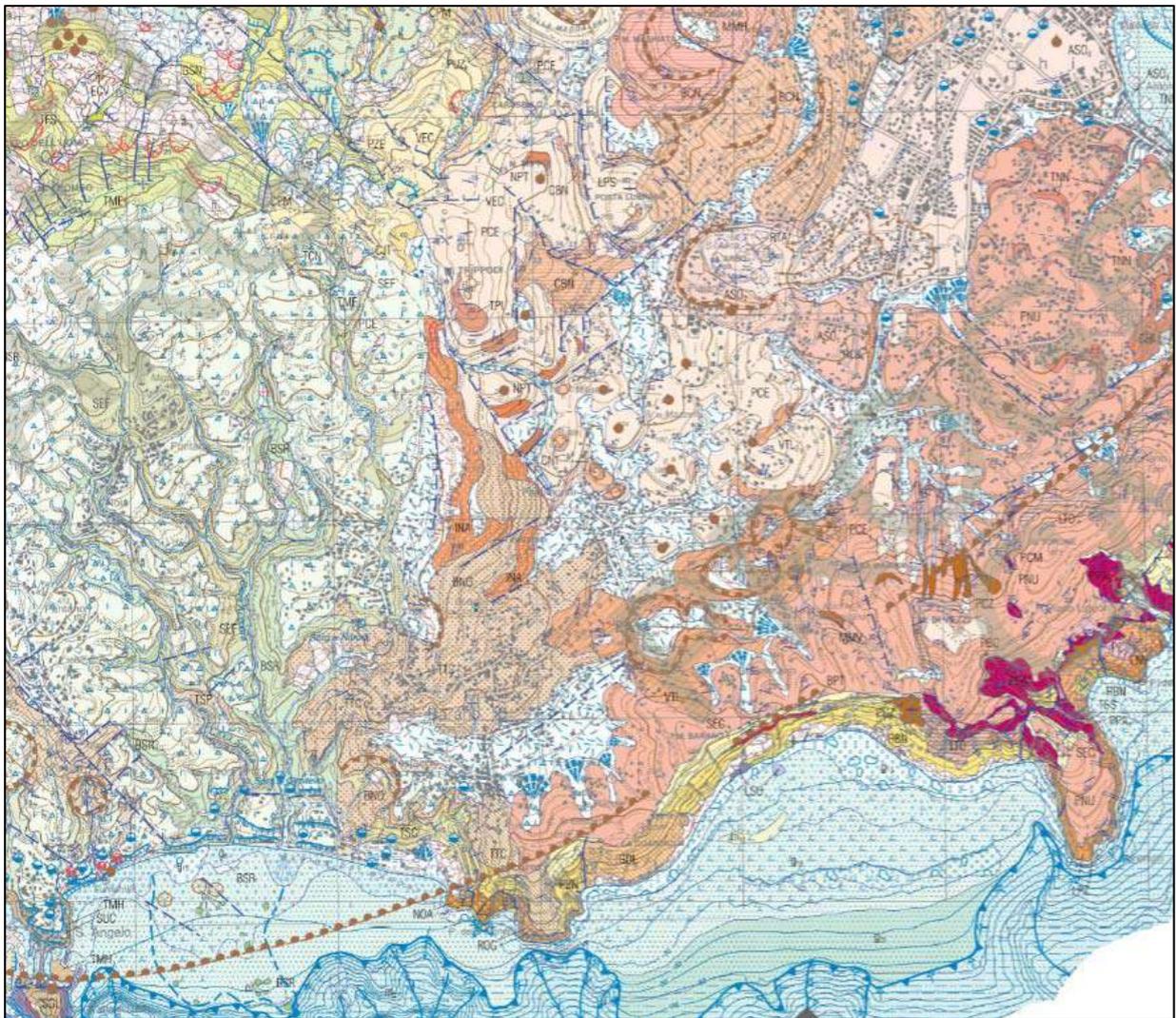


Figura 14 – Stralcio Carta Geologica d'Italia – Foglio 464 “Isola d'Ischia” e relativa legenda.

Legenda alla pagina successiva.



Coltre eluvio-colluviale

Sabbie e limi argillosi, contenenti lapilli pomicei e scoriacei, derivanti dall'alterazione di piroclastiti e tufi, in posto o accumulati dopo un breve trasporto per ruscellamento, talora pedogenizzati.
OLOCENE SUPERIORE - ATTUALE

SUBSISTEMA DI ISCHIA PORTO (III₄)

LAVE DELL'ARSO

membro del Bosco d'Argento (ASO₃)

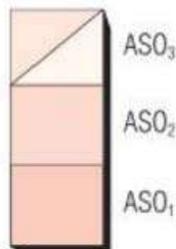
Lave a blocchi di colore grigio scuro, con fenocristalli centimetrici di sanidino, da trachitiche a latitiche. La lava contiene abbondanti inclusi mafici a diopside e olivina. Spessore 4-20 m.
Età: 1302 A. D.

membro di Spalatriello (ASO₂)

Strati di scorie nere di caduta, porfiriche a sanidino, saldate nella parte bassa che formano il cono di scorie dell'Arso. Livelli di scorie saldate grigio violacee latitiche con abbondanti inclusi di scorie mafiche, che formano banchi all'interno del cratere dell'Arso allineati su fratture eruttive.

membro di Fasolara (ASO₁)

Breccie piroclastiche formate da livelli di lapilli e bombe pomicee e scoriacee bandate di colore grigio, e blocchi lavici alternati a livelli di ceneri grossolane di colore grigio che danno un aspetto leggermente stratificati. Attività piroclastica iniziale del centro eruttivo dell'Arso. Composizione latitica. Spessore 3-4 m.



LAVE DEL MONTAGNONE

membro del Montagnone superiore (MMH₃)

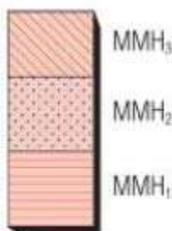
Deposito piroclastico grossolanamente stratificato, di lapilli e bombe scoriacee di colore nero o rosso con subordinati litici lavici, clasto sostenuto. Spessore 2-5 m. Attività di caduta del duomo del Montagnone.

membro del Montagnone inferiore (MMH₂)

Deposito piroclastico grossolanamente stratificato, di lapilli e bombe scoriacee di colore nero o rosso con subordinati litici lavici, clasto sostenuto. Spessore 2-5 m. Attività di caduta del duomo del Montagnone.

membro del Maschiata (MMH₁)

Lave scoriacee di colore grigio scuro, porfiriche a sanidino, del duomo del Maschiata. Composizione trachitica.



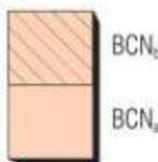
Deposito di spiaggia

Ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie grossolane, con trovanti di terracotta arrotondati e/o fluitati, di ambiente di spiaggia, sollevate sino a 20 m s.l.m.
Età: I sec. a. C. - I sec. d. C. (Buchner, 1986)



PIROCLASTITI E LAVE DEL BOSCO DEI CONTI

L'unità comprende depositi lavici e piroclastici ed è suddivisa in due litofacies. **Litofacies di Casa Arcamone (BCN₃)**: lave scoriacee nero-rossastre, molto porfiriche a sanidino, trachitiche; **litofacies di Sacchetta (BCN₂)**: costituita da deposito stratificato di lapilli e bombe pomicee e scoriacee, trachitiche, mal classato, clasto sostenuto, con litici, lavici, in parte in *grain flow*. I lapilli pomicei sono di colore grigio, microvescicolati, porfirici a sanidino e femici; le scorie sono nere (b).
Età: ¹⁴C (calibrata) 640 +/- 160 anni da oggi (Orsi et alii, 1996)



PIROCLASTITI DEL CRETAIO

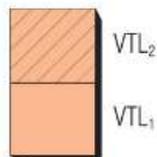
Livelli clasto-sostenuti di pomici rosate alla base, grigie nei livelli mediani e superiori, porfiriche a sanidino e biotite, a grado di vescicolazione variabile e a gradazione diretta, con livelli di ceneri massive e *cross laminated* intercalate. Spessore 0.3-2.8 m. Composizione trachitica. Deposito di caduta. L'unità comprende al tetto depositi a lapilli pomicei e scoriacei e cineritici, a composizione latitica, di caduta, afferenti ad eruzioni più recenti (Piroclastiti di Fiaiano, 790-960 anni d. C, Orsi et alii, 1996) non cartografabili singolarmente. Spessore 1.8 m.
Eruzione pliniana del Cretaio Età: ¹⁴C 150 anni d. C. (Orsi et alii, 1996)





PIROCLASTITI DI CAVA BIANCA

Strati clasto-sostenuti di bombe e lapilli pomicei di caduta di colore marrone, porfirici a sanidino, massivi, mal classati, alternati a livelli di lapilli pomicei e scoriacei mediamente classati. Spessore >10 m. Attività di un centro eruttivo locale.
Età: IV sec. a. C. (Civetta et alii, 1999)



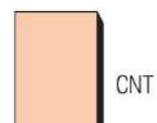
PIROCLASTITI DEL VATELIERO

membro di Casa Balestrieri (VTL₂)

Livelli e banchi di bombe e lapilli scoriacei di colore nero o marrone-rossastre, porfirici a plagioclasio, olivina e pirosseno, massivi o leggermente stratificati, dello spessore variabile da 30-50 cm fino a 5-6 m. Composizione latitica. Deposito di caduta.
Età: Post VI - IV sec. a. C. (Buchner, 1986)

membro di Molarà di Ischia (VTL₁)

Lave scoriacee di colore grigio scuro, porfiriche a sanidino, massive. Spessore 1-2 m. Composizione latitica.



LAVE DEL CANTARIELLO

Lave grigio nerastre, massive, molto porfiriche a sanidino. Composizione trachitica. Campo di duomi prevalentemente sepolti da piroclastiti più recenti.



Depositi di origine mista: debris flow e/o torrentizio

Depositi di colate detritiche e fangose, formati da clasti di tufo verde, di epiclastiti, tufi gialli e piroclastiti, di colore verdastro, da clasto-sostenuti a matrice-sostenuti, strutturati, localmente con contatti erosivi di tipo *cut and fill*. A Pta Chiarito ricoprono il sito archeologico del VI-VII sec. a. C. (Gialanella et alii, 1994); nel bacino di Serrara sono più giovani del *debris avalanche* di Bocca di Serra e più antichi delle pomice del Cretaio (150 d. C.); nel bacino di Casamicciola-Lacco Ameno ricoprono il *debris avalanche* di Lacco Ameno e i sedimenti di Mezzavia (+/- 5.850 anni da oggi).

LAVE E PIROCLASTITI DEL BOSCO DELLA MADDALENA (Complesso eruttivo del Rotaro Aucct., pro parte)

membro de Le Querce (BMD₃)

Brecce stratificate di bombe e lapilli pomicei giallastri, con subordinati litici lavici, alternate a livelli di ceneri fini di colore grigio. Spessore 2 m. Deposito di caduta.

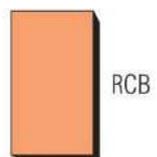
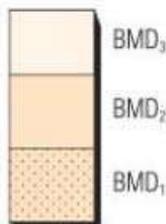
membro del Fondo d'Oglio (BMD₂)

Livelli di lapilli e bombe scoriacee, di colore nero, ricchi in litici lavici, talora saldati; spessore 5 m. Attività esplosiva del duomo di Fondo d'Oglio. Lave massive di colore grigio scuro, porfiriche a sanidino, di composizione trachitica; spessore 10-30 m. Attività del duomo esogeno del Fondo d'Oglio.

Età: Ar/Ar 3.700 +/- 1.100 anni da oggi

membro di Cognolo (BMD₁)

Brecce piroclastiche stratificate dello spessore di circa 10-20 m, formate da strati di lapilli e bombe pomicee e scoriacee trachitiche e abbondanti litici lavici di caduta.



LAVE DEL RIO CORBORE

Lave massive di colore grigio con fenocristalli di sanidino e subordinati pirosseni, composizione trachitica. Spessore >10 m.

Età: K/Ar 5.000 +/- 1.000 anni da oggi (Poli et alii, 1987)



UNITÀ DI BARANO (Rosato Aucct.)

Successione costituita dalla sovrapposizione di depositi epiclastici di *debris flow* e *mud flow*, massivi, di colore marrone-verdastro, con matrice indurita, litoide. I clasti appartengono prevalentemente alle unità di Colle Jetto e di Cava Leccie; subordinati clasti di tufo verde, di rocce epiclastiche e di lava del duomo di Costa Sparaina di varie dimensioni, fino a metriche.



UNITÀ DI SERRARA FONTANA

Depositi epiclastici, massivi o debolmente stratificati, da clasto-sostenuti a matrice sostenuti, di colore verde, composti prevalentemente da frammenti di tufo verde, grossolani, fino a blocchi, di *debris flow*. Spessore 1-5 m. Contengono clasti di argille brune, fossilifere, e tufi epiclastici delle unità di Cava Leccie e di Campomanno.



PCI

SCORIE DI PUNTA DELLA CANNUCCIA

Depositi massivi o debolmente stratificati, clasto-sostenuti, formati da lapilli e bombe scoriacee di colore nero, di caduta; formano il cono di scorie di Punta della Cannuccia. Composizione shoshonitica. Spessore 1-30 m.

Età: post 5807 anni da oggi

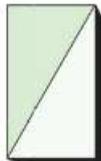


PNU

PIROCLASTITI DI PIANO LIGUORI

Strati di ceneri grigio-biancastre, ceneri pisolitiche e lapilli pomicei porfirici a sanidino e biotite, a stratificazione pianoparallela, alternati a livelli centimetrici di lapilli pomicei grigi, clasto-sostenuti, di caduta. Sono presenti depositi cineritici e pomicei a laminazione incrociata e duniforme (*surge*). Composizione trachitica. Spessore 3-7 metri.

Età: ¹⁴C calibrata 5347-5807 anni da oggi (Orsi et alii, 1996)



BSR

UNITÀ DI BOCCA DI SERRA

Depositi epiclastici, massivi, di *debris avalanche*, formati da blocchi plurimetrici, fino a decametrici, di tufi delle unità del sistema del Rifugio di S. Nicola e da tufi epiclastici; subordinati litici lavici e tufi cineritici. Localmente i blocchi sono immersi in matrice sabbiosa grossolana. Si osservano strutture tipo rampa, *jigsaw*, *slumping* e dicchi sedimentari. Spessore 10-100 m. Il deposito si estende nell'*off-shore* dei Maronti sulla piattaforma e sulla scarpata continentale sino ad oltre 40 km dall'isola.

Età: 5.000+/-5.500 anni da oggi (Chiocci & De Alteris, 2006)



NPT

LAVE DI SELVA DEL NAPOLITANO

Lave massive di colore grigio scuro, porfiriche a sanidino. Composizione trachitica. Formano il campo di duomi di Selva del Napolitano.

Età: K/Ar 10.000 +/-1.000 anni da oggi (Poli et alii, 1987)



INA

LAVE DI COSTA SPARAINA

Lave di colore grigio chiaro, porfiriche a fenocristalli centimetrici di sanidino. Composizione trachitica. Spessore 60 m. Formano il duomo di Costa Sparaina, collassato nella porzione occidentale.

Età: Ar/Ar 15.800 +/-1.400 anni da oggi



TNN

LAVE DI SAN ANNA

Colata di lava a blocchi di colore grigio-nerastro, porfirico a sanidino, emessa dal duomo parzialmente collassato di Casa Curci. Composizione trachitica. Spessore 40 m.

Età: K/Ar 22.600 +/- 3.000 anni da oggi (Poli et alii, 1987)



PCM

PIROCLASTITI DI CASA MORMILE

Depositi di breccie piroclastiche trachitiche, clasto-sostenuti formati da bombe pomicee e scoriacee e lapilli pomicei, mal classati, ricchi in litici lavici, clasti idrotermalizzati e bombe a crosta di pane che gradano verso l'alto in cineriti grossolane stratificate. Spesso humificati a tetto. Spessori variabili da 1 a 10 m. Deposito di caduta.



MMV

LAVE DELLA MADONNA DI MONTEVERGINE

Lave di colore nero-grigiastro molto porfiriche a sanidino. Spessore di 10-15 m. Composizione trachitica. Attività del duomo della Madonna di Montevergine.



TTC

TUFI DI MONTE COTTO

Cineriti debolmente litificate di colore bianco, da massive a stratificate, costituite da livelli centimetrici e decimetrici di ceneri vescicolate contenenti lapilli pomicei e lapilli accrezionali prevalentemente di caduta, alternate a livelli clasto-sostenuti formati da lapilli pomicei bianchi, porfirici a sanidino, litici lavici, clasti idrotermalizzati, con subordinati livelli di lapilli pomicei in matrice cineritica e strutture duniformi e laminazione incrociata. Presentano strutture deformative soffici sinsedimentarie ed impronte di impatti. Spessore totale intorno a 50 m. Depositi di caduta, di *surge* e colata piroclastica legati ad attività esplosiva idromagmatica.

Età: K/Ar 38.000 +/- 4.500 anni da oggi (Poli et alii, 1987)

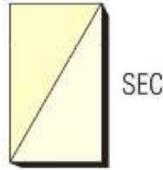


TSC

TUFI DEL TESTACCIO

Tufi di colore giallo costituiti da lapilli pomicei trachitici in matrice cineritica vescicolata, massivi o con strutture duniformi alternati a livelli tufacei ricchi in lapilli pomicei e litici lavici mal classati. La successione evidenzia forti discordanze angolari e paleovalli a U. Spessore intorno ai 60 m. Attività esplosiva di *tuff cone* idromagmatici. Si collocano nell'intervallo temporale tra 60.000 e circa 43.000 da oggi.

PIROCLASTITI DELLA SECCA D'ISCHIA



Strati di lapilli e bombe pomicee di composizione trachitica ricche in inclusi shoshonitici grigio scuri, localmente saldati (San Pancrazio), mal classati, con alla base abbondanti litici idrotermalizzati rossastri. Seguono depositi cineritici massivi, grigi, incoerenti, che gradano verso l'alto a tufi saldati ricchi in fiamme grigie nerastre a giacitura suborizzontale (loc. Scarrupata di Barano). Seguono tufi gialli, gradanti a tetto a bianchi, ricchi in matrice cineritica e pomici trachitiche con inclusi shoshonitici (3-40 m). Comprende piroclastiti stratificate ricche in matrice cineritica vescicolata e coesiva, a struttura incrociata, dune ed antidune. Alla Scarrupata di Barano è visibile alla base un deposito di ignimbrite saldata grigio nerastra lentiforme. Depositi da attività esplosiva pliniana e idromagmatica del vulcano omonimo.

Età: Ar/Ar 61.000 +/- 1.900 anni da oggi

TUFO VERDE DEL M.TE EPOMEIO *Auctt. (pro parte)*



Tufi massivi idrotermalizzati di colore da verde smeraldo intenso a verde chiaro, costituiti da lapilli e bombe pomicee e scorie trachitiche, porfiriche a sanidino centimetrico e biotite, minori clasti litici minuti e abbondanti cristalli di alcali-feldspati centimetrici e biotite immersi in matrice cineritica e micropomicea. Alla base (loc. Falanga) sono presenti livelli saldati e breccie ricche in litici. Il deposito piroclastico è idrotermalizzato in maniera pervasiva. La colorazione complessiva vira verso toni giallastro-ocracei. Spessore circa 200 m. Depositi di correnti di densità piroclastica sedimentati in una struttura calderica probabilmente sottomarina.

Età: Ar/Ar 56.500 +/- 3.000 anni da oggi

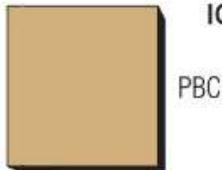
BRECCIA DE IL PORTICELLO



Breccie piroclastiche da grigie a biancastre prive di matrice, formate da lapilli e bombe pomicee, porfiriche a sanidino centimetrico, a composizione trachitica, e da abbondanti litici di lave, lave idrotermalizzate rosso-aranciate, tufi, sieniti. I depositi sono lentiformi, massivi, (spessore massimo di 4 m) e fortemente discordanti sulle sottostanti unità. Presenti impronte di impatto dovute a clasti di dimensione metrica e plurimetrica. Nella località tipo del Porticello alla base è presente uno strato di pomice e bombe pomicee bianche pliniano (spessore 2 m), clasto-sostenuto di caduta. Depositi di correnti di densità piroclastica in facies prossimale extracalderica correlati ad una delle grandi eruzioni del **TME**, **TFS** e **PZE**.

Età: Ar/Ar 59.900 +/- 1.000 anni da oggi

IGNIMBRITI DI PIETRA BIANCA



Tufi cineritici saldati, massivi, grigio scuri (spessori 5-7 m), formati da lapilli pomicee, scorie sino a decimetriche e fiamme grigio nerastre fortemente porfiriche a sanidino (fino a 2 cm), immerse in matrice cineritica saldata con subordinati litici lavici, clasti idrotermalizzati e sieniti. Rappresentano facies subaeree prossimali di una delle grandi unità ignimbritiche in facies intracalderica del **TME**, **TFS** e **PZE**.

FORMAZIONE DI PIGNATIELLO *Auctt.*

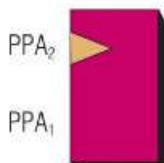
membro di Grotta di Terra (PPA₂)

Strati molto spessi di lapilli e bombe pomicee e scorie, massivi, scarsi litici lavici. Lava grigio-nerastra porfirica a sanidino, di composizione trachitica, spessore di circa 15 m. Attività del cono di scorie del centro eruttivo di Grotta di Terra.

membro della Baia del Porticello (PPA₁)

Successione di livelli plurimetrici e metrici di lapilli pomicee clasto-sostenuti di caduta pliniani, biancastri o nocciola, contenenti litici lavici, clasti ossidianacei e subordinati clasti idrotermalizzati. Da mediamente a ben classati, da massivi a leggermente stratificati per fenomeni di rimobilizzazione, separati da cineriti humificate e paleosuoli. Presenti nella sequenza discordanze angolari. Raramente si rinvencono intercalazioni di livelli massivi cineritici lentiformi e breccie (baia del Porticello). Spessore variabile da 2 a 60 m in zone di accumulo secondario. Composizione trachitica. Depositi prevalentemente di caduta di numerose eruzioni esplosive di tipo pliniano.

Età compresa tra 75 ka (Età della lava di Parata, Poli et alii, 1987) e 59.900 +/- 1.000 anni da oggi (età Ar/Ar del livello di tetto della formazione nella località tipo)



ISCHIA ANTICA



LAVE DI PARATA

Colate di lava in più unità di flusso sovrapposte di colore grigio-nerastro, porfiriche a sanidino. Composizione trachitica. Spessore tra 9 e 50 m.

Età: K/Ar 73.000 +/- 2.500 anni da oggi (Poli et alii, 1987)



LTO

SCORIE SALDATE DEL TORONE

Banchi di scorie saldate e densamente saldate, grossolanamente stratificati di colore grigio scuro violaceo, porfiriche a sanidino di composizione trachitica, spessore 90 m. Attività di fontanamento di lava dei centri eruttivi del Torone.

Età: K/Ar 130.000 +/- 3.000 anni da oggi (Cassignol e Gillot, 1982) e di M.te di Vezzi Età: K/Ar 126.000 +/- 4.000 anni da oggi (Gillot et alii, 1982)



TSS

TUFI DELLA SPIAGGIA DI SAN PANCRAZIO

Tufi cineritici e pomicei di colore bianco giallastro da massivi a stratificati con litici lavici e livelli di scorie saldate. Spessore di 60-70 m.



PCZ

PIROCLASTITI DE LA CARROZZA

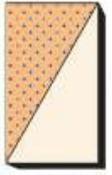
Banchi plurimetri di lapilli e bombe pomicee con rari lapilli scoriacei, litici lavici, ossidiane, clasti tufacei, da mediamente a fortemente compattati con intercalati depositi cineritici brunastri poco litificati, con scorie grigiastre e livelli di tufi saldati. Spessore di circa 60 m. Depositi di caduta e di colata piroclastica.



RBN

TUFI DELLA SCARRUPATA DI BARANO

Alla base tufi pomicei e cineritici di colore giallo e biancastro, da massivi a debolmente stratificati. Spessore di 100 m. Il deposito passa a tufi giallastri cineritici, fittamente stratificati. Presenti livelli ricchi in lapilli accrezionali. Spessore sino a 50 m. Attività idromagmatica.



ROG

SCORIE SALDATE DI CAPO GROSSO

Lave e scorie saldate trachitiche di colore grigio per uno spessore complessivo di 30 m; attività di duomo di lava. Alla base è presente un deposito costituito da livelli di lapilli pomicei e ceneri leggermente litificati di colore marrone.



GDL

LAVE DE LA GUARDIOLA

Lave trachitiche, scorie e scorie saldate, di colore grigio-nerastre dello spessore di circa 220 m. Attività esplosiva di fontana di lava.



NOA

SCORIE SALDATE DI PUNTA DELLA SIGNORA

Scorie fortemente saldate trachitiche di colore grigio-nerastro stratificate, spessore 40 m.

Età: K/Ar 147.000 +/- 3.000 anni da oggi (Poli et alii, 1987)



LSU

UNITÀ DELLA SPIAGGIA DELLA SCARRUPATA

Corpi subvulcanici tabulari costituiti da rocce olocristalline sienitiche molto porfiriche a sanidino di dimensioni centimetriche. Spessore 15-20 m. Il dicco presenta fessurazione colonnare ed è idrotermalizzato.

Nella Figura successiva vengono mostrati i rapporti stratigrafici tra le unità precedentemente illustrate.

Regione Campania - Comune di Barano di Ischia
 MICROZONAZIONE SISMICA - Relazione Illustrativa

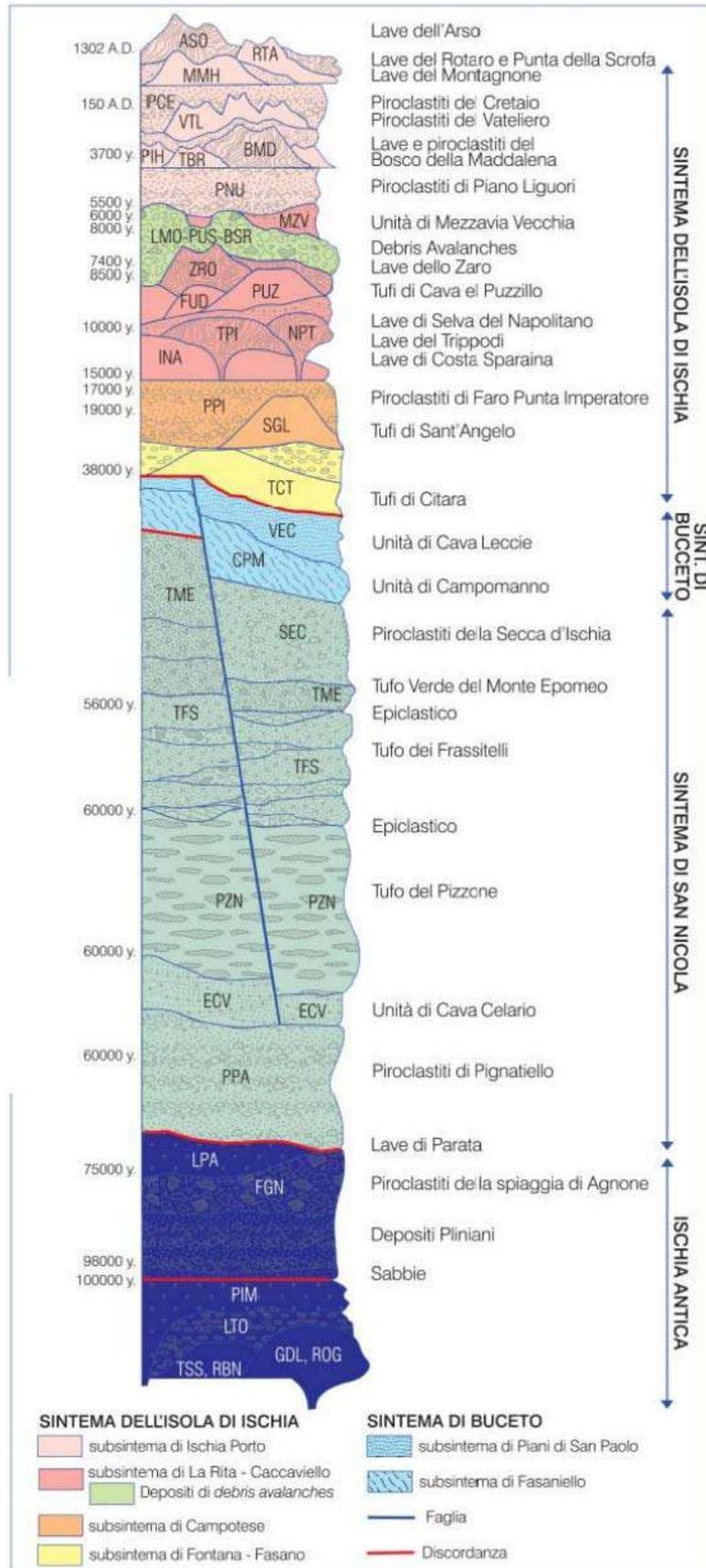


Figura 15 - Sezione schematica dei rapporti stratigrafici.

4. Dati geotecnici e geofisici

Al fine di procedere con lo studio di Microzonazione Sismica relativo al territorio comunale di Barano di Ischia, si è proceduto alla raccolta ed archiviazione informatica dei dati pregressi, in accordo con lo Standard, vers. 4.1.

Per il presente studio sono state prese in considerazione le indagini geognostiche dirette ed indirette effettuate per la redazione dei seguenti lavori:

1. Studio geologico per la “Verifica di vulnerabilità sismica dell’Istituto comprensivo statale “Antonio De Curtis””, località Fiaiano, redatto dal Dott. Geol. Pasquale D’Ambrosio; le relative indagini geognostiche sono state eseguite nel 2019 e consistono in:
 - N. 2 prove penetrometriche dinamiche super pesanti spinte alla profondità massima di 5 m;
 - N.1 Indagine geofisica MASW.
2. Studio geologico per la “Verifica di vulnerabilità sismica dell’edificio scolastico”, Via Vittorio Emanuele, redatto dal Dott. Geol. Pasquale D’Ambrosio; le relative indagini geognostiche sono state eseguite nel 2019 e consistono in:
 - N. 2 prove penetrometriche dinamiche super pesanti spinte alla profondità massima di 8 m;
 - N.1 Indagine geofisica MASW.
3. Studio geologico per la “Verifica di vulnerabilità sismica dell’edificio scolastico”, Via San Giovanni Battista, località Buonopane, redatto dal Dott. Geol. Pasquale D’Ambrosio; le relative indagini geognostiche sono state eseguite nel 2019 e consistono in:
 - N. 2 prove penetrometriche dinamiche super pesanti spinte alla profondità massima di 6,80 m;
 - N.1 Indagine geofisica MASW.
4. Studio geologico per la “Verifica di vulnerabilità sismica dell’edificio scolastico”, Via Luigi Scotti, redatto dal Dott. Geol. Pasquale D’Ambrosio; le relative indagini geognostiche sono state eseguite nel 2019 e consistono in:
 - N.1 Indagine geofisica MASW.
5. Studio geologico per la “Verifica di vulnerabilità sismica dell’edificio scolastico”, Via Vittorio Emanuele, redatto dal Dott. Geol. Pasquale D’Ambrosio; le relative indagini geognostiche sono state eseguite nel 2019 e consistono in:
 - N.1 Indagine geofisica MASW.
6. Studio geologico per la “Realizzazione di loculi nel Cimitero Comunale”, redatto dal Dott. Geol. Francesco Martone; le relative indagini geognostiche sono state eseguite nel 2011 e consistono in:
 - N.1 prova penetrometrica dinamica leggera spinta fino alla profondità massima di

5,00 m;

- N. 1 prelievo di campione indisturbato sul quale sono state eseguite specifiche prove di laboratorio.

Infine sono state aggiunte le indagini eseguite su incarico della scrivente col fine di integrare le conoscenze sul territorio comunale ai fini del presente studio.

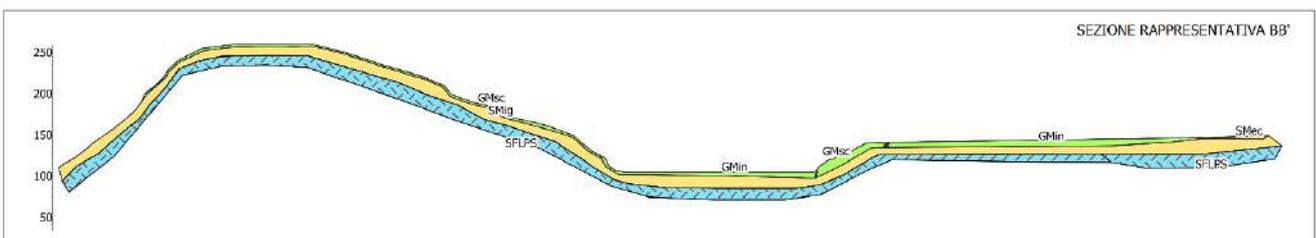
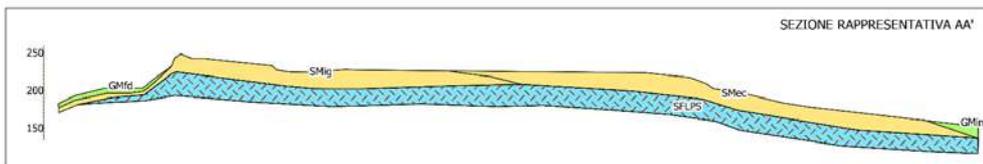
Tutti i dati sono stati archiviati mediante il software SoftMS_v4_0_1 che ha consentito l’inserimento dei valori richiesti, rispettando le strutture e i formati dello standard. Da tale software è stato possibile esportare il database in formato Microsoft Access (.mdb) denominato “Cdi_Tabelle_063077” a cui viene associata una cartella “Documenti” contenente in formato pdf tutta la documentazione relativa ad ogni indagine inserita.

Il database definitivo ottenuto è stato esportato sia in formato digitale che PDF ed inserito nella cartella “Indagini” della struttura di archiviazione in cartelle, secondo quanto previsto dallo standard.

5. Modello del sottosuolo

Viene definito come modello del sottosuolo “una rappresentazione tridimensionale approssimata di una porzione di sottosuolo, nella quale devono essere distinguibili gli elementi qualitativi e quantitativi necessari per il suo impiego nelle valutazioni funzionali alla specifica applicazione. Metodologicamente è il risultato di un processo interattivo e iterativo di trattamento di dati provenienti da diverse fonti informative, riconducibili a specifiche aree disciplinari: geologia, geofisica e geotecnica.” (tratto da Microzonazione Sismica per la ricostruzione dell’area aquilana). In estrema sintesi, il processo è indirizzato e finalizzato alla definizione del minimo numero di parametri necessari a fornire una ricostruzione di Unità Omogenee (UO). Si denominano UO le unità caratterizzate da valori simili dei parametri rilevanti ai fini dello studio. Il processo prevede di passare da unità strettamente litologiche a unità caratterizzate da parametri geotecnici e geofisici.

Si riporta di seguito lo stralcio delle due sezioni geologiche rappresentative inserite nella Carta CGT in scala 1:5000.



Legenda

Terreni di copertura

GMcz	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di conoide di deiezione
GMec	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di eluvi/colluvi
GMfd	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di falda detritica
GMig	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di coltri ignimbritiche
GMin	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di bacino (piana) intramontano
GMsc	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di cono scorie/ceneri
GMtm	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di terrazzo marino
GMcd	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di conoide detritica
SMec	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di eluvi/colluvi
SMfd	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di falda detritica
SMig	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di coltri ignimbritiche
SMsc	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di cono scorie/ceneri
SMsp	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di spiaggia

Substrato geologico

SFIPS	Lapideo stratificato fratturato o alterato
-------	--

Figura 16 – Stralcio delle sezioni geologiche rappresentative e legenda.

5.1 Dati geologici

Il processo di costruzione del modello del sottosuolo è partito dalla ricostruzione dell'assetto geologico-geomorfologico e strutturale dell'area indagata, effettuato mediante l'analisi delle cartografie già a disposizione e redatte in passato, come la Carta Geologica d'Italia (scala 1: 100.000), l'Indagine geologica e geomorfologica per la redazione dei lavori citati precedentemente. Tutta l'informazione geologica acquisita, coadiuvata dai dati geotecnici e geofisici, è stata tradotta in un modello, sintetizzato nella Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica, fornita in scala 1: 10.000, riguardante l'area comunale di Barano di Ischia.

L'insieme dei dati geologici finalizzati a definire modelli del sottosuolo, particolarmente inerenti alla Microzonazione Sismica, hanno consentito di:

- distinguere il bedrock geolitologico (in senso lato) dai terreni di copertura (non

lapidei).

- definire le loro geometrie;
- individuare, nei terreni di copertura, le aree soggette a fenomeni di instabilità dei versanti;
- individuare le criticità geomorfologiche.

6. Interpretazioni e incertezze

Negli I.C.M.S. è riportato che la finalità delle indagini geotecniche negli studi di Microzonazione Sismica è pervenire alla conoscenza dettagliata dello stato del sito e dei terreni presenti nell'area prima, durante e dopo il terremoto di riferimento attraverso lo studio delle condizioni naturali del terreno in sito mediante sondaggi, prove geotecniche di tipo corrente e prove dinamiche e mediante la riproduzione in laboratorio delle condizioni di sollecitazione e deformazione più prossime a quelle che possono aversi in occasione del terremoto di riferimento.

Sono quindi indagini estremamente mirate, che devono contribuire a definire tutte le caratteristiche morfologiche, stratigrafiche, idrogeologiche, e che, soprattutto, devono identificare il comportamento dinamico dei vari terreni presenti nel sito, assegnando dei valori ai parametri dinamici indispensabili per la valutazione della risposta del sito mediante modelli analitici e numerici.

Il programma delle indagini geotecniche va perciò commisurato, oltre che al problema sismico e geotecnico, anche ai codici di calcolo che verranno impiegati nelle analisi numeriche (Microzonazione Sismica di livello superiore al 1°) e sarà differente per i diversi problemi (analisi della risposta sismica locale, stima del potenziale di liquefazione, analisi della stabilità dei pendii, valutazione dei cedimenti) e per i livelli di approfondimento degli studi di Microzonazione Sismica.

Le incertezze del modello geologico (e geologico–tecnico) ricostruito sono principalmente legate al fatto che non vi sono sondaggi stratigrafici da prendere in considerazione per la definizione dell'assetto stratigrafico del territorio comunale di Barano di Ischia; le indagini dirette a disposizione per tale scopo sono prove penetrometriche dinamiche la cui profondità di investigazione massima è di 8 m rispetto al piano campagna, non permettendo in tal modo di poter analizzare e quindi considerare i litotipi più profondi. Individuare il substrato vuol dire anche indagare su eventuali contatti tettonici tra le formazioni mioceniche e chiarire sull'eventuale possibilità di faglie attive mascherate in superficie.

La formazione tufacea è stata classificata, secondo la nomenclatura degli standard di

archiviazione dei terreni di copertura, come “Sabbie limose, miscela di sabbia e limo – Sigla SM”, pur avendo caratteristiche geomeccaniche differenti da tali tipi di terreni, trattandosi

di materiale consolidato e generalmente litoide appartenente a formazioni superficiali. Infatti, tale litotipo presenta nella sua parte superficiale uno spinto stato di alterazione e di fratturazione. Le fasi successive di studi di microzonazione sismica dovranno prevedere approfondimenti sulla ricostruzione stratigrafica relativa alle successioni di orizzonti geologico–tecnici rappresentativi dei livelli tufacei.

Nell’ambito della formazione del tufo si individuano episodi di escavazioni in sotterraneo del litotipo come materiale da costruzione. Questo particolare uso del sottosuolo ha determinato la creazione di una più o meno estesa rete di condotti e cavità, all’interno della parte litoide della formazione tufacea, di difficile individuazione. Nella fattispecie un tale assetto del sottosuolo ha, all’attualità, alcune evidenze superficiali consistenti in episodi di sinkholes antropogenici e condotti di accesso alle cavità a testimonianza della presenza certa di cavità immediatamente al di sotto. La stessa banca dati dell’ISPRA, “Anthropogenic sinkholes della Città Metropolitana di Napoli”, riporta per le aree di nostro interesse un certo numero di punti identificati come cavità, i quali sono stati riportati nella Carta Geologico – Tecnica e nella Carta delle MOPS.

I livelli successivi di approfondimento avranno, quindi, anche lo scopo di localizzare questi elementi di origine antropica a pericolosità indotta al fine di definire l’andamento geometrico delle cavità e le loro dimensioni.

Relativamente alle indagini geofisiche, si è tentato di integrarle mediante la realizzazione ad hoc di alcune indagini HVSR distribuite nell’area comunale.

I risultati sono stati spesso di difficile interpretazione e a volte poco attendibili a causa della pavimentazione costituita da lastricato spesso sconnesso, dalla presenza di sottoservizi e a causa del traffico veicolare sostenuto.

Tutti i precedenti dubbi, sia la carenza di indagini geologiche e geofisiche vanno accuratamente indagati in eventuale sede di Microzonazione Sismica di livello superiore all’attuale.

È raccomandata quindi l’esecuzione di misure per la determinazione diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio, soprattutto nei centri storici e per i litotipi del substrato, in quanto è necessario che vengano considerati tali anche dal punto di vista strettamente geofisico ($V_s > 800$ m/s).

Può capitare che i litotipi geologicamente appartenenti al bedrock non mostrino una

velocità delle onde sismiche di taglio $V_s > 800$ m/s, e questi valori inferiori riguardano in particolare i litotipi superficiali fratturati e alterati e, spesso, per i primi metri di substrato, direttamente a contatto con i terreni di copertura.

Inoltre andrebbe quantificata l'entità dell'amplificazione offerta dalla condizione topografica in caso di sisma nelle zone di cresta e su pendii a moderata acclività (pendenza $> 15^\circ$).

7. Metodologie di elaborazione e risultati

In questo capitolo vengono espone le metodologie utilizzate per l'acquisizione e l'elaborazione dei risultati dove è stato necessario ricorrere a strumentazione, in particolare per quanto riguarda le misure HVSR eseguite ad hoc per la determinazione di eventuali contrasti di impedenza. Tutti i restanti aspetti legati alla realizzazione dei vari elaborati cartografici, vengono trattati nel capitolo successivo.

PROVA SISMICA PASSIVA HVSR

La prova sismica passiva a stazione singola rileva le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica. La prova è comunemente nota come prova "HVSR" o semplicemente "H/V": rapporto tra le componenti spettrali orizzontali (H) e la componente spettrale verticale (V). In un sistema costituito da uno strato tenero (copertura) sopra un semispazio rigido (bedrock) un'onda tenderà a rimanere intrappolata nello strato tenero per riflessioni multiple e darà luogo a fenomeni di risonanza per lunghezze d'onda incidenti $\lambda = n \cdot 4H$.

Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla legge:

$$f = n \cdot V_s / (4H) \text{ con } n = 1, 3, 5, \dots \quad (1)$$

dove n indica l'ordine del modo di vibrare (fondamentale per $n=1$) e V_s è la velocità delle onde di taglio nello strato di spessore H . Nella maggior parte dei casi, a causa delle attenuazioni nelle coperture, il solo modo visibile è quello fondamentale.

Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto, ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine. Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti.

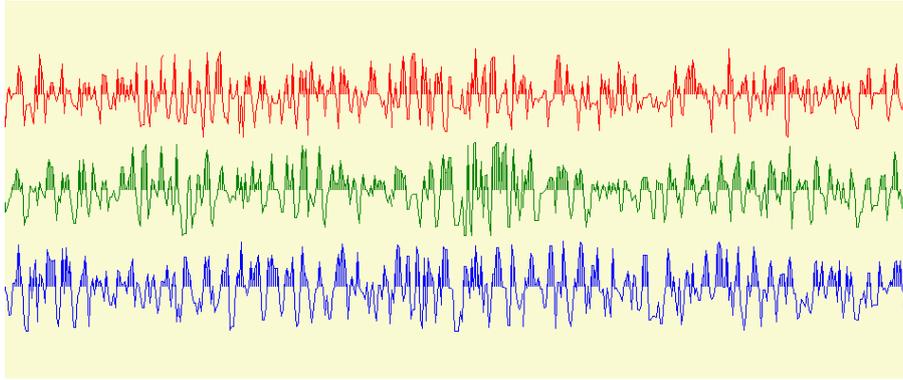


Figura 17 – Segnali sismici acquisiti dal tromografo triassiale.

L'equazione (1) permette di comprendere come la tecnica H/V possa fornire anche indicazioni di carattere stratigrafico: a partire da una misura di microtremore che fornisce f , nota la V_s delle coperture, si può infatti stimare la profondità dei riflettori sismici principali o viceversa. Il rumore sismico ambientale viene generato da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento ecc.) e dall'attività antropica. Viene detto anche "microtremore" perché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.



Figura 18 – Tromografo 3D a 4,5Hz.

Al rumore di fondo, sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali antropiche e naturali. I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume P ed S, in parte da onde di superficiali che hanno velocità prossime a quelle delle onde S.

Il rumore sismico può essere misurato con il tromografo digitale ed analizzato con il software Geopsy.

Dopo i primi studi di Kanai (1957), diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. La tecnica maggiormente consolidata, proposta da Nogoshi & Igarashi (1970), prende in esame i rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectra Ratio HVSr o H/V). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire la frequenza di risonanza fondamentale del sottosuolo.

L'ampiezza del picco del rapporto H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra gli strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice. La

curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non risulta interpretabile applicando semplicemente l'equazione (1). È necessario applicare il processo di inversione che richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V e che fornisce un'importante normalizzazione del segnale.

I valori assoluti degli spettri orizzontali (H) e verticali (V) variano con il livello assoluto del rumore ambientale (alte frequenze, disturbi "antropici" tipo mezzi in movimento, lavorazioni, calpestio ecc.). Nella pratica si usa H/V perché è un buon normalizzatore e, come ampiamente riconosciuto nella letteratura scientifica internazionale, H/V misura direttamente le frequenze di risonanza dei terreni.

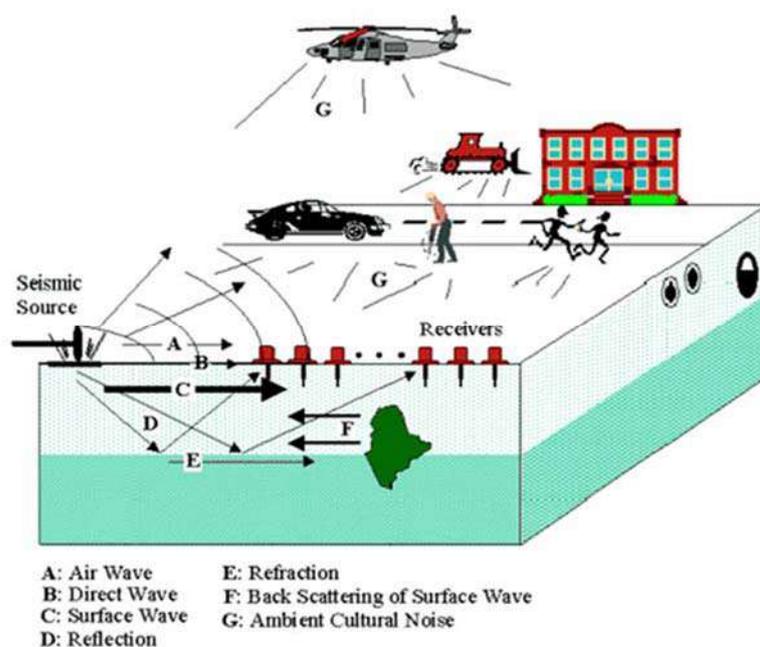


Figura 19 – Schematizzazione dei vari tipi di onde (di volume e superficiali) e di alcune possibili sorgenti di rumore ambientale.

Prima dell'interpretazione le curve H/V vanno ripulite dei disturbi. Inoltre le curve H/V vanno osservate congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui derivano. Questo permette di discernere i picchi di natura stratigrafica da quelli di natura antropica. In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza invece si genera un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma "a occhio" od "a ogiva": questa forma è indicativa di risonanze stratigrafiche.

Se vi è inversione di velocità la componente verticale passa sopra a quelle orizzontali. In questo caso minimi locali nella curva della componente verticale sono indicativi di risonanza stratigrafica, se corrispondenti a picchi delle componenti orizzontali. In una

misura di tremore possono entrare anche vibrazioni mono-frequenziali (artefatti) indotte da macchinari o simili. Queste producono picchi stretti ben definiti su tutte e tre le componenti spettrali e sono quindi facilmente distinguibili.

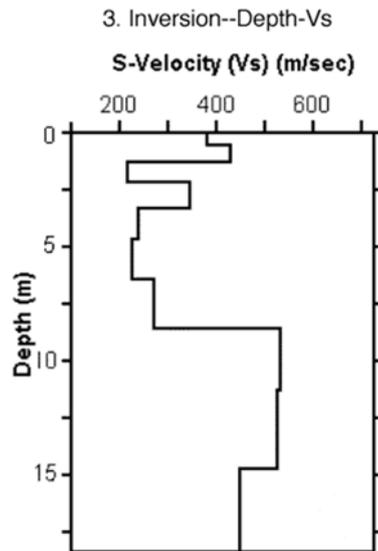


Figura 20 – Modello di velocità delle onde di taglio (V_s) ottenuto dall'inversione con metodo H/V.

L'analisi H/V permette di identificare i contrasti di impedenza tra gli strati. Una coltre di sedimenti sovrastanti un substrato roccioso (bedrock) darà un picco nella funzione H/V. Però anche una coltre di sedimenti fini sopra uno strato di ghiaia può generare una risonanza e quindi un massimo nella funzione H/V. In questo caso lo strato di ghiaia viene in genere indicato come bedrock-like (strato assimilabile al bedrock) anche se la sua velocità è inferiore agli 800 m/s previsti dalla normativa. Anche questi strati bedrock-like sono in grado di creare fenomeni di intrappolamento d'onde e quindi fenomeni di risonanza, se la discontinuità nelle V_s è netta.

A partire da una misura di frequenza di risonanza, tramite l'equazione (1), è possibile ottenere una stima delle V_s delle coperture, a patto che sia nota la profondità dello strato che la genera, o viceversa. L'equazione (1) vale però solo nei sistemi costituiti da monostrato+bedrock, mentre nei casi multistrato è necessario ricorrere a modelli più complessi, basati sulla propagazione delle onde di superficie. Oltre al software adatto, per trasformare una curva H/V in un profilo di V_s è necessario un vincolo, che normalmente è la profondità di un contatto tra litologie diverse, noto da prove penetrometriche, sondaggi

ecc.. In assenza di qualsiasi vincolo esistono infiniti modelli (cioè combinazioni Vs–H) che soddisfano la stessa curva H/V. La prova penetrometrica è quella che meglio si presta a vincolare l’H/V in quanto fornisce, oltre alla stratigrafia, indicazioni sulle diverse proprietà meccaniche degli strati di terreno, correlabili con la velocità delle onde trasversali.

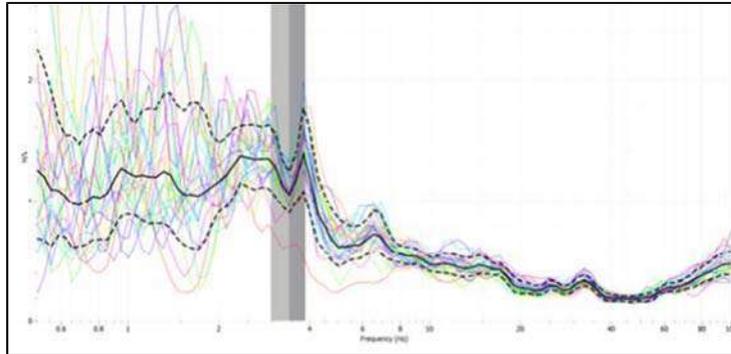


Figura 21 – Esempio di curva Frequenza (Hz) vs H/V

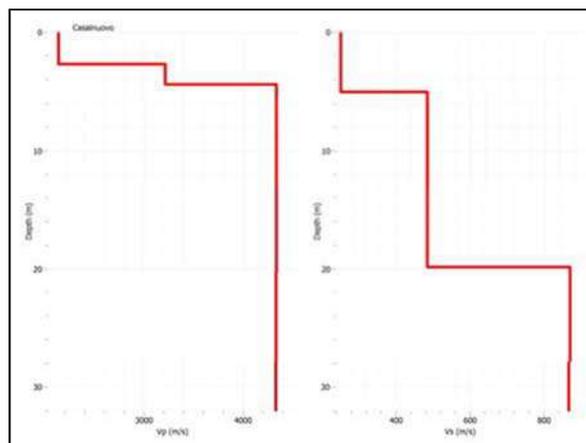


Figura 22 – Esempio di curva Velocità (m/s) vs. Profondità (m)

PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE

Lo scopo di tali indagini consiste nel determinare direttamente la velocità di propagazione, all’interno del mezzo in esame, delle onde di compressione (onde P), di taglio (onde S) e/o delle onde di superficie (onde di Rayleigh, Love) ed indirettamente, utilizzando i valori delle velocità acquisiti (V_P , V_S e V_R), le proprietà meccaniche (moduli dinamici) delle litologie investigate.

Le metodologie in oggetto si basano sulla tecnica di generare onde sismiche in un punto del terreno (tramite piccole cariche esplosive, un apposito fucile esploditore, una massa battente etc.), e di rilevarne l’arrivo, mediante sensori (geofoni) in altri punti. L’energizzazione genera onde elastiche longitudinali (P) e trasversali (S) che si propagano

in tutte le direzioni; in particolare le onde longitudinali P si propagano mediante oscillazioni delle particelle che costituiscono il mezzo attraversato nella stessa direzione della propagazione dell'onda. Di conseguenza, il mezzo sarà soggetto principalmente a sforzi di compressione e dilatazione e la velocità dell'onda sarà anche funzione del modulo di incompressibilità (k), che esprime la resistenza del mezzo a questo tipo di sforzo, oltre che del modulo di rigidità (μ) e della densità (ρ):

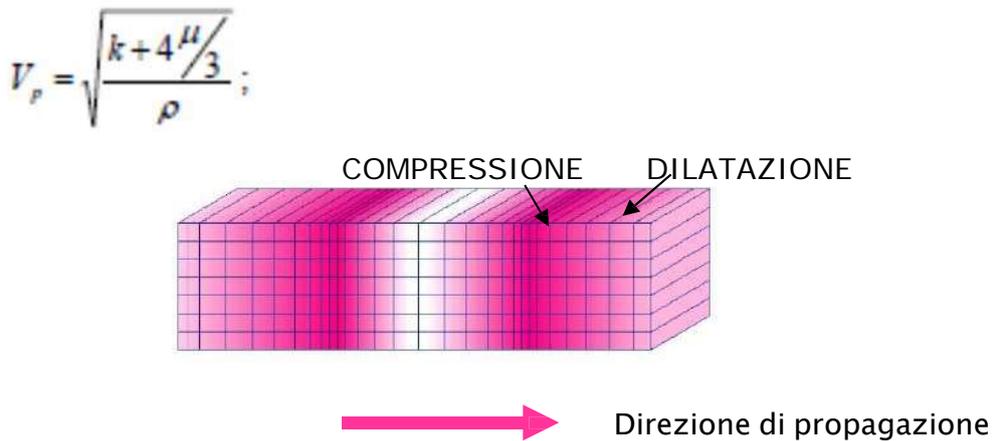


Figura 23 – Rappresentazione grafica delle direzioni di oscillazione delle particelle che costituiscono il mezzo nel caso della propagazione di onde longitudinali P (direzione di oscillazione coincidente con quella di propagazione dell'onda).

Le onde trasversali S si propagano mediante oscillazioni delle particelle del mezzo perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell'onda. Di conseguenza, il mezzo sarà soggetto a sforzi di taglio e la velocità delle onde sarà funzione della resistenza del mezzo a questo tipo di sforzo, che è espressa dal modulo di rigidità (μ) detto anche modulo di Taglio (G):

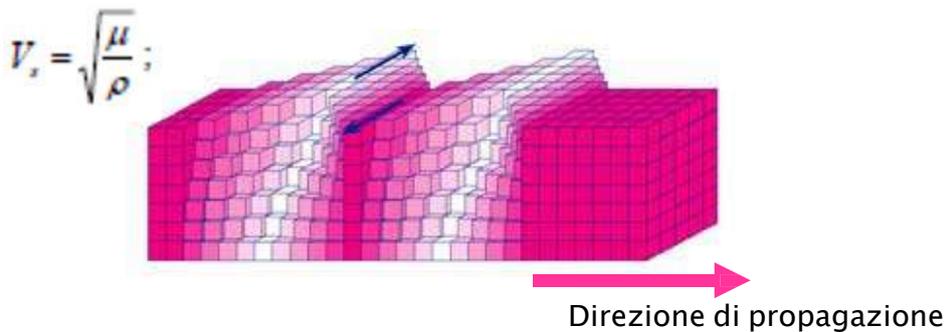


Figura 24 – Rappresentazione grafica delle direzioni di oscillazione delle particelle che costituiscono il mezzo nel caso della propagazione di onde di taglio S (direzione di oscillazione perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda).

Le onde sismiche non sono caratterizzate da un trasporto di materia, ma da un trasferimento di energia.

Tenendo presente che lo sforzo impulsivo può ripartirsi in componenti normali e tangenziali, si deduce che le onde longitudinali possono anche essere chiamate onde di compressione in quanto generate dalla reazione elastica che si oppone a variazioni di volume e/o di lunghezza del corpo e di cui sono responsabili le componenti normali dello sforzo.

Le onde trasversali sono anche dette onde di taglio in quanto generate da reazione elastica che si oppone a variazioni di forma del corpo e di cui sono responsabili le componenti tangenziali dello sforzo.

Logicamente, onde di compressione e di taglio si generano contemporaneamente in seguito ad uno sforzo impulsivo, ma sono caratterizzate da differenti velocità di propagazione.

Attraverso lo studio dei tempi di percorso delle onde di compressione e di taglio e quindi delle velocità, si può risalire alla disposizione geometrica e alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti nell'area di indagine.

Se il mezzo ha una superficie libera e viene sollecitato acusticamente, oltre alle onde di volume (longitudinali e di taglio) si creano anche delle onde superficiali tra cui le onde di Rayleigh.

In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate.

La velocità delle onde di Rayleigh, come si sa, è inferiore a quella delle onde di volume ed in particolare $V_R = 0.9 V_S$.

Le onde di volume P ed S, che attraversano un mezzo omogeneo e isotropo (condizioni ideali) hanno ben definite equazioni di moto. Note le velocità V_P e V_S che vengono ottenute tramite misure dirette e nota la densità ρ , possono essere ricavate alcune proprietà meccaniche, quali il modulo di Young o modulo elastico E, il modulo di taglio G o modulo di rigidità μ , il coefficiente di Poisson ν , e il modulo di incompressibilità o bulk k. Le relative equazioni sono le seguenti:

$$\nu = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \left\{ 1 - \left[\frac{V_P^2}{(V_P^2 - V_S^2)} \right] \right\}$$

$$E = \frac{\rho V_p^2 (1 - 2\nu)(1 + \nu)}{1 - \nu}$$

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

$$\rho = \frac{G}{V_s^2}$$

$$k = \frac{E}{3(1 - 2\nu)}$$

Poiché nei fluidi $V_s=0$, ν risulta uguale a 0.5. Nei solidi, il valore ν varia generalmente da 0.25 a circa 0.35. Pertanto, valori più elevati di ν possono essere indicativi della presenza di frazioni di liquido nel mezzo attraversato.

PROSPEZIONI SISMICHE MASW

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

L'intera procedura per una MASW consiste di 4 passi fondamentali:

1. Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni che viene spostato lungo la linea dello stendimento stesso dopo ogni acquisizione;
2. Estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione);
3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle V_s (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);

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

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

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana.

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali.

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

Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione.

8. Elaborati cartografici

8.1 Carta delle indagini

In tale elaborato (realizzato in scala 1: 10.000), sono state rappresentate tutte le indagini preesistenti reperite e quelle realizzate ad hoc. Le indagini sono state rappresentate in forma simbolica a seconda della tipologia rispettando gli standard ICMS.

Tutte le indagini dirette ed indirette, pregresse e nuove, ed i parametri geotecnici ricavati, sono stati archiviati nella banca dati, attraverso il software SoftMS, versione 4.0.1, da cui è stato possibile esportare il database definitivo, allegato al presente lavoro di Microzonazione Sismica – livello 1, assieme a tutta la documentazione in formato .pdf.

8.2 Carta Geologico – Tecnica per la Microzonazione Sismica

Nella Carta geologico–tecnica per la Microzonazione Sismica (CGT_MS) sono riportate tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche e geotecniche) derivate da carte ed elaborati esistenti dei quali non è richiesta l'archiviazione.

I dati riportati nella CGT_MS sono necessari alla definizione del modello di sottosuolo e funzionali alla realizzazione della Carta delle M.O.P.S. (livello 1).

Nell'ottica di una gestione e analisi delle informazioni mediante sistemi informativi geografici, gli elementi riportati sulla carta sono stati distinti in: areali (unità geologico–tecniche, instabilità, ecc...), lineari (faglie, creste, ecc...) e puntuali (indagini...) in accordo agli standard vers. 4.0.1, di cui si è ampiamente tenuto conto nella redazione del presente lavoro.

Unità geologico – tecniche

In particolare, per quanto riguarda le unità geologico–tecniche si è operata una distinzione tra terreni di copertura e substrato geologico, sulla base delle indagini considerate, sulla cartografia esistente e su un rilievo di tipo geologico e geomorfologico.

Per le coperture, lo spessore minimo considerato è di 3 m: per l'identificazione è stato usato lo standard U.S.C.S. (Unfield Soil Classification System) leggermente modificato, dovendo tenere conto della natura vulcanica dei materiali geologici dell'area.

Per semplificazione ed in rispetto agli Standard ICMS, le varie unità geolitologiche sono state raggruppate, riunite in due tipologie di coperture affioranti:

- 1) GM: Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (Genesi: Falda detritica, Eluvi/Colluvi, Conoide di deiezione, Coltri ignimbrtiche, Bacino (piana) intramontano, Scorie/ceneri, Terrazzo marino, Conoide detritica)

2) SM: Sabbie limose, miscela di sabbia e limo (Genesis: Eluvi/colluvi, Falda detritica, Coltri ignimbristiche, Scorie/ceneri, Spiaggia).

Per quanto riguarda il substrato geologico, va specificato che in base alle indagini geofisiche pregresse e nuove, tale substrato raggiunge la velocità $V_s >$ di 800m/s, per cui quello che dal punto di vista geologico può essere definito substrato, lo è anche dal punto di vista geofisico.

Per tale substrato viene assegnata una categoria:

1) SFLPS: Substrato lapideo stratificato fratturato o alterato. Questa categoria corrisponde alle lave.

Instabilità di versante

Con questo tematismo vengono riportate le perimetrazioni di tutti i fenomeni gravitativi riconosciuti per le aree di studio analizzate nel lavoro di Microzonazione Sismica. Anche le instabilità di versante sono state distinte in base a quanto riportato sugli standard di rappresentazione e archiviazione informatica.

I fenomeni franosi riportati in cartografia sono stati riconosciuti tramite rilievi effettuati in sito ed in base a quanto riportato su carte preesistenti.

Si specifica che sono state rappresentate diverse aree di attenzione per instabilità di versante di stato di attività “quiescente”. Si specifica che le aree in oggetto sono interessate da dissesti superficiali diffusi di varia natura, spesso di tipo crollo o ribaltamento, colata, scorrimento o complesso.

Elementi lineari

Tra gli elementi lineari sono stati rappresentati gli orli di scarpata morfologica naturali o artificiali (10–20m), orli di scarpata morfologica naturali o artificiali (>20m), i limiti di colate laviche, gli elementi tettonico – strutturali quali le fratture vulcaniche cosismiche e le tracce delle sezioni geologiche rappresentative del sottosuolo.

Per quanto riguarda le sezioni geologiche esse sono state riportate in scala 1:5000 nella Carta CGT e stralciate nella presente relazione nel capitolo inerente al modello geologico.

Per quanto riguarda gli elementi tettonico – strutturali, in cartografia sono state evidenziate alcune Faglie Potenzialmente Attive e Capaci (FPAC), dirette, le cui caratteristiche potranno essere approfondite nel corso di ulteriori livelli di approfondimento.

8.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.)

L’elaborato finale previsto per il livello 1 di Microzonazione Sismica è la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.).

La carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e della valutazione dei dati litostratigrafici (sia dati pregressi disponibili

per l'area che, eventualmente, indagini ex-novo), è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc...).

Questa carta identifica le geometrie di microzone potenzialmente caratterizzate da specifici effetti sismici.

Le microzone della carta secondo gli standard devono essere classificate in tre categorie:

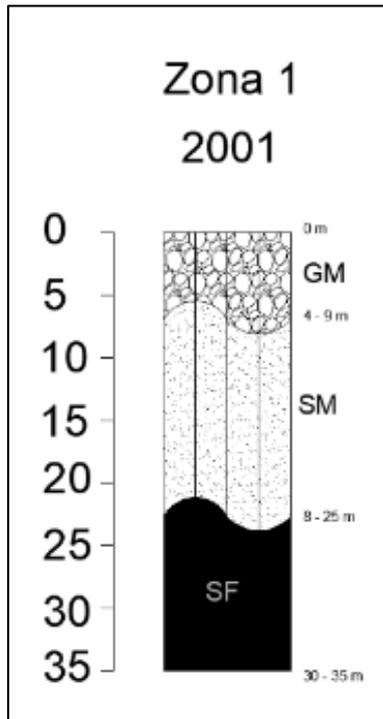
- A. zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°);
- B. zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;
- C. zone di attenzione per le instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (non sono necessariamente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto).

Nello studio in oggetto, sono state identificate Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e Zone di attenzione per instabilità, in particolare instabilità di versante (ZAFR).

Una nota particolare merita il tema delle faglie attive e capaci. La definizione dell'attività di una faglia attiva e capace deve scaturire da una serie di studi di dettaglio eseguiti da esperti del settore e, solo dopo una validazione tecnico-scientifica, questi studi possono essere messi a disposizione di coloro che si occupano della Microzonazione Sismica. Si raccomanda quindi che, per il livello 1, nella Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica si riportino solo le faglie identificate da studi validati da esperti del settore. La microzona omogenea riferita all'eventuale faglia attiva e capace sarà costruita in modo da comprendere la traccia superficiale della faglia e i fenomeni deformativi del terreno (rottture secondarie, rigonfiamenti, cedimenti, ecc...) correlati alla rottura principale.

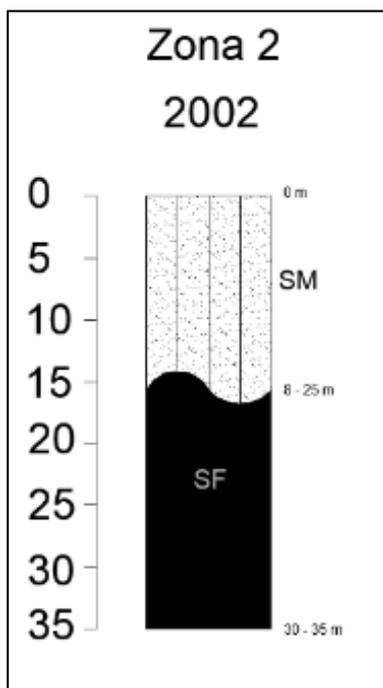
Secondo le Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC), le faglie potenzialmente attive e capaci (FPAC), come quelle del caso in esame, dovranno essere riportate nella Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione Sismica, e così è stato fatto. Per queste faglie, identificate con l'ausilio di dati di letteratura o durante rilievi di terreno per la redazione della carta geologico tecnica, non è prevista alcuna zonazione nella carta MS1. Le faglie dovranno essere dettagliatamente investigate nel livello 3 di approfondimento.

Per quanto riguarda le "Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali", viene proposta una suddivisione in due zone con coperture e una zona caratterizzata da substrato fratturato o alterato.

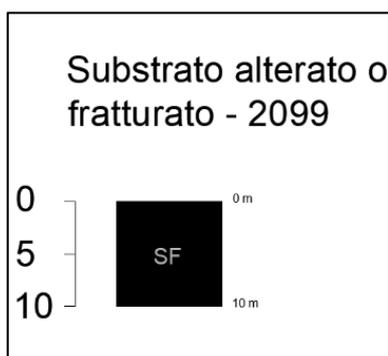


La **Zona 1**, rappresentata con il codice 2001.

Dal punto di vista geotecnico, l'area è caratterizzata dalla successione stratigrafica illustrata nello schema dei rapporti litostratigrafici affianco, ovvero fino ad una profondità di circa 7 m si hanno depositi ghiaiosi, limosi e sabbiosi; al di sotto, fino alla profondità di circa 20 m, si rinviene il livello tufaceo che poggia sul substrato lavico.



La **Zona 2**, rappresentata con il codice 2002, dal punto di vista geotecnico, è caratterizzata dalla successione stratigrafica illustrata nello schema dei rapporti litostratigrafici affianco, ovvero da uno spessore variabile del livello tufaceo (intorno ai 15 m), al di sotto del quale è presente il substrato (lave).



Il Substrato fratturato o alterato, indicato con il codice 2099, per la maggior parte è costituito dal substrato lavico, indicato nella Carta CGT come SFLPS (Substrato geologico lapideo stratificato fratturato o alterato).

Per quanto riguarda le “Zone di Attenzione per le instabilità (ZA)”, sono state proposte perimetrazioni sulla base degli elementi individuati nella Carta geologico–tecnica per quanto concerne esclusivamente le instabilità di versante.

Le quattro tipologie di zone individuate sono (ZAFR):

Zone di attenzione per instabilità

-  ZAFR - Zona di attenzione per instabilità di versante - Zona 2099
-  ZAFR - Zona di attenzione per instabilità di versante - Zona 2001
-  ZAFR - Zona di attenzione per instabilità di versante - Zona 2002

Per una più dettagliata descrizione delle varie tipologie, si rimanda alla Carta geologico–tecnica.

Altri elementi che sono stati inseriti per la redazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica sono: forme di superficie areali e lineari (alla stessa stregua di quanto visto nella Carta geologico–tecnica), tracce per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche, stazioni di misura del microtremore HVSR con indicazione dell’eventuale frequenza f_0 (contrasto di impedenza). Non sono state inserite le isobate del substrato sepolto.

9. Note sull’adozione di strumento Geographic Information System

Per la stesura del presente lavoro di Microzonazione Sismica di primo livello è stato usato, sulla base di quanto richiesto dai più volte citati standard, un software G.I.S., in particolare QGis ver. 3.4.

Il lavoro finalizzato alla rappresentazione cartografica è consistito nella produzione di shapefile che differenziano, in base alle caratteristiche geo–litologiche e di amplificazione sismica, delle zone all’interno del confine comunale.

Per l’esecuzione, dapprima, sono stati creati gli shapefile seguendo le indicazioni degli Standard per quanto riguarda struttura e vestitura degli stessi ed usando il sistema di coordinate WGS84UTM33N: questo per ottenere un’omogenea rappresentazione dei tematismi da parte di tutti i soggetti realizzatori, facilitando la lettura e il confronto dei risultati degli studi di contesti territoriali differenti, così da garantire un sistema di archiviazione dei dati il più semplice possibile.

Dopo aver caricato e georeferenziato la base cartografica, sono stati editati gli shapefile propedeutici alla realizzazione della Carta delle indagini, della Carta geologico–tecnica e della Carta delle M.O.P.S..

10. Procedura per la stima del livello di qualità delle cartografie di Microzonazione Sismica di livello 1

Si ricorda che nelle specifiche tecniche regionali (di cui alle Del. GRT. n.261/2011 e Del. GRT. n.741/2012, Del. GRT. n.971/2013 e Del. GRT 144/2015) è stata inserita una procedura semiquantitativa per la stima del livello di qualità delle cartografie MOPS. Tale procedura serve al professionista principalmente per stabilire se la disponibilità (sia in termini quantitativi che qualitativi) dei dati a disposizione sono sufficienti per la stesura di uno studio di MS di buon dettaglio.

Tale procedura è stata definita dal Gruppo di Lavoro Nazionale per la Microzonazione Sismica e rappresenta una integrazione agli Indirizzi e Criteri Nazionali per la Microzonazione Sismica (ICMS); è stata recentemente pubblicata sul Volume di Ingegneria Sismica 2/2011.

Tramite un foglio di calcolo in Excel per la valutazione della Carta di Microzonazione sulla base delle Indagini nuove e/o pregresse in possesso del Professionista all'atto della redazione dello studio di 1 Livello di MS è stato possibile valutare la qualità delle cartografie per il presente studio. La cartografia ha ottenuto un punteggio pari a 52.0, ovvero classe B. Dunque sarebbe auspicabile il miglioramento di almeno uno dei parametri, ma comunque la Classe è buona.

Si confida in un'ulteriore integrazione alle indagini, in particolare per quanto riguarda le prove dirette profonde nei successivi livelli di approfondimento.

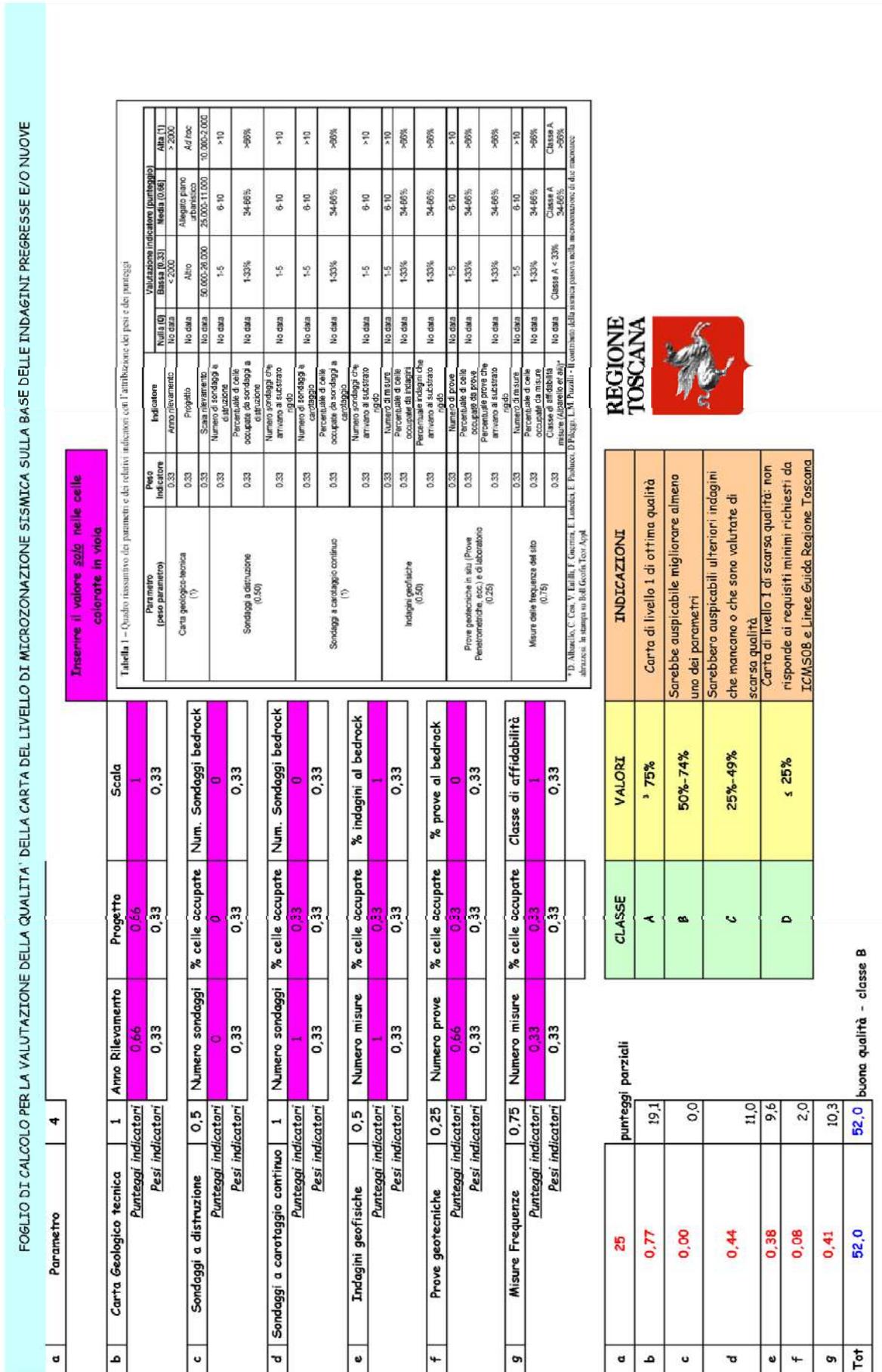


Figura 25 – Tabella per la valutazione della classe di qualità della carta di MS di I livello

11. Commenti finali e criticità

Lo studio svolto risulta essere completo rispetto alla raccolta ed alla elaborazione dati possibile in base alle informazioni reperite.

Come detto nei paragrafi precedenti, le conoscenze pregresse sono state integrate con una serie di indagini sismiche ubicate in maniera ragionata in particolare presso i centri abitati più densamente popolati.

Le indagini penetrometriche dinamiche, difficilmente possono dare una indicazione precisa sullo spessore reale delle coperture rispetto al substrato. Un numero maggiore di informazioni è stato ottenuto invece dalle indagini geofisiche pregresse e nuove. Vero è anche che così come si osserva dalle indagini indirette, dalla visione in campo di affioramenti e lungo i tagli stradali, gli spessori delle coperture sono spesso decisamente importanti, nell'ordine delle decine di metri o più.

La natura vulcanica dei suoli poco aiuta nella comprensione dei rapporti stratigrafici tra le varie unità che spesso si compenetrano e fondono tra loro.

Così come emerso anche dalla valutazione della Classe di qualità della Carta di MS di I livello, è auspicabile, per i successivi livelli di approfondimento, prevedere una campagna di indagini in sito dirette profonde là dove possibile, considerata la natura litoide del substrato, con sondaggi geognostici che siano finalizzati ad una maggiore comprensione delle isobate del substrato.

In conclusione, lasciando spazio ad un certo margine di miglioramento, nel complesso ci si ritiene soddisfatti per la raccolta dati fatta e per lo studio eseguito.

12. Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati

Come già ampiamente trattato nel precedente capitolo 2, relativo agli eventi sismici di riferimento, il territorio comunale di Barano di Ischia, per la determinazione degli eventi sismici di riferimento si è partiti dall'analisi del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15) che fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima > 5 o magnitudo > 4.0 di interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000– 2014 e che si riferisce al DataBase Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15).

La consultazione per località di tale catalogo, disponibile liberamente all'indirizzo <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>, ha fornito i risultati mostrati nel Capitolo 2.

13. Bibliografia e sitografia

Acocella, V., and R. Funicello 1999 The interaction between regional and local tectonics during resurgent doming: the case of the island of Ischia, Italy. J. Volcanol. Geoth. Res., 88, 109–123.

Meletti A. e G. Velensise, 2004 – Zonazione sismogenica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo.

De Vita, S., F. Sansivero, G. Orsi and E. Marotta 2006 Cyclical slope instability and volcanism related to volcano–tectonism in resurgent calderas: The Ischia island (Italy) case study. Eng. Geol., 86, 184–165.

Scandone e Stucchi, 2000 – La zonazione sismogenica ZS4 come strumento per la valutazione della pericolosità sismica

Vezzoli, L. 1988 Island of Ischia. Quaderni de "La Ricerca Scientifica", 114, CNR, 133 pp.

ARCGIS <http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=8c5d55e0d3b34ea78346e802fd4f6d73>)

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 CPTI15
<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>

DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) – vers. 3.2.1
<http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>

EMIDIUS
http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/ZONE/zone_sismo.html

INGV
<http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>

ISIDE
<http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp>

PROTEZIONE CIVILE

<http://www.protezionecivile.gov.it>

9. Allegati

- Carta delle indagini (Scala 1: 10.000)
- Carta Geologico–Tecnica per la Microzonazione Sismica (Scala 1: 10.000) con sezioni geologiche rappresentative (Scala 1:5000)
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Scala 1: 10.000)