PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

REGIONE PIEMONTE

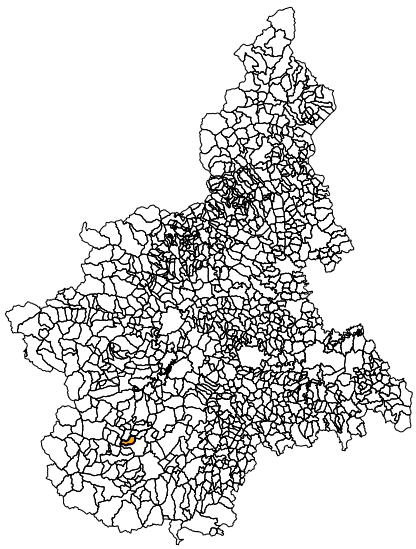
CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione illustrativa

Regione Piemonte

Comune di Rossana



Regione	Soggetto attuatore	Data
Direzione regionale Opere pubbliche, Difesa del suolo, Montagna, Foreste, Protezione civile, Trasporti e Logistica- SETTORE SISMICO Via San Giuseppe, 39 10064 Pinerolo (TO)	Soggetto attuatore Dott. Geol Luca Bertino via Risorgimento, 6 12084 - Mondovì (CN) luca.bertino@epap.sicurezzapostale.it	agosto 219

SOMMARIO

1 Introduzione 1
2 Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento 3
2.1 Zona sismogenetica pertinente 5
2.2 Definizione della sorgente sismogenetica pertinente 6
2.3 Attività sismica recente 7
3 Assetto geologico e geomorfologico dell'area 11
4 Dati geotecnici e geofisici 13
4.1 Caratteristiche geotecniche 13
4.2 Caratteristiche geofisiche 17
Geofisica, metodologie di elaborazione e risultati 17
Strumentazione utilizzata e procedura di analisi dati 18
Procedura di analisi dati 19
Valutazione delle misure. Il progetto Sesame 20
Stima di VS30 da misure H/V vincolate 20
Vincolo sullo spessore 20
Vincolo su Vs iniziale 21
5 Modello del sottosuolo 22
6 Interpretazioni e incertezze 23
7 Metodologie di elaborazione e risultati 24
8 Elaborati cartografici 25
8.1 Carta delle indagini 25
8.2 Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica 26
Terreni di copertura 26
Substrato geologico 27
Forme di superficie e sepolte 27
8.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (livello 1) 27

SOMMARIO

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali ____ 28

9 Confronto della distribuzione dei danni degli eventi passata ____ 31

Il terremoto del 1808 ____ 31

10 Informazioni sullo scrivente ____ 32

INTRODUZIONE

1 Introduzione

Nella presente Relazione illustrativa vengono descritte le attività svolte e i risultati ottenuti nel corso dello Studio di microzonazione sismica di I livello del Comune di Rossana (CN), effettuato su incarico del Comune di Rossana in attuazione dell'Ordinanza Capo Dipartimento della Protezione Civile n 344 del 2016 - Indagini di microzonazione sismica ed Analisi Condizione Limite per l'Emergenza.

Gli studi di Microzonazione Sismica (MS) hanno l'obiettivo di razionalizzare le conoscenze in merito alle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie e di fornire informazioni utili al governo del territorio, alla progettazione, alla pianificazione per l'emergenza e alla ricostruzione post sisma.

La Microzonazione Sismica consente di suddividere il territorio esaminato in base alla presenza e alla distribuzione dei fenomeni di possibile amplificazione dello scuotimento, legati alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche delle singole aree considerate ed ai possibili fenomeni di instabilità e deformazione permanente in esse attivati dal sisma. L'insieme di queste conoscenze sul comportamento dei terreni durante un evento sismico e sui possibili effetti indotti dallo scuotimento, è un indispensabile strumento di prevenzione e di riduzione del rischio sismico, particolarmente efficace, se realizzato e applicato durante la pianificazione urbanistica, per indirizzare le scelte di trasformazione verso aree a minore pericolosità.

Tutte le attività svolte e, in particolare, l'elaborazione e la redazione degli elaborati richiesti, sono state effettuate nel rispetto dei seguenti riferimenti tecnici:

- Allegato C "Criteri per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica, di cui all'Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 52/2013 e Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile del 15 aprile 2013" della deliberazione di Giunta regionale n. 1919 del 16.12.2013 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 52/2013 a favore degli Enti Locali" (da qui in avanti "Allegato C della delibera regionale")
- Allegato D "Indicazioni per l'archiviazione informatica, rappresentazione e fornitura dei dati degli studi di microzonazione sismica e dell'analisi della condizione limite per l'emergenza, di cui all'ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 52/2013 e decreto del 15 aprile 2013 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile" della deliberazione di Giunta regionale n. 1919 del 16.12.2013 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di

cui all'Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 52/2013 a favore degli Enti Locali".

- "Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" - Versione 4.0b, Roma, ottobre 2015 - Elaborato e approvato nell'ambito dei lavori della Commissione tecnica per la microzonazione sismica, nominata con DPCM 21 aprile 2011.
- "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni.
- Applicativo GIS per Microzonazione Sismica Versione 4.0b del luglio 2017 – curato da ARPA Piemonte - Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto e Regione Piemonte – Settore Sismico.

Nel rispetto dei riferimenti tecnici sopra elencati, lo studio è stato articolato al seguente livello.

PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, avente le seguenti finalità:

- Definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica (litologia, stratigrafia, tettonica e loro rapporti geometrici).
- Individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica.
- Definire il tipo di effetti attesi.
- Indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario.

Per ciò che riguarda la scelta dell'area di studio, l'Allegato A della DGR n. 17-2172 del 13 giugno 2011 prescrive che l'ambito di indagine di questo studio corrisponde alle aree per le quali le condizioni normative consentono o prevedono l'uso a scopo edificatorio o per infrastrutture, o la loro potenziale trasformazione a tali fini, o prevedono l'uso ai fini di protezione civile. L'ambito di analisi deve quindi comprendere, in generale, le aree edificate o edificande, ed essere esteso ad un intorno significativo

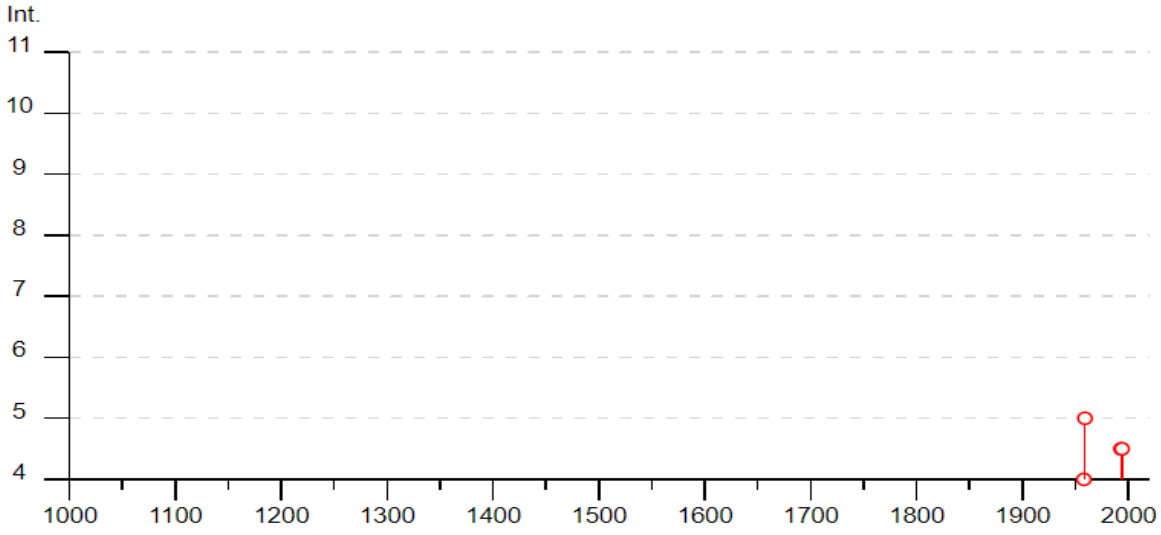
Per la raccolta dei dati necessari all'esecuzione del lavoro si è provveduto alla consultazione diretta di pratiche presso l'ufficio Tecnico Comunale nonché all'analisi ed estrazione di indagini, saggi e quant'altro presente nelle banche dati nazionali più significative ai fini della microzonazione. La documentazione disponibile si è mostrata quasi totalmente non utilizzabile ai fini della microzonazione. Si è pertanto provveduto a realizzare ex novo una campagna di acquisizione di dati geofisici attivi e passivi, fondamentali per la definizione della frequenza di risonanza dei terreni e l'individuazione del bedrock sismico.

2 Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento

La versione 2015 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (a cura di Andrea Rovida, Mario Locati, Romano Camassi, Barbara Lolli, Paolo Gasperini, 2016. CPTI15) riporta la storia sismica di Rossana.

PlaceID	IT_06712
Coordinate (lat, lon)	44.543, 7.432
Comune (ISTAT 2015)	Rossana
Provincia	Cuneo
Regione	Piemonte
Numero di eventi riportati	7

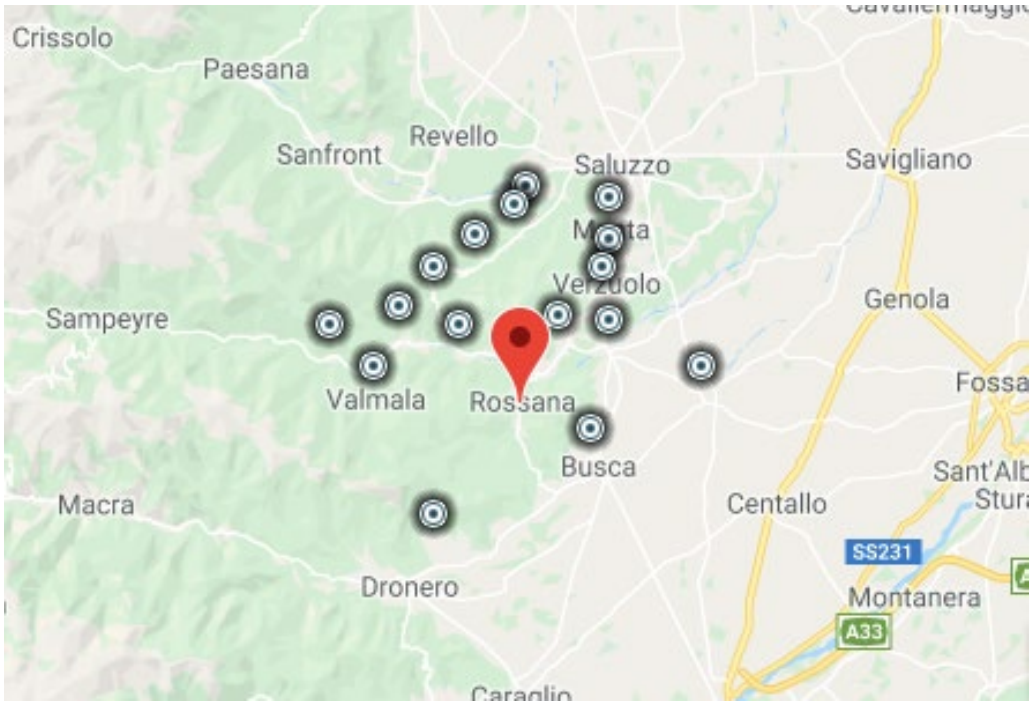
Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1958	05	04	10	52	4	Cuneese	37	6	4.62
5	1959	04	05	10	48		Ubaye	207	7-8	5.39
2	1966	04	07	19	38	5	Cuneese	101	6	4.51
3	1989	12	26	19	59	5	Mar Ligure	290		4.46
4-5	1993	03	15	23	43	2	Cuneese	59	5	4.06
3-4	1993	07	17	10	34	5	Liguria occidentale	336	5	4.34
4-5	1994	01	20	06	59	1	Cuneese	67	5-6	4.34



DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Melle	3	9
Manta	8	9
Castellar	1	9
Villafalletto	4	8
Villar San Costanzo	7	8
Pagno	1	8
Verzuolo	10	7
Valmala	2	7
Brondello	4	7
Brossasco	8	6
Isasca	1	6
Villanovetta	1	6
Costigliole Saluzzo	4	5
Busca	15	4
Venasca	9	4
Piasco	5	3

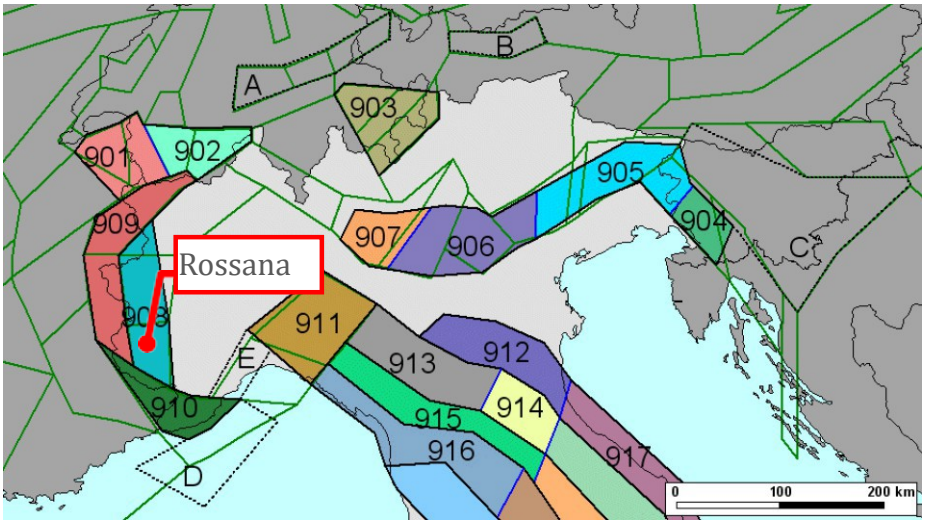


DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 ZONA SISMOGENETICA PERTINENTE

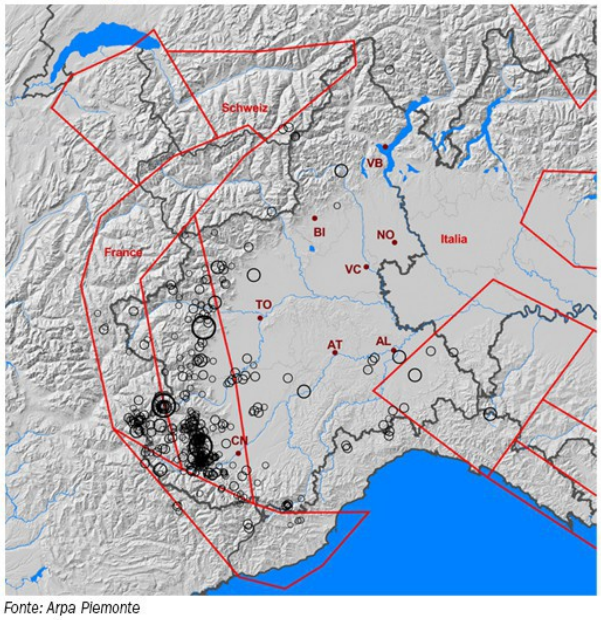
Di seguito si illustrano le zone sismogenetiche come da classificazione nazionale adottata dalla vigente normativa, tali zone sono tuttavia soggette a periodica revisione in virtù dell'avanzamento degli studi in merito.

Particolare della rappresentazione delle Zone Sismiche



Meletti C. e Valensise G. (a cura di), 2004. Zonazione sismo genetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo,

Figura 17.12 - Localizzazione dei sismi in funzione della loro magnitudo e zone sismogenetiche - anno 2007



Fonte: Arpa Piemonte

delimitazione delle aree sismogenetiche delle Alpi Occidentali, il territorio di Sanfront ricade ad Ovest della zona sismica 908.

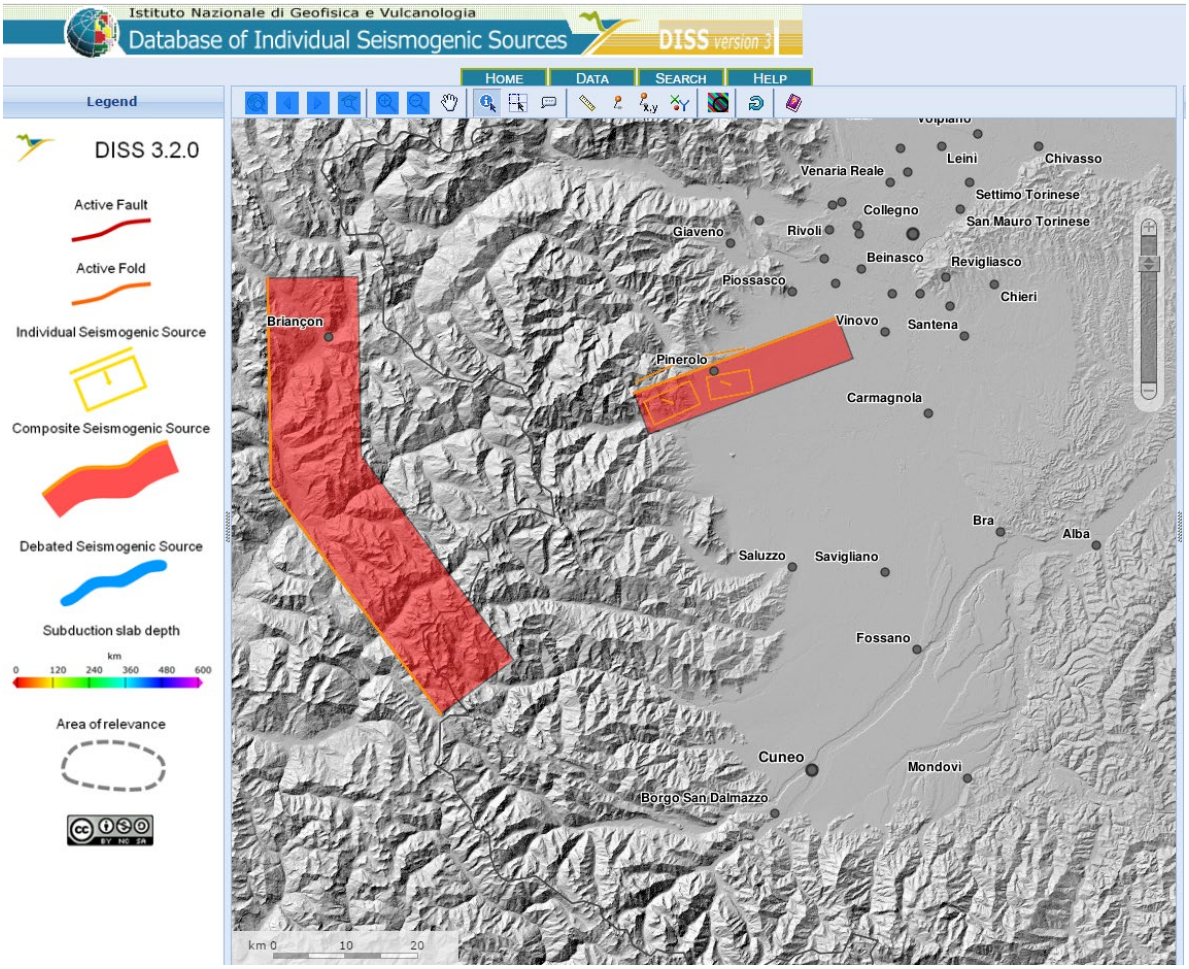
DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

La zona sismica di pertinenza per il territorio di Rossana è la 908 corrispondente alle sorgenti sismogenetiche (le zone che scatenano i terremoti) della parte interna delle Alpi Occidentali. Per definire queste zone sono stati utilizzate molte fonti quali le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche italiane del DISS (Database of the Individual Sismogenetic Sources)

2.2 DEFINIZIONE DELLA SORGENTE SISMOGENETICA PERTINENTE

L'Istituto Nazionale di Geofisica e di Vulcanologia mette in rete, nell'ambito del Progetto DISS3, le informazioni riguardanti la distribuzione spaziale e le caratteristiche sismico-tettoniche delle Sorgenti Sismogenetiche presenti sul territorio nazionale.

Il territorio di Rossana risulta compreso tra le sorgenti sismogenetica classificata come ITCS023 ed FRCS001



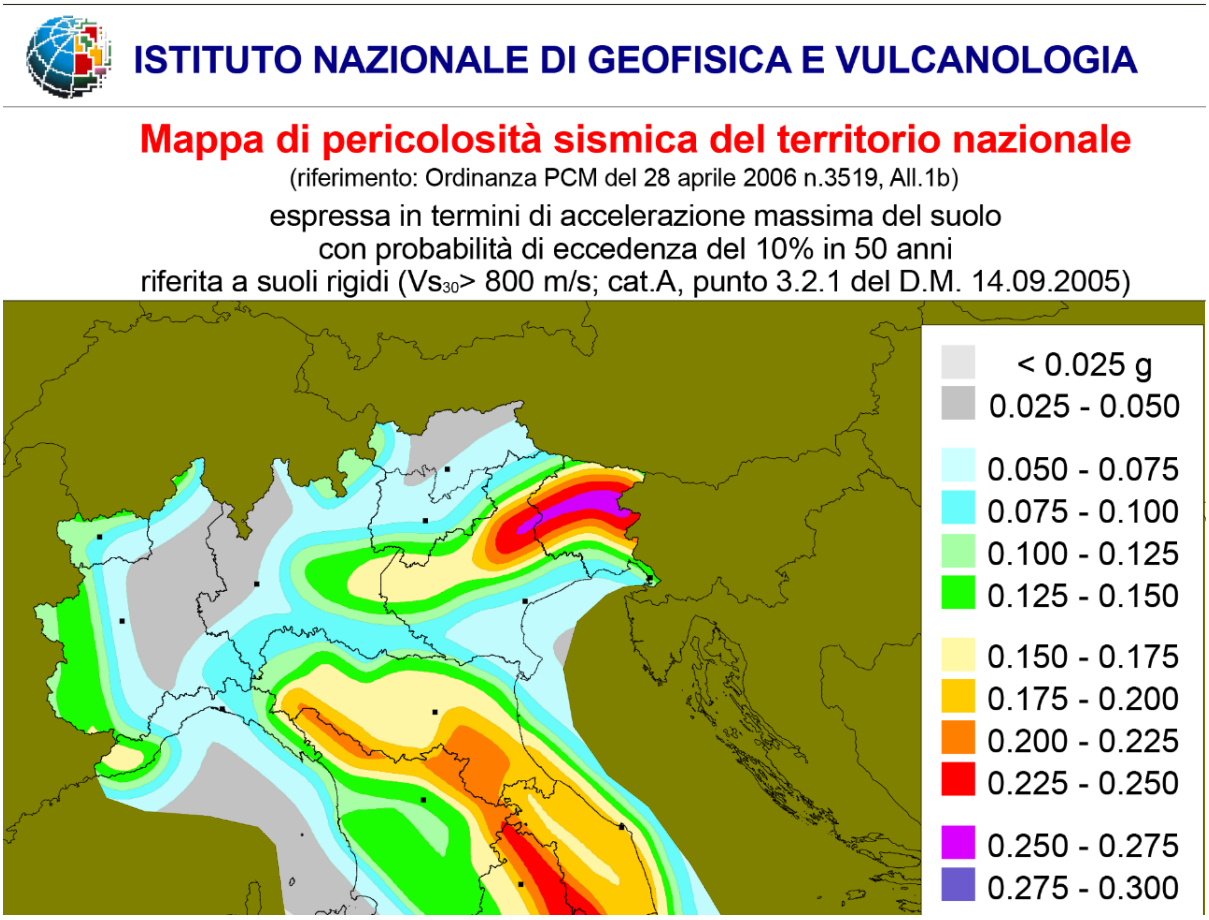
Il settore d'indagine è pertanto compreso tra una sorgente appartenente Arco Monferrato, ed una appartenete all'Arco Alpino (versante francese).

DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

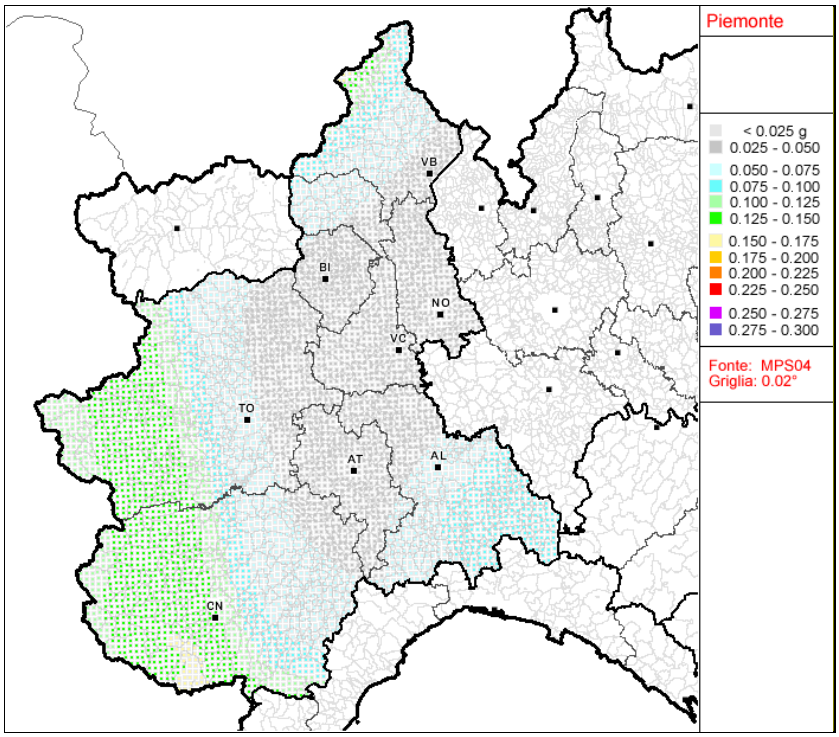
2.3 ATTIVITÀ SISMICA RECENTE

L'attività sismica recente quindi ha avvalorato le scelte dovute alla nuova zonazione sismica, provvisoria, che accompagna la Ordinanza PCM 3274 anno 2003 e s.m.i.

Nel corso dell'Aprile 2004 l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha pubblicato la nuova mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione sismica A Max, per suoli di categoria A , ovvero rocce sane. L'uso della accelerazione sismica per la progettazione sismica è particolarmente utilizzato nella pratica sismica di edifici antisismici in quanto permette di valutare quali saranno gli incrementi delle forze durante un sisma di riferimento (pur nulla dicendo sulla sua durata).



DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO



La mappa qui sopra riprodotta, mostra i valori del picco di accelerazione atteso al suolo su sito rigido di riferimento (per definizione Vs>800 m/sec); gli intervalli (di 0.025g, pari a circa 24.5 cm/s^2) sono quelli previsti dall'ordinanza 3274 della P.C.M. ai fini della classificazione sismica del territorio Italiano.

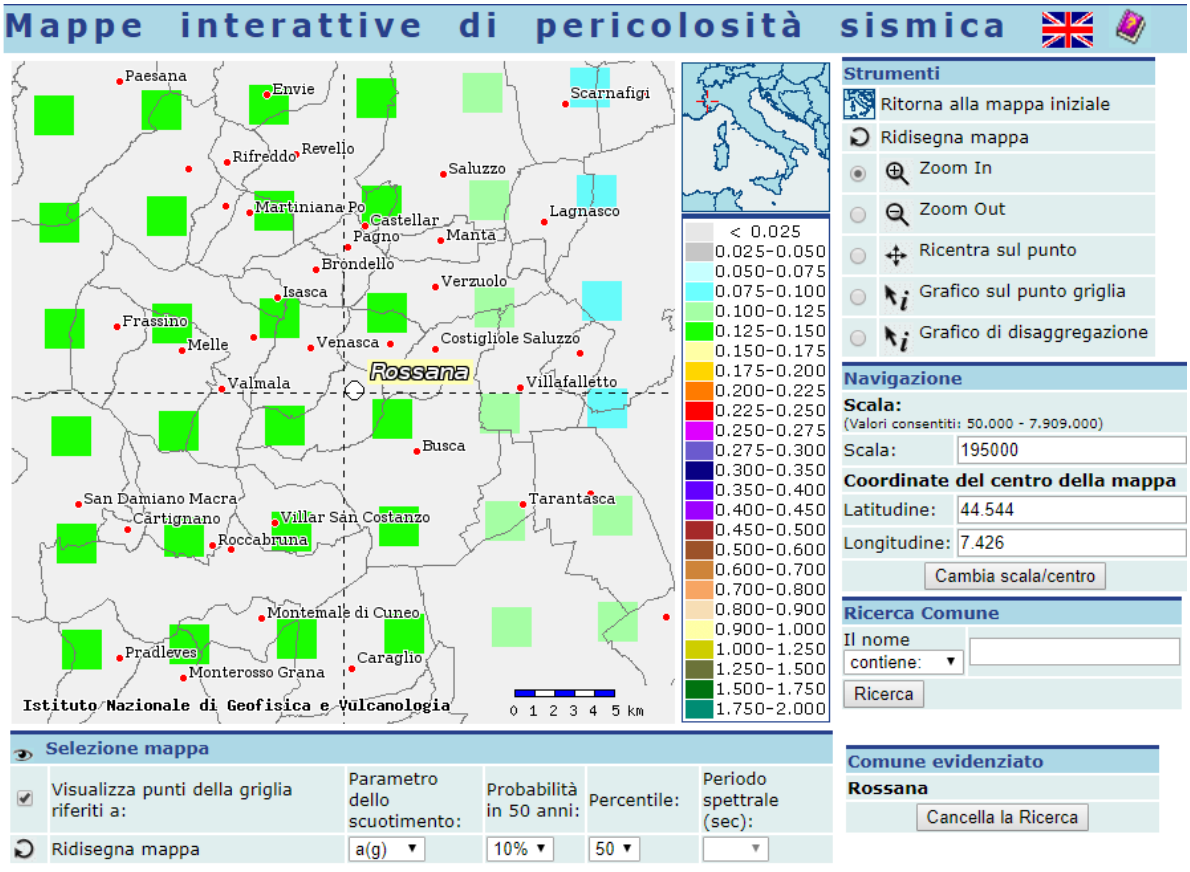
Pertanto il territorio del comune di Rossana è stato assegnato (2010) alla Zona Sismica 3

Per il territorio di Rossana si è fatto ricorso alla disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999); essa è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La scelta di questa modalità è suggerita in: Gruppo di lavoro MS, 2008. Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd.

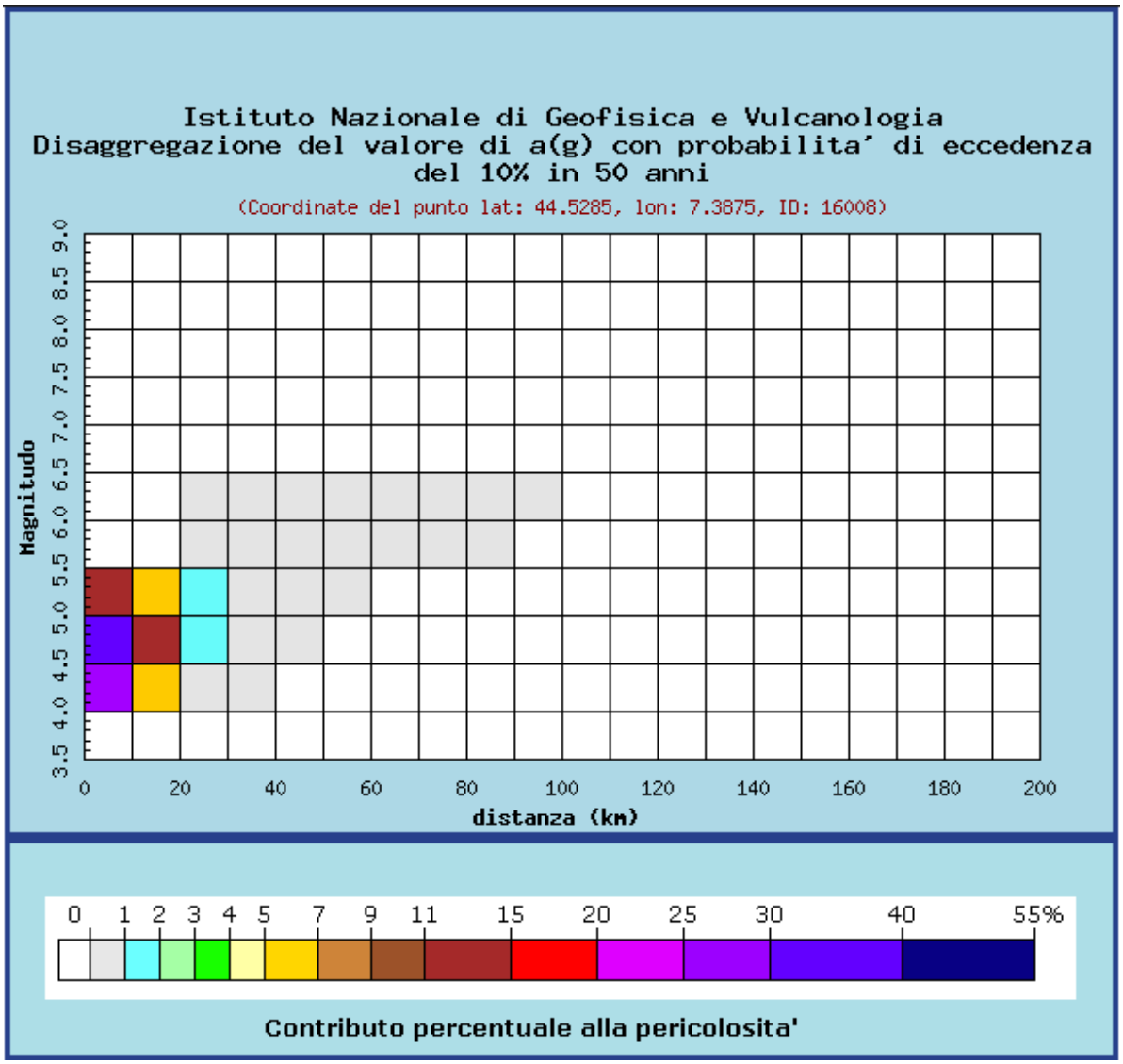
La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del

sito stesso. Analogamente alla disaggregazione in M- R è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in M-R-ε dove ε rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R.

La magnitudo massima attesa sul sito è legata alla presenza vicina zona sismica ZS908. La disaggregazione viene eseguita tramite l'interfaccia webgis http://esse1-gis.mi.ingv.it/. I risultati per il capoluogo sono i seguenti Valori medi.



DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO



Valori medi		
Magnitudo	**Distanza**	**Epsilon**
4.760	9.170	0.892

Utilizzando il criterio del 95° percentile e non il valore medio, ad esempio per probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, corrispondenti a costruzioni ordinarie di classe d'uso 2, la magnitudo attesa non supera il valore M5 raggiungendo il valore Ml < 5

3 Assetto geologico e geomorfologico dell'area

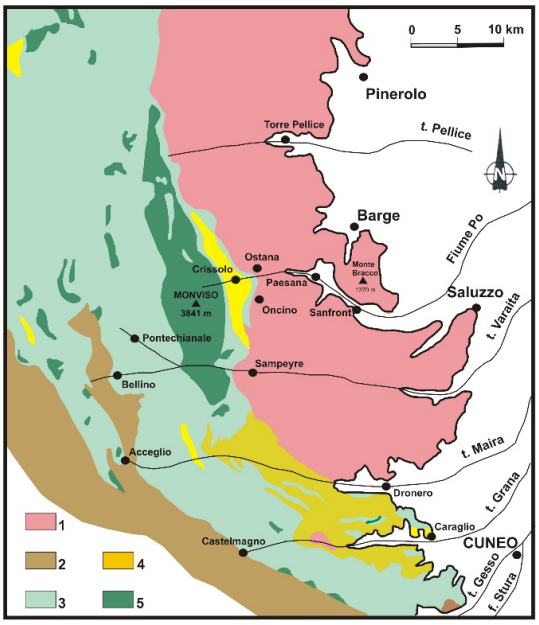
Il territorio comunale di Rossana comprende, dal punto di vista morfologico una zona montana e pedemontana presente in destra e sinistra orografica del Rio Torto immediatamente a monte dello sbocco nel Torrente Varaita.

I settori meridionali del territorio comunale sono in gran parte occupati da rilievi con versanti acclivi solcati da strette incisioni vallive di corsi d'acqua secondari, tributari di destra e di sinistra del Rio Torto, mentre il settore centrale appartiene alla zona di fondovalle a morfologia dolce e/o pianeggiante degradante verso Nord, verso il Torrente Varaita.

Le quote altimetriche sono comprese tra i 1350 m s.l.m. della parte montana ed i 490 m del settore di fondovalle.

Le rocce cristalline sono per lo più rappresentate da metamorfici erciniche pre-erciniche del Complesso Dora Maira, affioranti estesamente nelle porzioni medi ed alte dei versanti

Il litotipo più rappresentato risulta costituito da micascisti e micascisti gneissici, passanti nella parte più elevata del settore montano a gneiss e gneiss granitoidi, divisibili in lastre e localmente utilizzabili come materiale da costruzione



Il Dominio Pennidico delle Alpi Cozie nell'area del Monviso

1. **Massiccio Dora Maira**: gneiss e micascisti
2. **Complesso Brianzonese**: quarziti e marmi
   Complesso dei Calcescisti con Ofioliti (o Zona Piemontese):
3. calcescisti
4. marmi
5. serpentiniti, metabasalti, metagabbri (rocce ofiolitiche)

Lo gneiss ed il micascisto sono pietre di colore grigio e presentano una caratteristica laminazione o scistosità, che è più fitta e marcata nei micascisti mentre lo gneiss appare più massiccio. Il colore e la struttura di queste rocce è determinato dalla composizione

mineralogica, a quarzo, feldspato, mica bianca e mica scura. Queste ultime hanno forma laminare e sono maggiormente presenti nei micascisti cui conferiscono l'aspetto fogliato. Micascisti e gneiss derivano da sedimenti o da rocce magmatiche preesistenti, trasformate a seguito del metamorfismo che ha caratterizzato la formazione della catena alpina.

La valle del rio Torto presenta particolari caratteristiche legate alla sua recente evoluzione geomorfologica avvenuta durante le glaciazioni del Pleistocene e la successiva fase postglaciale quaternaria che arriva fino ai giorni nostri.

Per comprendere l'attuale morfologia fluviale, è necessario ripercorrere l'evoluzione della valle Varaita avvenuta in epoca (geologicamente) recente: in concomitanza con il ritiro dei ghiacciai (circa 10.000 anni fa) il torrente sempre più impetuoso e carico di materiale detritico ha colmato la valle con i depositi fluvio – glaciali, e là dove le pendenze si riducevano, ha dato origine alla piana principale a valle di Costigliole Saluzzo.

In epoche successive si sono alternati periodi dominati dall'erosione e periodi dominati dalla deposizione, questi ultimi per lo più in concomitanza di eventi alluvionali.

Tale alternanza ha consentito la formazione dei terrazzi fluviali, in questa area si possono osservare almeno 2 ordini di terrazzi e la piana reca evidenti le testimonianze dell'antico tracciato fluviale.

4 Dati geotecnici e geofisici

Per le analisi a supporto dello studio di microzonazione sismica di 1° livello, poiché questo non prevede l'esecuzione ex novo di indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche, ci si è¨ avvalsi delle informazioni deducibili da un insieme piuttosto articolato e voluminoso di dati derivanti da indagini pregresse, siano esse di laboratorio o in situ. A tal proposito si è proceduto alla raccolta di una grande mole di indagini geognostiche, geotecniche poche geofisiche sia presenti nell'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale, con la collaborazione del personale medesimo, sia provenienti dalle banche dati del sottoscritto nonché di altri professionisti. Di seguito si è provveduto ad effettuare una cernita di tutti gli elementi raccolti cercando di ottenere la massima attendibilità del dato che, compatibilmente alla distribuzione sul territorio delle indagini reperite, consentisse di conseguire una caratterizzazione dei vari litotipi presenti adeguata al livello del presente lavoro.

Poiché questi sono risultati, sia nel numero sia nella distribuzione sul territorio, di un livello insoddisfacente, si è¨ provveduto ad eseguire alcune letture delle HSRV distribuite in maniera tale da ottenere, per questa tipologia di analisi, una copertura conveniente al livello di indagine.

4.1 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Di seguito si riporta una breve descrizione dei litotipi presenti nel territorio esaminato, richiamando per ciascuno di essi le caratteristiche medie dei principali parametri geomeccanici. Dette caratteristiche rappresentano sia la sintesi delle varie indagini e prove geotecniche allegate al presente lavoro, sia la ricapitolazione di dati derivanti da indagini eseguite su terreni simili in cantieri ubicati al di fuori delle aree qui indagate, ma sempre ricomprese nel territorio comunale di Rossana

Terreni di copertura - GW: presenti lungo il fondovalle del T. Varaita, sono costituiti da commistioni di ghiaie, sabbie e limi in varie proporzioni a formare lenti e livelli, di spessore e continuità assai variabili, che si alternano irregolarmente secondo rapporti laterali di tipo prevalentemente eteropico.

Si tratta di terreni per lo più incoerenti i cui valori dell'angolo di attrito intergranulare mostrano un ampio intervallo legato alle caratteristiche granulometriche, al grado di assortimento e di addensamento.

Terreni di copertura - GM: comprendono i materiali del fondovalle del rio Torto; sono costituiti da commistioni di ghiaie, limi e argille in varie proporzioni a formare lenti e livelli, di spessore e continuità assai variabili, che si alternano irregolarmente secondo rapporti laterali di tipo prevalentemente eteropico.

Terreni di copertura - SM: comprendono i materiali detritiche sulla dorsale che separa il Rio Tordo dal T. Varaita; sono costituiti da commistioni di ghiaie, sabbie e argille in varie proporzioni a formare lenti e livelli, di spessore e continuità assai variabili, che si alternano irregolarmente secondo rapporti laterali di tipo prevalentemente eteropico.

Terreni di copertura - CL: comprendono i materiali argilloso limosi con la presenza di ghiaie o frammenti lapidei in varie proporzioni a formare lenti e livelli, di spessore e continuità assai variabili.

Substrato roccioso di riferimento: costituito da gneiss minuti e da micascisti gneissici, all'interno dei quali talora sono presenti corpi lentiformi di micascisti grafitici e carbonatici.

DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

4.2 CARATTERISTICHE GEOFISICHE

La caratterizzazione geofisica del sottosuolo è stata ottenuta attraverso il reperimento delle seguenti indagini:

- 1 stendimento attivo tipo MASW
- 3 stendimenti sismici attivi tipo SASW.
- 30 acquisizioni di sismica passiva con tecnica a stazione singola (HVSR)

Geofisica, metodologie di elaborazione e risultati

Poiché molto limitate le misure geofisiche pregresse, nell'ambito del presente lavoro, sono state effettuate misure di microtremore sismico ambientale secondo la tecnica di Nakamura (1989, o tecnica HVSR) volte alla:

- valutazione preliminare della presenza di amplificazioni elastico-lineari del moto del suolo atteso in occasione di eventi sismici (soprattutto provenienti dal cosiddetto "far field");
- identificazione di materiali sciolti, riporti, sedimenti e stima dei loro spessori (Ibs-von-Seht e Wollenberg, 1999; Bodin e Horton,1999).

Questa tecnica o misura è stata scelta perché poco invasiva, e applicabile quasi ovunque rispetto alle indagini geofisiche che prevedono allineamenti di geofoni. Infatti non necessita di lunghi stendimenti, di perforazioni o di sorgenti esterne in quanto fa uso dei rumori ambientali presenti quasi ovunque. Inoltre è particolarmente raccomandata nei Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" Supplemento a Ingegneria Sismica n.2 2011, ICMS che costituiscono la base raccomandata su cui impostare lavori di MS.

Si tratta di una valutazione "sperimentale" (perché effettuata sul campo con esperimento) dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) dei rumori o vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno, misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti. Per questo motivo la prova assume anche la denominazione di prova HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o prova HVNSR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio) o prova "di Nakamura"(1989).

Attraverso il rapporto spettrale HVRS $=\sqrt{(H1^2+H2^2)}/z$, in cui H^1, H^2 e Z sono le tre componenti degli spettri di Fourier in funzione della frequenza di vibrazione, è possibile

valutare la frequenza fondamentale del sito investigato che sarà tanto più precisa quanto maggiore è il contrasto di impedenza sismica fra gli strati.

L'esito di questa prova è una "curva sperimentale" che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione

Nell'ipotesi di investigare coperture "soffici" al di sopra di un basamento sismico rigido è possibile stabilire una relazione tra lo spessore dello strato "soffice" h, la velocità media delle Vs e la frequenza f di risonanza fondamentale del sito attraverso la formula:

f =Vs / 4h

Ottenuto il valore di f dalle misure effettuate, avendo a disposizione dati provenienti da indagini pregresse, ad esempio la Vs, è possibile stimare lo spessore dello strato soffice h e viceversa conoscendo lo spessore si può ricavare la velocità media.

Da notare che quando la misura è effettuata su un basamento sismico affiorante (e quindi dove non sono attesi fenomeni di risonanza sismica) la curva non mostra massimi significativi e si assesta intorno ad ampiezza 1.

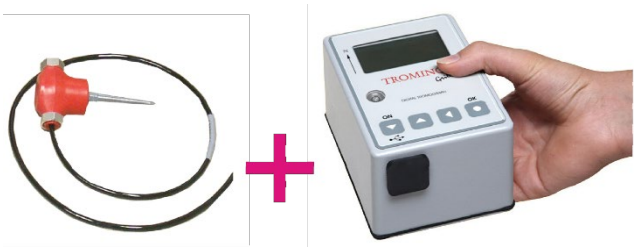
Strumentazione utilizzata e procedura di analisi dati

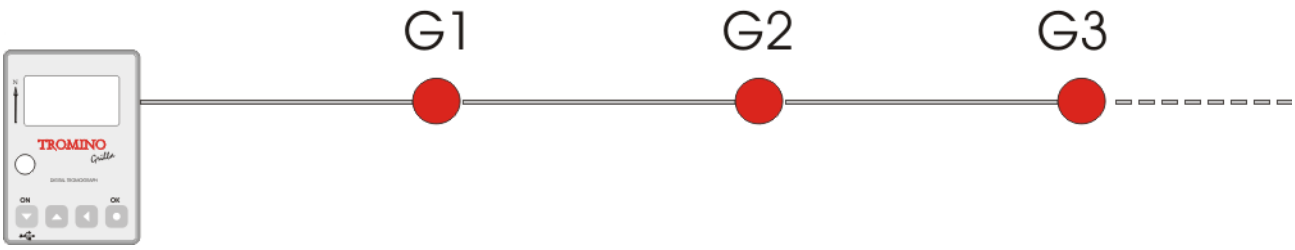
Tutte le misure di microtremore ambientale, della durata di circa 20 minuti ciascuna, sono state effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata mediante TROMINO®, dotato di:

- 3 canali velocimetrici per l'acquisizione del microtremore sismico ambientale (fino a ±1.5 mm/s ~)
- 3 canali velocimetrici per la registrazione di vibrazioni forti (fino a ± 5 cm/s ~)
- 3 canali accelerometrici per monitoraggio di vibrazioni
- 1 canale analogico (es. trigger esterno per MASW/rifrazione)
- ricevitore GPS integrato, antenna interna e/o esterna per localizzazione e/o sincronizzazione tra diverse unità
- modulo radio per sincronizzazione tra diverse unità e trasmissione di allarmi (es. superamento di soglie)

TROMINO® opera nell'intervallo di frequenze 0.1 - 1024 Hz su tutti canali (fino a 32 kHz su 2 canali) con conversione A/D > 24 bit equivalenti a 128 Hz.





Esempio di dispiegamento del sistema TROMINO®

Procedura di analisi dati

Tutte le misure di microtremore ambientale, della durata di circa 20 minuti ciascuna, sono state effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate le curve H/V, ottenute col software Grilla in dotazione al tromografo TROMINO, secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005), con parametri:

- ⇒larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- ⇒lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- ⇒rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore ad 2,
- ⇒rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.

Come già accennato, nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock) la profondità h della discontinuità sismica viene ricavata tramite la formula semplice della risonanza o, al più, tramite la formula [1] in cui V0 è la velocità al tetto dello strato, x un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e

fr la frequenza fondamentale di risonanza (cf. ad esempio Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999). [1]

$$H = \left[\frac{V_0 (1-x)}{4 f_r} + 1 \right]^{\frac{1}{1-x}} + 1$$

Nei casi multistrato più complessi le curve H/V si invertono invece creando una serie di modelli sintetici, da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali

Valutazione delle misure. Il progetto Sesame

Negli ultimi anni un progetto europeo denominato SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitations) si è occupato di stabilire linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola ed in array. Esso ha anche fornito dei criteri per valutare la bontà delle curve HVSR e la significatività dei picchi H/V eventualmente trovati. Per ogni sito di misura riportiamo in una apposita tabella i risultati di detti criteri. Si vedrà che tutte le misure HVSR effettuate sono buone, secondo i criteri SESAME, mentre non tutti i picchi trovati sono significativamente importanti ai fini della microzonazione sismica. Che questo accada è normale, in funzione della geologia del sito.

Stima di VS30 da misure H/V vincolate

A partire da una misura di frequenza di risonanza, tramite l'equazione 1, si può ottenere una stima delle Vs delle coperture, a patto che sia nota la profondità del bedrock, 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. Il problema è stato affrontato in Arai e Tokimatsu (2005), Mulargia et al. (2008), Castellaro e Mulargia (2009a).

Vincolo sullo spessore

Requisito per trasformare una curva H/V in un profilo di Vs è il possesso di un vincolo, che normalmente è la profondità di un con- tatto tra litologie diverse, noto da prove penetrometriche, sondaggi o trincee esplorative (non necessariamente spinte a 30 m).

Individuato il vincolo e ottenuta una curva H/V statisticamente significativa, la procedura per il fit della curva H/V segue il percorso seguente:

- riconoscimento nella curva H/V del pattern (solitamente un picco di risonanza) cui associare il vincolo stratigrafico (solitamente lo spessore del primo strato che risuona),
- stima delle Vs del primo strato tramite confronto della frequenza sperimentale di picco con quella teorica, ottenuta da modellazione del campo d'onde di superficie in sistemi multi- strato,

- la Vs del secondo strato è ora determinata dall'ampiezza del picco H/V da fittare. Contrasti di impedenza forti danno picchi H/V più ampi e viceversa,
- il fit del modello riprende dal punto 1 per ogni picco H/V con valenza stratigrafica individuato.

La curva H/V ha comunque il duplice vantaggio di misurare se esista amplificazione stratigrafica e, in caso affermativo, di dire a quale frequenza. Ha poi il vantaggio di poter essere usata come stimatore della rigidità media degli strati in presenza di vincoli stratigrafici.

Tab. 1 - Abaco per la stima dello spessore delle coperture (h) a partire dai valori delle frequenze di risonanza (f_0) determinate dalle misure H/V.

F_0 (Hz)	h (m)
<1	>100
1 -2	50 -100
2 -3	30 -50
3 -5	20 -30
5 -8	10 -20
8 -20	5-10
>20	<5

D. Albarello S. Castellaro da Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola (2011)

Vincolo su Vs iniziale

È anche possibile che il vincolo sia fornito, anziché da H, dal valore di Vs di uno strato superficiale, ottenuto da prove indipendenti, quali quelle basate correlazione dei segnali (attivi o passivi) tra più sensori disposti in configurazione 1D o 2D. Tra le tecniche più note di questo tipo (dette tecniche in array), che si basano tutte sulla ricostruzione della velocità di fase o di gruppo delle onde di superficie di Rayleigh o Love.

5 Modello del sottosuolo

Il modello del sottosuolo è stato ricostruito a seguito del reperimento delle indagini geognostiche, si tenga però conto che non esistono indagini dirette che intercettino sia I depositi di copertura sia il substrato roccioso.

La ricostruzione stratigrafica si può pertanto ottenere esclusivamente da indagini indirette e rilievo di campagna.

Si tenga altresì conto che caratterizzazione oggetto del presente studio di microzonazione è volta a considerare come il complesso assetto geologico rilevato possa modificare il moto sismico in superficie e quali problematiche comporti per la determinazione degli effetti locali.

Nel caso particolare sono state eseguite n°2 sezioni litostratigrafiche in modo tale da rappresentare il più compiutamente possibile le evidenze geomorfologiche e le caratteristiche geologico-strutturali.

Dall'elaborazione delle sezioni emerge una schematizzazione del substrato litoide di riferimento rappresentato dai paragneiss minuti e da micascisti (LSP).

Detti litotipi sono ampiamente affioranti sui versanti, mentre in zona pedemontana sono ricoperti dai deposti alluvionali (GW e GM) e da depositi a maggiore componete argillosa (SM e CL).

6 Interpretazioni e incertezze

I dati litostratigrafici reperiti hanno permesso di caratterizzare con buona approssimazione gli spessori e le tipologie delle coperture relativamente ai nuclei abitati principali; approssimazione che si ritiene invece appena sufficiente per la porzione centrale del fondovalle Varaita, in quanto totalmente marginale rispetto all'abitato di Rossana.

Per tutte le altre aree gli spessori delle coperture sono frutto di stima in relazione ad una quantità di dati nettamente insufficiente per cui si è¨ dovuti ricorrere a interpretazioni eseguite sulla base dei rilievi geologici di superficie che hanno rappresentato l'unica fonte di informazioni.

Riguardo le prospezioni geofisiche (reperite ed effettuate), sebbene si tratti di indagini dagli esiti piuttosto interessanti e che in qualche maniera forniscono delle importanti indicazioni, esse non possono rappresentare efficacemente l'intero territorio comunale in quanto in numero insufficiente per la vastità e la complessità del territorio indagato.

Quindi per queste aree i successivi livelli di approfondimento dovranno contemplare indagini atte a definire con precisione gli spessori e le caratteristiche delle unità di copertura.

7 Metodologie di elaborazione e risultati

La raccolta dei dati necessari allo studio di MS e la successiva elaborazione organica e ragionata ha permesso, attraverso specifiche analisi definite nel progetto denominato “Indirizzi e Criteri Generali per la Microzonazione Sismica”, di caratterizzare il territorio sotto il profilo della sua pericolosità sismica individuandone una suddivisione in aree a comportamento omogeneo. In particolare la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni è stata basata sull'interpretazione dei risultati delle indagini ritenute più significative ed esaustive ricadenti nelle aree indagate. Per le caratteristiche geotecniche è stato tenuto conto anche dei dati relativi a indagini eseguite nelle aree limitrofe a quelle indagate, riguardanti terreni in tutto comparabili.

Sono state inoltre analizzate e verificate quelle fenomenologie che determinano, in conseguenza di una perturbazione sismica, effetti locali legati sia alle caratteristiche geometriche del sito sia alle proprietà stratigrafiche e geotecniche dei terreni.

Il presente studio ha identificato n° 8 microzone differenziate in base alla presenza o meno di coperture ed al loro spessore. È stata altresì tenuta in considerazione la presenza di un bedrock sismico o non sismico, valutabile dall’esistenza o meno di un contrasto di impedenza sismica.

8 Elaborati cartografici

A completamento di tutte le attività di raccolta, analisi, elaborazione ed archiviazione dati sono stati prodotti gli elaborati cartografici descritti nei paragrafi che seguono. Questi sono stati realizzati in linea con gli Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica, seguendo altresì lo Standard di rappresentazione e archiviazione informatica elaborato dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, nonché dalle indicazioni ricevute negli incontri periodici con la Commissione Tecnica Regionale.

8.1 CARTA DELLE INDAGINI

Costituisce il primo passo per la definizione del quadro conoscitivo del sottosuolo. Realizzata in scala 1:10.000, è il frutto della raccolta e selezione delle indagini pregresse esistenti sul territorio, reperite consultando sia gli archivi pubblici comunali sia quello privato degli scriventi nonché di alcuni tecnici i quali hanno gentilmente messo a disposizione i loro dati. Essa contiene, inoltre, una serie di nuove indagini geofisiche (HSRV) ubicate laddove questo tipo di informazione è risultato essere carente.

Tutti i dati sopra detti sono stati archiviati in due tabelle, una per le indagini di tipo puntuale e l'altra per le indagini di tipo lineare, adottando gran parte dei campi indicati nelle Specifiche tecniche per la redazione in ambiente GIS degli elaborati cartografici della microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 Novembre 2010, n.3907). In entrambe le tabelle, le indagini sono state catalogate secondo i codici indicati negli Standard di rappresentazione; dal punto di vista grafico sono state proiettate distinguendole per tipologia.

Esse sono state distinte in base alla tipologia.

Simbolo	Tipo di indagine
	MASW
	SASW
	Stazione di microtremore a stazione singola

In sintesi sono state acquisite le seguenti indagini:

- 1 stendimento attivo tipo MASW
- 3 stendimenti sismici attivi tipo SASW.
- 30 acquisizioni di sismica passiva con tecnica a stazione singola (HVSR)

8.2 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

Discende dalla revisione dettagliata dei rilievi geologici e morfologici disponibili; in particolare da:

I dati derivati dalle cartografie sopra esposte sono stati integrati con quelli desunti dalle indagini reperite, allo scopo di stabilire nel dettaglio la litologia affiorante e i rispettivi rapporti stratigrafici; quando è stato ritenuto necessario sono stati eseguiti opportuni controlli tramite sopralluoghi.

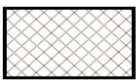
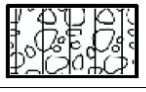
In questa cartografia, corredata da sezioni geologiche significative, sono stati rappresentati gli elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie, comprese le coperture detritiche con spessore misurato/stimato superiore a 3 metri, le aree instabili e quelle potenzialmente soggette a dissesti.

Le caratteristiche geotecniche dei depositi che caratterizzano le aree indagate derivano dall'analisi dei dati raccolti poiché non è prevista, per la MS di Livello 1, l'esecuzione di nuove indagini (sondaggi geognostici, prove geotecniche, ecc.).

Terreni di copertura

Sulla base delle indagini svolte e della documentazione a disposizione sono state individuate le seguenti unità di copertura presenti sul territorio comunale:

- Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (GM);
- Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla (GC);

Terreni contenenti resti di attività antropica	RI	
Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie	GW	
Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo	GM	

Sabbie limose, miscela di sabbia e limo	SM	
Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, Argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre	CL	

Sono stati altresì distinti gli ambienti genetico - deposizionali dei terreni di copertura secondo le seguenti classi:

- Piana inondabile (pi)
- Bacino (piana) intramontano (in)
- Eluvi/colluvi (ec)

Substrato geologico

- Lapideo stratificato (LPS), che identifica la formazione a gneiss e micascisti del Massiccio Dora Maira

LPS	LPS	Lapideo, stratificato

Forme di superficie e sepolte

Sono state individuate n°2 scarpate, classificate in legenda come orlo di scarpata morfologica con altezza superiore a 20 metri, nonché dei picchi isolati sia in sinistra, sia in destra idrografica del rio Torto.

Per quanto riguarda le forme sepolte, la ricostruzione morfologica del sottosuolo, basata su osservazioni di superficie nonché considerazioni estrapolate dalle stratigrafie dei sondaggi, non ha evidenziato la presenza di situazioni particolari.

8.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (LIVELLO 1)

È l'elaborato finale per questo livello di approfondimento nel quale sono rappresentate le microzone a comportamento sismico omogeneo, individuate sia sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche sia in relazione all'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati litostratigrafici e geofisici esistenti per l'area in studio. Per tali microzone è stata individuata l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, ecc.).

Per giungere alla definizione di questo elaborato il punto di partenza è stato dettato da una preventiva valutazione delle caratteristiche del territorio che ha permesso di inquadrarlo in rapporto alla categoria seguente.

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

aree in cui è possibile l'amplificazione del moto sismico in relazione all'assetto locale. Queste possono essere di tipo:

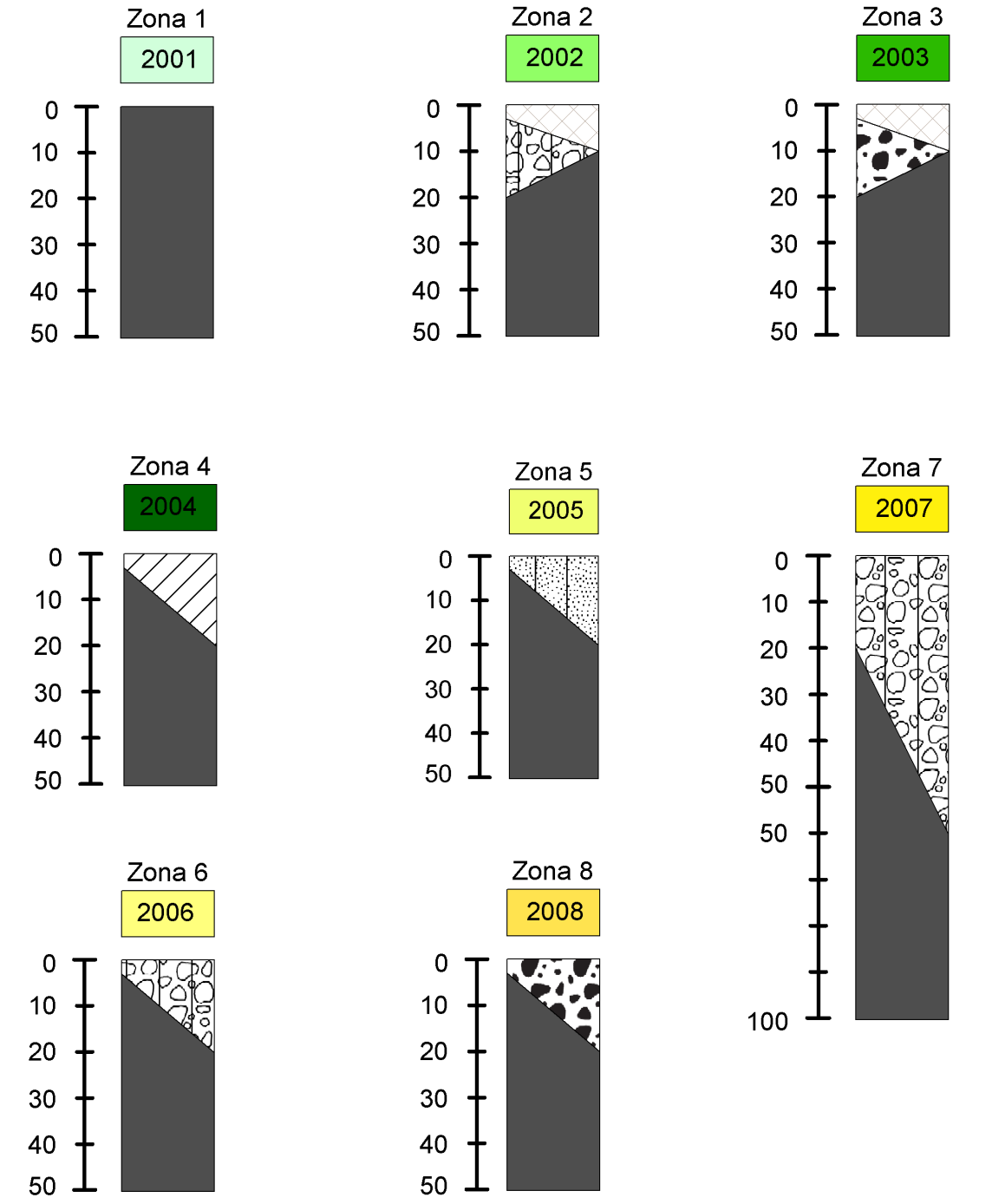
- topografico; aree caratterizzate da scarpate con altezza superiore ai 10 metri;
- stratigrafico; aree con depositi di versante e quelle lungo le vallate con depositi a granulometria grossolana o medio-fine. In presenza di depositi medio-fini si attendono i massimi effetti di amplificazione locale.

In queste zone è possibile aspettarsi amplificazioni del moto sismico in relazione al contesto morfologico e stratigrafico locale. Il territorio indagato del comunale di Rossana è caratterizzato in larga misura dalla presenza di terreni di copertura di varia consistenza e natura. Il substrato litoide risulta ampiamente affiorante sulle porzioni medie ed alte dei versanti ed è caratterizzato da velocità di propagazione delle Vs > 800 m/s.

Le misure HVSR svolte direttamente su substrato roccioso affiorante/sub-affiorante mostrano la possibilità di amplificazioni anche nel substrato roccioso, a causa del differente grado di competenza dei litotipi ed in particolare al grado di fratturazione e/o alterazione molto variabile.

In relazione all'elevata eterogeneità verticale e laterale dei terreni presenti, caratterizzati in generale da alternanze di litologie, questi sono stati accorpati in unità significative. In particolare le categorie alle quali sono stati assimilati, secondo lo Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (Versione 4.0b) – par. 2.1.8, pag. 61.

Sulla base delle categorie sopra esposte sono state definite 5 successioni stratigrafiche rappresentative dell'area indagata. Di seguito verranno riportate le aree individuate con la relativa stratigrafia rappresentativa su cui sono stati indicati lo spessore minimo e massimo delle litologie rilevate entro l'area di studio. Le microzone sono caratterizzate da colori con gradazione dal verde al marrone denominate attraverso i codici: 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008.


Zona 1
2001
Zona 2
2002
Zona 3
2003
Zona 4
2004
Zona 5
2005
Zona 7
2007
Zona 6
2006
Zona 8
2008
0
10
20
30
40
50
100
Legenda
Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre (CL)
Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbiae limo (GM)
Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie (GW)
Sabbie limose, miscela di sabbia e limo (SM)
Terreni contenenti resti di attività antropica (RI)
Lapideo, stratificato (LPS)

Legenda
litologia
ambiente
GMin
GWpi
SMec
LPS
GMin
GWpi
SMec
SEZIONE A-A'
Rossana
Rio Torto
SEZIONE B-B'
T.Varaita
0 55 110 220 330 440 550 Metri

9 Confronto della distribuzione dei danni degli eventi passata

Il terremoto del 1808

Il fenomeno che però ha lasciato maggiormente il segno, sia perché relativamente recente, sia perché è stato effettivamente molto forte e caratterizzato da uno sciame sismico durato alcuni mesi, è quello dell'aprile del 1808, con epicentro in valle Pellice.

Il periodo sismico iniziò il 2 aprile 1808 e si protrasse fino alla fine di ottobre, danneggiando gravemente soprattutto i paesi delle valli dei torrenti Pellice e Chisone, nel circondario di Pinerolo. Le scosse che causarono gli effetti maggiori furono tre: il 2 aprile, alle ore 16:43 e alle ore 20:15 GMT, e il 16 aprile, alle ore 1:15 GMT.

Da segnalare anche la scossa del 15 aprile 1808, delle ore 13:30 GMT, che fu fortemente avvertita a Barge (della durata di 3 secondi) e in modo abbastanza forte a Bricherasio, a Revello (dove durò 8 secondi) e lungo le valli Po, Varaita e Maira. Venne avvertita fino a Besançon, Gap e Nizza.

Vassalli-Eandi (1808) già allora rilevò che gli edifici maggiormente danneggiati furono quelli costruiti in mattoni su terreno alluvionale o di riporto; le case a prevalente struttura in legno o edificate su terreno roccioso subirono danni minori.

ALLEGATI

10 Informazioni sullo scrivente

Dott. Geol. Luca Bertino
Via Risorgimento, 6 – 12084 Mondovì
Tel. 0174.4159
Cell. 338.7568827
luca.bertino@libero.it