SOMMARIO

1 INTRODUZIONE 1
2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO 2
3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 4
4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI 5
5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO 7
6 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI 9
7 ELABORATI CARTOGRAFICI 10
7.1 CARTA DELLE INDAGINI 10
7.2 CARTA DELLE FREQUENZE 10
7.3 CARTA GEOLOGICO-TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA 10
7.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA 12
7.5 COMMENTI FINALI E CRITICITA' 18
8 BIBLIOGRAFIA 21
9 ALLEGATI 21

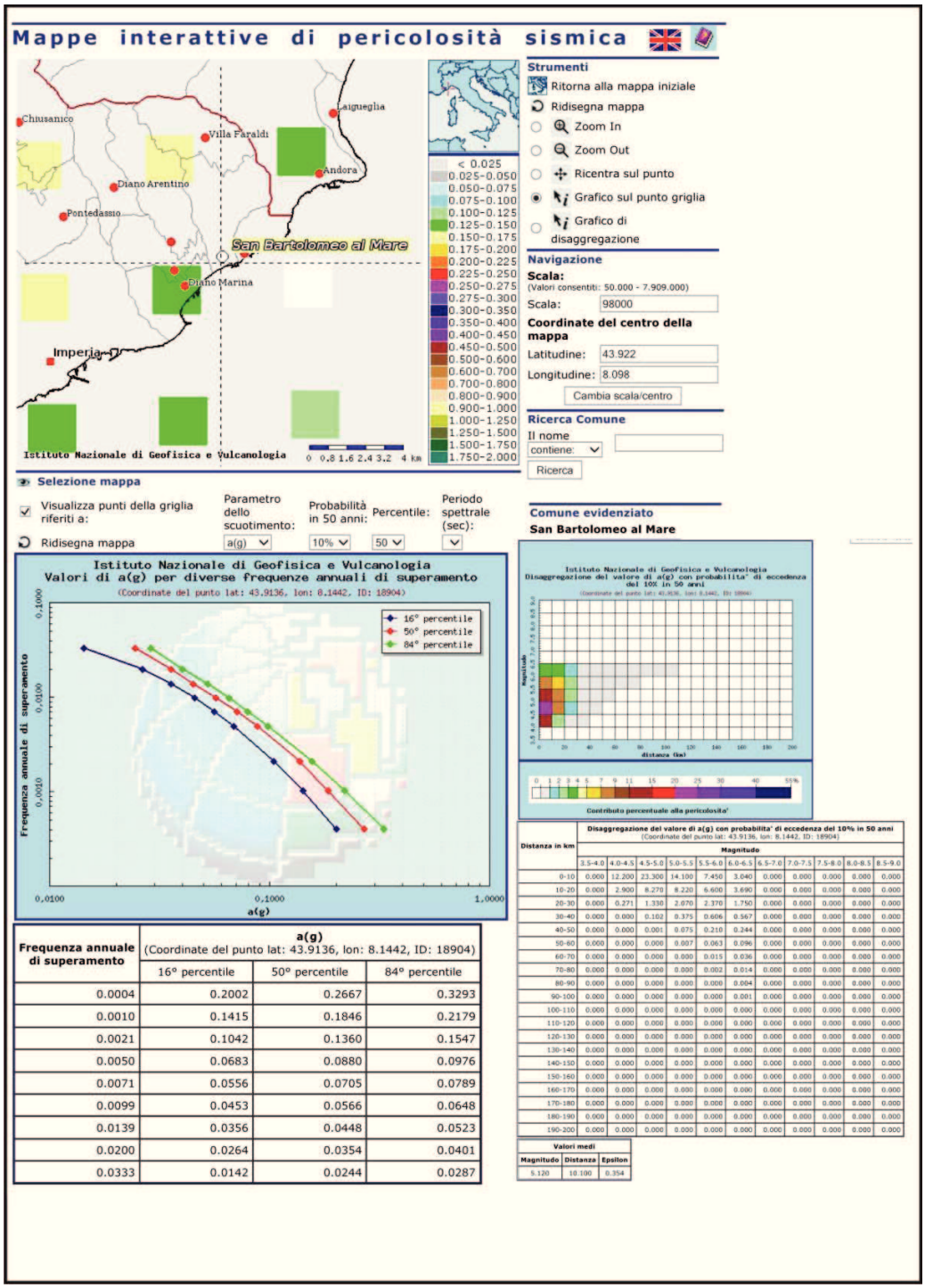
1 INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica descrive le fasi di lavoro e i risultati ottenuti durante la realizzazione dello studio di microzonazione sismica di Livello 1 del Comune di San Bartolomeo al Mare (IM) che si inserisce nell'ambito dell'incarico affidato dal Dipartimento Ambiente della Regione Liguria al Dipartimento di Scienze della Terra Ambiente e Vita (DISTAV) dell'Università di Genova per il biennio 2013-2014. In tale incarico oltre che il completamento e l'adeguamento agli Standard di rappresentazione informatica definiti dal Dipartimento di Protezione Civile (DPC) per dieci comuni tra quelli oggetto di studi propedeutici di microzonazione sismica eseguiti da Regione Liguria nel periodo 2010-2012 si realizzeranno studi finalizzati alla redazione di abachi per l'amplificazione litostratigrafica regionale e analisi a scala regionale sulla suscettibilità alla liquefazione del territorio ligure.
La presente Relazione illustrativa descrive la metodologia utilizzata, le caratteristiche geologiche e geomorfologiche sommarie dell'area di studio, le indagini puntuali presenti sul territorio raccolte e quelle di nuova esecuzione, la carta geologico-tecnica utilizzata come base per la redazione della Carta delle Microzone omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) che rappresenta il prodotto di sintesi dell'intero primo livello di Microzonazione Sismica.
I seguenti documenti normativi e tecnici rappresentano i testi di riferimento per l'esecuzione delle indagini eseguite nel presente studio:

- Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (I.C.M.S.08), (Gruppo di Lavoro 2008);
- OPCM n. 4007 del 29.02.2012 pubblicata in G.U. del 07.03.2012 inerente i contributi economici per gli interventi di prevenzione del rischio sismico;
- OPCM n. 3907 del 13.11.2010 pubblicata in G.U. del 01.12.2010 (modificata con OPCM n. 3925 del 23.02.11), previsti dall'Art.11 del decreto legge 28 aprile 2009 n. 39 convertito, con modificazioni, dalla Legge n. 77 del 24.06.2009;
- DGR Regione Liguria 471 del 22 Marzo 2010 nelle quale si definiva l'obbligatorietà degli studi di microzonazione sismica (MS) di livello 1 per i Comuni liguri da inserire negli Strumenti Urbanistici comunali di nuova realizzazione;
- DGR Regione Liguria 1362/2010 in cui viene fornita una nuova classificazione sismica del territorio ligure;
- DGR Liguria n. 714 del 2011 del 22.03.2010 e s. m. e i., in cui sono definiti i criteri e le linee guida regionali per svolgere gli approfondimenti geologico - tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale;
- Standard di Rappresentazione e archiviazione informatica - Microzonazione Sismica Versione 3.0 Ottobre 2013 - Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907).

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

La pericolosità sismica di base relativa al comune può essere stimata partendo dalle mappe di pericolosità sismica stilata per il territorio nazionale e dalle informazioni di carattere storico che sono riportati sul Database Macrosismico Italiano (Locati et al., 2011 - DBM11).
Le stime probabilistiche di pericolosità riportate nella mappa (Figura 1) indicano che per il sito di San Bartolomeo al Mare i valori di a_g (accelerazione del moto del suolo attesa su roccia) per un periodo di ritorno di 475 anni (50° percentile per una frequenza di superamento annuale pari a 0.0021) è pari a **0.136 g** mentre dall'analisi di disaggregazione si evince che il maggior contributo (circa il 50%) alla pericolosità sismica di San Bartolomeo al Mare è fornito da eventi sismici di magnitudo compresa tra 4.0 e 5.5 con distanza epicentrali inferiori a 10km mentre un contributo inferiore (pari a circa 30%) è fornito da terremoti di magnitudo compresa tra 5.5 e 6.5 a distanze comprese tra 10km e 20km. I valori medi ottenuti dalla disaggregazione indicano Magnitudo pari a 5.140 e distanza epicentrale pari a 9.79 km.
Da ciò si può dedurre che il territorio di Diano sia soggetto principalmente ad eventi medio-piccoli con sorgenti sismogenetiche distribuite a distanze comprese entro i 20km, mentre eventi medi (magnitudo compresa tra 6 e 7) hanno un contributo inferiore alla pericolosità sebbene siano quelli con i potenziali maggiori effetti sul territorio in termini di danno.
Quest'ultima considerazione trova riscontro anche andando a considerare i dati contenuti nel Database Macrosismico Italiano (DBM11) da cui si può vedere (Figura 2) come nel corso del 19° secolo particolarmente il territorio comunale di San Bartolomeo al Mare sia stato soggetto ad almeno due eventi con danni significativi con un massimo di effetti distruttivi sul costruito a seguito del terremoto del 1887 del Ponente Ligure (Mw= 6.97 e I(MCS)=9).



Frequenza annuale di superamento	a(g) (Coordinate del punto lat: 43.9136, lon: 8.1442, ID: 18904)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.2002	0.2667	0.3293
0.0010	0.1415	0.1846	0.2179
0.0021	0.1042	0.1360	0.1547
0.0050	0.0683	0.0880	0.0976
0.0071	0.0556	0.0705	0.0789
0.0099	0.0453	0.0566	0.0648
0.0139	0.0356	0.0448	0.0523
0.0200	0.0264	0.0354	0.0401
0.0333	0.0142	0.0244	0.0287

Figura 1 Valori di a_g per differenti percentili e periodi di ritorno (sinistra) e grafico di disaggregazione (destra) del Comune di San Bartolomeo al Mare (tratti da http://esse1-gis.mi.ingv.it/)

INGV - DBMI11 - Query by Place

Storia sismica di San Bartolomeo al Mare [San Bartolomeo del Cervo]
[43.928, 8.101]

Numero di eventi: 3

Effetti		In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	**Data**	**Ax**	**Np**	**Io**	**Mw**
6	1854 12 29 01:45	Liguria occidentale-Francia	86		6.73 ±0.16
8-9	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1516		6.97 ±0.15
3-4	2001 02 25 18:34	Mar Ligure	59		4.50 ±0.09

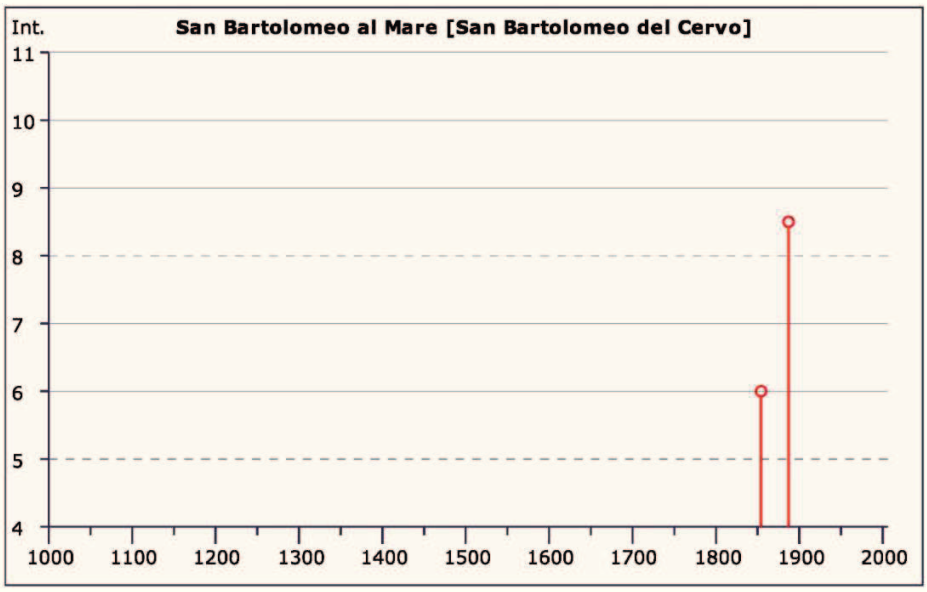


Figura 2 Storia sismica di San Bartolomeo al Mare tratta dal Database Macrosismico Italiano DBM11 pubblicato su http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/

3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geologico il territorio di San Bartolomeo al Mare e in generale tutto il Dianese è caratterizzato dalla presenza dei Flysch ad Elmintoidi cretacei della Liguria occidentale e dai loro complessi di base che rappresentano il prodotto dell'orogenesi alpino-appenninica. Come indicato nella cartografia ufficiale (CARG (Foglio 259 Imperia) il substrato cretaceo che caratterizza il territorio comunale è costituito dalla Formazione del Flysch di San Remo e sono presenti sia il Membro di Villa Faraldi (FSM_2) che il Membro di San Lorenzo (FSM_4). Il primo è costituito in prevalenza da marne e arenarie calcaree, in strati torbiditici con spessori da 1 a 5m; calcilutiti e torbiditi arenaceo argillitiche sono frequenti e sono inoltre presenti sequenze negative, spesse 5-10 metri, formate da strati calcilutitici alla base passanti verso l'alto a strati marnoso-arenacei. Nel secondo prevalgono gli strati arenaceo-argillitico-marnosi con più rare intercalazioni di calcilutiti e rari strati marnoso-arenacei di spessore massimo di 1-2 m. Le calcilutiti contengono associazioni a globotruncane. Alcuni livelli siltitici contengono miche bianche, lettini di quarzo e opachi (Dallagiovanna et alii, 2012).

Le formazioni plioceniche, sebbene non affiorino direttamente nel territorio di San Bartolomeo al Mare, sono presenti in alcune aree alla base dei depositi quaternari alluvionali: per quanto concerne le Argille di Ortovero (ORV) sono costituite a partire dalla base, da marne e argille grigio-azzurre e giallastre, spesso con contenuto siltoso-sabbioso e frequentemente intercalate da livelli sabbioso-arenacei più o meno compatti e/o bioconglomerati formati da un tritume di gusci di ostreidi, pettinidi e piccoli gasteropodi. Nella parte superiore dell'unità, si ha una predominanza di sabbie giallastre più o meno marnose con livelli arenacei più competenti (calcareniti), alternate a conglomerati poco cementati con ciotoli anche pluridecimetrici ben arrotondati. Gli altri depositi pliocenici presenti nell'area appartengono alla Formazione dei Conglomerati di M.te Villa (CMV) caratterizzati da orizzonti submetrici di conglomerati disorganizzati, seguiti da banchi conglomeratici di spessore dai 20 ai 50 cm, a clasti poco arrotondati, ai quali si intercalano orizzonti sabbioso-siltoso-limosi e corpi conglomeratici di origine fluviale con grossi blocchi ad arrotondamento da buono a scarso. Nella parte sommitale sono presenti bioconglomerati costituiti da tritumi di resti organici assimilabili a vere e proprie panchine fossilifere. Questa unità è associata ad un ambiente di delta-conoide (Gianmarino *et alii,* 2010). Generalmente le zone di versante caratterizzate da substrato affiorante o subaffiorante presentano un'acclività > di 15° e sono caratterizzate da crinali morfologici e impluvi di modeste dimensioni impostati in zone di debolezza dell'ammasso roccioso.
La porzione più orientale del territorio comunale e quella prossima alla linea di costa sono caratterizzate dalla presenza di materiale alluvionale fluviale frammisto a depositi marini recenti.
E' stata identificata la presenza di una conoide alluvionale che caratterizza un settore dei depositi della piana mentre sono anche individuati alcuni terrazzi alluvionali di ordine superiore ai piedi della collina che declina verso la linea di costa in prossimità del confine comunale che divide San Bartolomeo al Mare da Cervo.
Le fasce pedemontane sono caratterizzate dalla presenza di coltri di commistione tra materiali frutto dell'azione gravitativa sui versanti e terreni di origine fluviale. In generale la morfoevoluzione dell'area è legata essenzialmente all'attività dei corsi d'acqua, dei processi di versante e della degradazione meteorica, oltre all'azione del moto ondoso e delle correnti litoranee per la zona costiera. Marcate sono le evidenze del forte condizionamento dovuto alle caratteristiche litologiche delle formazioni affioranti, all'assetto strutturale, prodotto dalle fasi deformative sia duttili che fragili e, non da ultimo, a movimenti tettonici recenti (Zizioli, 2008).

4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Le indagini pregresse per il Comune di San Bartolomeo al Mare erano già disponibili nella banca dati regionale redatta come prodotto degli studi propedeutici di microzonazione sismica eseguiti da Regione Liguria nel periodo 2010-2012 (Tabella 1). Nell'ambito di quelle attività erano state rinvenute le indagini consultando archivi comunali, provinciali e regionali. In generale la distribuzione dei dati puntuali per l'area di studio non è molto omogenea ed è buona la qualità delle indagini pregresse con sondaggi, prove geofisiche e penetrometrie medio-leggere.

Tipo indagine	Quantità
SONDAGGI meccanici	16
DCPT – Penetrometria dinamica	
DH – Down Hole	
DPM – Penetrometria dinamica medio-leggera	12
DPSH - Penetrometria dinamica super-pesante	
MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves	1
REMI - Refractor Microtremor	
SEV – Sondaggi elettrici verticali	1
SPT – Standard penetration test	
Stesa sismica a rifrazione	2
Tomografia Eelettrica	
Pozzetti Geognostici	4
Rilievo geomeccanico	

Tabella 1 Quantità e tipologia delle indagini esistenti raccolte nel Comune di San Bartolomeo al Mare

Nell'ambito del presente studio sono state realizzate diverse indagini in corrispondenza delle zone, individuate a seguito degli studi propedeutici di microzonazione sismica eseguiti da Regione Liguria nel periodo 2010-2012, nelle quali erano assolutamente necessari approfondimenti di indagine per la definizione di modelli sismostratigrafici di riferimento e la conseguente assegnazione ad una zona omogenea in prospettiva sismica (definite "Zone D"). Le indagini di nuova realizzazione consistono sia in misure delle caratteristiche sismiche dei terreni che indagini di tipo geotecnico e geomeccanico su coltri e ammassi rocciosi (Tabella 2).
Negli Allegati 1, 2 e 3 si riportano la descrizione delle metodologie adottate e i risultati delle indagini di nuova realizzazione e in particolare: Allegato 1 - Indagini sismiche; Allegato 2 - Indagini geotecniche; Allegato 3 - Indagini geomeccaniche su substrato roccioso.

Tipo indagine	Quantità
DPSH - Penetrometria dinamica super-pesante	3
MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves	3
Stesa sismica a rifrazione	6
Rilievo geomeccanico	3
Misure di microtremore H/V	14

Tabella 2 Quantità e tipologia delle indagini eseguite nell'ambito del presente studio nel Comune di San Bartolomeo al Mare

5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Dall'analisi delle indagini puntuali raccolte ed eseguite nell'ambito del presente progetto, unitamente alle informazione che derivano dagli studi cartografici di riferimento e ai rilevamenti geologici eseguiti *ad hoc* è stato possibile definire le condizione stratigrafiche e geologiche che caratterizzano il territorio oggetto di microzonazione.
Il risultato di tale interpretazione ha condotto alla realizzazione di due sezioni geologiche di seguito riportate, la cui traccia è riportata nella Carta geologico tecnica (CGT_MS), che mostra i modelli stratigrafici tipo del sottosuolo che possono essere così sintetizzati:

- aree di versante caratterizzate da coltri di spessore contenuto che in corrispondenza della zona di passaggio con la piana alluvionale e costiera aumentano il loro spessore fino a 10m
- le zone di piana caratterizzate da depositi superficiali di origine fluviale ovvero depositi marini a contatto con il flysch cretaceo
- zone caratterizzate da anomalie morfologiche, nella zona della valle del Torrente Cervo, in cui sono presenti materiali pliocenici sovrapposti al flysch cretaceo con presenza di falde detritiche ai piedi delle zone collinari

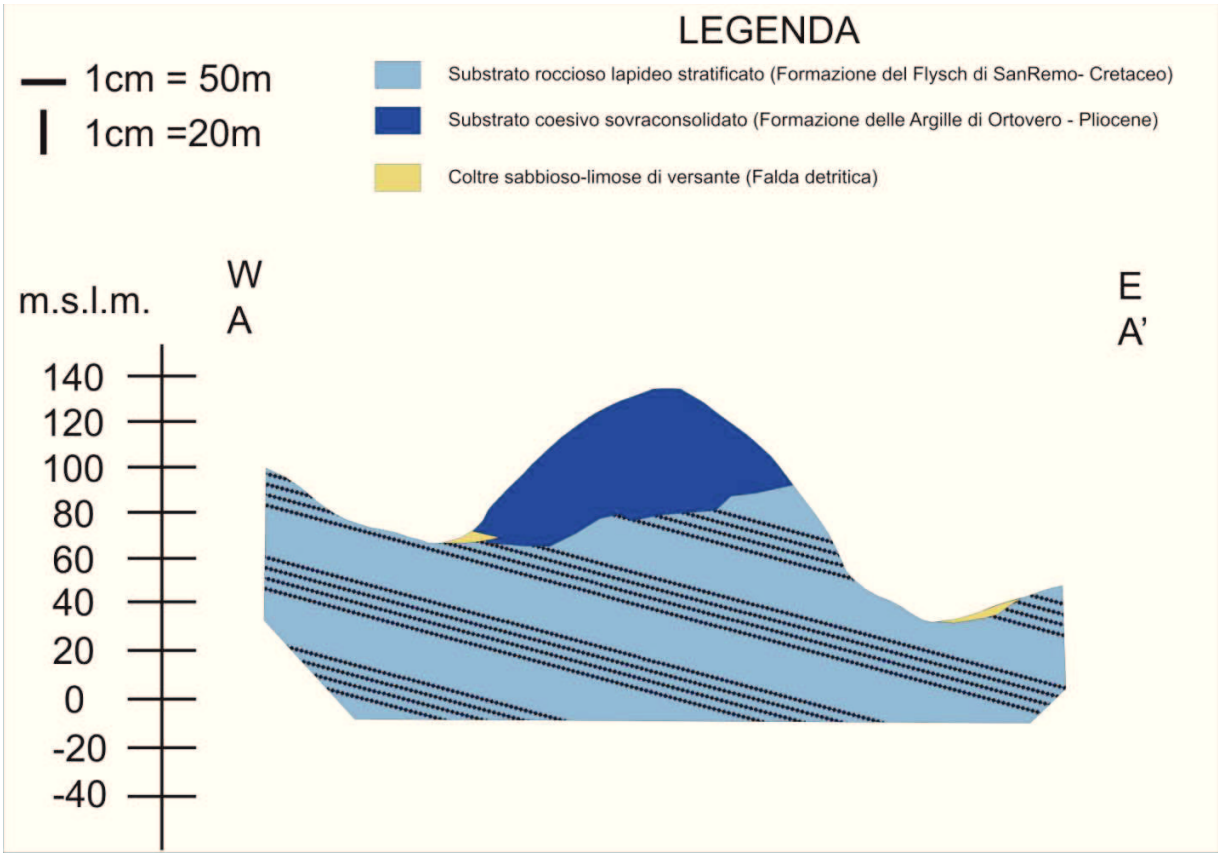


Figura 3 Sezione geologica AA' rappresentativa del modello del sottosuolo nel settore settentrionale del territorio di San Bartolomeo al Mare

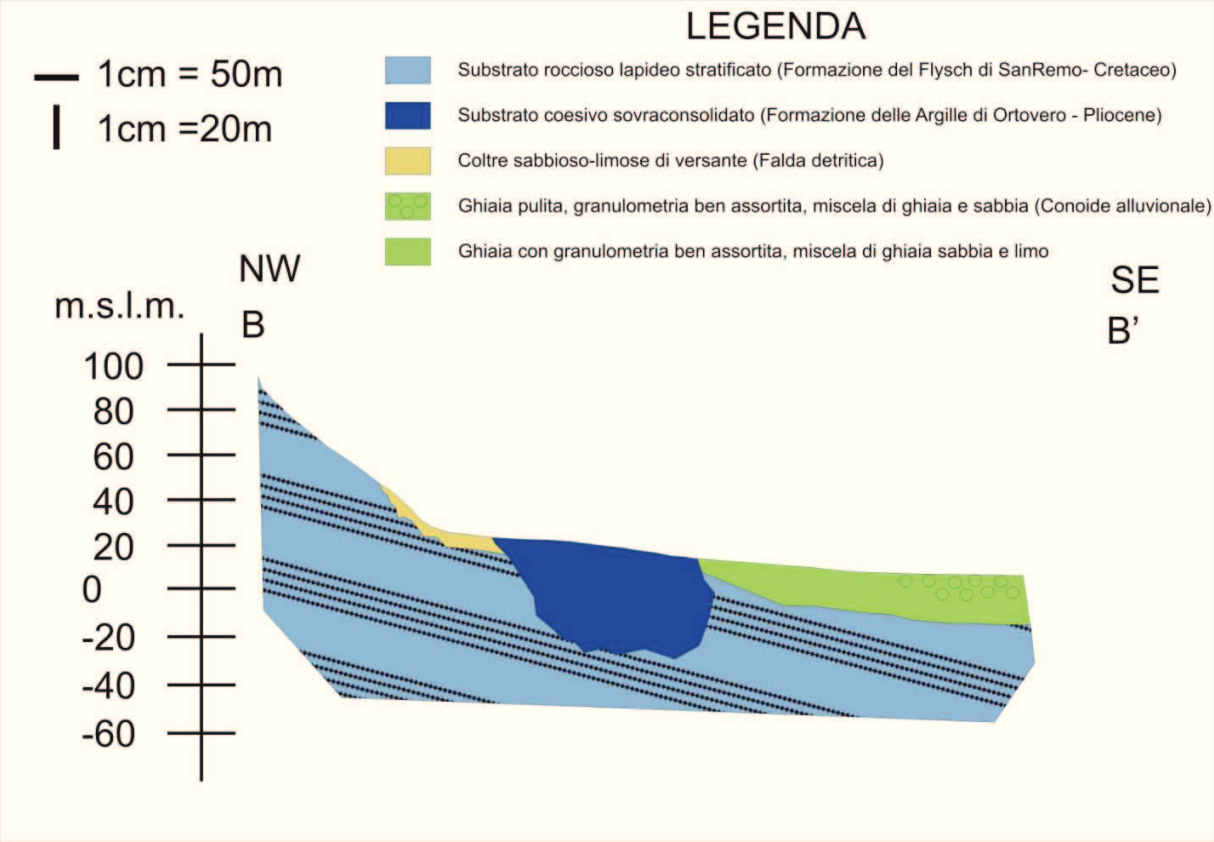


Figura 4 Sezione geologica BB' rappresentativa del modello del sottosuolo nel settore occidentale del territorio di San Bartolomeo al Mare

I processi che hanno portato a tale situazione possono essere associati all'evoluzione della costa ligure a partire dal pliocene ad oggi con fenomeni di ingressione e regressione marina, subsidenze, variazioni nel tasso di erosione e sedimentazione nei settori retrostanti il territorio di San Bartolomeo al Mare. La presenza di una conoide di tipo alluvionale con un gradiente di acclività pari a circa 5-7% è il prodotto dell'azione deposizionale del Torrente Cervo che rappresenta l'asta drenante principale delle acque superficiali di tutto il territorio dell'entroterra della piana costiera di San Bartolomeo al Mare.

A queste informazioni è doveroso aggiungere una considerazione sulla presenza di una falda libera nella zona di piana costiera e in generale all'interno delle aree a bassa acclività: da misure freatimetriche effettuate in pozzi collocati in diversi punti del territorio è possibile stimare la presenza di livello saturo dei terreni sciolti a partire da profondità inferiori a 5.0m dal piano campagna.

6 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

La metodologia di lavoro adottata per il presente studio ha previsto l'utilizzo delle cartografie e studi propedeutici agli studi di Microzonazione Sismica (MS) già esistenti e forniti dalla Regione Liguria per il Comune di San Bartolomeo al Mare. In questi studi erano già state definite le aree all'interno del territorio comunale che devono essere oggetto di microzonazione, erano state raccolte numerose informazioni puntuali con la creazione di una banca dati indagini comunale ed erano state individuate all'interno delle carte conoscitive e propedeutiche realizzate alcune zone (definite "Zone D") nelle quali erano assolutamente necessari approfondimenti di indagine per la definizione di modelli sismostratigrafici di riferimento e la conseguente assegnazione ad una zona omogenea in prospettiva sismica. Queste aree, oltre alle incongruenze di cui si è detto posso essere rappresentative di altre criticità registrate in quelle zone quali: l'assenza di indagini puntuali, specialmente se in presenza di aree densamente urbanizzate, e la discrepanza nella perimetrazione delle aree in frana verificato dal confronto fra differenti strumenti cartografici ufficiali (Progetto CARG, Piani di Bacino, Progetto IFFI).

Sono state quindi realizzate con particolare attenzione alle "Zone D" alcune indagini integrative utili alla soluzione delle criticità riscontrate nella cartografia già esistente e al raggiungimento di un fattore di qualità della Carta delle MOPS (Albarello et al., 2011) non inferiore al 50% riconducibile alla classe di qualità B. A seguito dell'interpretazione dei risultati di tali indagini è stato possibile eseguire laddove necessari alcune modifiche ai perimetri che individuati nella Carta geologico tecnica di base e successivamente si è sintetizzato il quadro delle conoscenze redigendo le carte delle MOPS. Come indicato nei documenti ufficiali di riferimento gli studi di Microzonazione Sismica non interessano la totalità del territorio comunale ma la selezione delle aree di indagine è stata fatta in coerenza a quanto indicato negli Indirizzi e Criteri per la MS (I.C.M.S.08) (Gruppo di Lavoro 2008) nei capitoli 1.5 e 1.7, in riferimento ai rapporti tra MS e gli studi di pianificazione territoriale, interessando le aree dei diversi comuni per le quali le condizioni contestuali o normative di riferimento, in particolare il Piano di coordinamento Territoriale e Paesistico della Regione Liguria (P.T.C.P.), consentono o prevedono trasformazioni insediative o infrastrutturali e individuano le aree insediate. Restano escluse dagli studi di MS le Aree non Insediate sottoposte a regime di Conservazione e Mantenimento dell'assetto insediativo del P.T.C.P. Risultano invece escluse dagli studi di MS di 1° livello, come affermato dall'O.P.C.M. 4007/2012, le zone che incidono su Aree Naturali Protette, Siti di Importanza Comunitaria (S.I.C.), Zone di Protezione Speciale (Z.P.S.) e aree adibite a verde pubblico di grandi dimensioni, come indicate nello strumento urbanistico generale che non presentano insediamenti abitativi esistenti alla data di pubblicazione dell'O.P.C.M. 4007/2012 e non presentano nuove edificazioni di manufatti permanenti o interventi su quelli già esistenti.

7 ELABORATI CARTOGRAFICI

7.1 CARTA DELLE INDAGINI

La carta delle indagini mostra una elevata distribuzione delle indagini nella zona di piana costiera e delle zone prossime alle fasce pedemontane densamente urbanizzate. In generale la distribuzione dei dati puntuali per l'area di studio non è molto omogenea, tuttavia mediante le indagini di microtremore integrative realizzate nell'ambito del presente studio si riesce a coprire in modo soddisfacente la zona interessata dallo studio.
La qualità delle indagini pregresse è mediamente buona con sondaggi, prove geofisiche e penetrometrie medio-leggere che spesso raggiungono il substrato roccioso di riferimento; le indagini di nuova esecuzione hanno permesso la caratterizzazione di tutti i tipi di terreno presenti nel territorio comunale comprese le formazioni plioceniche oggetto di indagini sismiche (tomografie sismiche onde P, MASW) grazie alle quali cui sono state definiti i valori di V_P e V_S oltre che la presenza di effetti di risonanza mediante le misure di microtremore.

7.2 CARTA DELLE FREQUENZE

L'esecuzione nell'ambito del presente studio di MS di Livello 1 di diverse misure di microtremore nell'area comunale di San Bartolomeo al Mare e in generale nella zona appartenente al bacino del Dianese ha permesso di ricavare per numerosi siti di indagine i valori di frequenza fondamentale F_0 ad essi associati.
La buona qualità delle misure eseguite ha permesso pertanto di poter ottenere una carta delle frequenze fondamentali ottenuta mediante un processo di interpolazione dei valori di ciascun punto, eseguita mediante un interpolatore TIN (Triangular Irregular Network). Per ottenere una carta di facile interpretazione è stato necessario definire una serie di punti all'intorno di quelli relativi alle misure realmente eseguite sul terreno: questa operazione ha permesso di estendere ragionevolmente all'intero territorio oggetto di questo tipo di misure i risultati puntuali ottenuti dalle misure a singola stazione.
Il territorio comunale di San Bartolomeo al Mare in corrispondenza del settore collinare all'estremo levante è caratterizzato da valori di frequenza maggiori di 10-15Hz tipicamente riconducibili alla presenza di coltri sottili sovrapposte a substrato roccioso. Spostandosi verso la parte centrale del comune, nell'area compresa tra la località e l'alveo del Torrente Cervo, le frequenze sono comprese tra 5Hz e 10Hz e diminuiscono ulteriormente fino a valori di circa 2Hz spostandosi verso la piana circostante l'alveo del torrente: tale evidenza è correlabile con la presenza di una zona caratterizzata da una profondità del substrato notevole che come noto è inversamente proporzionale al valore di f_0.

7.3 CARTA GEOLOGICO-TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

La carta geologico tecnica è stata realizzata utilizzando le perimetrazioni definite nella cartografia CARG (Foglio Imperia) e nel Piano di Bacino del Dianese: i contenuti di tali elementi conoscitivi di base sono stati aggiornati attraverso rilievi di dettaglio, eseguiti con particolare

attenzione nelle "zone D" precedentemente definite, realizzati ad hoc per definire con maggiore precisione i perimetri delle coltri e le caratteristiche del substrato roccioso.
Per la delimitazione delle aree con caratteristiche sismostratigrafiche e geotecniche simili si è utilizzato i dati delle indagini puntuali e lineari disponibili nel database in possesso da parte di Regione Liguria che è stato opportunamente integrato dalle indagine di nuova realizzazione eseguite ad hoc per il presente progetto.
Le sezioni geologiche rappresentative della situazione stratigrafica media delle aree di studio sono state riprese per realizzare le sezioni tipo delle aree di studio relative a ciascuna microzona omogenea in prospettiva sismica.
Il territorio comunale di San Bartolomeo al Mare risulta caratterizzato dalla presenza di settori collinari negli estremi di ponente e di levante nei quali il substrato roccioso, lapideo stratificato (LPS) risulta in posizione affiorante o subaffiorante e localmente sono presente coltri prevalentemente sabbiose-limose (SM) di spessore compreso tra 5m e 10m. Le fasce di raccordo tra i settori collinari e la zona di piana mostrano la presenza di materiale a prevalenza sabbiosa (SM) che si sovrappone, con spessori crescenti spostandosi dalla collina verso la linea di costa, ai materiali presenti sulla piana. Questi ultimi sono caratterizzati dalla presenza di terreni a prevalenza ghiaiosa-sabbiosa-limosa (GM) per quanto riguarda i depositi di natura alluvionale, presenti nella parte centrale del territorio comunale, mentre nei settori più prossimi alla costa sono caratterizzati da coltri a composizione ghiaiosa sabbiosa (GP) la cui origine è prevalentemente marina. La carta geologico-tecnica mette inoltre in evidenza come la parte centrale della piana sia caratterizzata dalla presenza di forme di deposizione fluviale (conoide alluvionale). Nelle zone collinari sono stati individuati alcuni elementi morfologici quali orli di terrazzo, scarpate morfologiche mentre in corrispondenza degli alti morfologici sono stati cartografati i crinali come elementi lineari.
Gli spessori delle coltri presenti nella piana possono essere stimati anche grazie ai risultati ottenuti nella campagna di misure eseguita nell'ambito del presente progetto. Infatti i valori di velocità propagazione delle onde di taglio (V*s*), stimati dalle stese sismiche analizzate mediante la tecnica MASW unitamente alle frequenze fondamentali (f_0) ottenute dalle misure di microtremore permettono in via del tutto approssimata ed empirica, ma con un certo grado di affidabilità, di valutare la profondità (*h*) del contrasto di impedenza sismica tra le coltri e il substrato roccioso utilizzando la formula

$$f_0 = \frac{V_S}{4h}.$$

Dai risultati riportati negli Allegati è possibile determinare come nella zona centrale, in corrispondenza della conoide e fino alla linea di costa la profondità del substrato sismico può essere stimata in un intervallo di valori compreso tra 20 e 40m. Nelle aree adiacente all'alveo del Torrente Cervo gli spessori diminuiscono spostandosi da valle verso monte e all'altezza della frazione di Pairola il substrato roccioso è a profondità inferiore di 5m dal p.c..

7.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

Le microzone omogenee individuate nella Carta delle MOPS del Comune di San Bartolomeo al Mare sono di seguito illustrate. Nella carta sono riportate sia le zone con differenti caratteristiche di risposta sismica locale che le forme di superficie riconducibili a situazione potenzialmente soggette a fenomeni di amplificazione per effetti topografici. In particolare sono presenti orli di terrazzo e crinali morfologiche evidenziate come elementi lineari. tutti questi elementi sono associati, nella carta delle MOPS, a possibili amplificazioni legate alle irregolarità topografiche del territorio. Per quanto riguarda le principali caratteristiche di risposta sismica locale definita sia come caratteristiche geologico-tecniche e spessori dei terreni sovrastanti il bedrock, dei terreni stessi e come frequenze fondamentali sono state individuate le seguenti zone omogenee in prospettiva sismica per ciascuna delle quali è associata una sezioni tipo descrittiva della situazione stratigrafica media :

Zona stabile

Le zone stabili sono quelle caratterizzata dalla presenza di substrato roccioso lapideo stratificato affiorante o mascherato da un livello di coltre di spessore massimo pari a 5.0m. La sezione tipo descrittiva di tale mostra la sovrapposizione di livelli di materiale sciolto al substrato roccioso costituito dalle formazioni flyschoidi sopra descritte. Questa zona è associata alle aree di versante e alle aree del fondovalle del Torrente Cervo a monte della frazione di Pairola.

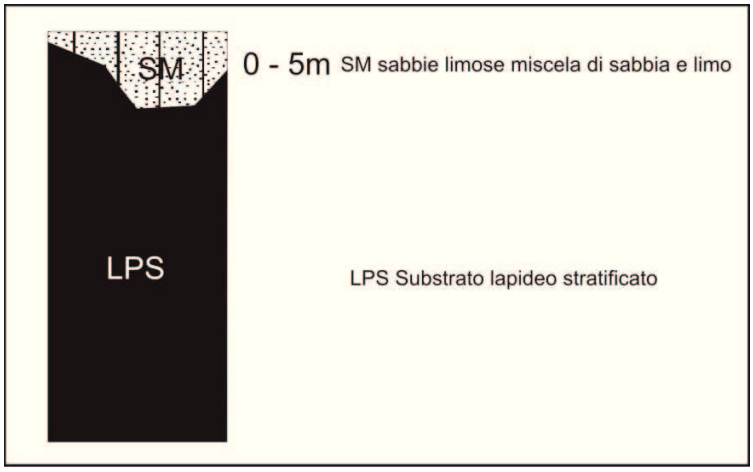


Figura 5 Sezione tipo rappresentativa della Zona Stabile

Zona stabile suscettibile di amplificazione

Zona 1

La sezione tipo di questa microzona mostra la presenza di coltri di versante detritico colluviali sovrapposte a substrato roccioso lapideo stratificato. Queste zone individuate principalmente in corrispondenza della base dei versanti e mostrano spessori della coltre compresi tra 5me 10m con frequenze di risonanza comprese in un intervallo di valori 10-15Hz. La risposta sismica è pertanto influenzata dal contrasto di impedenza tra livelli di coltre con spessore modesto (inferiore a 10m) e il substrato roccioso cretaceo: tale evidenza è stato peraltro identificata dalle

indagini sismiche integrative eseguite nell'ambito del presente studio mediante tomografie sismiche in onde P e le MASW. Da queste informazioni e considerando le frequenze fondamentali a cui si ha un'amplificazione del moto sismico rispetto alle zone stabili significativa, evidenziata dalle misure di microtremore, si può indicare che per tale zona le amplificazioni del moto del suolo riscontrate potrebbero ripercuotersi particolarmente nei confronti di edifici poco sviluppati in altezza: sarà compito dei livelli di approfondimento superiori degli studi di MS (Livello 2 e Livello 3) individuare i fattori di amplificazione sismica associati a ciascuna zona e distinguere eventuali sottozone con livelli di amplificazione del moto del suolo tra loro differenti.

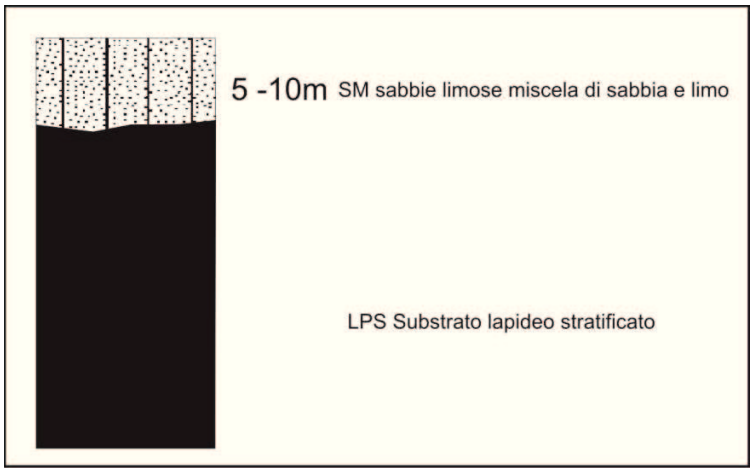


Figura 6 Sezione tipo rappresentativa della Zona 1 stabile suscettibile di amplificazione

Zona 2

Le caratteristiche principali di questa zona sono la presenza di materiali di tipo ghiaioso sabbioso limoso di origine alluvionale sovrapposti al substrato lapideo stratificato cretaceo la cui risposta sismica espressa in termini di frequenza di risonanza è compresa in un intervallo di valori 5-10Hz. Le indagini presenti in queste zone indicano che i terreni superficiali hanno un elevato contrasto di impedenza sismico con il substrato roccioso e forniscono pertanto picchi di risonanza marcati. Nella Carta MOPS questa zona è cartografata presso alcune zone di fascia pedemontana ai piedi del versante della località Rovere e in corrispondenza di terrazzi alluvionali antichi come in corrispondenza della zona compresa tra il viadotto autostradale e il campo sportivo lungo l'alveo del Torrente Cervo.
Da queste informazioni e considerando le frequenze fondamentali a cui si ha un'amplificazione del moto sismico rispetto alle zone stabili significativa, evidenziata dalle misure di microtremore, si può indicare che per tale zona le amplificazioni del moto del suolo riscontrate potrebbero ripercuotersi particolarmente nei confronti di edifici con uno sviluppo in altezza contenuto entro 2-3 piani: sarà compito dei livelli di approfondimento superiori degli studi di MS (Livello 2 e Livello 3) individuare i fattori di amplificazione sismica associati a ciascuna zona e distinguere eventuali sottozone con livelli di amplificazione del moto del suolo tra loro differenti.

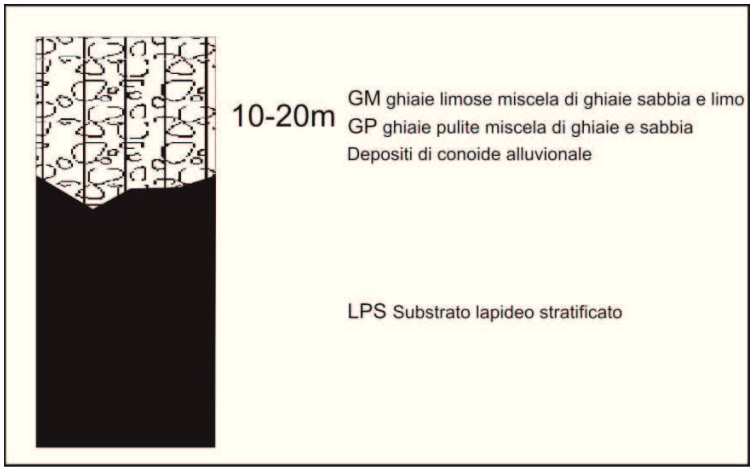


Figura 7 Sezione tipo rappresentativa della Zona 2 stabile suscettibile di amplificazione

Zona 3

Le caratteristiche principali di questa zona sono la presenza di materiali di tipo ghiaioso sabbioso limoso di origine alluvionale sovrapposti al substrato lapideo stratificato cretaceo la cui risposta sismica espressa in termini di frequenza di risonanza è compresa in un intervallo di valori 5-10Hz. Le indagini presenti in queste zone indicano che i terreni superficiali hanno un elevato contrasto di impedenza sismico con il substrato roccioso e forniscono pertanto picchi di risonanza marcati. Nella Carta MOPS questa zona è cartografata lungo la fascia costiera nella zona compresa tra il confine a ovest e a est fino alla zona dei Giardini Rosa dei Venti.

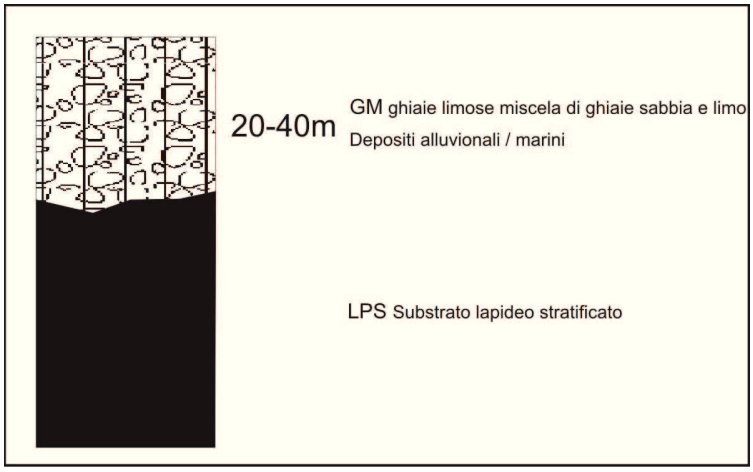


Figura 8 Sezione tipo rappresentativa della Zona 3 stabile suscettibile di amplificazione

Zona 4

Le caratteristiche principali di questa zona sono la presenza di materiale alluvionale ghiaioso debolmente argilloso sabbioso sovrapposto a depositi pliocenici sovraconsolidati che a loro volta sovrastano il substrato roccioso cretaceo: la frequenza di risonanza di tale zona è

compresa tra1Hz e 5Hz. Questa situazione mostra contrati di impedenza sismica non molto marcati. Nella Carta MOPS questa zona è cartografata lungo la fascia costiera nella zona compresa tra Giardini Rosa dei Venti a ovest e a est fino al Torrente Cervo. Da queste informazioni e considerando le frequenze fondamentali a cui si ha un'amplificazione significativa del moto sismico rispetto alle zone stabili, evidenziata anche dalle misure di microtremore, si può indicare che per tale zona le amplificazioni del moto del suolo riscontrate potrebbero ripercuotersi particolarmente nei confronti di edifici con uno sviluppo in altezza superiore ai 3 piani ovvero edifici particolarmente sviluppati in elevazione.

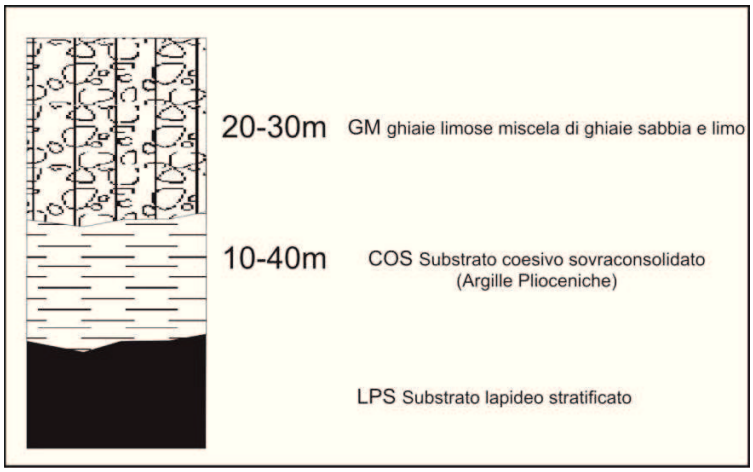


Figura 9 Sezione tipo rappresentativa della Zona 4 stabile suscettibile di amplificazione

Zona 5

Quest'area è caratterizzata dalla presenza di argille sovraconsolidate, riconducibili all Formazione delle Argille di Ortovero di età Pliocenica, sovrapposte al substrato lapideo stratificato: la presenza di effetti amplificativi è testimoniata dai risultati delle misure di microtremore eseguite in corrispondenza delle zone di affioramento delle argille plioceniche. Inoltre le indagini sismiche (tomografie onde P e MASW) eseguite in corrispondenza di questa formazione ha permesso di individuare dei valori di velocità delle onde sismiche tali che è possibile riconoscere un contrasto di impedenza sismica significativo con il substrato cretaceo sottostante appartenente alla Formazione del Flysch di San Remo. I valori di frequenza di risonanza dei depositi di argille plioceniche sono variabili in funzione dello spessore della formazione ma generalmente sono inferiori a 5Hz.

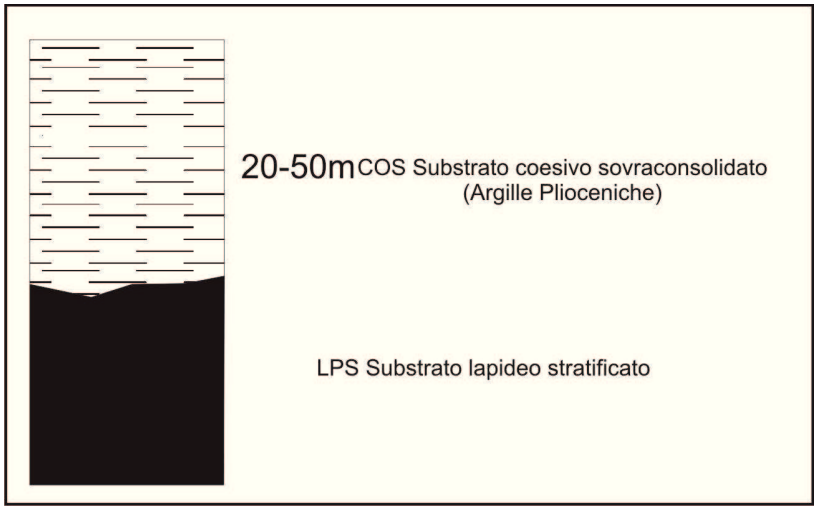


Figura 10 Sezione tipo rappresentativa della Zona 5 stabile suscettibile di amplificazione

Zona di attenzione alle instabilità

Zona di attenzione all'instabilità per frana ZA_{Fr}

In questa categoria sono incluse tutte le frane riportate nella carta geologico-tecnica : la fonte della perimetrazione e dell'ubicazione delle frane sono il Piano di Bacino del Dianese e la cartografia del Progetto IFFI. Le frane perimetrate nella cartografia CARG sono state prese in considerazione solo nel caso non esistessero perimetri interferenti con quelli del Pdb o del Progetto IFFI che sono stati sempre privilegiati.

Zona di attenzione alla liquefazione ZA_{LQ}

Alla luce delle caratteristiche sismostratigrafiche rinvenute nelle zone di piana prossime alla linea di costa e delle preliminari indicazioni circa la profondità del livello di falda libera rinvenute nelle fasi di indagini e nella raccolta dati eseguita per il comune di San Bartolomeo al Mare non è stato possibile escludere per alcune aree la possibilità e il rischio di evenienza del fenomeno della liquefazione dei terreni. La presenza di un livello di falda a profondità di circa 2.0m 5.0m dal piano campagna, le caratteristiche granulometriche medie che mostrano abbondanti livelli di materiale granulare sabbioso limoso conducono alla individuazione di aree in cui non può essere escluso a priori il rischio liquefazione.
Nella versione recente degli *Standard informatici per la rappresentazione degli studi di MS* (Versione 3.0 Ottobre 2013) è stata introdotta la possibilità di individuare zone instabili soggette al fenomeno della liquefazione definite come *zone di attenzione alla liquefazione (ZA_{LQ}).* In particolare in tale versione del documento richiamato sopra si da la possibilità di distinguere tra due zone di attenzione alla liquefazione in funzione della presenza di tutte e 4 le condizioni per la liquefazione dei terreni come indicato da da diverse fonti (AGI, 2005; NTC, 2008) indicate di seguito:

- nella successione litologica sono presenti orizzonti di argilla sabbiosa, limi sabbiosi, sabbie, sabbie limose, sabbie ghiaiose, sabbie argillose e ghiaie sabbiose ad una profondità minore di 20 m dal p.c. In alternativa, è possibile rilevare che nella successione litologica sono presenti orizzonti di materiale granulare con particelle di diametro compreso nei fusi granulometrici definiti anche in ICMS08 - Capitolo 2;
- falda acquifera a una profondità media stagionale inferiore a 15 m dal p.c.;
- eventi sismici attesi di magnitudo Mw uguale o superiore a 5.
- accelerazione massima attesa (PGA) su ammassi rocciosi o terreni molto rigidi e in free field uguale o superiore a 0.1g per un periodo di ritorno pari a 475 anni

Nel caso in cui siano rispettate tutte e 4 le condizioni si definisce la ZA_{LQ1} mentre se non è verificata la quarta condizione (PGA >0.1g per un periodo di ritorno di 475 anni) si definisce una zona ZA_{LQ2}

Nel caso San Bartolomeo al Mare è possibile definire per tutte le aree di attenzione alla liquefazione la ZA_{LQ1} in quanto come detto in precedenza (Capitolo 2) l' accelerazione massima attesa (PGA) su ammassi rocciosi o terreni molto rigidi e in free field uguale a **0.136g**.

L'area che ricade in questa tipo di zona si estende da est verso ovest dall'alveo del Torrente Cervo lungo la linea di costa fino alla zona di confine con il Comune di Diano Marina: pertanto ricadono in tale area sia i terreni che insistono sulle aree di conoide alluvionale che quelli di origine marina distinti nella CGT.

Va sottolineato che l'individuazione di una zona di attenzione all'instabilità per tale fenomeno cosismico in uno studio di MS di livello 1 deve essere vista come la segnalazione di un potenziale pericolo che tuttavia deve essere localmente e puntualmente verificato negli sudi di MS di Livello 3 e comunque nel caso di interventi sul costruito o di nuovi interventi edificatori.

Sebbene siano state accorpate nella ZA_{LQ1} alle zone che insistono sulle aree di conoide alluvionale che alle aree che si trovano in posizione limitrofa nella piana costiera. Tuttavia si vuole indicare che le due situazioni sono qualitativamente distinguibili in termini di pericolosità al fenomeno della liquefazione. Tale indicazione trova riscontro nelle valutazioni proposte da diversi autori (Wakamatsu, 1992; Kutoda et al., 1988) per cui dal punto di vista geomorfologico le conoidi alluvionali con un gradiente topografico (e idraulico) maggiore del 5% mostrano un rischio basso o moderato al rispetto al fenomeno della liquefazione. Nel caso della conoide insiste sul territorio di San Bartolomeo al Mare l'acclività media spostandosi da mote a valle è dell'ordine del 5-7% e pertanto sembrerebbe soddisfatta la condizione per cui il livello di pericolosità per fenomeni di liquefazione è inferiore rispetto alla zona di piana circostante.

Infine va ricordato che le zone di attenzione alla liquefazione sono soggette anche a fenomeni di amplificazione sismica e che, qualora a seguito di verifiche quantitative negli studi di MS di Livello 3 sulla suscettibilità alla liquefazione, alcune delle aree ZA_{LQ1} potrebbero essere svincolate da questa definizione. Pertanto nella carta MOPS sono distinte, sulla base del colore di riempimento, all'interno delle ZA_{LQ1} due zone con caratteristiche amplificative differenti:

- una che presenta frequenza di risonanza compresa tra1Hz e 5Hz e che si trova in corrispondenza dei depositi marini costieri, mediamente con spessori maggiori di 20m e caratterizzate da marcati contrati di impedenza sismica con il substrato rocciosi come conseguenza del brusco aumento dei valori di V*p* e V*s* al passaggio tra depositi

quaternari / substrato roccioso cretaceo (Zona 3 delle zone stabili suscettibili di amplificazione).

- l'altra che presenta anch'essa frequenza di risonanza compresa tra1Hz e 5Hz e che si trova in corrispondenza di materiali alluvionali (conoide alluvionale) e dei depositi marini costieri sovrapposti alla formazione Pliocenica delle Argille di Ortovero che a loro volta sovrastano il substrato rigido rappresentato dai Flysch cretacei. Questa seconda situazione mostra contrati di impedenza sismica non molto marcati (Zona 4 delle zone stabili suscettibili di amplificazione). Da queste informazioni e considerando le frequenze fondamentali a cui si ha un'amplificazione significativa del moto sismico rispetto alle zone stabili, evidenziata anche dalle misure di microtremore, si può indicare che per tale zona le amplificazioni del moto del suolo riscontrate potrebbero ripercuotersi particolarmente nei confronti di edifici con uno sviluppo in altezza superiore ai 3 piani ovvero edifici particolarmente sviluppati in elevazione.

Zona di attenzione all'instabilità per cedimenti differenziali

Si è voluto inserire la presenza di una zona soggetta a potenziali cedimenti differenziali in caso di sisma alla luce della presenza di contatti tra materiali rigidi tra loro molto differenti. Infatti la presenza di un contatto tra le formazioni plioceniche e il substrato roccioso cretaceo nella zona collinare compresa tra il Cimitero comunale sul versante ad est, la frazione Pairola dall'altro versante esposto a ovest e lo dello svicolo autostradale a sud lascia presupporre che in caso di eventi significativi lungo la zona di contatto tra le due formazioni possano esserci scuotimenti e spostamenti differenti del suolo, che potrebbero portare a veri e propri cedimenti differenziali. Tuttavia la mancanza all'interno dei documenti di riferimento (ICMS08, Standard di Archiviazione Informatica DPC) di specifiche cartografiche e sulla classificazione associata a questo fenomeno cosismico lascai libertà di perimetrazione della fascia associata a tale fenomeno: si è scelto di

7.5 COMMENTI FINALI E CRITICITA'

Lo studio di MS del Livello 1 del comune di San Bartolomeo al Mare ha permesso di individuare sia zone stabili soggette a fenomeni di amplificazione sismica rispetto alle zone stabili non amplificative che zone soggette a potenziali fenomeni di instabilità co-sismica o post-sismica quali frane, liquefazione dei terreni e cedimenti differenziali del terreno. Le zone di attenzione per frana sono state individuate ricorrendo agli strumenti cartografici e normativi (Progetto CARG, Progetto IFFI, Piani di Bacino) esistenti che già forniscono notevoli informazioni sullo stato di attività e sulla perimetrazione delle frane presenti sul territorio; le zone di attenzione per la liquefazione dei terreni sono state invece perimetrate e inserite verificando, grazie ai dati puntuali raccolti e a quelli eseguiti ad hoc per lo studio di MS, l'esistenza dei quattro fattori predisponenti.
In generale la stima quantitativa della presenza di fenomeni di instabilità all'interno delle zone soggette ad attenzione individuate nel Livello 1 dovranno essere eseguite negli studi di MS di Livello 3: qualora i fenomeni di instabilità non siano verificati si dovranno riconsiderare la

presenza in tali aree di fenomeni di amplificazione del moto del suolo. In tal senso le caratteristiche amplificative delle zone di piana e delle aree in conoide alluvionale sono riportate nel presente studio quale indicazione per gli eventuali successivi approfondimenti.
Inoltre per definire il livello di qualità della carta delle MOPS è stata utilizzata la procedura semi quantitativa riportata nell'allegato A della D.G.R. 1017/2012, attraverso la quale si valuta il livello di conoscenza raggiunto e la stima circa la qualità della carta del livello 1, sulla base di diversi parametri tra i quali il n° di indagini ecc (Albarello et al., 2011).
La procedura seguita è stata sviluppata attraverso le seguenti fasi di lavoro:

- suddivisione dell'area da investigare in un reticolato di celle quadrate tutte uguali, orientate N-S E-W, con il lato di 250m;
- compilazione della matrice che si riferisce alla tabella al cui interno sono presenti parametri dedotti dalla carta geologico - tecnica, sondaggi a distruzione, sondaggi a carotaggio continuo, indagini geofisiche, prove geognostiche, misure delle frequenze di risonanza, ad ognuno dei quali viene assegnato un peso; ogni parametro prevede 3 indicatori ai quali viene assegnato un punteggio che sarà moltiplicato per il peso corrispondente.

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)			
			0,00	0,33	0,66	1,00
Carta geologico-tecnica	0,33	Anno rilevamento	No data	< 1980	1980-2000	> 2000
	0,33	Progetto	No data	Altro	Allegato piano urbanistico	*Ad hoc*
1,00	0,33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione	0,33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
	0,33	Numero di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
0,50	0,33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo	0,33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
	0,33	Numero di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
1,00	0,33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche	0,33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0,33	Numero di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
0,50	0,33	Numero indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ	0,33	Numero di misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0,33	Numero di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
0,25	0,33	Numero indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito	0,33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0,33	Numero di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
0,75	0,33	Classe di affidabilità misure (Albarello et alii)	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

Comune
San Bartolomeo al Mare (IM)
Fattore di Qualità
69

CLASSE	VALORI (%)	INDICAZIONI
A	>75	nessuna
B	50-74	migliorare almeno uno dei parametri
C	25-49	programmare indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	<25	la Carta non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS08

La somma dei valori dei parametri permette di stilare una qualità della carta, la quale potrà ricadere all'interno di uno dei seguenti intervalli:

- Classe A, valori superiori a 75%; indicazioni nessuna, carta di livello 1 di ottima qualità;
- Classe B, valori intervallo (50%-74%); indicazioni: migliorare almeno uno dei parametri;
- Classe C, valori intervallo (25%-49%); indicazioni: programmare indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità;
- Classe D, valori inferiori a 25%; indicazioni: la carta di livello 1 è di scarsa qualità e non risponde ai requisiti minimi richiesti dagli ICMS e dalle suddette specifiche.

La tabella seguente mostra il risultato dell'applicazione della procedura semplificata applicata secondo quanto sopra descritto: il Fattore di Qualità (FQ) associato alla carta MOPS di San Bartolomeo al Mare (IM) è pari al 69% : la carta delle MOPS prodotta in questo studio risulta compresa nei valori intervallo della CLASSE DI QUALITA B.

Il fattore di qualità indica che almeno uno dei parametri andrebbe migliorato: nel caso di San Bartolomeo al Mare per affrontare studi di MS di livello 2 e 3 potrebbe essere utile avere maggiori informazioni circa la profondità della falda e la presenza di livelli sabbiosi nella zona della piana oltre che avere un numero maggiore di sondaggi (anche a distruzione di nucleo) che raggiungano il substrato roccioso grazie ai quali ricostruire con maggior certezza modelli 1D e 2D del terreno.

8 BIBLIOGRAFIA

AGI (2005) - Associazione Geotecnica Italiana - Linea guida. Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica. Patron Editore, Bologna.

Albarello D., Castenetto S., Naso G. (2011) - Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità di una carta di MS di Livello 1. In Contributi per l'aggiornamwnto degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica"(2008). Ingegneria Sismica Anno XXVIII - n.2 pag. 63-64

Commissione tecnica per la microzonazione sismica (2013) - STANDARD DI RAPPRESENTAZIONE E ARCHIVIAZIONE INFORMATICA - Microzonazione sismica. Versione 3.0

Dallagiovanna G., Fanucci F., Pellegrini L., Seno S. e Bonini L., Decarlis A., Maino M., Morelli D. (2012) *Note Illustrative della Carta Geologica Foglio 259 Imperia alla scala 1:25.000,* 65 pp..

Gianmarino S., Fanucci F., Orezzi S., Rosti D. & Morelli D. (2010) *Note Illustrative della Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50.000, foglio 258-271 San Remo*. ISPRA, 130 pp., Firenze.

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 Cd-Rom

Issel A. (1892) - *Liguria geologica e preistorica*. 2 voll. Donath, Genova

Locati M., Camassi R. e Stucchi M. (2011) - DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11, DOI: 10.6092/INGV.IT-DBMI11

Kutoda K., Wakamatsu, K., Oya M. (1988) - Mapping Liquefaction potential based on geomorphological land classification. Proceedings of Ninth Word Conference on Earthquake Engineering - August 2-9 Tokio, Japan. Vol.III pag.195-200.

NTC (2008) - Norme Tecniche per le Costruzioni - DM 14 gennaio 2008, Gazzetta Ufficiale, n. 29 del 4 febbraio 2008, Supplemento Ordinario n. 30, www.cslp.it, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.

Wakamatsu, K. (1992). Evaluation of Liquefaction Suscettibility Based on Detailed Geomorphological Classification. *Technical Papers of Annual Meeting Architectural Institute of Japan. Vol. B*.

Zizioli D. (2008) *Contributo della geomorfologia quantitativa allo studio dell'evoluzione morfologica della zona costiera delle Alpi liguri occidentali*. Tesi di Dottorato, Università di Pavia, 291 pp.

9 ALLEGATI

ALLEGATO 1 - INDAGINI SISMICHE

ALLEGATO 2 - INDAGINI GEOTECNICHE

ALLEGATO 3 - INDAGINI GEOMECCANICHE

ALLEGATO 4 - CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI