



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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Toscana
Comune di Massa



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Regione Toscana	 UNIVERSITÀ DI SIENA 1240 Università degli Studi di Siena	Maggio 2013



1. INTRODUZIONE pag. 2
 2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO pag.4
 3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL' AREA pag. 8
 - 3.1. IL SUBSTRATO pag. 10
 - 3.2. I DEPOSITI QUATERNARI pag. 14
 - 3.3. LE FRANE pag. 20
 - 3.4. LE PRINCIPALI FORME E PROCESSI pag. 22
 4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI pag. 24
 - 4.1. LE INDAGINI ESISTENTI pag. 24
 - 4.2. LE INDAGINI GEOFISICHE pag. 24
 - 4.2.1. ESECUZIONE DELLA CAMPAGNA DI MISURE DI VIBRAZIONI AMBIENTALI A STAZIONE SINGOLA pag. 24
 - 4.2.2. ESECUZIONE DELLA CAMPAGNA DI MISURE DI VIBRAZIONI AMBIENTALI CON ANTENNA SISMICA pag. 31
 5. IL MODELLO DEL SOTTOSUOLO pag.34
 - 5.1. LA CITTA' DI MASSA E LA PIANURA pag. 34
 - 5.1.1. INTERPRETAZIONE DELLE MISURE DI VIBRAZIONI AMBIENTALI ESEGUITE NELLA PIANURA E NELLA CITTÀ DI MASSA pag. 40
 - 5.1.2. INTERPRETAZIONE MISURE A STAZIONE SINGOLA DELLA LOCALITÀ BARGANA-LAVACCHIO pag. 49
 - 5.2. ALTAGNANA pag. 50
 - 5.2.1. INTERPRETAZIONE DELLE MISURE HVSR pag. 51
 - 5.3. ANTONA pag. 52
 - 5.3.1. INTERPRETAZIONE DELLE MISURE HVS pag. 53
 - 5.4. BERGIOLA MAGGIORE pag. 54
 - 5.4.1. INTERPRETAZIONE DELLE MISURE HVS pag. 55
 - 5.5. CAGLIEGLIA pag. 56
 - 5.5.1. INTERPRETAZIONE DELLE MISURE HVS pag. 57
 - 5.6. CANEVARA pag. 58
 - 5.6.1. INTERPRETAZIONE DELLE MISURE HVS pag. 59
 - 5.7. CASETTE pag. 60
 - 5.7.1. INTERPRETAZIONE DELLE MISURE HVS pag. 61
 - 5.8. FORNO pag. 62
 - 5.8.1. INTERPRETAZIONE DELLE MISURE HVS pag. 63
 - 5.9. PARIANA pag. 64
 - 5.9.1. INTERPRETAZIONE DELLE MISURE HVS pag. 65
 - 5.10. RESCETO pag. 66
 - 5.10.1. INTERPRETAZIONE DELLE MISURE HVS pag. 66
 - 5.11. SAN CARLO PO-TOMBARA pag. 68
 - 5.11.1. INTERPRETAZIONE DELLE MISURE HVS pag. 68
 6. ELABORATI CARTOGRAFICI pag. 70
 - 6.1. LA CARTA GEOLOGICO TECNICA pag. 70
 - 6.2. LA CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE pag. 81
 - 6.2.1. LE ZONE STABILI pag. 81
 - 6.2.2. LE ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE LOCALE pag. 84
 - 6.2.3. LE ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ pag. 92
 - 6.3. LA CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI pag. 98
 7. ORGANIZZAZIONE DELLA BANCA DATI pag. 99
 - 7.1. PREMESSA pag. 99
 - 7.2. RIFERIMENTI GENERALI pag. 99
 - 7.3. METODOLOGIA DI LAVORO pag. 100
 - 7.3.1. RACCOLTA E SELEZIONE DELLA DOCUMENTAZIONE E SUCCESSIVO POPOLAMENTO DELL'ARCHIVIO RELATIVO ALLE INDAGINI pag. 100
 - 7.3.2. PRODUZIONE DEGLI ORIGINALI DI AUTORE E COSTRUZIONE DELLE BASI DATI SPAZIALI RELATIVE ALLE CARTOGRAFIE DI MS pag. 102
 - 7.4. ORGANIZZAZIONE DELLA CONSEGNA pag. 105
 8. BIBLIOGRAFIA pag.107
- ALLEGATO 1 pag. 110

1. INTRODUZIONE

La microzonazione sismica di primo livello di approfondimento, così come descritta negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica dalla Conferenza delle Regioni e delle Provincie Autonome (2008) con le integrazioni richieste dalla Regione Toscana

http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/03normativa/microzonazione/microzonazione_regionale/index.htm

rappresenta innanzitutto uno strumento di conoscenza del territorio in rapporto alle possibili problematiche indotte dall'occorrenza di eventi sismici potenzialmente distruttivi (carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica o MOPS). In seconda istanza fornisce informazioni importanti per attività di pianificazione territoriale volte alla riduzione del rischio sismico. Infine serve alla pianificazione delle ricerche necessarie alla realizzazione delle carte di microzonazione sismica di II livello e, laddove necessario, di III livello. Queste ultime conterranno elementi di carattere quantitativo non richiesti nelle carte di I livello.

In linea di principio, la carta di primo livello non determina alcuna forma di prescrizione sull'uso del territorio, quanto piuttosto orienta il pianificatore nella identificazione di possibili criticità che richiedono particolari cautele in fase di progettazione o nella definizione dei possibili priorità negli interventi di ripristino o rinforzo alle strutture.

La microzonazione sismica qui descritta è frutto di un accordo fra l'Autorità Comunale di Massa e il Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente dell'Università degli Studi di Siena. Sebbene la procedura utilizzata per la realizzazione della carta si sviluppi tutta all'interno degli Indirizzi e Criteri citati sopra, la sua realizzazione ha posto problemi metodologici specifici (soprattutto per quanto riguarda l'esecuzione di misure di sismica passiva in un contesto caratterizzato da forti disturbi di origine industriale) che hanno richiesto l'applicazione di modalità interpretative avanzate non disponibili al di fuori dell'ambiente accademico. Inoltre, accanto alle attività strettamente connesse alla realizzazione della Carta delle MOPS, di tutte le carte di corredo e, soprattutto, della relativa banca dati, le attività svolte hanno comportato una profonda revisione delle carte geologica e geomorfologica dell'intero territorio comunale e quindi assai più estesa di quanto prescritto dagli Indirizzi e Criteri che avrebbero portato a restringere il campo di indagine alle sole aree edificate o edificabili.

Il Comune di Massa si estende per circa 94 km² dalla costa tirrenica allo spartiacque del F. Frigido posto sull'allineamento del crinale dei monti Altissimo-Macina- Sella-Tambura- Contrario-Grondilice-Sagro (Alpi Apuane) che raggiunge la massima quota di 1899 m s.l.m. con il M.Tambura. Il territorio può essere suddiviso in due principali unità di paesaggio: quella pianeggiante e sub pianeggiante che si estende dalla base dei versanti dei rilievi fino alla linea di costa e quella montuoso-collinare che si estende nel settore settentrionale e nordorientale fino alla linea di cresta.

Nell'area montuoso-collinare il territorio corrisponde al bacino idrografico del F.Frigido e può essere ulteriormente suddiviso in diversi elementi di paesaggio. Nella parte nord-orientale la morfologia è caratterizzata da versanti molto acclivi e pareti rocciose con sviluppi verticali di parecchie centinaia di metri con dislivelli complessivi fino a 1600 metri tra i fondivalle e le sommità. I versanti sono prevalentemente denudati, con scarsa vegetazione di prateria e arbustivo-arborea concentrata in particolari condizioni geomorfologiche. Questo è il settore si concentrano le attività estrattive che hanno modificato profondamente il paesaggio,

con fronti di scavo di parecchie centinaia di metri, discariche di detriti di lavorazione (ravaneti) molto estesi e la rete viaria di servizio alle cave. Gli insediamenti sono limitati ai fondivalle, profondamente incassati e di limitata estensione (Forno, Resceto, Gronda, Canevara etc...) mentre verso SO i versanti assumono forme relativamente più ondulate e dolci legate a dinamiche gravitative e sono densamente vegetati (Casette, Caglioglia, Antona, Altagnana). La vegetazione forestale predomina sulle pendenze maggiori mentre su quelle minori (ad es. versante tra Altagnana e Pariana) localmente il paesaggio è mosaicato a causa della presenza di aree agricole con prevalenti coltivazioni arborate (olivo e vite). I versanti nel complesso sono molto erosi e i suoli sono generalmente molto sottili ad eccezione delle morfologie più conservative e delle coperture detritiche. Muovendo verso SO lungo l'allineamento M.Brugiana - M.Belvedere, rispettivamente in destra e sinistra idrografica del F. Frigido, gli insediamenti assumono caratteristiche diverse e sono maggiormente diffusi in corrispondenza dei versanti ondulati seppure molto acclivi (Bergiola) e delle superfici a minore pendenza (San Carlo Po-Tombara, Pariana). La vegetazione si presenta molto frammentata ed aumentano i terreni a coltivo, prevalentemente oliveti e vigneti. In destra del F. Frigido sono infine presenti i rilievi orientati in direzione NO-SE di M.Pretina, M.Olivero e Candia a cui si interpongono con la stessa direzione il Canale della Foce, il Fosso della Tasca e il F. di Codupino. Le quote e i dislivelli diminuiscono progressivamente verso O e le forme del paesaggio sono più dolci, seppure con versanti molto acclivi. Le sommità dei rilievi sono smussate e il reticolo di drenaggio è meno inciso con prevalenza di vallecole con forma a U. Il paesaggio vegetale è dominato da colture prevalentemente a olivo e vite con caratteristiche sistemazioni dei versanti a terrazzi con muri e gradini. La copertura pedologica è molto erosa e il substrato, costituito dai termini più recenti della Successione Toscana non metamorfica e delle Unità Liguri, è spesso subaffiorante.

La porzione di territorio maggiormente popolata, sede di numerose infrastrutture e di conseguenza fortemente antropizzata è quella compresa tra la linea di costa e la base dei versanti collinari e montuosi con quote comprese tra il livello del mare e ca. 150 m.

Procedendo da monte verso valle le aree prossime ai versanti sono caratterizzate da deboli pendenze, corrispondenti alle conoidi alluvionali dei tributari del Frigido e dei corsi d'acqua minori della pianura dove sono ubicati numerosi insediamenti (Turano, Codupino, Tomba, Lavacchio) prossimi al brusco passaggio con i versanti molto acclivi. Il centro storico di Massa è ubicato in sinistra idrografica del F. Frigido e si estende in parte nella porzione pianeggiante delimitata a O e NO dall'incisione del F. Frigido, in parte all'interno della valle trasversale che separa i due rilievi del M. di Pasta e del Castello e in parte a S di quest'ultimo. Procedendo verso la costa la parte più distale della conoide alluvionale e la zona prossima alla costa sono sede di insediamenti abitativi irregolarmente distribuiti sia nelle zone più prossime al Fiume sia nelle zone più distali della pianura. In destra idrografica del F. Frigido è inoltre ubicata la zona industriale di Massa. Infine nella fascia pianeggiante parallela alla costa sono presenti altri insediamenti di carattere residenziale e turistico (es. Marina di Massa).

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

Secondo l'aggiornamento della classificazione sismica della Regione Toscana realizzato nel 2012, il territorio comunale di Massa ricade nella Zona 3 (http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/03normativa/classificazione/classificazion_e_toscana/img_classificazione/class_elenco2012.pdf). Nell'ambito di questa classificazione, il territorio di Massa viene quindi indicato come soggetto a classificazione sismica ma caratterizzato da livelli di pericolosità relativamente ridotti.



Fig. 1 Classificazione sismica delle Regione Toscana. Il riquadro rosso indica la posizione del Comune di Massa

Nella nuova di carta di pericolosità sismica dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, le accelerazioni massime orizzontali caratterizzate da una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni risultano per il Comune di Massa dell'ordine di 0.150-0.175g (Fig. 2).

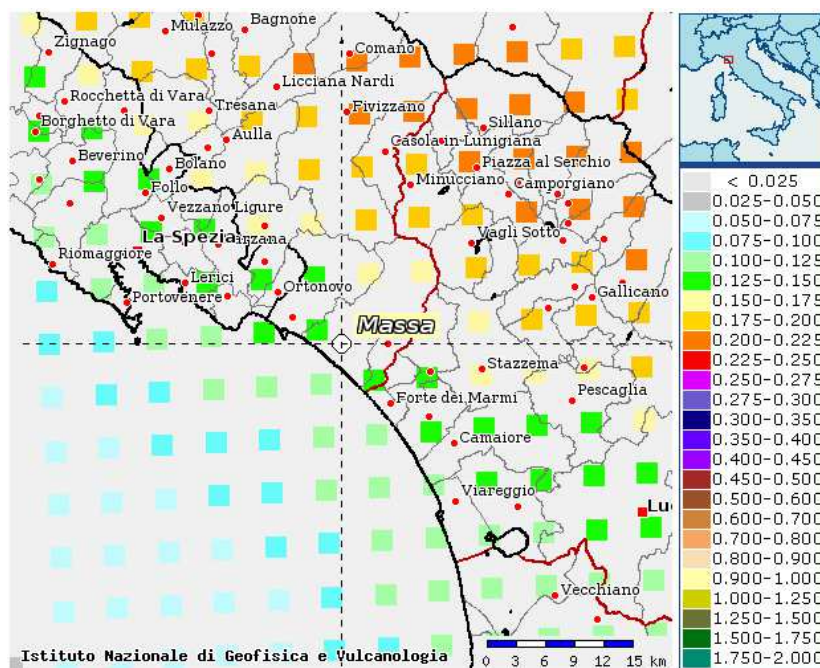


Fig. 2 Carta di pericolosità sismica dell'area della Toscana Nord Occidentale. I colori si riferiscono alle accelerazioni orizzontali (in frazioni dell'accelerazione di gravità) caratterizzate da una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

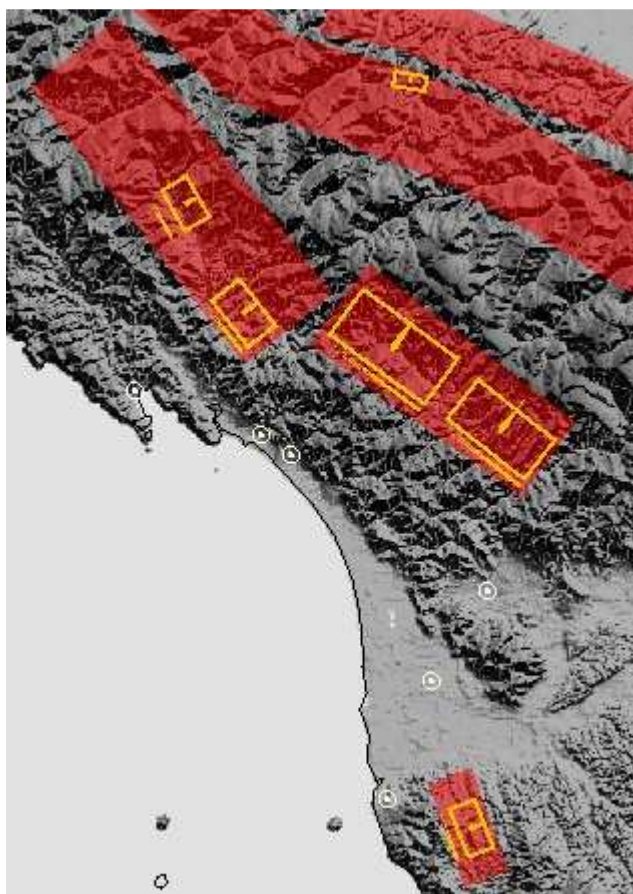


Fig.4. Distribuzione delle faglie sismogeniche potenzialmente responsabili dei massimi risentimenti sismici documentati nella città di Massa (Tab.1) così come riportati nella banca dati DISS dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia http://diss.rm.ingv.it/GFMaplet3_INGV/GFMaplet/Default. Come si vede nessuna delle strutture si trova all'interno del territorio comunale.

Nel Catalogo delle faglie capaci realizzato da ISPRA (Progetto ITHACA, disponibile in rete <http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>) viene riportata l'esistenza di una faglia capace orientata NO-SE alla base del versante tirrenico delle Apuane che si interromperebbe in prossimità dell'abitato di Massa per riprendere verso sud (Fig. 2.1). Verso nord sono anche presenti alcuni segmenti di faglia paralleli. Le osservazioni di campagna geologiche, geomorfologiche e morfotettoniche non evidenziano alcun elemento utile all'individuazione di deformazioni superficiali associabili all'attività recente di una faglia, né nel settore di pianura, né nel settore interno. I dati di sismicità storica rilevati nell'area inoltre presentano epicentri registrati lungo l'andamento della faglia capace. Anche i dati di sottosuolo non sembrano confortare l'ipotesi della presenza di una struttura sepolta sotto i depositi alluvionali e di costa che presenti un rigetto del contatto tra il substrato e la copertura alluvionale.

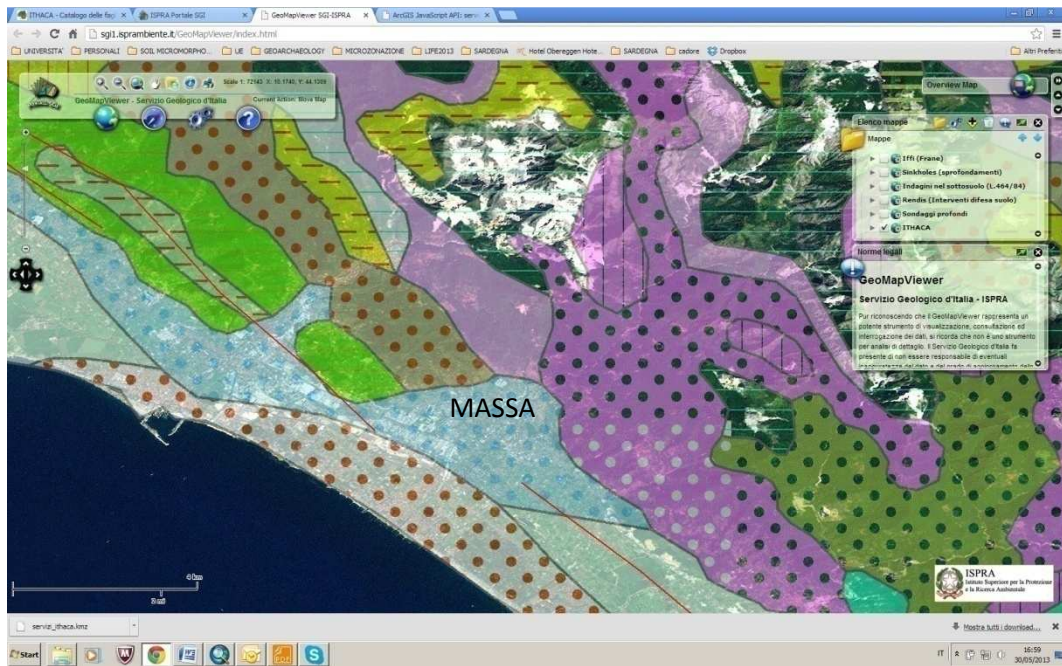


Fig. 2.1 Ubicazione delle faglie capaci (in rosso) nell'area di Massa (fonte: <http://sgi1.isprambiente.it/GeoMapViewer/index.html>)

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

Le Alpi Apuane costituiscono una finestra tettonica nell'Appennino settentrionale in cui affiorano le unità più profonde dell'orogene. Diverse fasi tettoniche hanno portato alla strutturazione dell'edificio a falde così come oggi ci appare. Una fase tettonica compressiva precoce denominata Fase Ligure (Cretacico superiore – Eocene medio) ha interessato le Unità Liguri interne e successivamente quelle esterne (Elter et alii, 1964). Ne deriva la formazione di una catena di età eocenica con coinvolgimento di crosta oceanica e relativa copertura. Durante questa fase tettonica si registrano più eventi deformativi nel Dominio Ligure interno (Elter & Marroni, 1991) e si determina il generale rovesciamento di tutta la successione del Flysch di Ottone appartenente al Dominio ligure esterno. Successivamente, a partire dall'Oligocene, superiore si realizzano le fasi compressive denominate Toscane durante le quali le Unità Liguri già strutturate nel ciclo precedente si accavallano sul Dominio toscano. Durante questa fase l'Unità tettonica della Falda Toscana è deformata ed interessata da metamorfismo solo anchizonale (Cerrina Feroni et alii, 1983; Reutter et alii, 1983; Carosi et alii, 2003), la sottostante Unità tettonica dell'Autoctono Auctt. è intensamente deformata con pieghe isoclinali chilometriche e raggiunge un metamorfismo in facies scisti verdi. L'età di questa fase deformativa, integrando dati radiometrici e biostratigrafici, è stimata attorno a 20 Ma (Kligfield et alii, 1986; Costa et alii, 1992; Catanzariti et alii, 1996).

A partire dal Tortoniano un'importante fase distensiva caratterizzata da faglie a basso angolo interessa tutto il margine interno dell'Appennino settentrionale. L'esumazione del complesso metamorfico apuano deriva dalla denudazione tettonica causata dal sollevamento isostatico ed erosione connesse con la tettonica distensiva miocenica e più recente, che ha anch'essa prodotto deformazioni penetrative duttili nel complesso metamorfico (Carmignani et alii, 1993) e da duttili-fragili a fragili in quello anchimetamorfico. L'età dell'inizio del sollevamento è stimata attorno a 10-13 Ma (Fellin et alii, 2007; Abbate et alii, 1994; Balestrieri et alii, 2003) mentre per l'emersione definitiva dell'area i terreni continentali pliocenici presenti sul versante della Valle del Serchio ne testimoniano un'età pliocenica. La distensione si realizza nell'Unità tettonica dell'Autoctono Auctt. prevalentemente mediante zone di taglio duttili spesso lungo le linee delle precedenti strutture compressive e nell'Unità tettonica della Falda Toscana e nelle Liguridi mediante faglie dirette a basso angolo e rotazione di blocchi.

I due complessi sono separati da un orizzonte (Calcere Cavernoso) che ha funzionato come superficie di thrust NE-vergente durante le fasi compressive e come superficie di scollamento (detachment) durante la tettonica distensiva (Carmignani & Kligfield, 1990).

Le più recenti fasi deformative sono costituite da faglie normali ad alto angolo che dislocano le faglie precedenti ed è caratterizzata da faglie che delimitano le depressioni tettoniche del Serchio e della Versilia colmate da sedimenti pliocenici e quaternari. L'evoluzione del paesaggio dell'area ha inizio con il sollevamento della dorsale delle Apuane e l'inizio dell'approfondimento del reticolo di drenaggio. Il sollevamento dell'area è iniziato nel Pliocene Inferiore-Medio quando dei corsi d'acqua drenavano verso N e NE andando a costituire delle pianure alluvionali i cui depositi sono oggi conservati in Lunigiana (Aulla-Olivola) e nella Valle del Serchio (Garfagnana-Barga). Successivamente, con l'apertura del Bacino tirrenico e la definitiva creazione del rilievo delle Alpi Apuane si imposta il drenaggio attuale. Il maggior sollevamento registrato nell'area tuttavia è testimoniato a partire dal Pleistocene medio quando si individuano i depositi alluvionali di corsi d'acqua

concordanti con il reticolo di drenaggio attuale (Coltorti & Pieruccini, 2008). Durante il Quaternario recente l'area è stata soggetta alle dinamiche erosive e deposizionali tipiche dell'alternanza dei periodi glaciali-interglaciali. Durante l'Ultima Glaciazione sulle parti alte dei rilievi sono state modellate numerose forme glaciali e crio-nivali mentre i depositi corrispondenti sono presenti in lembi ridotti prevalentemente nelle valli esposte a N dove l'accumulo glaciale era maggiore. Nell'area costiera i corsi d'acqua all'uscita dal settore montuoso depositavano ingenti quantità di sedimenti provenienti dalla degradazione dei versanti in ambiente freddo e arido con formazione di ampie conoidi alluvionali a cui erano associate estese pianure alluvionali che si raccordavano al livello marino che era circa 120 m più basso dell'attuale (Blanc, 1942; Segre, 1968). Con il miglioramento climatico olocenico i versanti hanno cominciato a rivegetarsi e la diminuzione di produzione di detrito ha favorito la progressiva incisione dei corsi d'acqua che ha interessato anche le conoidi alluvionali precedentemente deposte. La risalita del livello marino ha portato nella fase di massima trasgressione al modellamento di una falesia a spese delle conoidi stesse (Sestini, 1950). Successivamente con l'affermarsi dello sfruttamento antropico e la degradazione della vegetazione dei versanti il carico solido dei corsi d'acqua è aumentato provocando l'arretramento della linea di riva e la formazione di una fascia di dune e stagni paralleli alla costa.

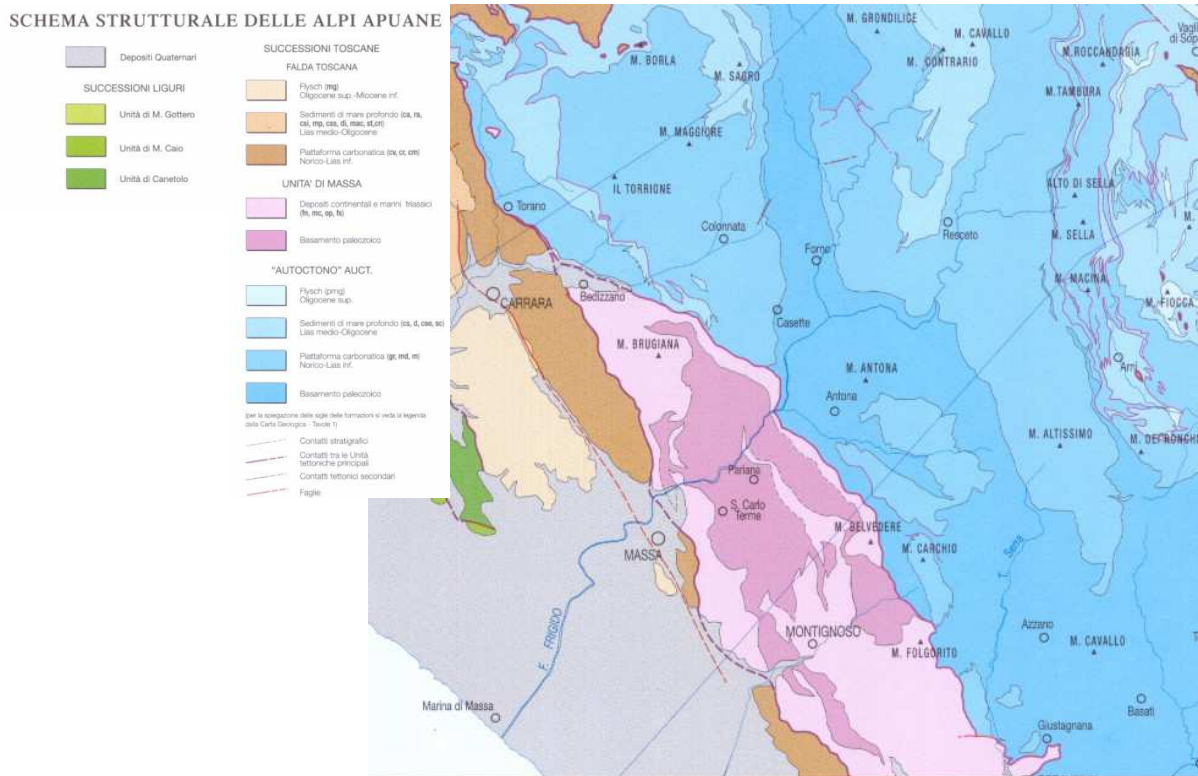


Fig. 3.1 Schema strutturale delle Alpi Apuane (da: Carmignani et al., 2000)

3.1 IL SUBSTRATO

Per la cartografia del substrato sono state raccolte le informazioni provenienti dalle numerose cartografie precedenti quali la carta geologica del Piano Strutturale in scala 1:5.000 (Comune di Massa, 2010), il Continuum Geologico della Regione Toscana in scala 1:10.000 (Regione Toscana-Servizio Cartografico, 2011) la Carta Geologica del Parco delle Apuane (Carmignani et al., 2000). Di conseguenza sia le geometrie sia la natura dei contatti sono state prevalentemente desunte dall'analisi delle cartografie precedenti.

Le sigle delle Formazioni corrispondono alle sigle presenti nel *Continuum Geologico della Regione Toscana*

Dominio Ligure e Subligure

OMT *Flysch di Ottone*

Calcari e calcari marnosi grigi scuri con patina di alterazione nocciola-cinerea e tipica frattura scheggiata, e marne anch'esse grigie scure. I calcari sono ben stratificati in strati di spessore fino ad oltre 2 metri con sottili livelli di marne siltose, argilliti più o meno calcaree, arenarie fini e siltiti. Spessore: fino a 120 m.

Campaniano – Maastrichtiano.

ACC *Argille e Calcari di Canetolo*

Spessore fino a 200 m.

Eocene medio.

ACCa *Litofacies calcareo-argillitica*

Alternanza di argilliti, siltiti e calcari micritici, in strati da sottili a spessi con patina di alterazione lucida e varicolore, diffusamente tettonizzate, con assetti caotici che rendono spesso difficile il riconoscimento della stratificazione.

ACCb *Litofacies calcareo marnosa*

È costituita da torbiditi calcareo-marnose in strati da spessi a molto spessi a granulometria fine, con livelli di arenarie associate a livelli plurimetrici di marne siltose grigie, siltiti marnose e argilliti

Falda Toscana

MAC *Macigno*

Arenarie quarzoso-feldspatico-micacee gradate, in strati di potenza variabile, con livelli più sottili di siltiti e argillitici di spessore maggiore prevalentemente al tetto della formazione. Spesso la stratificazione non è riconoscibile, mascherata da una probabile amalgamazione primaria degli intervalli arenitici e dall'alterazione diffusa. Spessore: 200 m.

Oligocene superiore – Miocene inferiore

STO *Scaglia Toscana*

Argilliti e argilliti siltose e marnose rossastre, verdastre o grigie in strati spessi 5-10 cm, talvolta con sottili intercalazioni di calcilutiti silicee e calcareniti grigie o verdastre. La forte tettonizzazione subita da questa formazione nell'area e gli affioramenti discontinui non rendono possibile l'individuazione di membri o litofacies ed impedisce indicazioni attendibili di spessore.

Spessore: 150 m

Cretacico inferiore – Oligocene.

RSA *Rosso Ammonitico*

Calcari nodulari rosati, rossi o giallastri e calcari stratificati rosa subordinatamente giallastri in strati decimetrici, talvolta con sottili interstrati di marne rosse e rare selci rosa. Compare in affioramenti fortemente tettonizzati molto limitati e discontinui nelle stesse aree di affioramento del Calcare Massiccio. Spessore: 10-15 m.

Sinemuriano p.p. – Pliensbachiano p.p.

ANL *Calcari ad angulati*

Calcari marnosi grigio-scuro in strati decimetrici, alternati a marne siltose grigio-scure e argilliti di spessore subordinato. Spessore: 10-15 m

Hettangiano – Sinemuriano p.p

MAS *Calcare Massiccio*

Calcari e calcari dolomitici bianchi o grigi chiari grossolanamente stratificati e massicci. Diffusa deformazione cataclastica che impedisce l'osservazione dettagliata dei caratteri stratigrafici e sedimentologici originari. Spessore: 50 m

Hettangiano – Sinemuriano p.p

RET *Calcari e Marne a Rhaetavicula Contorta*

Calcari, calcari dolomitici, calcari marnosi e dolomie di colore grigio-nerastro con sottili intercalazioni di marne e argilliti di colore nerastro. I calcari sono in strati di spessore variabile, da circa 10 cm fino a qualche metro, le alternanze marnose e argillitiche hanno invece spessori inferiori. Generalmente nella parte inferiore prevalgono calcari, calcari dolomitici e dolomie grossolanamente stratificati. Spessore : 100 m

Retico.

CCA *Calcare Cavernoso*

Calcari dolomitici e dolomie grigie brecciate e con struttura a cellette e dolomie cariate a cui si associano breccie a prevalenti elementi dolomitici friabili e pulverulenti (carniole, calcari a cellette, calcari carciati e vacuolari Auctt.). La formazione è quasi ovunque interessata da importanti fenomeni cataclastici di origine tettonica. Spessore: 100 m

Norico superiore.

Unità tettonica di Massa

L'Unità tettonica di Massa è costituita nelle Alpi Apuane da un Basamento ercinico rappresentato da metasedimenti e metavulcaniti acide interessati da metamorfismo di basso grado e da una copertura post-ercinica rappresentata da depositi terrigeni e carbonatici con subordinate vulcaniti basiche, anch'essi interessati da metamorfismo.

PRA *Prasiniti*

Metabasiti ad albite, clorite, epidoto e quarzo, verdi, grigio-verdi e grigie, talvolta alternate a livelli di filladi e di meta conglomerati.

Ladinico p.p.

VEU *Formazione della Verruca*

Filladi quarzítico-muscovitiche grigio-chiare o grigio-verdi, talora violacee, con intercalazioni di metaconglomerati e filladi scure.

Carnico p.p.

VEUa *Membro delle Anageniti grossolane*

Metaconglomerati quarzosi con matrice quarzítico-filladica da grigio-verde a violacea. Gli elementi sono costituiti in prevalenza da quarzo rosato e quarziti bianche o rosate.

VEUb *Membro delle Anageniti minute*

Quarziti a granulometria variabile, fino a conglomerati, alternate a filladi e filladi quarzítiche

CND *Marmi a crinoidi (Marmi del Monte BRugiana – Marmi calcescisti e peliti nere 50k)*

Marmi bianchi, venati e grigi con struttura saccaroide con rari livelli dolomitici a patina di alterazione rosso-bruna, abbondanti resti di crinoidi.

Anisico p.p. – Ladinico p.p

CNDa *Brecce Marmoree (Marmi del Monte BRugiana –meta brecce 50k)*

Metabrecce a elementi marmorei metacalcilutiti poligeniche in matrice filladica muscovitica e cloritica, grigio scura o verdastra.

Ladinico

MGC *Metaconglomerati eterometrici (filladi nere congl basale carta parco, formazione monte folgorito 50k)*

Metaconglomerati eterometrici per lo più quarzosi, sparsi in una matrice cloritico-muscovitica verde o grigio-verde metarenarie ciottolose

Anisico p.p.

Basamento ercinico

PRS *Porfiroidi e scisti porfirici*

Metavulcaniti a composizione riolitico-riodacitica verdi chiare o grigie, con relitti millimetrici di fenocristalli di quarzo e feldspati in matrice quarzítico-muscovitica-cloritica. Intercalazioni di metarossi e filladi muscovitico-cloritiche

Ordoviciano

FAF *Filladi quarzítico-muscovitiche e cloritiche (Filladi inferiori 50k)*

Filladi quarzítico-muscovitiche e cloritiche, grigio-scure o grigio-verdastre, alternate a quarziti grigio-chiare.

FAFa

Rocce magmatiche a composizione basica

Cambriano?-Ordoviciano?

Autoctono

PSM *Pseudomacigno*

Metarenarie quarzoso-feldspatico-micacee, alternate a filladi (scisti ardesiaci) più o meno quarzítiche grigio-scure. Le metarenarie hanno granulometria da fine a medio-grossolana e bancate fino a oltre 20 m di spessore.

Oligocene superiore – Miocene inferiore.

SSR *Scisti Sericitici*

Equivalente metamorfico della Scaglia Toscana, si tratta di filladi muscovitiche verdastre, rosso-violacee e più raramente grigie, con rari e sottili livelli di filladi carbonatiche, marmi a clorite e metaradiolariti rosse.

Aptiano – Oligocene inferiore.

ENT *Metacalcari ad entrochi*

Metacalcilutiti grigio chiare e color avorio con liste e noduli di selci. Localmente a tetto della formazione, lenti di metacalciruditi derivate da originarie brecce poligeniche a elementi di calcilutiti, dolomie e radiolariti

Berriaisano-Barremiano

MDI *Metaradiolariti*

Equivalente metamorfico dei Diaspri dell'Unità tettonica della Falda Toscana, si tratta di metaradiolariti rosse, violacee, verdastre e raramente grigie, sottilmente stratificate, con interstrati di filladi quarziti che.

Calloviano – Titonico.

CLF *Metacalcari selciferi*

Metacalcilutiti grigio scure con liste e noduli di selci e rari livelli di metacalcareniti in strati di potenza variabile spesso alternati con strati più sottili di calcescisti e filladi carbonatiche grigio scure, tracce di pirite e ammoniti piritizzate.

Pliensbachiano p.p.

MRZ *Marmo zebrino*

Marmi, metacalcari rosati e metabrecce con matrice rosata, con sporadiche selci. Marmi bianchi e color avorio con sottili livelli di marmi a muscovite e, più raramente, di calcescisti grigio-verdastri; localmente livelli di filladi carbonati che Hettangiano- Pliensbachiano p.p.

MAA *Marmi (Marmi delle apuane 50k)*

Marmi bianchi grigi color avorio e giallo con sottili livelli di marmi a muscovite più raramente di calcescisti grigio-verdastri; loc. livelli di filladi carbonatiche dolomie e marmi dolomitici. Breccie monogeniche metamorfiche a elementi marmorei da centimetrici a metrici.

Hettangiano.

MDD *Marmi dolomitici*

Marmi dolomitici alternati a livelli di dolomie grigio chiare o rosate, più o meno ricristallizzate. Frequenti alghe, gasteropodi, brachiopodi e lamellibranchi. Spesso presenti dolomie cristalline massicce grigio chiare

Hettangiano

BSE *Breccie di Seravezza*

Breccie poligeniche metamorfiche a elementi marmorei e subordinatamente dolomitici, con matrice filladica a cloritoide di colore rossastro o verdastro.

Norico superiore – Hettangiano p.p.

BSEa *Scisti a cloritoide*

Livelli discontinui di filladi a cloritoide.

Norico superiore – Hettangiano p.p.

MMG *Marmi a megalodontidi*

Marmi saccaroidi, massicci o grossolanamente stratificati, con scarsa muscovite e clorite lungo i giunti di strato. Frequenti molluschi, brachiopodi e lumachelle a megalodonti

Norico-Retico

GRE *Grezzoni*

Dolomie e dolomie ricristallizzate grigio-scure, con limitate modificazioni tessiturali metamorfiche

Norico.

VINa *Formazione di Vinca - Filladi grigio-verdastre, quarziti e meta conglomerati*

Filladi grigio-verdastre, quarziti e meta conglomerati

Carnico superiore p.p.

VINb *Formazione di Vinca - Dolomie grigio-scure e rosate*

Dolomie grigio-scure e rosate con subordinati livelli di filladi, quarziti e meta conglomerati

Carnico superiore p.p.

Basamento ercinico

OTH *Dolomie a Orthoceras*

Filladi grafitose nere, dolomie ad Orthoceras e calcari nodulari

Siluriano sup.

OTHb *Dolomie grigie e rare liditi*

Dolomie grigie e rare liditi

Siluriano sup.

MRQ *Quarziti e filladi superiori*

Metarcosi, quarziti e quarziti filladiche grigio chiare, alternate a filladi e filladi quarzitiche grigio scure

Ordoviciano superiore.

PRS *Porfiriodi e scisti porfirici*

Metavulcaniti a composizione riolitico-riodacitica verdi chiare o grigie, con relitti millimetrici di fenocristalli di quarzo e feldspati in matrice quarzítico-muscovítica-cloritica. Intercalazioni di metarcosi e filladi muscovítico-cloritiche

Ordoviciano

FAF *Filladi quarzítico-muscovítiche e cloritiche (Filladi inferiori 50k)*

Filladi quarzítico-muscovítiche e cloritiche, grigio-scure o grigio-verdastre, alternate a quarziti grigio-chiare.

Cambriano-Ordoviciano sup.

3.2 I DEPOSITI QUATERNARI

I depositi quaternari, indicati per gli scopi della Microzonazione Sismica come “terreni copertura” (ICMS 2009, 2012), sono presenti diffusamente nell’area. Nella parte di pianura costituiscono i depositi di conoide alluvionale e alluvionali, terrazzati e non, del F. Frigido e dei corsi d’acqua minori, i depositi di spiaggia e di stagno e palude attuali ed antichi. Lungo i versanti essi costituiscono i detriti di versante sia attuali sia antichi e le frane diffusamente presenti sul territorio. Sono inoltre presenti i depositi di natura antropica (ravaneti, discariche, rilevati, riporti). Per questo progetto i terreni di copertura sono stati investigati nel dettaglio aggiornando le cartografie esistenti poiché di cruciale importanza per la definizione delle caratteristiche sismiche sia dei depositi stessi sia del territorio. Il rilevamento, effettuato attraverso sopralluoghi di campagna e aereofoto interpretazione è stato condotto con particolare dettaglio in prossimità dei centri abitati, interpretando ed utilizzando anche i dati di sottosuolo esistenti.

Per la loro cartografia si è partiti dai seguenti dati esistenti:

- Continuum Geologico della Regione Toscana in scala 1:10.000, in cui per ragioni legate alle finalità del progetto i depositi quaternari sono sia sottorappresentati sia scarsamente documentati allo scopo di dare maggior risalto alle caratteristiche del substrato.
- Banche Dati IFFI e aggiornamenti, relativi alle frane, anche in questo caso i corpi di frana risultano sottorappresentati.
- Piano strutturale del Comune di Massa, in cui i depositi quaternari sono ben rappresentati anche se alcune modifiche si sono rese necessarie, in special modo per la loro classificazione e per quanto riguarda la tipologia e le geometrie dei corpi di frana.

I depositi in questione sono stati classificati seguendo le norme previste dal Progetto CARG (ISPRA, 1993) in accordo a quanto riportato in ICMS (2009). Per questo i depositi del Pleistocene superiore della conoide del F. Frigido sono stati classificati in unità sintemica (Sintema del Frigido), poiché la superficie di discordanza inferiore e superiore sono ben riconoscibili e estrapolabili all’intero territorio.

h *Discariche di cave, ravaneti*

Sono gli accumuli degli scarti di lavorazione presenti al piede delle aree estrattive. Le loro dimensioni dipendono dalle dimensioni e dell’età dell’attività estrattiva. Possono costituire estese coperture con angoli di riposo molto elevati (Fig. 3.2.1) costituiti da ammassi caotici di ghiaie e blocchi con dimensioni fino a plurimetriche. Il contenuto in matrice è variabile. Sono depositi da sciolti fino a molto addensati, non cementati.



Fig. 3.2.1 Cave e Ravaneti di Cima di Gioia

hr hrs Terreni di riporto - Rilevati stradali

h1 Discariche per inerti e rifiuti solidi urbani

Sono i depositi associati alle attività antropiche derivanti dal movimento terre per scopi edili, dalla realizzazione dei rilevati per le principali infrastrutture (ferrovia, autostrada) e dall'accumulo di materiali di rifiuto sia inerti sia di origine urbana.

a Detrito di versante (attuale)

Si tratta dei depositi presenti sui versanti da acclivi a molto acclivi del bacino del F. Frigido prevalentemente alla base delle più importanti scarpate e pareti rocciose o all'interno delle morfologie più conservative (es. impluvi e vallecole), in accordo con la morfologia attuale spesso scarsamente vegetati o rimaneggiati durante i principali eventi critici. Si tratta di depositi eterometrici dalle ghiaie ai blocchi, angolosi e sub-angolosi, messi in posto per processi prevalentemente gravitativi, generalmente *open-work*. Sono prevalentemente massivi o grossolanamente stratificati.

Depositi granulari sciolti, non cementati.

Spessore: fino a 10 m.

g2 Depositi di spiaggia (attuali)

Sabbie medio grossolane con granuli, ciottoli e limi subordinati, appartenenti alla spiaggia attuale, depositate e ridistribuite dalle correnti di deriva litoranea e sottoposte a rimaneggiamento dal moto ondoso. L'estensione e la dimensione della spiaggia è soggetta a forte variabilità stagionale a causa dei principali eventi critici e alla presenza di opere di difesa (scogliere e pennelli). La delimitazione interna della spiaggia è marcata da opere di edilizia (case e stabilimenti balneari) e dalla rete viaria.

Depositi granulari sciolti, non addensati.

Spessore: variabile fino a 4-5 metri.

b Depositi alluvionali (attuali)

Sono i depositi del letto del F. Frigido e dei principali tributari. Nel tratto prossimale sono prevalentemente blocchi e ghiaie da angolosi ad arrotondati che costituiscono il carico solido di fondo mobilizzato durante i principali eventi critici. La caratteristica principale in questo tratto è l'abbondanza di clasti di marmo dovuta all'alimentazione proveniente quasi esclusivamente dai ravaneti delle aree estrattive. Nel tratto mediano e distale, nella pianura, sono costituiti da ghiaie eterometriche, da arrotondate a sub-angolose, e sabbie da grossolane a fini che costituiscono barre laterali e longitudinali all'interno del letto di piena ordinaria e che evolvono rapidamente durante gli eventi alluvionali (Fig. 3.2.2).

Depositi granulari sciolti, non addensati.

Spessore: variabile fino a 3-4 metri.



Fig. 3.2.2 L'alveo attuale del F. Frigido, regimato, al cui interno sono presenti forme mobili quali barre ghiaiose longitudinali e trasversali

i Depositi di origine mista di debris flow e/o torrentizio (attuali)

Depositi eterometrici con granulometrie dai blocchi, alle ghiaie alle sabbie grossolane trasportate per meccanismi misti di trasporto idrico e gravitativo all'interno dei canali più acclivi dei versanti montuosi. Si mobilizzano in corrispondenza degli eventi meteorici critici a causa dell'innescio lungo i versanti di fenomeni gravitativi che trasportano all'interno dei canali masse costituite da detrito frammisto a suolo e resti di vegetazione.

Depositi granulari sciolti, non addensati.

Spessore: fino a 3-4 m.

OLOe Depositi di stagno o laguna costiera (Olocene)

Sabbie, limi, argille e torbe con rare e sottili intercalazioni ghiaiose e abbondanti resti vegetali che costituiscono tratta il riempimento delle aree depresse interposte tra i depositi di conoide e la fascia costiera con i sistemi dunari marini ed eolici. La loro formazione è legata alla creazione dei lidi costieri che conseguentemente all'interrimento dovuto all'apporto dei corsi d'acqua progradavano verso mare. Queste aree depresse erano originariamente occupate da lagune costiere che in seguito all'apporto detritico da parte dei corsi d'acqua si trasformavano in stagni e paludi e oggi completamente occupate e trasformate dall'antropizzazione, soprattutto nell'area prossima alla fascia costiera. In alcuni settori tuttavia sono ancora presenti delle aree umide che indicano il carattere endoreico del drenaggio superficiale (es. tra Loghi e C.Giorgini nel settore orientale del Comune). Si trovano prevalentemente in discordanza sui depositi alluvionali ghiaiosi pleistocenici del F. Frigido.

Depositi granulari sciolti (sabbie e limi) e privi di consistenza (argille e torbe), non cementati.

Spessore: 0-10 m.

OLObn2s (sabbie prevalenti) Depositi alluvionali (Olocene)

OLObn2sg (sabbie e ghiaie)

OLObn2g (ghiaie prevalenti)

Si tratta dei depositi alluvionali del F. Frigido, dei principali corsi d'acqua della pianura (T.Ricortola, T. Magliano) e delle conoidi alluvionali alla base dei versanti. All'interno della valle del Frigido nel tratto montano sono presenti lembi estremamente ridotti di depositi terrazzati fino a circa 5-6 metri sull'alveo attuale (Canevara etc...), spesso difficilmente cartografabili. Sono ghiaie poligeniche, con

clasti di marmo subordinati, eterometriche fino alla dimensione dei blocchi, da arrotondate a sub angolose con quantità variabili di matrice sabbioso-limosa. Localmente sono alterate da paleosuoli bruni sepolti o relitti (Fig. 3.2.3).



Fig. 3.2.3 Terrazzo alluvionale ghiaioso, rimodellato da interventi antropici, con depositi ghiaioso-sabbiosi alterati da suoli bruno-rossastri, Canale di Resceto.

Nel tratto del F.Frigido subito all'uscita dal settore montano formano dei terrazzi alluvionali di limitata estensione incisi fino a 10 metri dall'alveo attuale, mentre più a valle questi si ampliano a formare estesi terrazzi pianeggianti (sia a monte che a valle di Remola e Poggiolo) re-incisi di pochi metri dal corso d'acqua. Questi terrazzi costituiscono le aree di espansione delle piene eccezionali anche se oggi sono interamente occupate da strutture produttive e residenziali. In questi settori i depositi sono prevalentemente ghiaiosi, eterometrici con quantità variabili di matrice sabbiosa. Le sabbie possono essere presenti in sottili livelli e lenti. Sulla superficie dei terrazzi sono anche riconoscibili numerosi paleo alvei che indicano l'andamento sinuoso del corso d'acqua oggi regimato e fortemente antropizzato. Nel settore distale del Frigido si riconosce l'area di foce anch'essa attraversata da alcuni paleoalvei e la tessitura dei depositi diventa più fine, prevalentemente sabbioso-limosa.

Nel settore a N del Frigido (Fig. 3.2.4) questi depositi si trovano in corrispondenza del T.Ricortola a formare una fascia di circa 200 metri che si estende per ca. 1 km verso mare. Si tratta di sabbie prevalenti con ghiaie disperse in matrice o in sottili livelli spesse fino a circa 10 metri anche se lo spessore esatto è di difficile valutazione poiché parte del deposito potrebbe essere attribuibile ai depositi più antichi (Pleistocene superiore) sottostanti.



Fig. 3.2.4 L'area di pianura e i versanti nel settore a N del F. Frigido

Nel settore a S del Frigido questi depositi sono molto estesi sia al piede della conoide pleistocenica del F. Frigido sia nelle aree comprese tra i depositi marini ed eolici olocenici e quelli di stagno e palude. Sono inoltre rappresentati lungo il corso del T. Magliano oggi regimato. Si tratta di sabbie prevalenti con ghiaie disperse in matrice o in sottili livelli lenticolari. Nelle aree più prossimali al F. Frigido la quantità di ghiaie è maggiore mentre diminuisce nelle aree più distali. Nel settore prossimo al T. Magliano lo spessore si aggira intorno ai 10 metri mentre verso sud lo spessore dei depositi fino alla sommità dei depositi ghiaiosi del Pleistocene superiore aumenta fino a circa 20 metri ed anche in questo caso non è possibile escludere che parte di questi depositi siano attribuibili alle fasi deposizionali più antiche.

Lungo la fascia al piede dei versanti questi depositi costituiscono una serie di conoidi alluvionali. La forma delle conoidi è ben riconoscibile anche se i processi responsabili della loro formazione sono oggi inattivi a causa della regimazione dei corsi d'acqua e dell'intensa antropizzazione. Le dimensioni così come la pendenza delle conoidi è variabile e funzione sia dell'importanza dei corsi d'acqua che li alimentano sia dell'intensità dei processi di messa in posto dei depositi. Le conoidi con minor pendenza sono quelle alimentate dai corsi d'acqua con bacino di alimentazione più esteso e con minor energia del rilievo provenienti da NO (Canale della Foce, F.so Castagnera) mentre le più pendenti sono quelle i cui bacini di alimentazione presentano minor estensione e maggior pendenza dei versanti (F.so Colombera, F.so S. Remigio, F.so Turano). Le conoidi più piccole e con minor pendenza sono quelle del sistema di rilievi del Castello-Monte di Pasta a causa delle limitate dimensioni dei sistemi vallivi. Si trovano in discordanza sui sottostanti depositi alluvionali e della conoide alluvionale del Pleistocene superiore del F. Frigido. Sono costituiti da depositi eterometrici prevalentemente sabbioso-limosi con ghiaie angolose e sub-angolose a supporto di matrice, localmente con abbondante frazione argillosa (Codupino) probabilmente in relazione alla presenza di fenomeni di sbarramento al piede della conoide ad opera dei corsi d'acqua provenienti dal sistema del Frigido. Depositi granulari sciolti o moderatamente addensati, non cementati, dove prevalentemente argillosi sono privi di consistenza. Spessore: fino a 15 m

OLOa *Detrito di versante (Olocene)*

Ghiaie e blocchi subangolosi e angolosi, quantità variabile di matrice sabbioso-limosa, massivi o grossolanamente stratificati associati a morfologie più conservative quali le basi dei versanti e delle pareti verticali, generalmente vegetati. Depositi granulari da sciolti a debolmente addensati, da non cementati a debolmente cementati. Spessore: fino a 10 m.

OLOg2 *Depositi di spiaggia antichi (Olocene)*

Si tratta dei depositi di spiaggia e dunali, orientati in direzione NO-SE, che costituiscono il sistema di avanzamento della linea di costa a seguito della massima trasgressione olocenica attribuibile all'optimum climatico (ca. 8 ka, trasgressione Versiliana, Blanc 1942, Segre 1968). Tale avanzamento è legato all'incremento del carico solido del Fiume Frigido e dei Torrenti Ricortola e Magliano. Si tratta di un sistema complesso di cordoni litorali, barre sabbiose e dune costiere di origine eolica e marina il cui riconoscimento è oggi quasi completamente impedito dalla forte antropizzazione dell'area. Originariamente comprendevano anche aree di retroduna occupate da piccoli stagni o interessate da fenomeni di ruscellamento che ne rielaboravano i depositi. Si trovano prevalentemente in discordanza sui depositi alluvionali ghiaiosi pleistocenici del F. Frigido. Talora la discordanza è marcata dalla presenza di un paleosuolo argillificato rossastro sviluppato sulle ghiaie,

Sabbie prevalenti, sabbie e limi con variazioni laterali e verticali a sabbie e ghiaie e limi sabbiosi, talora organici. Depositi granulari da sciolti a poco addensati, non cementati. Spessore: 6-20 metri.

FRGbn1 *Sintema del Frigido: depositi alluvionali terrazzati ghiaiosi (Pleistocene superiore)*

Si tratta dei depositi della conoide alluvionale del F. Frigido che si origina allo sbocco del corso d'acqua omonimo nella pianura. La forma della conoide è oggi solo parzialmente conservata ed osservabile a causa sia dei processi di rielaborazione superficiale sia della forte antropizzazione. Tuttavia, la zona apicale presenta una pendenza maggiore che diminuisce gradualmente nella parte mediana e distale. Nella parte distale la conoide è caratterizzata dalla presenza di una scarpata alta fino a 6-7 m con andamento sub parallelo alla costa che costituisce i resti della falesia associabile con la massima trasgressione marina olocenica e i depositi si rinvengono in discordanza al di sotto delle successioni marine ed eoliche oloceniche. La superficie della conoide è anche caratterizzata dalla presenza di numerose tracce di paleoalvei che indicano la migrazione dei canali della conoide durante la sua evoluzione. Alcuni dei paleoalvei sono associabili ai corsi d'acqua minori provenienti dai versanti mentre, soprattutto nell'area apicale, presentano un andamento sinuoso e suggeriscono la presenza di corsi d'acqua *wandering* o a meandri probabilmente impostati alla fine dell'Ultima Glaciazione. La deposizione della conoide è legata alle fasi fredde del Pleistocene superiore e ad un livello marino più basso dell'attuale. Le condizioni fredde ed aride durante l'Ultima Glaciazione hanno favorito la produzione di notevoli quantità di detrito all'interno del bacino del Frigido e la loro redistribuzione allo sbocco nella pianura e lungo parte della piattaforma continentale. La deposizione e il modellamento della conoide si è fermata in corrispondenza del miglioramento climatico olocenico quando la risalita del livello marino e la diminuzione di carico solido del corso d'acqua ha favorito la sua incisione nella porzione apicale.

I depositi sono prevalentemente ghiaiosi con spessori che possono superare gli 80 metri osservati nei sondaggi più profondi. Nella parte apicale, in corrispondenza del centro storico, si osservano ghiaie eterometriche, poligeniche, da sub-arrotondate ad angolose, grossolanamente stratificate, massive o con stratificazioni incrociate planari, con quantità variabili di matrice sabbioso-ghiaiosa. I clasti presentano numerose embriciature. Localmente si presentano cementati, con cemento carbonatico anche se la cementazione sembra essere variabile sia verticalmente che lateralmente. Nei sondaggi sono presenti numerosi livelli sabbiosi, limosi e argillosi che indicano come i processi sedimentari variassero sia nel tempo sia nello spazio in relazione alle dinamiche di alimentazione più o meno intermittenti e alle variazioni climatiche all'interno del Pleistocene superiore (alternanze stadiali-interstadiali). Localmente alla sommità dei depositi di conoide e alla base dei depositi olocenici sono segnalati livelli argillosi rossastri probabilmente relazionabili alla presenza di paleosuoli sviluppatasi alla fine dell'Ultima Glaciazione durante le prime fasi del miglioramento climatico olocenico. Nei pressi dei versanti, nelle porzioni mediane e distali, in sondaggio sono spesso segnalati notevoli spessori di depositi argilloso-limosi con ghiaie disperse che potrebbero rappresentare le zone depresse che si venivano a formare in corrispondenza delle valli laterali e i margini della conoide che fungeva da sbarramento per il drenaggio dei versanti. Nelle zone distali e più lontane dall'asse del corso d'acqua la granulometria può localmente diminuire e lo spessore e la frequenza dei livelli argilloso-limosi aumenta.

Depositi granulari poco addensati, da sciolti a cementati.

Spessore (massimo): superiore a 80 metri.

3.3 LE FRANE

Il settore montuoso e collinare dell'area è caratterizzato dalla presenza di numerosi fenomeni gravitativi di diversa tipologia e stato di attività. La forte energia del rilievo, con dislivelli prossimi ai 1600 metri realizzati in 3-4 km, l'approfondimento fluviale, l'assetto giaciturale, le caratteristiche litotecniche del substrato e l'uso del suolo sono tra principali fattori predisponenti il dissesto dell'area. Si distinguono fenomeni di dimensioni e spessori coinvolti nel movimento molto vari, da pochi metri a parecchie decine di metri.

Frane per crollo

Si osservano in corrispondenza delle scarpate verticali, favorite spesso dalla presenza di fratture, dove si verificano distacchi di ammassi rocciosi e ribaltamenti di prismi. Non sono processi continui ma evolvono attraverso episodi con tempi di ritorno difficilmente valutabili e comunque variabili da caso a caso. In alcuni casi gli accumuli permangono al piede delle scarpate mentre più spesso questi sono rimossi ad opera di successivi processi gravitativi trovandosi spesso su pendenze notevoli.

Frane per scivolamento

Sono caratterizzate dalla presenza di una zona di corona ben marcata e dalla presenza di morfologie tipicamente associate alla rotazione di blocchi quali contropendenze, gradini, trincee. Si tratta tuttavia di un numero limitato di frane.

Frane per colamento

Sono prevalentemente colate di detrito e terra che interessano le coperture detritiche o la coltre di alterazione e copertura pedogenetica sul substrato. Sono generalmente di dimensioni molto limitate ma hanno una velocità di evoluzione molto rapida. Le principali cause scatenanti sono gli eventi meteorici critici o prolungati nel tempo durante i quali le coperture detritiche e le coltri di alterazione superficiale si imbibiscono di acqua e fluidificano rapidamente a causa dell'abbondante percentuale sabbioso-limosa presente. In corrispondenza dei versanti abitati costituiscono un forte fattore di rischio anche perché spesso le modificazioni della topografia (terrazzamenti, edilizia, rete viaria ecc..) e dell'idrografia superficiale ne favoriscono l'insorgere (Fig. 3.3.1).



Fig. 3.3.1 Frane per colamento rapido di terra e detrito sui versanti dell'area di M.Pretina, fenomeni di queste dimensioni si attivano rapidamente durante gli eventi meteorici critici

Frane complesse

Sono la maggior parte delle frane presenti sul territorio. La complessità è data dalle dimensioni talvolta notevoli che raggiungono i fenomeni e la varietà dei contesti in cui si osservano. Si tratta in genere di grandi frane, spesso coalescenti, caratterizzate da geometrie complesse. Nella maggior parte dei casi nella parte alta si osservano

corone associate a trincee e contropendenze che suggeriscono una componente rotazionale del movimento mentre nella parte bassa il corpo di frana assume un aspetto più ondulato e a volte una tipica forma a lobo che ne indicherebbero un movimento prevalente per colamento. Data la presenza di rotture di pendio associate al movimento, in corrispondenza di queste spesso sono presenti i centri abitati del settore montano (Fig. 3.3.2). E' questo il caso di Bergiola Maggiore, Casette, Antona, Resceto, Debbio-Canevara e Forno-Cimitero dove versanti con sviluppi superiori al chilometro sono interessati da grandi movimenti gravitativi con spessori della massa coinvolta che può raggiungere i 30-40 metri. Le morfologie suggeriscono che nel complesso queste frane sono quiescenti ma non si possono escludere riattivazioni seppure parziali di singoli settori, come indicato dalla presenza di numerosi fenomeni coalescenti. Inoltre, gli ammassi rocciosi coinvolti sono in genere scompaginati e, a seconda delle litologie coinvolte, possono presentare blocchi di dimensioni plurimetriche o ammassi rocciosi scomposti con un abbondante frazione sabbioso-argillosa proveniente dall'alterazione del substrato.



Fig. 3.3.2 Dalla zona di distacco si osserva in primo piano la contropendenza della frana complessa su cui è ubicato l'abitato di Antona. In secondo piano, indicato dal tratteggio, il grande movimento gravitativo di Debbio-Canevara.

DGPV

Sono state cartografate come Deformazioni Gravitative Profonde di Versante due fenomeni di dimensioni ridotte in cui ammassi rocciosi litoidi di notevole spessore sono interessati da movimenti in blocco tipo espansione laterale o *rock block slide* con formazione di trincee che isolano dei blocchi in lento movimento.



Movimento per espansione laterale e rotazione di blocchi sul versante settentrionale del M. Cipolla

3.4 PRINCIPALI FORME E PROCESSI

Le forme del paesaggio dell'area sono il risultato della complessa interazione tra diversi agenti morfogenetici. Nelle parti alte dei versanti del rilievo montuose sono presenti numerose nicchie nivali che generano il crinale dello spartiacque a cui sono sottese caratteristiche ampie docce a U su pendenze molto acclivi. Sono morfologie legate alla morfogenesi dell'Ultima Glaciazione durante la quale, probabilmente per l'esposizione meridionale, non si sono modellate le forme glaciali che caratterizzano invece i versanti settentrionali.

L'assetto giaciturale e la presenza di litotipi con differente resistenza all'erosione ha favorito il modellamento di numerose scarpate di erosione selettiva che localmente si seguono con notevole continuità laterale. La presenza di picchi rocciosi e creste affilate sono il risultato dell'approfondimento vallivo e di processi di degradazione gravitativa (Fig. 3.4.1). I processi di approfondimento fluviale hanno generato scarpate di erosione lungo il F. Frigido che nel tratto montano sono spesso scolpite su substrato e localmente seppellite da modesti spessori di depositi alluvionali che generano dei terrazzi di limitata estensione. All'uscita del corso d'acqua nella pianura è presente la conoide alluvionale del F. Frigido che nel tratto apicale è reincisa dal corso d'acqua per circa 10-15 metri che si approfondisce all'interno dei depositi di conoide più antichi. All'interno dell'incisione in questo tratto sono presenti dei piccoli lembi di terrazzi alluvionali che successivamente si ampliano all'aumentare della sinuosità del corso d'acqua (La Zecca). Nel settore distale le dimensioni dei terrazzi aumentano mentre la scarpata di erosione fluviale scompare e nel tratto di foce si individua la forma dell'estuario incassato di 1-2 metri all'interno dei depositi di spiaggia e di stagno olocenici. L'azione del modellamento marino oltre che alla creazione del sistema dunare e di stagni ha generato la scarpata di erosione marina che, nonostante la forte antropizzazione, è ancora ben riconoscibile in direzione parallela alla costa all'altezza del tracciato autostradale. Questa scarpata costituisce

l'antica falesia modellata a spese dei depositi della conoide alluvionale del F. Frigido durante la massima trasgressione olocenica e successivamente parzialmente seppellita dai depositi costieri. Conoidi alluvionali olocenici sono presenti allo sbocco di quasi tutti i corsi d'acqua nel settore di pianura. A S del Frigido lungo il versante sono presenti le conoidi del versante di Turano e quelle delle valli trasversali ai rilievi di M.di Pasta e del Castello, fino al centro storico di Massa. Le loro dimensioni sono ridotte ed oggi non sono più attive a causa della forte antropizzazione e la conseguente regimazione dell'idrografia superficiale. A N del Frigido sono invece presenti conoidi di maggiori dimensioni seppure con pendenze minori generate dai torrenti che drenano verso SE i rilievi più occidentali. L'unica eccezione è la conoide di Lavacchio, in posizione più prossimale ai rilievi che è molto acclive e profondamente re-incisa dal corso d'acqua attuale.



Fig. 3.4.1 Tipico paesaggio del settore montano dell'area, caratterizzato da versanti molto acclivi con scarpate, creste, picchi rocciosi e, nella parte alta dei versanti, da nicchie di origine nivale.

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

4.1 LE INDAGINI ESISTENTI

Le indagini esistenti sono state reperite in parte dal Piano Strutturale del Comune di Massa e in parte raccolte grazie alla preziosa collaborazione del Dott. Geol. Roberto Guidi del Comune di Massa e di altri geologi professionisti della zona.

La selezione è avvenuta su base esperta tenendo conto delle finalità del Progetto e cioè prevalentemente in base:

- 1) alla loro posizione geografica (criterio di distribuzione),
- 2) al loro significato in relazione alle principali problematiche da investigare, quali l'andamento del substrato in profondità, lo spessore delle coltri detritiche, alluvionali e di frana ecc..
- 3) alla loro importanza in funzione delle profondità raggiunte e del dettaglio della stratigrafia

Tale selezione è stata necessario poiché numerose indagini erano molto ravvicinate nello spazio e raggiungevano le stesse profondità di esplorazione mentre altre raggiungevano pochi metri di profondità o le stratigrafie erano molto semplificate. Inoltre, tra le indagini a disposizione sono state selezionati i sondaggi a stratigrafia nota, i pozzi per sfruttamento idrico, le prova sismica in foro tipo Downhole, le MASW e le stazioni di microtremore a stazione singola. Non sono state inserite nel database delle indagini le prove penetrometriche sia leggere sia pesanti perché nella maggior parte dei casi riguardavano spessori esigui di terreno o erano associate ad indagini più significative.

4.2 LE INDAGINI GEOFISICHE

La ricostruzione della geometria sepolta dei diversi corpi geologici non può compiersi valendosi del solo rilevamento di superficie ed inoltre, ai fini della caratterizzazione delle diverse unità in ambito sismico, è necessario definire, nelle diverse parti del territorio, i principali contrasti d'impedenza sismica potenzialmente responsabili di fenomeni di risonanza e quindi d'amplificazione del moto sismico atteso in superficie. A questo scopo, è necessario caratterizzare i diversi litotipi presenti in termini di rigidità, ovvero dei differenti valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio (V_S).

Per integrare le informazioni già disponibili ottenute attraverso le indagini geofisiche pregresse e, più in generale, per fornire informazioni di supporto alla formulazione del modello geologico ed alla caratterizzazione sismica del sottosuolo dei centri abitati appartenenti al Comune di Massa, il gruppo di lavoro del DSFTA ha condotto una campagna di misure geofisiche.

La tecnica geofisica utilizzata è quella della sismica passiva, legata cioè alla misura delle vibrazioni ambientali, in configurazioni sia a stazione singola (tecnica HVSR), che a stazione multipla (antenna sismica o array sismico). Una descrizione generale di questo genere di procedure si può trovare in Fotiet *al.* (2011).

4.2.1. Esecuzione della campagna di misure di vibrazioni ambientali a stazione singola

Con l'intento di valutare la presenza dei suddetti fenomeni di risonanza, potenzialmente responsabili di locali amplificazioni del moto sismico, è stata realizzata una campagna di misure di vibrazioni ambientali a stazione singola, facendo uso d'un sismografo tridirezionale, le cui acquisizioni sono state analizzate secondo l'approccio HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratios*). In particolare, si è

fatto uso di tromografi digitali portatili del tipo TROMINO™, prodotti da MicromedSpA e dotati d'un sistema d'acquisizione a 24 bit equivalenti.

Le misure hanno coperto gran parte del Comune di Massa, interessando anche i territori urbanizzati delle sue frazioni, come mostrato in Fig. 4.2.1. La configurazione dei punti di misura è stata anche condizionata dalla necessità d'indagare le più importanti unità litostratigrafiche e morfologiche identificate nelle campagne di rilevamento geologico e geomorfologico, nonché dell'includere i luoghi in corrispondenza dei più interessanti sondaggi stratigrafici e prove geofisiche in foro disponibili.

Nel complesso, sono state eseguite 159 misure a stazione singola, realizzate nel periodo compreso tra il 18 febbraio 2013 ed il 4 maggio 2013, eccezion fatta per le due situate in Piazza degli Aranci (HV_A6i e HV_A6ii), che risalgono al 6 luglio 2012. Le misure, eseguite, quando possibile, su terreno libero, sono caratterizzate da una durata di 20 minuti ciascuna, con frequenza d'acquisizione di 128 Hz.

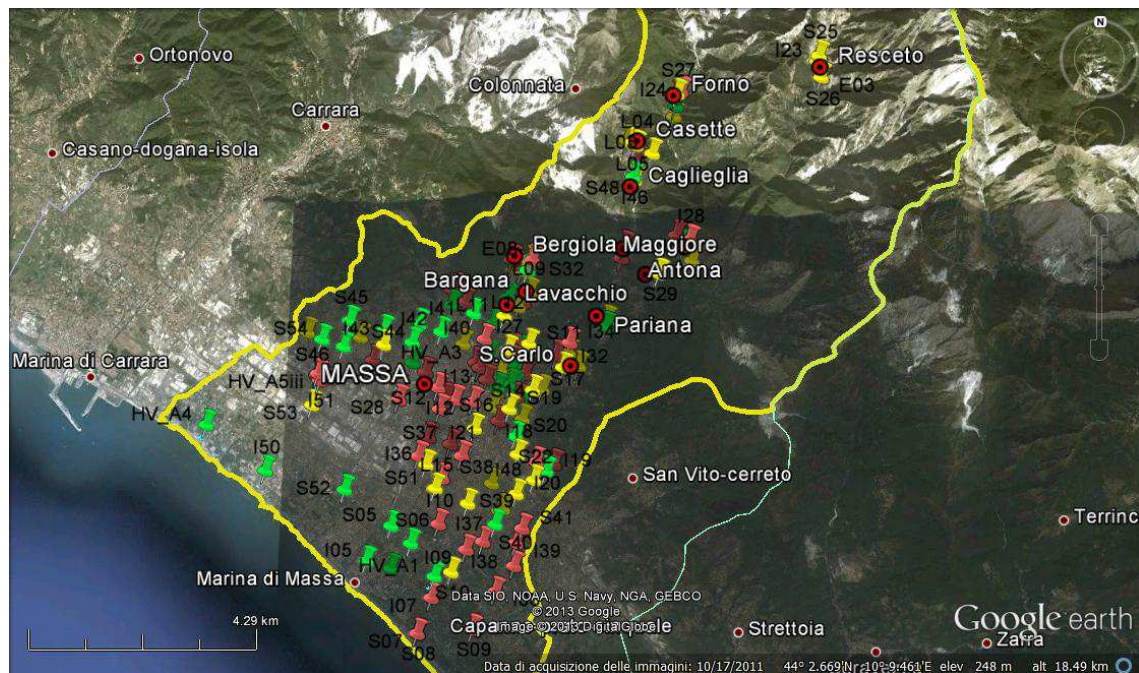


Figura 4.2.1 – Distribuzione delle misure di vibrazioni ambientali a stazione singola effettuate all'interno del Comune di Massa. I colori dei segnaposto si riferiscono alla qualità della misura HVSR (verde: livello α ; giallo: livello β ; rosso: livello γ), mentre il poligono giallo rappresenta il confine comunale.

Tutte le acquisizioni sono state analizzate secondo il protocollo formulato in Picozzi *et al.* (2005). Il segnale della singola traccia è stato diviso in finestre non sovrapposte di 20 secondi, su ciascuna delle quali è stata rimossa la deriva lineare eventualmente presente (*detrending*) ed applicato un *tapering* coseno per una frazione del 5% della durata totale della finestra. Gli spettri ricavati sulle diverse componenti sono stati lisciati con una finestra mobile triangolare d'estensione pari al 5% della frequenza centrale. Si è quindi costruita, in ogni finestra, una curva HVSR, combinando le due componenti spettrali orizzontali in media quadratica (*RMS*). Rimosse manualmente le finestre affette da marcati fenomeni transienti, tali curve sono state combinate, ottenendo una curva HVSR media, con il relativo intervallo di confidenza al 95%.

Osservando le curve HVSR così ottenute e soprattutto gli spettri delle singole componenti relative alle tre direzioni spaziali (due orizzontali e la verticale), emerge prepotentemente la presenza d'un fortissimo disturbo di tipo industriale, che interessa la quasi totalità della banda di frequenze compresa tra 1 e 20 Hz circa (Figg. 4.2.2 e

4.2.4); la natura di tale disturbo, che risulta molto persistente e di forte entità sulla quasi totalità del territorio comunale (escluso l'abitato di Resceto, Fig. 4.2.3), è connessa con l'attività industriale delle numerose segherie di marmo localizzate principalmente nella zona industriale della città di Massa e lungo il fiume Frigido.

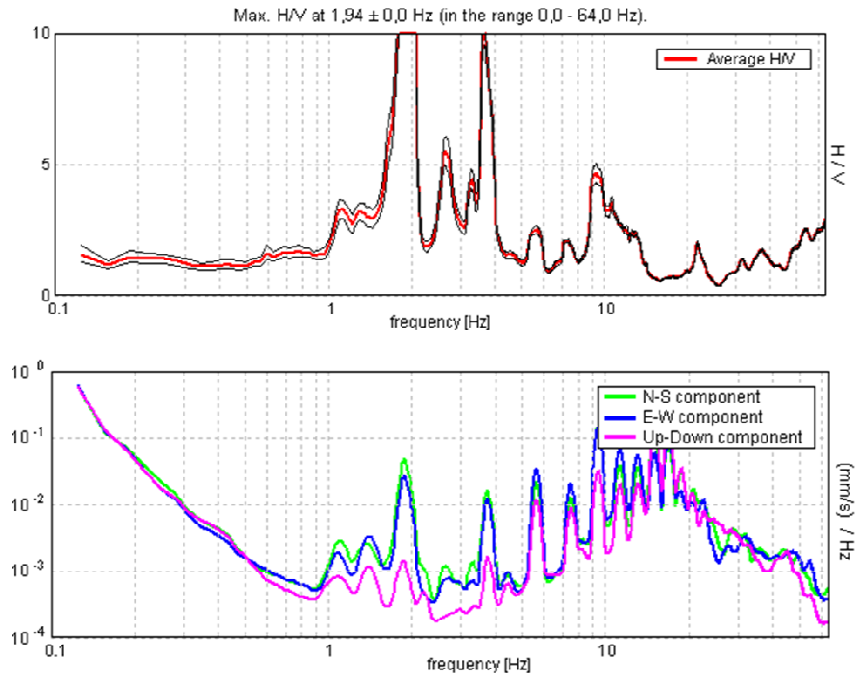


Figura 4.2.2 – Curva HVSR (in alto) e spettri delle tre componenti del moto (in basso) relativi alla misura E01, realizzata nelle vicinanze e di una segheria di marmo presso il fiume Frigido; dalla figura è possibile notare come il forte disturbo industriale interessi la banda di frequenze compresa tra 1 e 20 Hz.

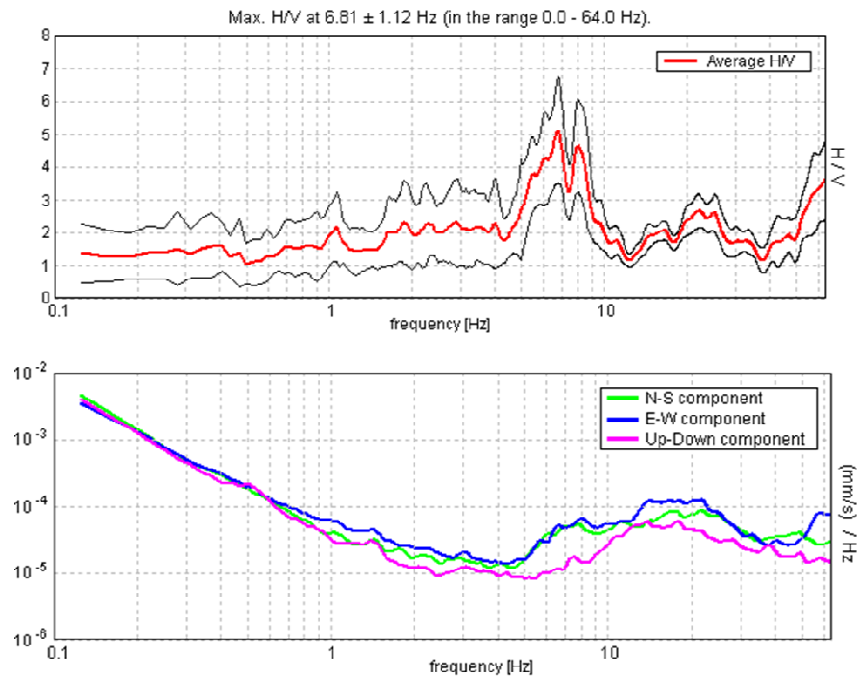


Figura 4.2.3 – Curva HVSR (in alto) e spettri delle tre componenti del moto (in basso) relativi alla misura S25, realizzata presso l'abitato di Resceto, a circa 8 km in linea d'aria dalla città di Massa; dalla figura è possibile notare come in questa zona il disturbo industriale sia pressoché inesistente.

Per tentare di porre un argine a questo grave problema, è stato ritenuto opportuno eseguire le acquisizioni durante la fine settimana (sabato e domenica): il risultato è

certamente più soddisfacente, in quanto la banda di frequenze disturbata si è ridotta, restringendosi approssimativamente all'intervallo 1-4 Hz (Fig. 4.2.4). Come tuttavia ben s'evidenzia, tale miglioramento non è comunque tale da permettere una agevole analisi ed interpretazione delle misure. Peraltro l'andamento disturbato degli spettri delle singole componenti suggerisce che il valore di frequenza di risonanza principale cada sovente proprio nella banda più disturbata (Fig. 4.2.4). Questo potrebbe non essere un caso nella misura in cui il disturbo stesso potrebbe essere amplificato dai fenomeni di risonanza sismica.

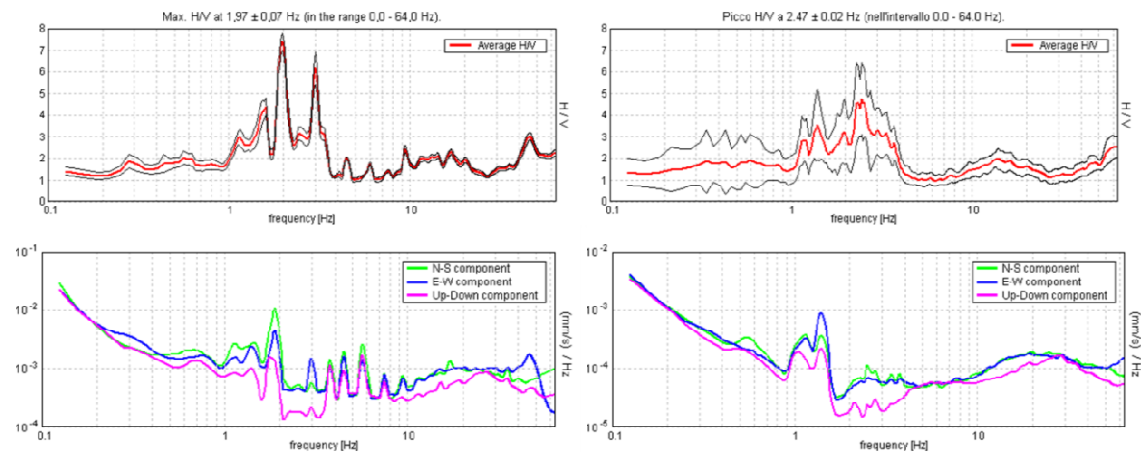


Figura 4.2.4 – Curva HVSR (in alto) e spettri delle tre componenti del moto (in basso) relativi alla misure III (a sinistra) e IIIbis (a destra), realizzate in Via Giampaoli; dalle due acquisizioni, realizzate nello stesso luogo, è possibile notare come varino persistenza ed entità del disturbo industriale tra i giorni di fine settimana (a destra) e gli altri (a sinistra).

A causa delle caratteristiche del disturbo industriale, le misure a stazione singola svolte a Massa sono da collocarsi tutte nella classe C della classificazione Albarello-Mucciarelli-Castellaro (Albarello & Castellaro, 2011), senza riguardo alla loro localizzazione spaziotemporale. Nessun senso ha, in questo quadro, l'attribuzione del tipo I o II.

Avendo verificato l'impossibilità di ottenere misure di classe superiore ed al fine di estrarre comunque elementi informativi dalle misure svolte, si è ritenuto opportuno procedere ad uno studio dettagliato delle curve spettrali ottenute dalle acquisizioni volto a cercare, sia pur con grande approssimazione, informazioni sull'esistenza di contrasti d'impedenza nel sottosuolo. Non potendo ottenere nessuna indicazione attendibile riguardante l'effettiva ampiezza della curva H/V, l'analisi è stata rivolta essenzialmente all'identificazione degli intervalli di frequenza nei quali si poteva ragionevolmente supporre fosse confinato il valore del massimo della curva HVSR. Questa ricerca è stata basata su un esame qualitativo dell'andamento complessivo delle ampiezze spettrali orizzontali e verticali di ciascuna misura. In particolare si è cercato di identificare la posizione del minimo spettrale della componente verticale: tale informazione consente infatti di dedurre, con ragionevole confidenza, la formazione, al netto del disturbo, della struttura ad "occhio", tipica dei picchi chiari della curva HVSR (Albarello e Castellaro, 2011). Si tratta, palesemente, di una procedura assai poco ortodossa e tutt'altro che priva d'elementi di soggettività, ma comunque strutturata secondo canoni tali da consentire un utilizzo ragionevole di misure così pesantemente afflitte dai disturbi industriali.

Per sintetizzare i risultati di questo studio, si è ritenuto opportuno introdurre una nuova classificazione delle misure, con lo scopo di identificare quelle in grado di

fornire, nei limiti dell'approssimazione suddetta, informazioni sull'esistenza di contrasti d'impedenza nel sottosuolo. Anche questa classificazione è stata articolata su tre livelli di qualità: α (accettabile), β (indicativa), γ (inutilizzabile).

Sono di *livello α* le misure che presentano forme di derive a basse frequenze e per le quali l'ispezione visuale delle ampiezze spettrali consente l'identificazione d'un intervallo di frequenze pari ad 1 Hz all'interno del quale si possa ragionevolmente confidare che sia contenuto il massimo della curva HVSR; sono state considerate dello stesso livello di qualità misure per le quali l'ispezione visuale delle ampiezze spettrali consente di stabilire, con ragionevole confidenza, l'assenza di picchi e quindi di fenomeni di risonanza.

Sono di *livello β* le misure che non presentano forme di deriva in bassa frequenza e per le quali l'ispezione visuale delle ampiezze spettrali, pur suggerendo la presenza di un massimo, lo identifica in modo più labile, sia nel senso di lasciare spazio a dubbi sulla sua esistenza, sia in quello di doverlo confinare in un intervallo la cui larghezza sia superiore ad 1 Hz; parimenti, sono di tale livello di qualità le misure per le quali l'ispezione visuale delle ampiezze spettrali suggerisce, pur lasciando spazio a dubbi, l'assenza di picchi e quindi l'assenza di fenomeni di risonanza.

Sono, infine, di *livello γ* le misure che presentano derive a basse frequenze oppure le cui ampiezze spettrali siano così disturbate o comunque caratterizzate da andamenti difficilmente intelligibili, da non poter trovar posto in alcuno dei due precedenti livelli.

Le misure di livello α fanno quindi da "riferimento" e si stabilisce che il picco di risonanza principale è localizzato nell'intervallo di frequenza definito da queste. Le misure di livello β forniscono tale indicazione con un grado d'incertezza maggiore e hanno principalmente lo scopo di confermare ed estendere spazialmente le frequenze determinate dalle misure α . Le misure di livello γ sono state invece scartate.

In Tab. 4.2.1 sono elencate tutte le misure a stazione singola, con il livello loro attribuito e, quando questo è α o β , l'intervallo di frequenze in cui è stimata ricadere la frequenza del picco principale (f_0); con l'attributo "piatta" sono indicate le misure prive di picco nell'intervallo considerato, compreso fra 0,1 e 30 Hz. Le misure realizzate *ex-novo* sono 159, cui si sono aggiunte quelle preesistenti, caratterizzate dalla sigla "TR", in numero di nove. Delle 168 misure disponibili, tutte, come detto, di classe C, 42 sono risultate di livello α , 64 di livello β e 62 di livello γ .

MISURA	LIV.	f0 (Hz)	MISURA	LIV.	f0 (Hz)	MISURA	LIV.	f0 (Hz)	MISURA	LIV.	f0 (Hz)
E11	α	[2,5;3,5]	E03	β	piatta	S27	β	piatta	I12	γ	
E12	α	[2,5;3,5]	E04	β	[3,5;5]	S29	β	piatta	I13	γ	
E13	α	[2,5;3,5]	E05	β	[2;4]	S31	β	[3;7]	I14	γ	
HV_A1	α	[1,5;2,5]	E07	β	piatta	S32	β	piatta	I21	γ	
HV_A4	α	[1,5;2,5]	E09	β	piatta	S33	β	piatta	I22	γ	
HV_A6i	α	[1,5;2,5]	HV_A2i	β	[1;5]	S35	β	[4;7]	I24	γ	
HV_A6ii	α	[1,5;2,5]	HV_A2ii	β	[1;4]	S36	β	piatta	I26	γ	
I05	α	[1,5;2,5]	HV_A2iii	β	[1;5]	S43	β	[1;4]	I28	γ	
I06	α	[1,5;2,5]	HV_A2iv	β	[1;4]	S47	β	[2;4]	I31	γ	
I07bis	α	[1,5;2,5]	HV_A3	β	[1,5;5]	S48	β	[2;4]	I34	γ	
I14bis	α	[3;4]	I11bis	β	[1,5;3]	S50	β	[1,5;3]	I38	γ	
I16	α	piatta	I15	β	[2;4]	S51	β	[2;4]	I39	γ	
I19	α	[1;2]	I17	β	[1,5;3]	S53	β	[2;3]	I40	γ	
I29	α	[4;5]	I18	β	[1;2]	S55	β	[1,5;3]	I45	γ	
I35	α	[2,5;3,5]	I20	β	[0,9;2,5]	TR1	β	piatta	I47	γ	
I41	α	[2;3]	I23	β	piatta	TR2	β	piatta	I48	γ	
I42	α	[2;3]	I25	β	[3,5;5]	TR3	β	piatta	I51	γ	
I43	α	[3;4]	I27	β	[2;3]	TR4	β	piatta	L01	γ	
I46	α	[2,5;3,5]	I30	β	piatta	TR6	β	piatta	L06	γ	
I50	α	[1,5;2,5]	I32	β	[2,5;4,5]	TR7	β	piatta	L13	γ	
L02bis	α	[12;13]	I33	β	[2;5]	TR8	β	piatta	L14	γ	
L07	α	piatta	I36	β	[2;4]	TR9	β	[4;7]	S03	γ	
L08	α	piatta	I37	β	[2;3]	E01	γ		S07	γ	
L09	α	piatta	I44	β	[1,5;3]	E02	γ		S08	γ	
L12	α	[3;4]	L02	β	piatta	E06	γ		S09	γ	
L17	α	[1,5;2,5]	L03	β	piatta	E08	γ		S12	γ	
L18	α	[2;3]	L04	β	[4;9]	E10	γ		S13	γ	
L19	α	[2;3]	L05	β	piatta	E14	γ		S14	γ	
L20	α	[2;3]	L10	β	[2;3]	HV_A2v	γ		S15	γ	
L21	α	[1,5;2,5]	L11	β	[3,5;4,5]	HV_A5i	γ		S18	γ	
S02	α	[2;3]	L15	β	[1,5;2,5]	HV_A5ii	γ		S21	γ	
S05	α	[2;3]	L16	β	[1,5;2,5]	HV_A5iii	γ		S24	γ	
S06	α	[1,5;2,5]	S01	β	[1,5;2,5]	I01	γ		S26	γ	
S20	α	[1,5;2,5]	S04	β	[1,5;2,5]	I02	γ		S28	γ	
S20bis	α	[1,5;2,5]	S10	β	[1,5;2,5]	I03	γ		S30	γ	
S39	α	[4;5]	S11	β	[2;4]	I03bis	γ		S34	γ	
S42	α	[2;3]	S16	β	[2;3]	I04	γ		S37	γ	
S44	α	[2,5;3,5]	S17	β	[1,5;3]	I07	γ		S38	γ	
S45	α	[2,5;3,5]	S19	β	[1,5;3]	I08	γ		S40	γ	
S46	α	[1,5;2,5]	S22	β	[1,5;3]	I09	γ		S41	γ	
S52	α	[2;3]	S23	β	[2;4]	I10	γ		S49	γ	
S54	α	piatta	S25	β	[5;8]	I11	γ		TR5	γ	

Tabella 4.2.1 – Misure HVSR con il livello e l'intervallo in cui è stimata ricadere la frequenza del picco principale (f_0). Sono incluse anche le misure pregresse (TR_n , con $n=1, \dots, 9$). Si rammenta che tutte le misure sono di classe C.

Come noto, le frequenze di picco della curva HVSR sono buone approssimazioni delle frequenze di risonanza del terreno, le quali, nel contesto in esame, possono essere stimate con la stessa incertezza che contraddistingue i valori di f_0 . Le stime delle frequenze di risonanza del terreno non sono quindi ottenibili come valori puntuali, bensì possono solo essere date come intervalli, coincidenti dunque con i valori in Tab. 4.2.1.

Conseguentemente, la mappa delle frequenze di risonanza del terreno è la trasposizione della Tab. 4.2.1. I punti corrispondenti alle misure di livello α sono contrassegnati da un colore che indica l'intervallo di 1 Hz, dove ci si aspetta sia localizzata la frequenza di risonanza così come indicato nella tabella. In modo analogo sono marcati i punti corrispondenti alle misure di livello β il cui intervallo ha ampiezza di 1 Hz, mentre i rimanenti punti corrispondenti alle restanti misure con tale livello di qualità sono contrassegnati con colori rappresentativi degli intervalli cumulativi di frequenza. Com'è ovvio, vi sono sovrapposizioni fra gli intervalli.

4.2.2. Esecuzione della campagna di misure di vibrazioni ambientali con antenna sismica

Allo scopo di fornire informazioni sul profilo di velocità delle onde S nell'area di studio, sono state eseguite anche misure di vibrazioni ambientali con antenna sismica. L'antenna usata è costituita da 16 geofoni verticali con frequenza propria pari a 4,5 Hz, collegati ad un acquisitore a 24 bit equivalenti del tipo BrainSpy™, prodotto da MicromedSpA, e disposti irregolarmente lungo i bracci d'una croce asimmetrica (un esempio è in Fig. 4.2.5). La lunghezza del braccio maggiore delle antenna messe in opera in questo studio varia fra 70 ed 84 m, mentre quella del braccio minore è compresa fra 34 e 65 m. La durata di ciascuna acquisizione è di 20 minuti, con frequenza di campionamento di 128 Hz.

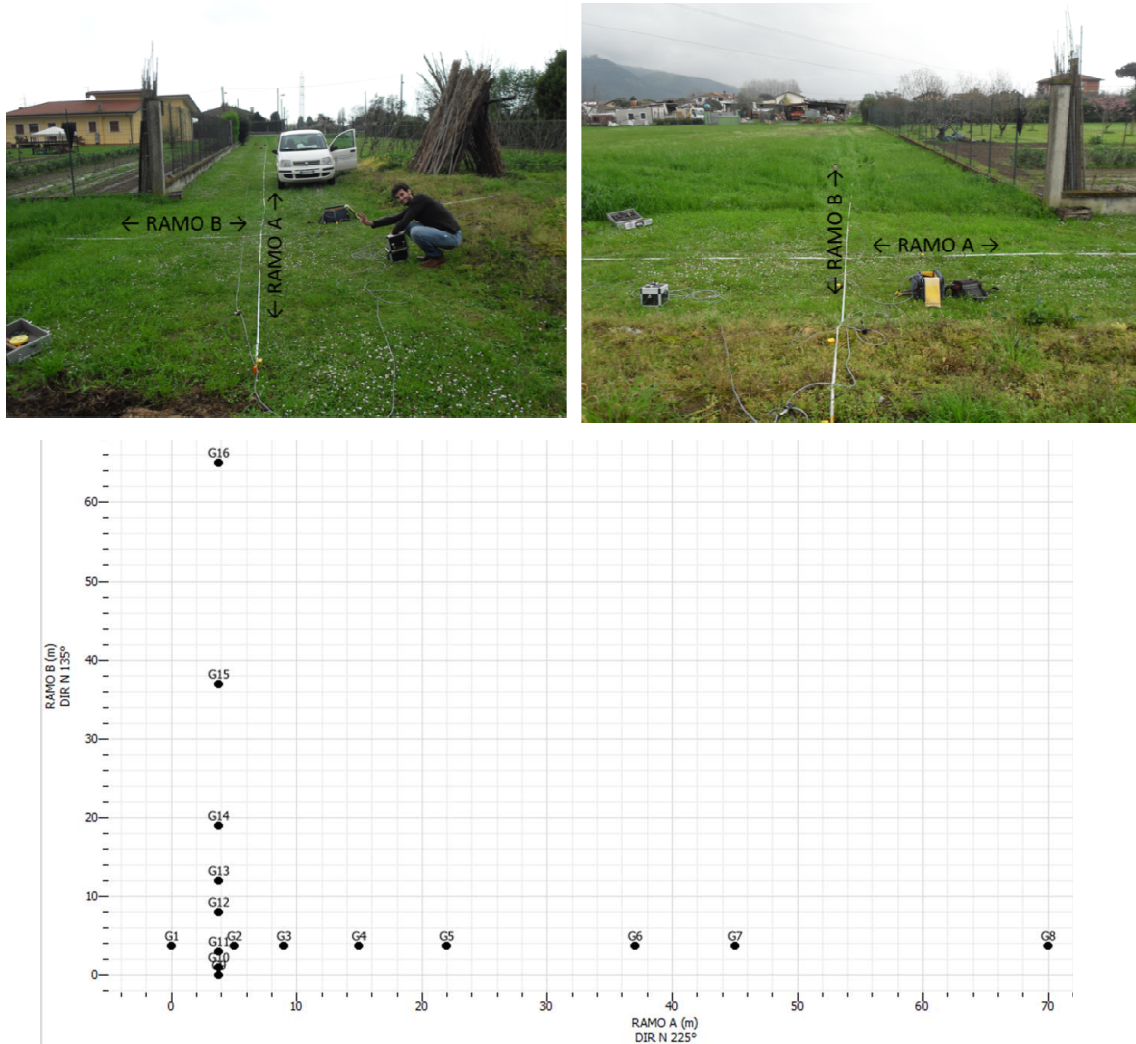


Figura 4.2.5 – Foto (sopra) e schema della configurazione dei sensori (sotto) dell'antenna sismica A2, realizzata presso l'incrocio tra Via del Bozzo Sud e Via delle Macchiette.

Nel complesso, sono state approntate 6 antenne sismiche in altrettanti siti (Fig. 4.2.6), distribuiti in modo da caratterizzare, in termini di velocità delle onde di taglio, sia le principali unità lito-stratigrafiche presenti nell'area di studio (soprattutto le unità di copertura), sia le zone totalmente prive di indagini di tipo geofisico.

Le antenne A1, A2, A3, A4 e A5 sono state eseguite nel periodo aprile – maggio 2013, mentre la A6 a luglio 2012; le località che hanno ospitato le misure sono:

- un campo privato situato presso l'incrocio tra Via Fortini e Via Ronchi (A1),

- un campo privato situato presso l'incrocio tra Via del Bozzo Sud e Via delle Macchiette (A2),
- un giardino privato situato in Via San Lorenzo Romagnano (A3),
- un giardino pubblico situato presso l'incrocio tra Via delle Pinete e Via Baracchini (A4),
- un campo privato situato presso Via Gotara (A5),
- Piazza degli Aranci (A6).



Figura 4.2.6 – Ubicazione delle antenne sismiche; le linee azzurre rappresentano i rami delle antenne.

Le registrazioni sono state elaborate utilizzando l'approccio ESAC (Okada, 2003), che ha premesso la determinazione delle curve di dispersione delle velocità effettive delle onde di Rayleigh (V_R), mostrate in Fig. 4.2.7.

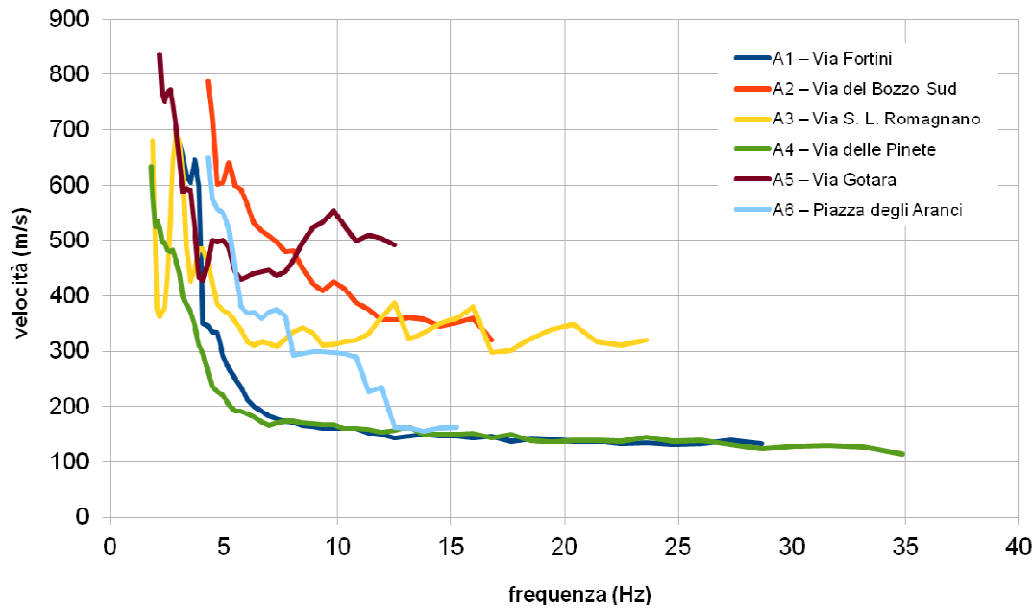


Figura4.2.7 – Curve di dispersione effettive (V_R) ottenute dalle sei antenne sismiche.

Si osserva, anzitutto, che le curve di dispersione si mostrano assai meno affette dal disturbo industriale rispetto alle curve HVSR: in effetti, l'unico suo possibile segno appare, alle più basse frequenze, nella curva relativa all'antenna A3. La quasi assenza di disturbo è imputabile alla diversa banda di frequenza caratterizzante questo tipo di curva (rispetto a quella della curva HVSR), al diverso metodo d'analisi del segnale ed al fatto che la componente verticale, unica rilevata dalla strumentazione usata, si palesi, in generale, affetta in modo meno marcato dal disturbo industriale, come evidenziato dallo studio delle componenti spettrali delle registrazioni a stazione singola.

La somiglianza delle curve relative alle antenne A1 ed A4, entrambe alloggiare in zona costiera, conferma la similitudine della situazione geologica dei due siti ed indica come le coperture superficiali, le cui velocità delle onde S approssimano i valori di V_R alle alte frequenze, abbiano ivi velocità delle onde di taglio piuttosto basse, inferiori a 200 m/s. Poiché l'andamento della V_S media con la profondità è indicato, assai approssimativamente, dall'andamento della curva di dispersione, le suddette curve suggeriscono che la V_S media aumenti, in modo abbastanza repentino (a partire da profondità stimabili attorno a poche decine di metri), fino a sfiorare i 700 m/s. A valori simili converge, tanto a basse quanto ad alte frequenze, la curva dell'antenna di Piazza degli Aranci (A6), caratterizzata però da diversa pendenza e da minore estensione nel campo delle frequenze. Le curve di dispersione delle antenne A2 ed A3, pur convergendo (relativamente) nel campo delle alte frequenze (e suggerendo quindi valori V_S delle coperture più superficiali di 300-400 m/s circa) hanno poi andamenti diversi. Si tratta in realtà di due misure poste in località lontane e con tutta probabilità, caratterizzate da una diversa configurazione lito-stratigrafica. L'antenna A5 dà luogo ad una curva peculiare. Nessuna delle sei curve raggiunge, comunque, alle più basse frequenze, i 900 m/s, indicando così tal valore quale approssimativo limite per le velocità medie delle onde di taglio nello strato di copertura.

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

5.1 LA CITTA' DI MASSA E LA PIANURA

La città di Massa è ubicata nella porzione apicale della conoide alluvionale del F. Frigido, in sinistra idrografica del fiume, occupando l'area compresa tra i versanti molto acclivi che si elevano dalla pianura, la ripida scarpata fluviale del F. Frigido e i rilievi più orientali del Castello e del M.di Pasta (Fig. 5.1.1). Al contatto tra la pianura e i versanti sono presenti le superfici poco inclinate corrispondenti alle conoidi alluvionali dei corsi torrentizi provenienti dal rilievo di S.Carlo Terme mentre il versante è caratterizzato da una estesa copertura detritica e da movimenti gravitativi diffusi.



Fig. 5.1.1 – Stralcio della Carta Geologico Tecnica dell'area di Massa

Il corso attuale del F.Frigido in questo settore si presenta profondamente incassato all'interno della conoide alluvionale, con scarpate sub-verticali alte fino a 15 metri (Fig. 5.1.2) al cui interno sono presenti i terrazzi alluvionali recenti a loro volta re-incisi di alcuni metri dall'alveo. Verso sud l'abitato si estende intorno ai rilievi del Forte Castello e di M.di Pasta che costituiscono dei rilievi isolati, allungati in direzione NO-SE. Il rilievo del Forte Castello è separato dai versanti principali di S.Carlo Terme dall'incisione da parte dei corsi d'acqua che drenano dai versanti sia verso nord (il centro storico) sia verso sud, formano una serie di piccole conoidi alluvionali coalescenti che si estendono all'uscita sulla pianura. Anche tra il Monte di Pasta e il Castello è presente un'area pianeggiante corrispondente ad un paleoalveo del Frigido durante la deposizione della conoide alluvionale.



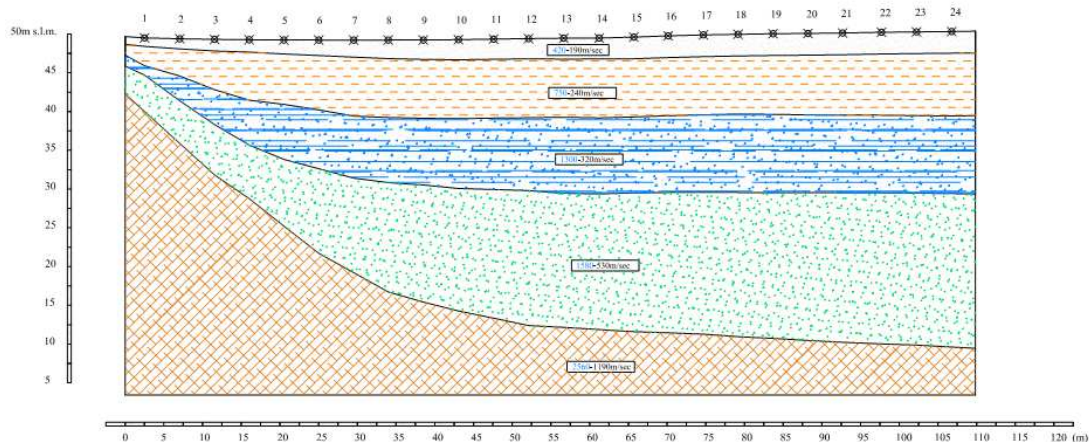
Fig. 5.1.2 Il centro storico di Massa. Indicata dal tratteggiola scarpata sul F.Frigido con l'andamento sinuoso dell'alveo incassato. Sulla sin., sullo sfondo, i rilievi de Il Castello e del M.di Pasta.

Seppellita dai depositi è presente il contatto tettonico per faglia diretta tra il Calcere Cavernoso nel blocco di letto (Forte Castello) e il Macigno nel blocco di tetto (Monte di Pasta). Nonostante l'evidente notevole rigetto della faglia lungo tale linea non sono osservabili deformazioni superficiali o elementi morfotettonici che possano suggerire la sua attività recente. Le indagini sismiche condotte da Geognostica Apuana (Fig. 5.1.3) nell'ambito di questo progetto mostrano la presenza di una coltre alluvionale spessa fino a 40-45 metri nella parte centrale tra i rilievi, costituita da depositi alluvionali ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi da poco a moderatamente addensati, localmente cementati, con sottili alternanze limoso-sabbiose che passano lateralmente, in prossimità dei versanti, a depositi di natura detritica. In contatto con il substrato è regolare e non mostra nessun gradino sepolto che possa suggerire una deformazione da parte della faglia.

Sezione litostratigrafica interpretativa: Via Ponticello Sud

(I.T. par. B.1.2.1: "Modalità di presentazione dei risultati" - punto 2.j)

M.di Pasta



Sezione litostratigrafica interpretativa: Via Ponticello Nord

(I.T. par. B.1.2.1: "Modalità di presentazione dei risultati" - punto 2.j)

Forte Castello

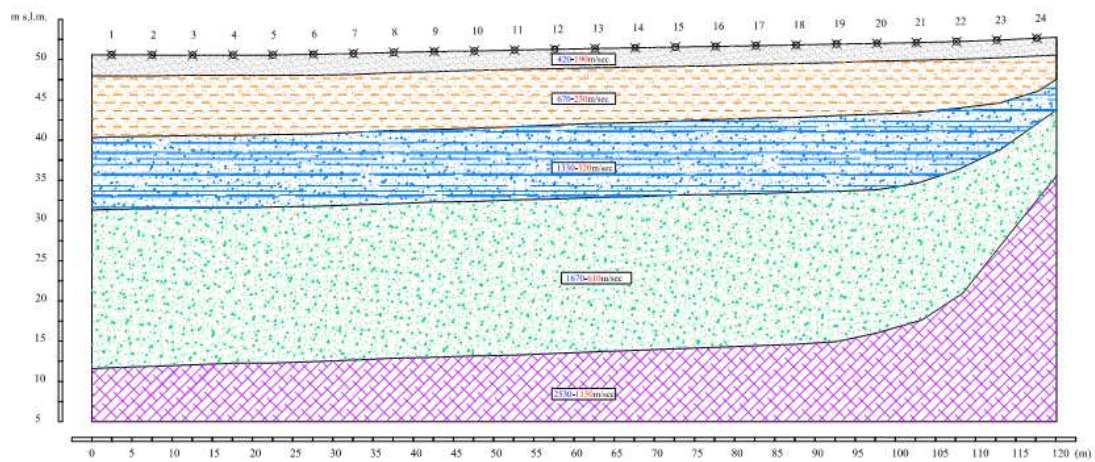


Fig. 5.1.3 Indagini sismiche condotte tra il M.Castello e il M.di Pasta che non evidenziano nessuna morfologia sepolta riconducibile a deformazioni per faglia. I valori crescenti di Vs osservabili in profondità sono dovuti sia alla presenza di depositi sabbioso-ghiaiosi più recenti in superficie sia allo stati di addensamento e cementazione che aumenta all'interno dei depositi alluvionali con la profondità.

I due rilievi allungati probabilmente proseguono verso nord seppure seppelliti dai depositi della conoide alluvionale e si immergono rapidamente verso l'asse vallivo del F. Frigido. Il sottosuolo del centro storico di Massa è caratterizzato dalla presenza dei depositi ghiaiosi della conoide del F.Frigido affioranti lungo la scarpata fluviale. Qui mostrano una cementazione secondaria che però non sempre si riscontra nei dati di sottosuolo. Il loro spessore massimo investigato è di circa 80 metri verso valle, spessore che indica la presenza di una profonda incisione a spese del substrato in corrispondenza dell'asse vallivo. Il contatto tende a diventare più superficiale nelle posizioni prossime ai versanti e verso l'imbocco della valle nel settore montano (Fig. 5.1.4).

Sezione litostratigrafica interpretativa: Via del Frigido

(I.T. par. B.1.2.1: "Modalità di presentazione dei risultati" - punto 2.j)

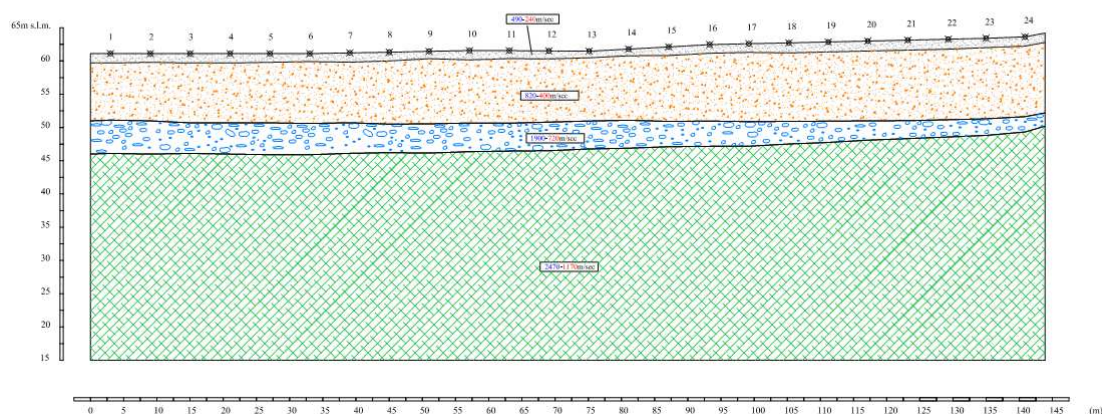


Fig. 5.1.4 La sezione interpretativa delle indagini sismiche nell'area del centro storico prossimale allo sbocco della valle nella pianura. Si osserva lo spessore ridotto dei depositi alluvionali e l'andamento sub pianeggiante del contatto con il substrato. I valori di V_s crescenti in profondità all'interno dei depositi alluvionali è presumibilmente legato all'aumento della frazione granulometrica e dello stato di addensamento.

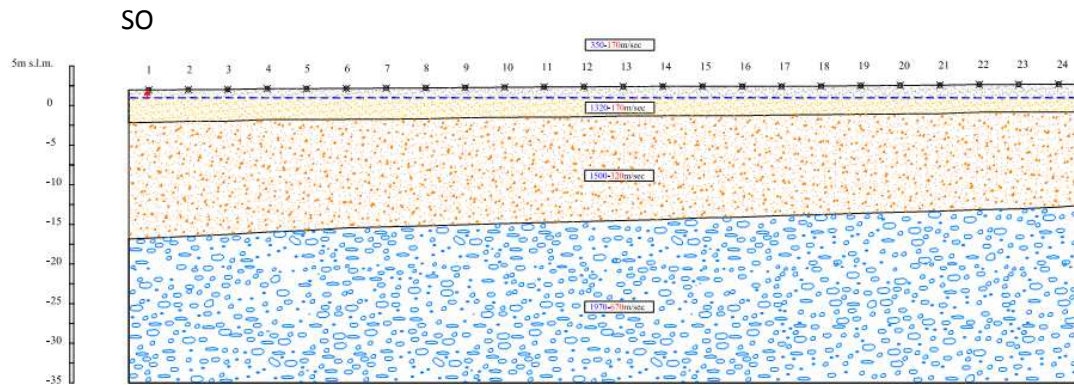
In corrispondenza delle conoidi alluvionali dei corsi d'acqua secondari si osserva la presenza dei depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi correlati la cui composizione dei clasti rivela la provenienza locale rispetto ai depositi della conoide del Frigido che a volte sono seppelliti dai primi.

Il contatto sepolto con il substrato risulta quindi avere acclività simili a quelle dei versanti in posizione prossima ad essi mentre procedendo verso la costa tende ad assumere una geometria sub-pianeggiante con pendenze inferiori. Procedendo verso valle, parte dell'urbanizzazione recente della città ha occupato i terrazzi alluvionali olocenici lungo il F.Frigido costituiti da depositi ghiaiosi che poggiano in discordanza sui depositi ghiaiosi più addensati e localmente cementati più antichi della conoide del F. Frigido. Procedendo verso mare al piede della scarpata di erosione marina sub-parallelà alla costa che si sviluppa per alcuni chilometri in corrispondenza del tracciato autostradale è presente il contatto discordante tra i depositi sabbiosi e sabbioso limosi delle spiagge e stagni olocenici, il cui spessore massimo raggiunge circa i 20 metri e i sottostanti conglomerati appartenenti alla conoide del F. Frigido. La superficie basale, pianeggiante, risale gradualmente da mare verso la scarpata di erosione (Fig. 5.1.5).

Nel complesso l'andamento del substrato sotto l'area della Città di Massa e della pianura viene riassunto nella Sezione Litotecnica di Fig. 5.1.6.

Sezione litostratigrafica interpretativa: Via Lodolina

(I.T. par. B.1.2.1: "Modalità di presentazione dei risultati" - punto 2.j)



Sezione litostratigrafica interpretativa: Via Lodolina

(I.T. par. B.1.2.1: "Modalità di presentazione dei risultati" - punto 2.j)

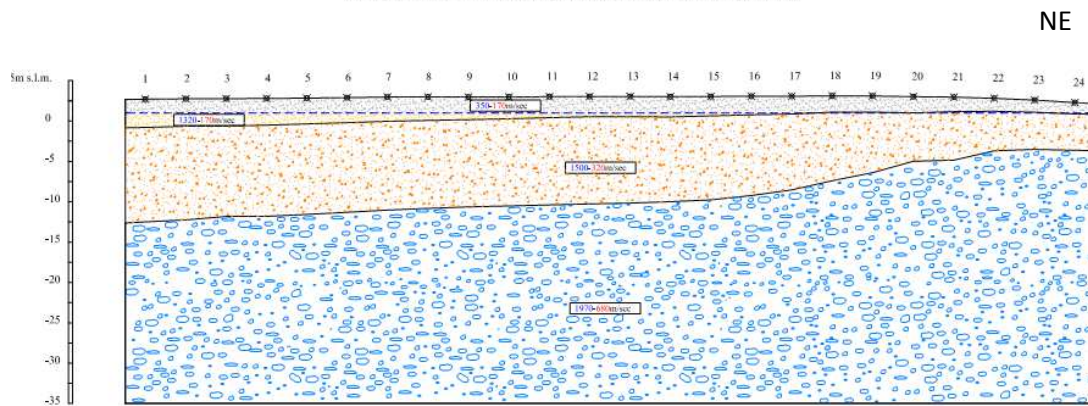


Fig. 5.1.5 Sezioni desunte dalle indagini sismiche che evidenziano l'andamento regolare del contatto erosivo tra i depositi marini olocenici soprastanti e le ghiaie pleistoceniche. Lo spessore dei depositi olocenici tende ad assottigliarsi in corrispondenza della scarpata di erosione marina posta a NE. I valori di Vs aumentano in corrispondenza dei depositi alluvionali prevalentemente ghiaiosi alla base della successione

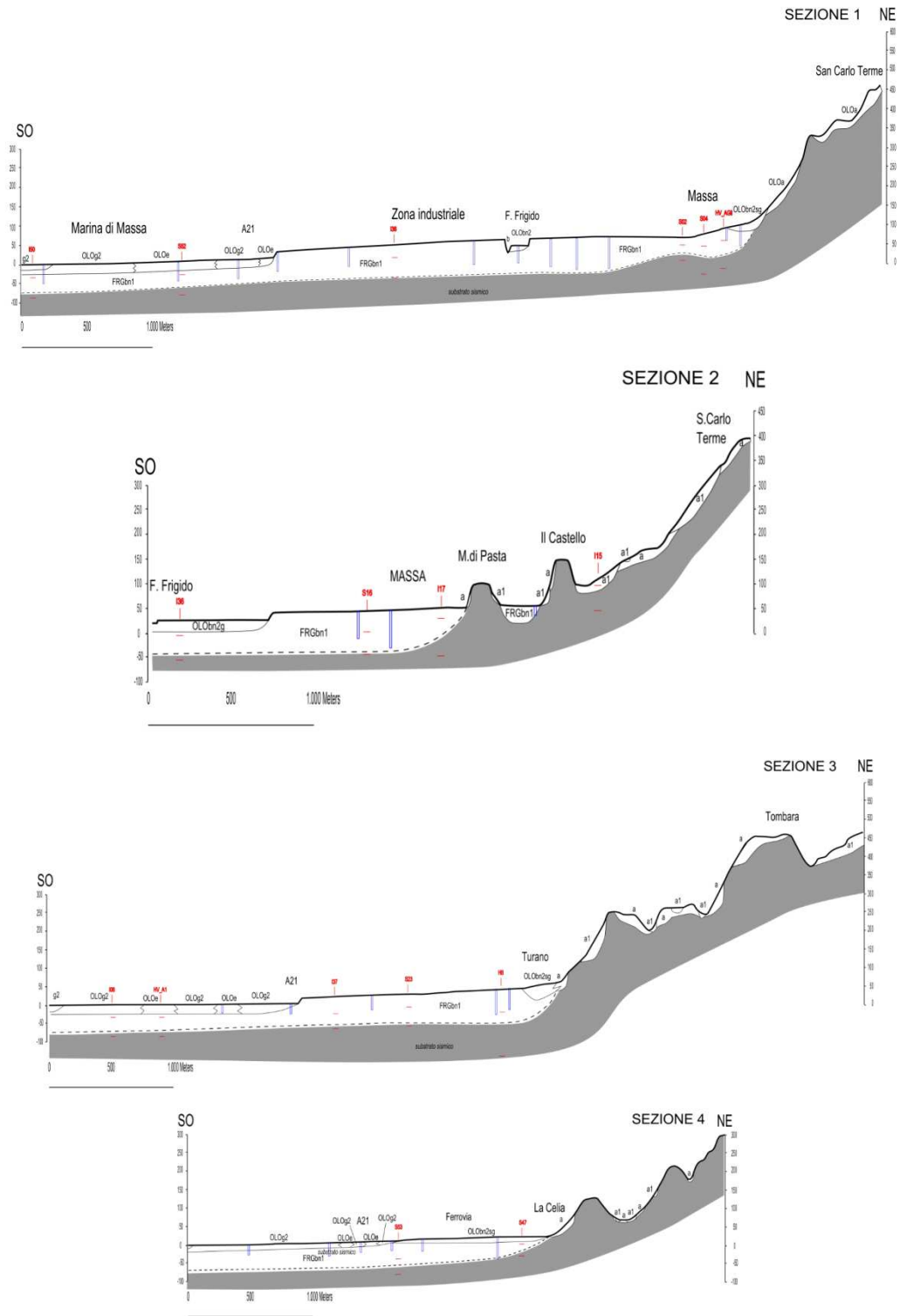


Fig. 5.1.6 Sezione n. 1 (per l'ubicazione vedi Carta Geologica Tecnica, Foglio sud)

5.1.1. Interpretazione delle misure di vibrazioni ambientali eseguite nella pianura e nella città di Massa

La tecnica più efficace per ricavare informazioni sulle proprietà sismiche del sottosuolo dalle misure di vibrazioni ambientali a stazione singola e multipla è quella basata sull'inversione congiunta delle curve ottenute dai due tipi di misura. La pessima qualità delle curve HVSR disponibili nel Comune di Massa preclude la possibilità di percorrere questa via, confinando l'applicabilità della procedura d'inversione alle sole curve di dispersione. Essendo il protocollo d'inversione di cui ci si vale basato sugli algoritmi genetici (per i dettagli della procedura adottata si vedano Picozzi & Albarello, 2007; Pileggi *et al.*, 2011; Albarello *et al.*, 2011), è necessario stabilire *ex ante* uno spazio di ricerca delle soluzioni, in forma di limiti sulle caratteristiche meccaniche degli strati del profilo di sottosuolo da ricercare (spessore, velocità delle onde P ed S, densità, fattori d'attenuazione). Ciò permette d'utilizzare, nell'esecuzione dell'inversione, le informazioni disponibili, in particolare quelle fornite dal rilievo geologico-geomorfologico e da alcune prove in foro di tipo *down-hole*, corredate dai profili stratigrafici, limitando così la grande variabilità delle soluzioni che l'inversione della sola curva di dispersione comporta. Ovviamente, l'informazione *a priori* non può essere troppo vincolante, dovendo permettere all'algoritmo di rintracciare buone soluzioni, che, in effetti, mostrano spessodifferenze apprezzabili rispetto ai risultati delle prove in foro.

Successivamente, i profili stratigrafici così ottenuti sono stati modificati manualmente, affinché le curve HVSR sintetiche (ovvero ottenute mediante simulazioni numeriche) generate utilizzando questi profili mostrassero un picco principale nell'intervallo di f_0 relativo alla più prossima misura a stazione singola almeno di livello β . In particolare, si sono determinati i profili stratigrafici "limite", generanti i picchi della curva HVSR corrispondenti agli estremi del suddetto intervallo di frequenze e differenziati quasi esclusivamente dallo spessore del più consistente strato di copertura. L'operazione di adattamento ha talvolta provocato una perdita nella qualità della riproduzione della curva di dispersione. Specificamente, le misure a stazione singola associate alle diverse antenne sono state:

- HV_A1 per l'antenna A1,
- HV_A2ii per l'antenna A2,
- HV_A3 ed I43 per l'antenna A3,
- HV_A4 per l'antenna A4,
- S53 per l'antenna A5,
- HV_A6ii per l'antenna A6.

I profili stratigrafici ottenuti per le sei antenne sono elencati nelle Tabb. 5.1.1 e 5.1.2.

Antenna A1		Antenna A2		Antenna A3	
h (m)	Vs (m/s)	h (m)	Vs (m/s)	h (m)	Vs (m/s)
3	140	1	220	2	250
6	180	7	300	9–25	330–350
8	250	21	450	9–25	400–450
6	350	31–151	700–750	0–48	700
27–37	500	1000	1000–1400	300–1000	1000–1400
0–40	700	∞	≥2000	∞	≥2000
700	1400				
∞	≥2500				

Tabella 5.1.1 – Profili di VS ottenuti dalla rielaborazione delle inversioni delle curve di dispersione relative alle antenne sismiche A1, A2, A3: h indica lo spessore degli strati.

Antenna A4		Antenna A5		Antenna A6	
h (m)	Vs (m/s)	h (m)	Vs (m/s)	h (m)	Vs (m/s)
2	130	5	200	2	220
10	180	10	500	4	140
10	250	15	600	4	400
8	350	15–20	500	15	340
0–40	450	0–40	700	15	450
0–40	700	600	1200–1400	10–70	750
1000	1400	∞	≥2000	∞	≥1400
∞	≥2500				

Tabella 5.1.2 – Profili di VS ottenuti dalla rielaborazione delle inversioni delle curve di dispersione relative alle antenne sismiche A4, A5, A6: h indica lo spessore degli strati.

I suddetti profili stratigrafici consentono di determinare limiti approssimativi di variazione della profondità del substrato geologico. È da notare che, mentre la velocità delle onde di taglio caratterizzante tale substrato è concordemente stabilita da tutte le indagini non inferiore (e quasi sempre ben superiore) a 1000 m/s, quella di parte delle coperture (le ghiaie più profonde, a diretto contatto con tal substrato) ammette, tenendo conto anche delle indagini in foro, un'ampia variabilità di stime, tanto al di sopra quanto al di sotto di 800 m/s. Ne consegue che il substrato sismico può coincidere o no con quello geologico e, nel secondo caso, l'interfaccia che lo separa dalle coperture si trova al di sopra della quota batimetrica del secondo. Tuttavia, nel quadro di drastiche approssimazioni dovute ai disturbi che affliggono le misure a stazione singola (che sono di fatto il principale strumento per l'identificazione dei contrasti d'impedenza sismica), questa condizione, potenzialmente generatrice di problemi interpretativi e dubbi sulla localizzazione del

substrato sismico, è totalmente assorbita dall'incertezza sulla localizzazione del substrato geologico stesso; cosicché l'effettiva attribuzione della velocità delle onde S nelle ghiaie più profonde, che è presumibilmente anche eterogenea dal punto di vista spaziale, perde d'interesse ai fini della determinazione delle proprietà sismiche del sottosuolo. Si suppone quindi che l'unico contrasto di impedenza sismica rilevante si collochi comunque all'interfaccia fra il substrato geologico e le coperture.

Palesemente, la qualità delle curve HVSR non consente di determinare in modo univoco tale profondità, lasciando spazio alla sola possibilità di stimare un intervallo di valori che rispecchiano gli intervalli di frequenza di Tab. 4.2.1. Per assegnare a ciascuno di questi ultimi, e quindi ad ogni punto di misura a stazione singola che ha prodotto risultati accettabili (di livello α o β), tale intervallo di profondità della superficie risonante, si è proceduto ad estrapolare dalle informazioni ottenute una funzione rappresentativa dell'andamento approssimato delle velocità delle onde S delle coperture. In particolare, è stata scelta la legge a potenza (Albarellò *et al.*, 2011):

$$V_S(z) = V_0 \cdot (1 + z)^x$$

dove $V_S(z)$ è la velocità delle onde S alla profondità $z \geq 0$, V_0 tale valore in superficie ed x un parametro empirico che assume valori compresi fra 0 e 1. La velocità media delle onde S dalla superficie alla generica profondità $z > 0$ si ottiene facilmente da tale legge nella forma:

$$\langle V_S \rangle(z) = \frac{V_0 \cdot (1 - x) \cdot z}{(1 + z)^{1-x} - 1}$$

I parametri V_0 ed x si determinano confrontando quest'ultima relazione con l'andamento delle velocità medie ottenute sperimentalmente. A tale scopo e sulla base delle informazioni raccolte sull'assetto delle coperture, la superficie della pianura e della città di Massa è stata ripartita in 4 zone, caratterizzate da una certa omogeneità, denominate (Fig. 5.1.1):

1. Zona Costa,
2. Zona Ferrovia,
3. Zona Centro,
4. Zona Pedemontana.

In ciascuna di queste zone è stata determinata una legge di potenza "media", in grado di descrivere approssimativamente gli andamenti della velocità media delle onde S generati sia dai profili nelle Tab. 5.1.1 e 5.1.2 che dalle indagini in foro di tipo *down-hole* disponibili e che ricadono all'interno della zona stessa. I parametri così ottenuti sono raccolti in Tab. 5.1.3, mentre le figure da 5.1.1 a 5.1.4 mostrano il confronto fra le velocità date dalla legge a potenza e quelle prodotte dalle indagini sperimentali.

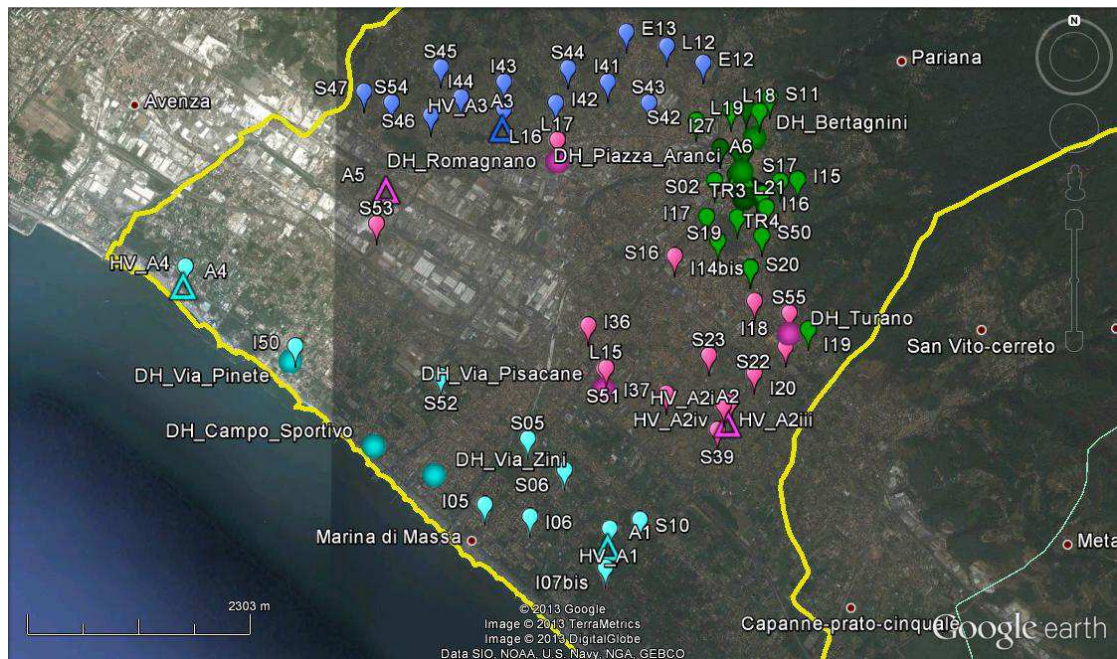


Figura 5.1.1 – Mappa della ripartizione delle misure nelle quattro zone: le gocce indicano le misure a stazione singola, i triangoli le antenne sismiche ed i cerchi le prove in foro (down-hole). In azzurro sono le misure appartenenti alla Zona Costa, in viola quelle della Zona Ferrovia, in verde quelle della Zona Centro ed in blu quelle della Zona Pedemontana.

Zona	$V0$ (m/s)	x
Costa	105	0,45
Ferrovia	230	0,30
Centro	120	0,45
Pedemontana	200	0,25

Figura 5.1.3 – Parametri della legge a potenza di variazione della velocità delle onde S con la profondità, ottenuti nelle quattro zone.

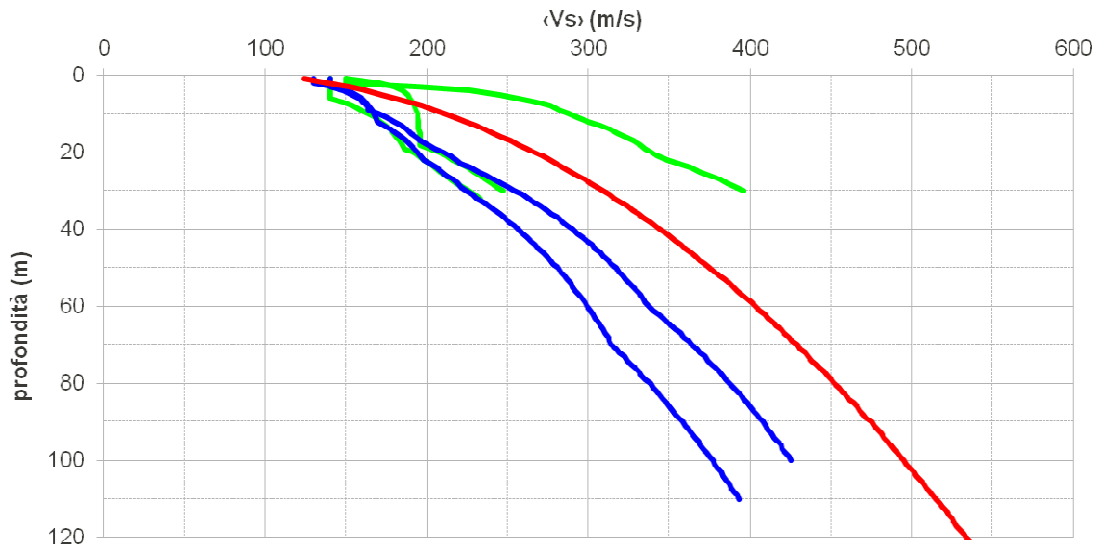


Figura 5.1.2 – Andamento delle velocità medie delle onde S nella Zona Costa: in verde quelli ottenuti dalle prove in foro (Via delle Pinete, Campo Sportivo e Via Zini), in blu quelli ottenuti dall'inversione delle curve di dispersione delle antenne sismiche (A1 ed A4) ed in rosso quello generato dalla legge a potenza.

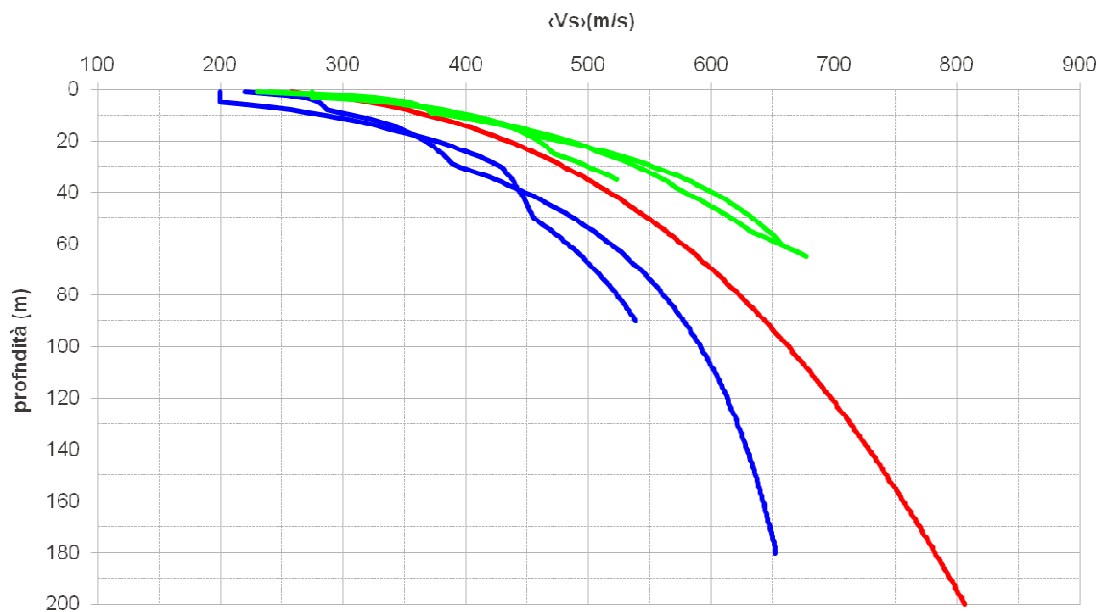


Figura 5.1.3 – Andamento delle velocità medie delle onde S nella Zona Ferrovia: in verde quelli ottenuti dalle prove in foro (Via Pisacane, Via Acquale [Romagnano] e località Turano), in blu quelli ottenuti dall'inversione delle curve di dispersione delle antenne sismiche (A2 ed A5) ed in rosso quello generato dalla legge a potenza.

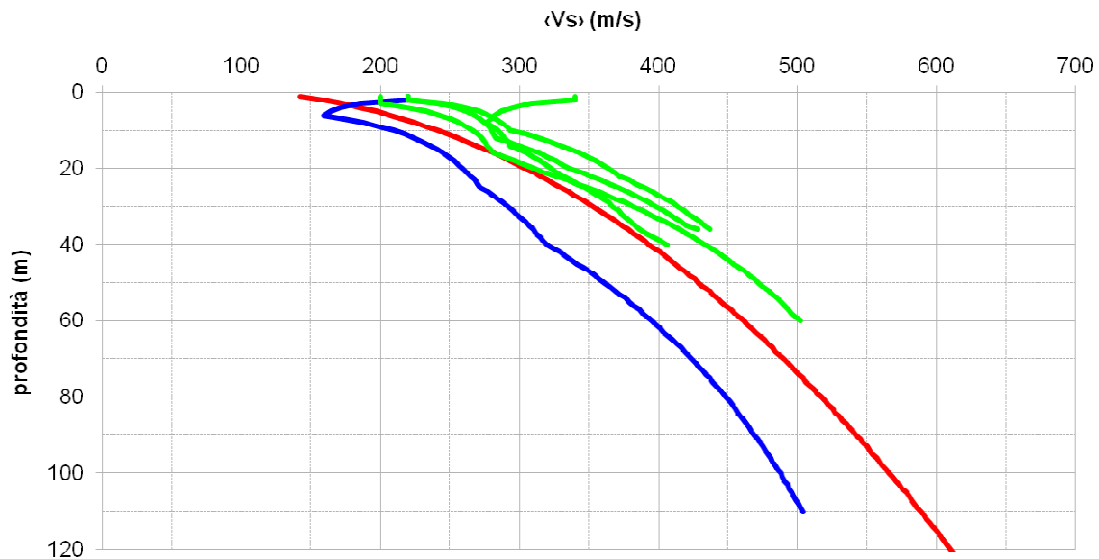


Figura 5.1.4 – Andamento delle velocità medie delle onde S nella Zona Centro: in verde quelli ottenuti dalle prove in foro (Piazza degli Aranci, Piazza Mercurio, Mercato Ortofrutticolo, Bertagnini), in blu quello ottenuto dall'inversione della curva di dispersione dell'antenna sismica A6 ed in rosso quello generato dalla legge a potenza.

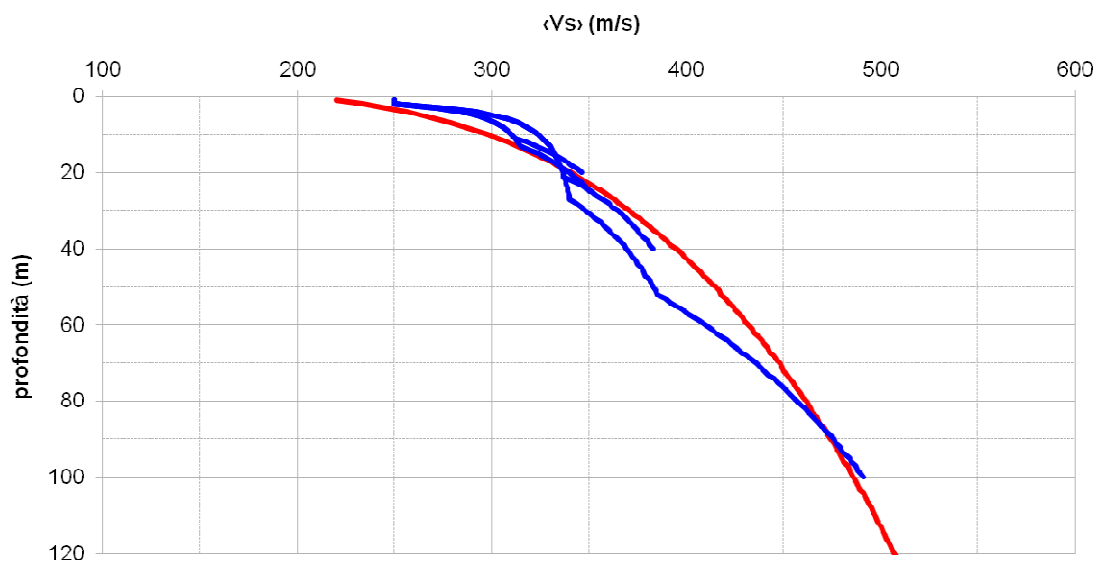


Figura 5.1.5 – Andamento delle velocità medie delle onde S nella Zona Pedemontana: in blu quelli ottenuti dall'inversione della curva di dispersione dell'antenna sismica A3 ed in rosso quello generato dalla legge a potenza.

Noti i parametri della legge a potenza e data la frequenza di risonanza del terreno, f_r , la profondità dell'interfaccia risonante è approssimativamente determinata dalla relazione (Ibs Von Seht & Wohleberg, 1999):

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

Come ricordato in precedenza, la frequenza di picco della curva HVSR, f_0 , è buona stima di f_r e quindi permette, sostituita in tal formula, la stima della voluta profondità. Le difficoltà d'interpretazione delle misure a stazione singola, ampiamente descritte in precedenza, precludono la possibilità d'identificare un unico valore di h ,

consentendosi di stimare un intervallo con limiti h_{min} ed h_{max} (funzioni dei corrispondenti valori estremi di f_0 , raccolti in Tab. 4.2.1), dove si può ragionevolmente ritenere confinata la profondità del substrato sismico. Applicando dunque a tutte le misure HVSR interpretabili la suddetta formula con i parametri specifici delle diverse zone, si sono ottenuti i valori minimo e massimo di profondità dell'interfaccia risonante elencati in Tab. 5.1.4. Da queste valutazioni sono state poi ricostruite le batimetrie relative ai valori massimo e minimo (Figg. 5.1.6 e 5.1.7) all'interno dei quali si suppone giaccia il tetto del substrato sismico (e geologico). Le informazioni in Tab. 5.1.4 sono state altresì utilizzate nella realizzazione delle sezioni geologiche.

misura	liv.	h-min (m)	h-max (m)	misura	liv.	h-min (m)	h-max (m)	misura	liv.	h-min (m)	h-max (m)
E12	α	20	40	S06	α	30	80	L15	β	50	120
E13	α	20	40	S20	α	30	100	L16	β	50	120
HV_A1	α	30	80	S20bis	α	30	100	S01	β	30	100
HV_A4	α	30	80	S39	α	20	30	S04	β	30	100
HV_A6i	α	30	100	S42	α	20	60	S10	β	30	80
HV_A6ii	α	30	100	S44	α	20	40	S11	β	10	60
I05	α	30	80	S45	α	20	40	S16	β	40	80
I06	α	30	80	S46	α	30	80	S17	β	20	100
I07bis	α	30	80	S52	α	20	50	S19	β	20	100
I14bis	α	10	30	S54	α	0	0	S22	β	40	120
I16	α	0	0	HV_A2i	β	20	210	S23	β	30	80
I19	α	50	190	HV_A2ii	β	30	210	S43	β	20	130
I41	α	30	60	HV_A2iii	β	20	210	S47	β	20	60
I42	α	30	60	HV_A2iv	β	30	210	S50	β	20	100
I43	α	20	40	HV_A3	β	10	80	S51	β	30	80
I50	α	30	80	I11bis	β	20	100	S53	β	40	80
L12	α	20	40	I15	β	10	60	S55	β	40	120
L17	α	50	120	I17	β	20	100	TR1	β	0	0
L18	α	20	60	I18	β	70	210	TR2	β	0	0
L19	α	20	60	I20	β	50	240	TR3	β	0	0
L20	α	20	60	I27	β	20	60	TR4	β	0	0
L21	α	30	100	I36	β	30	80	TR6	β	0	0
S02	α	20	60	I37	β	40	80	TR7	β	0	0
S05	α	20	50	I44	β	30	80	TR8	β	0	0

Tabella 5.1.4 – Stime dei valori minimo (arrotondato al decimetro inferiore) e massimo (arrotondato al decimetro superiore) della profondità dell'interfaccia risonante, in corrispondenza delle misure a stazione singola di livello α e β ricadenti nella pianura e nella città di Massa.

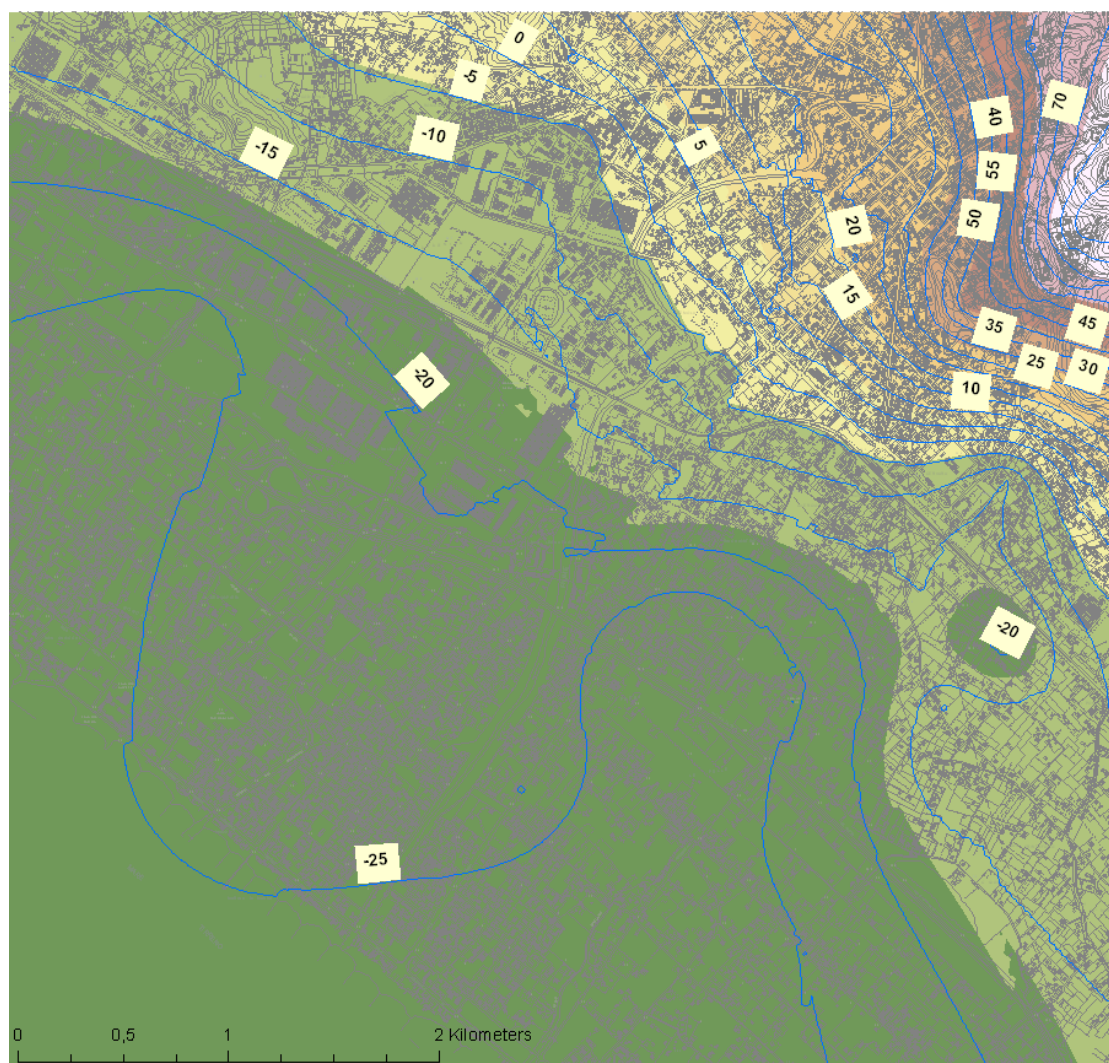


Figura 5.1.6 – Stima del limite inferiore della batimetria del substrato, corrispondente alle stime minime di profondità del medesimo rispetto al piano di campagna.

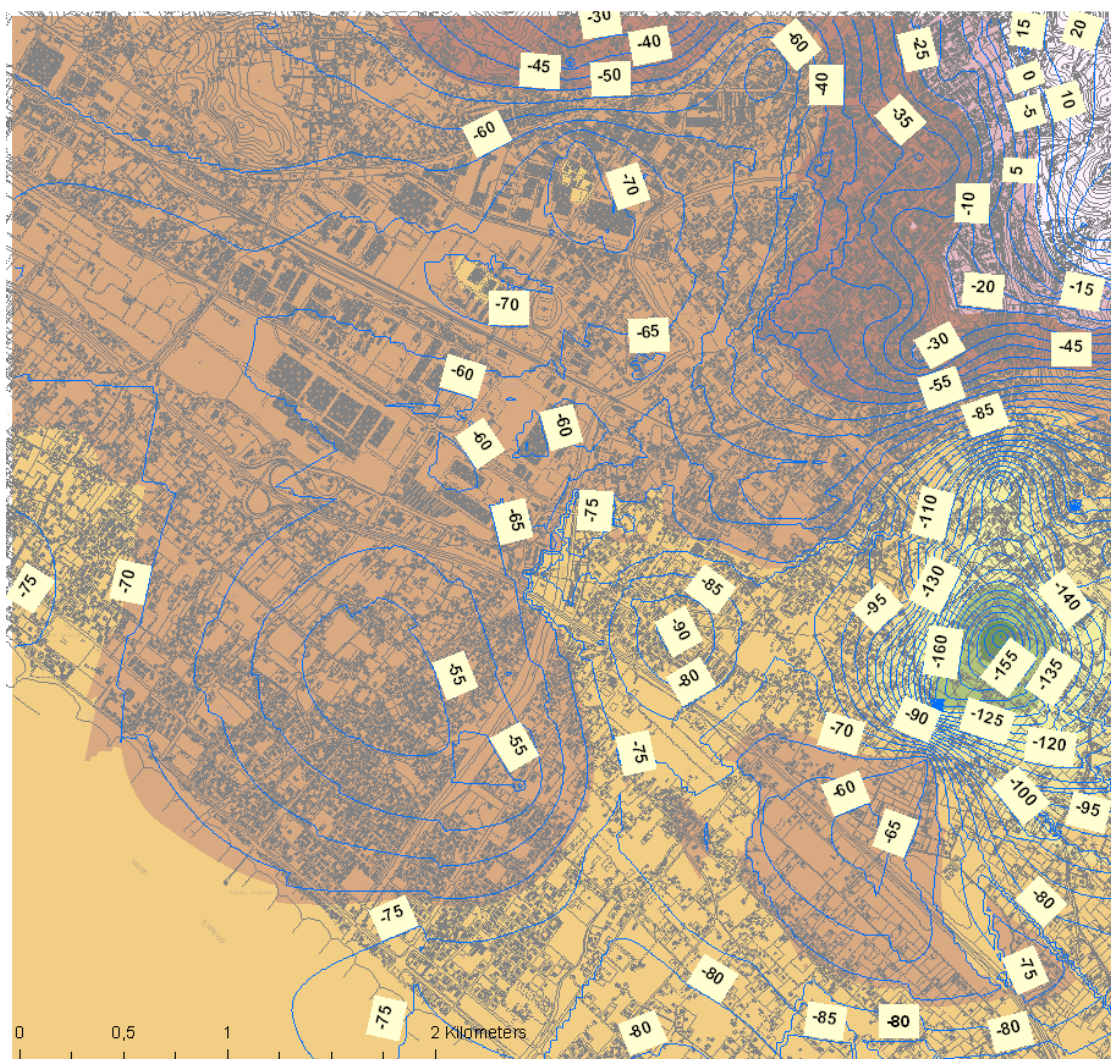


Figura 5.1.7 – Stima del limite superiore della batimetria del substrato, corrispondente alle stime massime di profondità del medesimo rispetto al piano di campagna.

5.1.2 Interpretazione misure a stazione singola della località Bargana-Lavacchio

Nella località Bargana-Lavacchio sono state eseguite 5 misure a stazione singola, di cui una risulta di livello α , tre di livello β ed una di livello γ (Fig. 5.1.8).

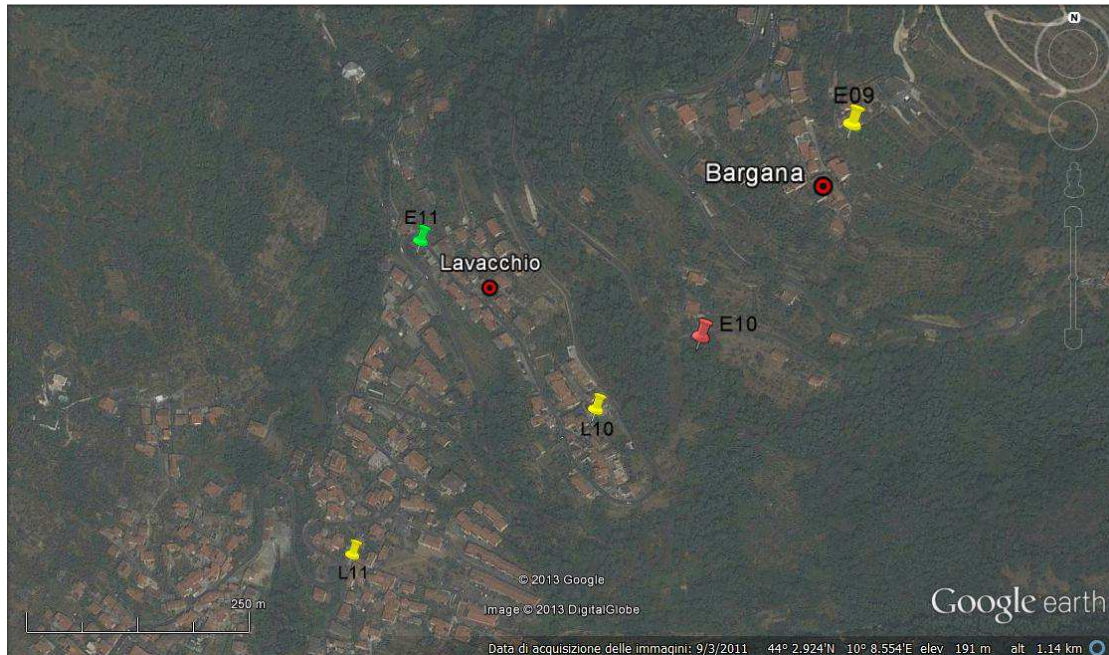


Figura 5.1.8 – Ubicazione delle misure di vibrazioni ambientali a stazione singola presenti nella zona di Bargana – Lavacchio. I colori dei segnaposto si riferiscono alla qualità della misura HVSR (verde: livello α ; giallo: livello β ; rosso: livello γ).

Osservando gli andamenti delle componenti spettrali dell'acquisizione E09, è possibile ipotizzare che questa misura sia piatta nell'intervallo di frequenze 1-10 Hz. Risulta possibile però supporre la presenza di un massimo della curva HVSR racchiuso nell'intervallo 15-30 Hz: tale picco potrebbe riferirsi a 1,5-3 m di riporto antropico o detrito di versante.

La medesima interpretazione, almeno nella banda di frequenze 1-10 Hz, sarebbe ipotizzabile per la misura E10, la quale è però stata classificata di livello γ .

Per quanto riguarda le misure E11, L10 ed L11, le forme funzionali delle tre componenti spettrali suggeriscono l'esistenza di un massimo della curva HVSR contenuto rispettivamente negli intervalli di frequenze 2,5-3,5 Hz, 2-3 Hz e 3,5-4,5 Hz. Tale picco potrebbe essere connesso con il contatto tra i depositi di copertura, costituiti in questa zona dal corpo di frana (a1cmq), e dai sedimenti alluvionali sabbioso-ghiaiosi (OLObn2sg): considerando, per i materiali di copertura, un valore di V_S di 350-400 m/s (dedotti dal profilo sismico GA21), l'interfaccia risonante individuata si trova alla profondità di 25-40 m presso la E11, 25-35 m presso la L10 e 20-30 m presso la L11.

5.2 ALTAGNANA (Fig. 5.2.1)

La frazione di Altagnana sorge alla sommità di un crinale che si allunga in direzione NO-SE parallelamente alla valle del Fosso di Antona, posto a circa 300 metri di altezza sul fondovalle. L'abitato si trova su un substrato sub-affiorante costituito dalla Formazione delle Filladi inferiori (FAF). Si tratta di filladi quarzítico-muscovitiche grigio-scure e grigio-verdastre alternate a livelli di spessore variabile dal centimetro al metro di quarziti grigio-chiare. Spesso la componente quarzítica può diventare prevalente, fino a formare livelli fino ad alcuni metri di spessore di quarziti a granulometria arenacea grossolana. Queste alternanze composizionali rappresentano verosimilmente l'originaria stratificazione, inoltre non è raro notare nei livelli più quarzíticos strutture che potrebbero essere tracce residue di laminazioni incrociate e gradazioni. Sul versante sudoccidentale le Filladi passano per contatto tettonico alla Formazione della Verruca costituita da filladi quarzítico-muscovitiche grigio-chiare o grigio-verdi, talora violacee, con intercalazioni di metaconglomerati e filladi scure.

Nel complesso si presentano molto alterate in superficie e presentano una scistosità associata sia alle caratteristiche originarie della roccia sia alla sua storia tettonica che nel complesso conferiscono le caratteristiche di un substrato molto fratturato costituito da alternanza di litotipi stratificati.

La cresta, di origine erosiva, su cui sorge Altagnana costituisce il fianco destro del grande movimento gravitativo di Prati della Ciocca e il fianco vallivo di sinistra del Fosso di Antona. Il centro abitato è ubicato nella porzione sudorientale della cresta. Il versante sudoccidentale, vegetato, è caratterizzato dalla presenza di coperture detritiche per uno spessore valutabile intorno ai 5m mentre il versante settentrionale è caratterizzato dalla presenza di un movimento gravitativo di tipo complesso e dall'accumulo al piede di spessori fino a circa 10 m di detriti di versante.

L'abitato di Altagnana ricade perciò nella *Microzona stabile suscettibile di amplificazioni locali* a causa delle caratteristiche del substrato e per la sua ubicazione in corrispondenza di una cresta, condizione morfologicamente sfavorevole. Inoltre lungo i versanti sottostanti sono presenti zone instabili (movimenti gravitativi) la cui zona di distacco è ubicata in prossimità dell'abitato e la cui evoluzione regressiva in caso di riattivazione non può essere esclusa. La presenza inoltre di coltri detritiche predispone i versanti all'attivazione di ulteriori movimenti gravitativi. Per queste ragioni in fase progettuale sono necessari approfondimenti di secondo e terzo livello.



Fig. 5.2.1 L'abitato di Altagnana ubicato sulla cresta che costituisce il fianco destro della grande frana di Debbio

5.2.1 Interpretazione delle misure HVSR

Nei pressi dell'abitato di Altagnana, sono presenti due misure a stazione singola entrambe di livello β (Fig. 5.2.1.1); l'acquisizione TR9 fa parte delle indagini pregresse, in quanto è stata realizzata precedentemente alla campagna di misure descritta in questo lavoro.

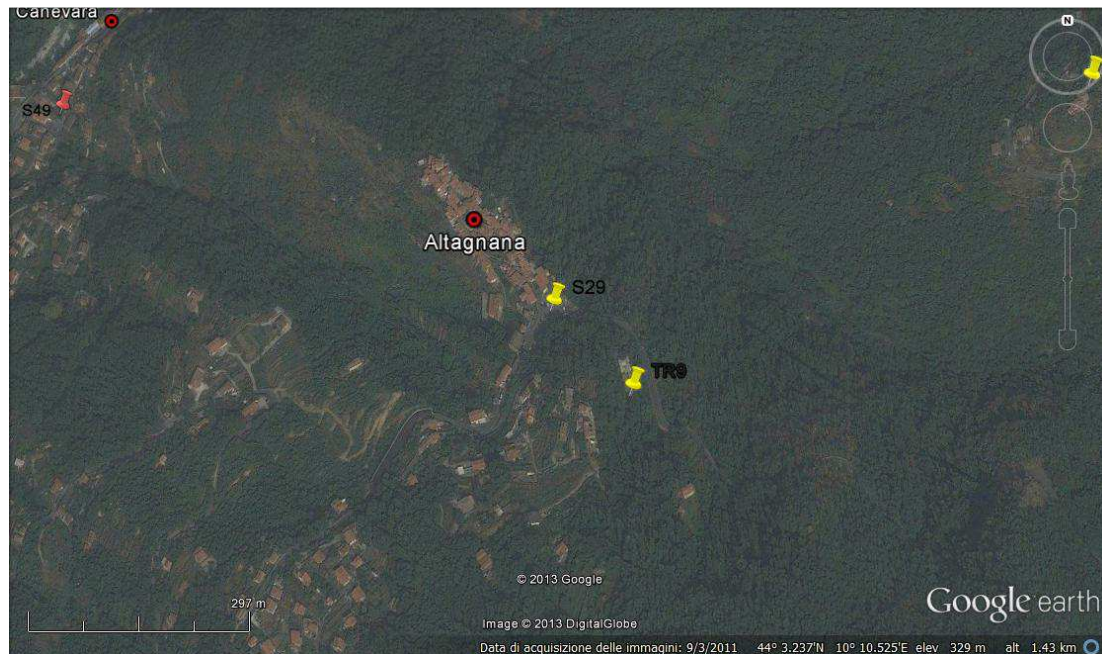


Figura 5.2.1.1 – Ubicazione delle misure di vibrazioni ambientali a stazione singola presenti nei pressi dell'abitato di Altagnana. I colori dei segnaposto si riferiscono alla qualità della misura HVSR (verde: livello α ; giallo: livello β ; rosso: livello γ).

L'andamento delle componenti spettrali della misura TR9 suggerisce l'esistenza d'un massimo della curva HVSR racchiuso nell'intervallo di frequenze 4-7 Hz: questa caratteristica lascia presupporre l'esistenza d'un contrasto d'impedenza probabilmente legato non solo alla presenza del detrito di versante inattivo (OLOa), ma anche ad una elevata fratturazione e/o alterazione delle filladi (FAF). Questa configurazione è altresì testimoniata dalla tomografia sismica A-A'_Altagnana_Cimitero, dove l'unità litologica FAF raggiunge valori di V_S che variano da 350 m/s a 750 m/s.

Per quanto riguarda l'indagine S29, la forma funzionale delle tre componenti spettrali lascia presupporre che tale misura, a differenza della precedente, sia piatta.

5.3 ANTONA (Fig. 5.3.1)

Il centro abitato di Antona si trova sul versante sudoccidentale del M. Antona caratterizzato dalla presenza della Formazione dei Porfiroidi e Scisti Porfirici (PRS), quarziti e filladi quarzitiche di colore grigio-chiaro e verde-chiaro. In molti affioramenti la roccia presenta una patina di alterazione giallastra o bruno-ocracea. I Porfiroidi s.s. sono costituiti dai litotipi più massicci, caratterizzati dalla presenza di numerosi fenocristalli di quarzo vulcanico, feldspati e subordinata matrice e probabilmente rappresentano originarie rocce vulcaniche (effusive e piroclastiche); gli Scisti porfirici s.s. rappresentano i litotipi più filladici e probabilmente rappresentano originarie rocce epiclastiche. E' difficile porre un limite cartografico tra i due litotipi a causa dei complessi rapporti tra le due litofacies ed entrambe le litofacies e tutti i termini intermedi sono state riunite in un'unica formazione. Nel complesso si presentano molto alterate in superficie e presentano una scistosità associata sia alle caratteristiche originarie della roccia sia alla sua storia tettonica che conferiscono le caratteristiche di un substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati.

Il versante dove è ubicato Antona è modellato prevalentemente sui litotipi filladici con un assetto geometrico complessivamente a franapoggio. Questa caratteristica costituisce la condizione predisponente i grandi movimenti gravitativi che interessano il versante stesso. Il centro abitato è ubicato in corrispondenza di una rottura di pendio associata ad una contropendenza. Si tratta di movimenti di tipo complesso con scivolamenti traslazionali e rotazionali nella parte alta del versante ed evoluzione nella parte al piede per prevalente colamento (*rock flow*). Lo stato di attività, desunto su basi geomorfologiche, è quiescente e non se ne può escludere la riattivazione per effetto dello scuotimento, dell'approfondimento al piede da parte del Fosso di Antona e per le caratteristiche scadenti dell'ammasso roccioso coinvolto nel movimento. Lo spessore desumibile del corpo di frana è superiore ai 10 m e rientra perciò nella *Microzona suscettibile di instabilità*. In fase progettuale sono raccomandabili approfondimento al secondo e terzo livello.

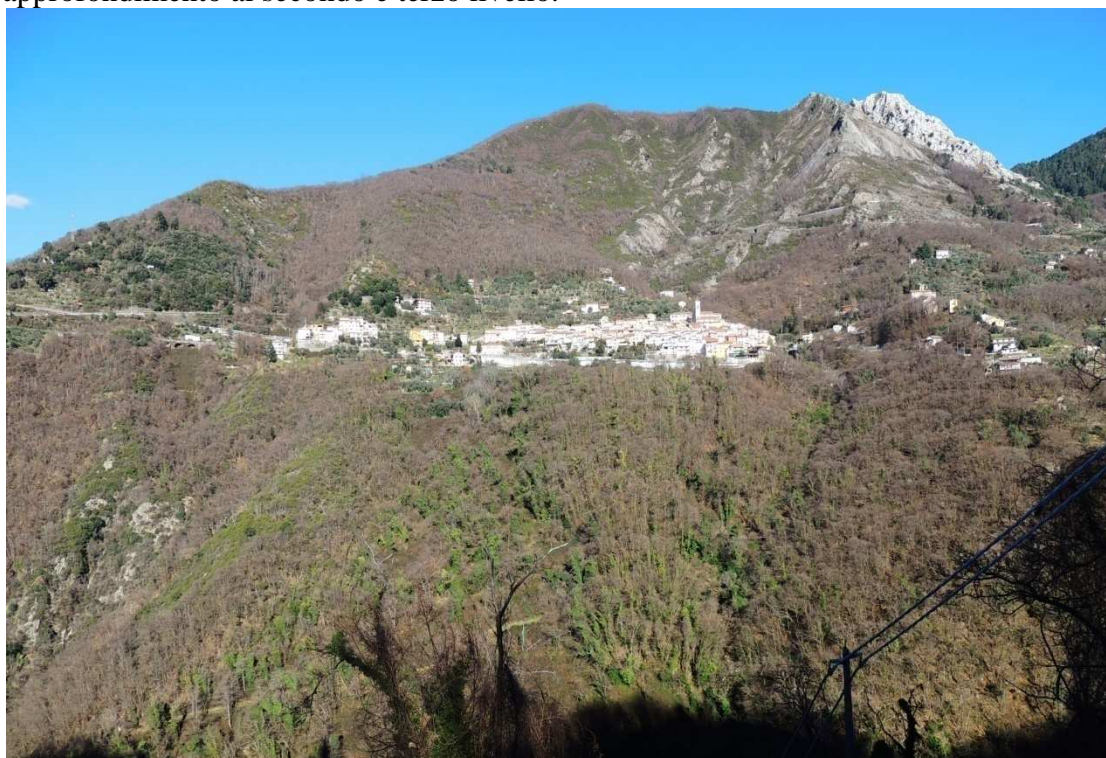


Fig. 5.3.1 L'abitato di Antona, ubicato sulla rottura di pendio associata ad un grande movimento gravitativo

5.3.1. Interpretazione delle misure HVSR

Nei pressi dell'abitato di Antona sono state eseguite 4 misure a stazione singola, di cui una risulta di livello α , una di livello β e due di livello γ (Fig. 5.3.2.1).



Figura 5.3.1.1 – Ubicazione delle misure di vibrazioni ambientali a stazione singola effettuate nei pressi dell'abitato di Antona. I colori dei segnaposto si riferiscono alla qualità della misura HVSR (verde: livello α ; giallo: livello β ; rosso: livello γ).

Gli andamenti delle componenti spettrali delle misure S31 ed I29 suggeriscono l'esistenza di un massimo della curva HVSR racchiuso rispettivamente negli intervalli di frequenza 3-7 Hz e 4-5 Hz: questa caratteristica lascia presupporre la presenza di un contrasto d'impedenza legato ad una elevata fratturazione e/o alterazione sia dei porfiroidi (PRS, presenti presso la S31), sia delle filladi (FAF, presenti presso la I29). Per quanto riguarda l'unità FAF, la forte entità della fratturazione nella zona dell'indagine I29 può essere messa in relazione con la presenza del corpo di frana (a1cmq) che interessa l'intero abitato di Antona.

Osservando la curva HVSR e le forme funzionali delle tre componenti spettrali dell'acquisizione I28, nonostante sia stata classificata di livello γ , è possibile ipotizzare l'esistenza di un picco contenuto tra 10 e 20 Hz, riferito probabilmente a 3-7 m di detrito di versante o depositi colluviali.

5.4 BERGIOLA MAGGIORE (Fig. 5.4.1)

L'Abitato di Bergiola Maggiore è ubicato sul versante sudoccidentale del crinale Pietra Bianca-Freddana.

Il versante è caratterizzato nella parte alta dalla presenza di un'estesa copertura detritica mentre nella parte medio-bassa, dove è ubicato il centro abitato, sono presenti numerosi fenomeni gravitativi che costituiscono una grande frana complessa su cui si sono attivati numerosi movimenti di dimensioni minori sempre con geometria e tipologia complessa.

Il movimento gravitativo è legato alla presenza del contatto tettonico e/o stratigrafico tra terreni con diverse caratteristiche litotecniche. La giacitura dei contatti è complessivamente a franapoggio con inclinazioni prossime a quelle del pendio. In particolare il versante dove sorge il centro abitato ha una morfologia tipica di un *flat iron* con le litologie più resistenti all'erosione in posizione basale (es. Marmi a Crinoidi) e quelle più erodibili (i termini filladici della Formazione della Verruca) alla sommità. L'assetto giaciturale, la presenza di litotipi con forti contrasti litotecnici (es. marmi-filladi), la presenza di contatti tettonici e faglie e l'incisione al piede da parte del Fosso della Colombara ed il conseguente alto angolo di pendio, costituiscono i principali fattori predisponenti l'innescò del movimento gravitativo le cui geometrie ed evidenze geomorfologiche possono essere associate a uno scivolamento in blocchi di tipo traslativo/*rock block slide* che evolve in colamento al piede. L'ammasso roccioso risultante è scomposto, fratturato e con scadenti proprietà litotecniche favorendo quindi l'innescò dei movimenti di minori dimensioni osservabili lungo tutto il versante, tra cui colamenti di fango e detrito che si attivano di frequente durante gli eventi critici. Lo spessore desumibile del corpo di frana è variabile da pochi metri fino a 20 m mentre lo spessore massimo delle coltri detritiche è di circa 5-10 metri. L'area di Bergiola Maggiore rientra perciò nella *Microzona suscettibile di instabilità* e in fase progettuale sono raccomandabili approfondimento al secondo e terzo livello.



Fig. 5.4.1 I versanti di Bergiola, Bargana e Lavaccho visti da valle.

5.4.1 Interpretazione delle misure HVSR

Nei pressi dell'abitato di Bergiola Maggiore sono state eseguite 9 misure a stazione singola HVSR di cui tre risultano di livello α , tre di livello β e tre di livello γ (Fig. 5.4.1.1).

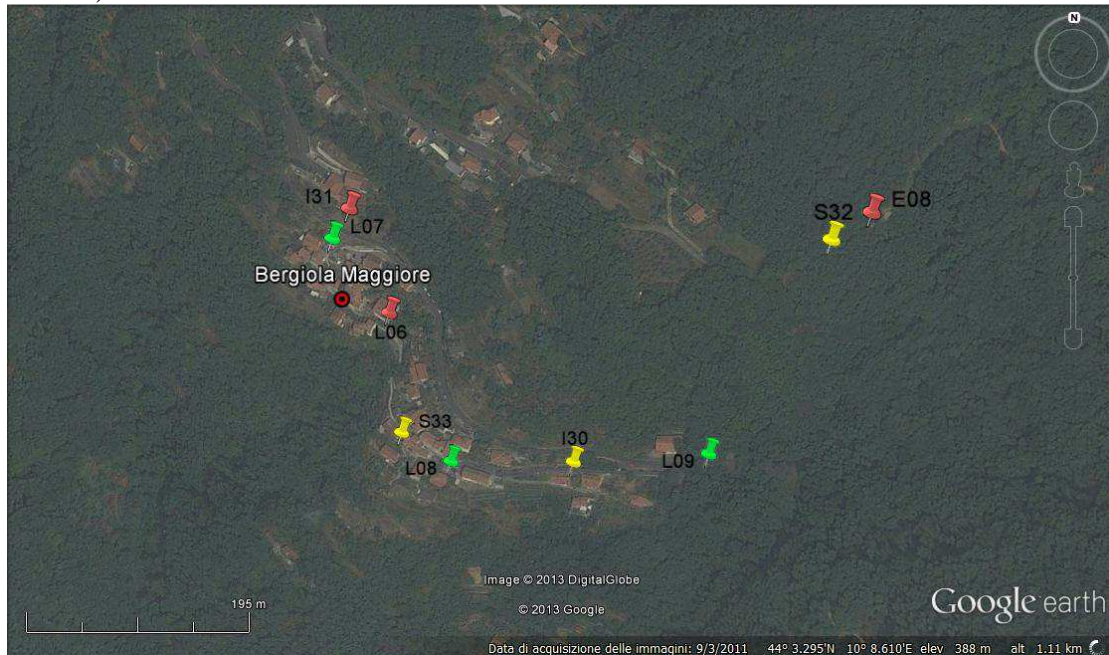


Figura 5.4.1.1 – Ubicazione delle misure di vibrazioni ambientali a stazione singola effettuate nei pressi dell'abitato di Bergiola Maggiore. I colori dei segnaposto si riferiscono alla qualità della misura HVSR (verde: livello α ; giallo: livello β ; rosso: livello γ).

Gli andamenti delle componenti spettrali delle acquisizioni ritenute accettabili (L07, L08 e L09) e di quelle considerate indicative (I30, S32 ed S33) depongono a favore del fatto che le curve HVSR risultino ivi piatte, ovvero non suggeriscono la presenza d'alcun massimo della curva HVSR.

5.5 CAGLIEGLIA (Fig. 5.5.1)

Il centro abitato è ubicato alla sommità di un crinale orientato ENE-OSO posto a circa 170 metri sul fondovalle del F. Frigido. Il substrato su cui è modellato il crinale è costituito dalla Formazione delle Filladi Inferiori (FAF) a cui si alternano metavulcaniti verdi chiare o grigie. La cresta ha perciò una natura erosiva verosimilmente associata ad antichi livelli di base del reticolo di drenaggio (terrazzo erosivo) poiché lungo la valle del F. Frigido sono osservabili altre morfologie simili poste a quote concordanti (ad es. Fornello). Il versante settentrionale del crinale è caratterizzato dalla presenza di un'estesa coltre detritica localmente interessata da fenomeni gravitativi di tipo complesso, mentre il versante meridionale, più acclive, è prevalentemente su roccia.

L'abitato di Cagliiglia ricade perciò nella *Microzona stabile suscettibile di amplificazioni locali* per la sua ubicazione in corrispondenza di una cresta, condizione morfologicamente sfavorevole. Inoltre lungo i versanti sottostanti sono presenti zone instabili (movimenti gravitativi) la cui zona di distacco è ubicata in prossimità dell'abitato e la cui evoluzione regressiva in caso di riattivazione non può essere esclusa. La presenza inoltre di coltri detritiche predispone i versanti all'attivazione di ulteriori movimenti gravitativi. Per queste ragioni in fase progettuale sono necessari approfondimenti al secondo e terzo livello.



Fig. 5.5.1 L'abitato di Cagliiglia, posto su una cresta sospesa sul reticolo di drenaggio. I versanti sottesi sono caratterizzati da coperture detritiche sottili e da fenomeni gravitativi

5.5.1 Interpretazione delle misure HVSR

Nei pressi dell'abitato di Cagliiglia, sono state eseguite 2 misure a stazione singola, di cui una risulta di livello α ed una di livello β (Fig.5.5.1.1).

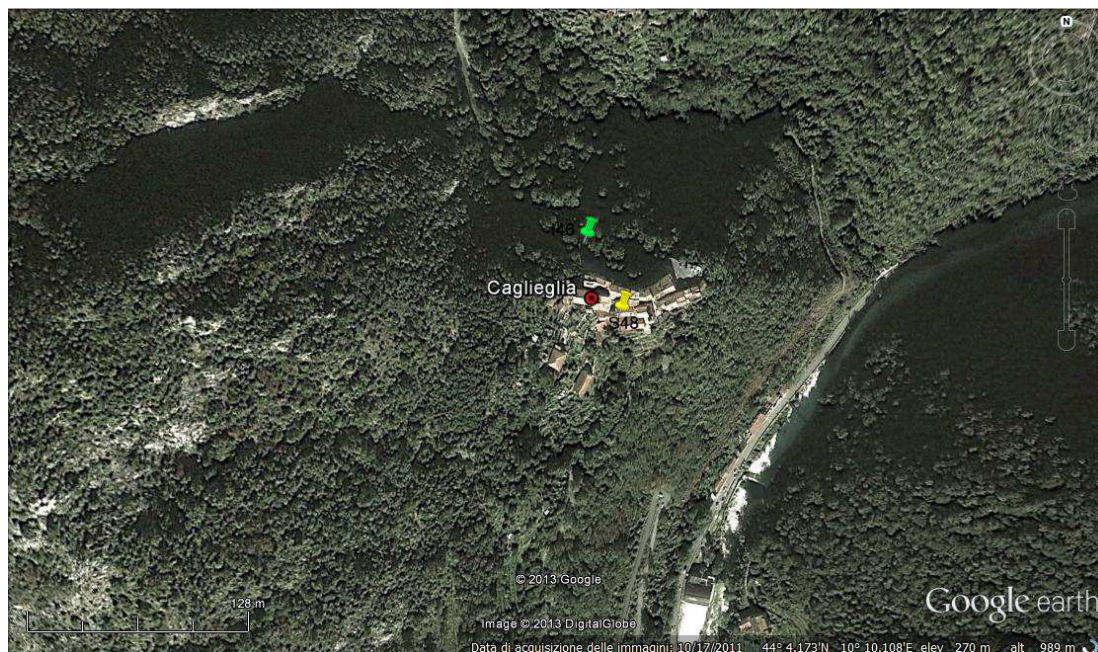


Figura 5.5.1.1 – Ubicazione delle misure di vibrazioni ambientali a stazione singola effettuate nei pressi dell'abitato di Cagliiglia. I colori dei segnaposto si riferiscono alla qualità della misura HVSR (verde: livello α ; giallo: livello β ; rosso: livello γ).

Gli andamenti delle componenti spettrali delle misure S48 ed I46 suggeriscono l'esistenza di un massimo della curva HVSR racchiuso rispettivamente negli intervalli di frequenza 2-4 Hz e 2,5-3,5 Hz: questa caratteristica lascia presupporre la presenza d'un contrasto d'impedenza legato ad una elevata fratturazione e/o alterazione delle due unità appartenenti al substrato geologico (filladi e porfiroidi), affioranti in questa zona.

5.6 CANEVARA (Fig. 5.6.1)

L'abitato di Canevara si trova sul fondovalle del F. Frigido, in posizione prossima all'alveo che è profondamente inciso in roccia (Filladi Inferiori e Porfiroidi e Scisti Porfirici, FAF e PRS) e caratterizzato da depositi di fondo prevalentemente costituiti da ghiaie eterometriche fino alle dimensioni dei blocchi, da arrotondate a sub angolose. In sinistra idrografica il centro abitato si sviluppa prevalentemente alla sommità di un terrazzo alluvionale posto a circa 5 metri sull'alveo costituito da depositi ghiaiosi eterometrici attribuibili all'Olocene il cui spessore massimo è valutabile intorno ai 5-10 metri. Verso valle l'abitato si sviluppa su una piccola conoide alluvionale deposta al piede di un torrente proveniente da Debbio-Altagnana mentre un'altra parte dell'abitato si imposta in modo discontinuo lungo il versante di Debbio, caratterizzato da un esteso movimento gravitativo che interessa per più di 1 km l'intero versante. Anche in questo caso si tratta di un fenomeno complesso predisposto e favorito dalla presenza di numerosi contatti tettonici e stratigrafici tra litotipi con forti contrasti di comportamento e dall'incisione al piede da parte del F. Frigido. Lo spessore del materiale coinvolto in frana è superiore ai 10 metri e localmente raggiunge i 30 m. In destra idrografica alcune abitazioni di Canevara sono poste al piede di una frana di scivolamento quiescente che interessa il versante molto acclive di Ara Vecchia il cui spessore è valutabile intorno ai 5-7 metri. Il centro abitato è quindi posto prevalentemente su corpi di frana quiescenti o su depositi alluvionali terrazzati e quindi ricade all'interno delle *Microzone stabili suscettibili di amplificazioni locali e suscettibili di instabilità* e per queste ragioni in fase progettuale sono necessari approfondimenti di secondo e terzo livello.



Fig. 5.6.1 L'abitato di Canevara, visto da valle, si sviluppa prevalentemente lungo l'alveo in sinistra del F. Frigido con un gruppo di abitazioni sul lato opposto in parte ubicato nella parte bassa del versante

5.6.1 Interpretazione delle misure HVSR

Nei pressi dell'abitato di Canevara sono state eseguite 2 misure a stazione singola, entrambe di livello γ (Fig. 5.6.1.1).

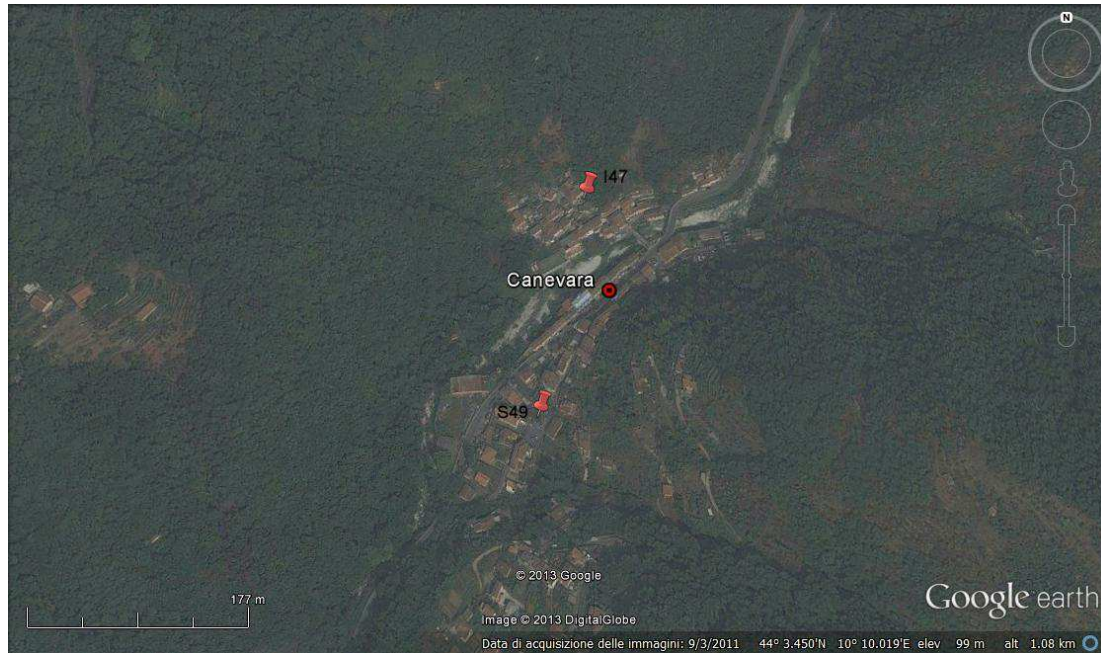


Figura 5.6.1.1 – Ubicazione delle misure di vibrazioni ambientali a stazione singola effettuate nei pressi dell'abitato di Canevara. I colori dei segnaposto si riferiscono alla qualità della misura HVSR (verde: livello α ; giallo: livello β ; rosso: livello γ).

Nonostante sia stata classificata di livello γ , gli andamenti delle componenti spettrali della misura S49 suggeriscono l'ipotesi della possibile presenza di un massimo H/V racchiuso nell'intervallo di frequenza 4-6 Hz, che potrebbe riferirsi al contatto tra i depositi di copertura (qui costituiti dai depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi, OLObn2sg, e dai sedimenti alluvionali ghiaiosi del Pleistocene superiore, FRGbn1) e le unità appartenenti al substrato geologico (formazione della Verruca, VEU, o filladi, FAF): ipotizzando per i materiali di copertura un valore medio di V_S di 200-400 m/s, l'interfaccia risonante individuata si troverebbe tra 8 e 25 m di profondità. Le componenti spettrali della misura I47, anch'essa di livello γ , potrebbero suggerire la possibile assenza di massimi della curva H/V.

5.7 CASETTE (Fig. 5.7.1)

La frazione di Casette è ubicata sul versante SO del M.Tamburone, caratterizzato dalla presenza di estesi movimenti gravitativi. Il nucleo principale dell'abitato è ubicato in corrispondenza di un gradino all'interno del principale corpo di frana. Si riconoscono tre corpi di frana che mostrano caratteri di movimento complesso. Nella parte alta del versante sono presenti le nicchie di distacco che suggeriscono un movimento per scivolamento rotazionale, come indicato anche dalla presenza dei gradini, che evolve rapidamente in colamento in roccia al piede del versante, come evidenziato anche dall'evidente deviazione del torrente al piede della frana del versante del Cimitero. La forte acclività del versante, l'approfondimento al piede ad opera del corso d'acqua tributario del Frigido e l'assetto giaciturale sono tra le principali cause predisponenti il dissesto. Lungo il versante si verifica infatti il contatto tra le Unità prevalentemente filladiche del basamento Paleozoico (FAF e PRS) e le Unità Toscane Metamorfiche (Grezzoni) costituite da dolomie e breccie metamorfiche che costituisce un contatto tra terreni con forte differenza di comportamento e di permeabilità. L'ammasso roccioso scomposto di cui sono costituiti i tre principali fenomeni favorisce infine l'innescò di numerosi movimenti di dimensioni inferiori e spessori ridotti (colate di detrito e fango che si mobilizzano durante i principali eventi meteorici) che costituiscono tuttavia elementi di forte rischio sia per le abitazioni che per le infrastrutture.

Le indagini disponibili nell'area indicano uno spessore di materiale coinvolto nei movimenti gravitativi superiore ai 20 metri, localmente eccedente i 30 metri. Il centro abitato è posto su corpi di frana quiescenti e quindi ricade all'interno delle *Microzone suscettibili di instabilità* e per queste ragioni in fase progettuale sono ritenuti necessari approfondimenti di secondo e terzo livello.



Fig. 5.7.1 L'abitato di Casette visto da Caglioglia. L'insediamento si sviluppa in modo discontinuo sui versanti ondulati modellati ad opera di fenomeni gravitativi complessi coalescenti. Localmente sono presenti scarpate con morfologie più fresche (indicate dalle frecce) che denunciano la riattivazione parziale di alcuni settori del versante

5.7.1 Interpretazione delle misure HVSR

Nei pressi dell'abitato di Casette, sono state eseguite 6 misure a stazione singola, di cui cinque risultano di livello β ed una di livello γ (Fig.5.7.1.1).

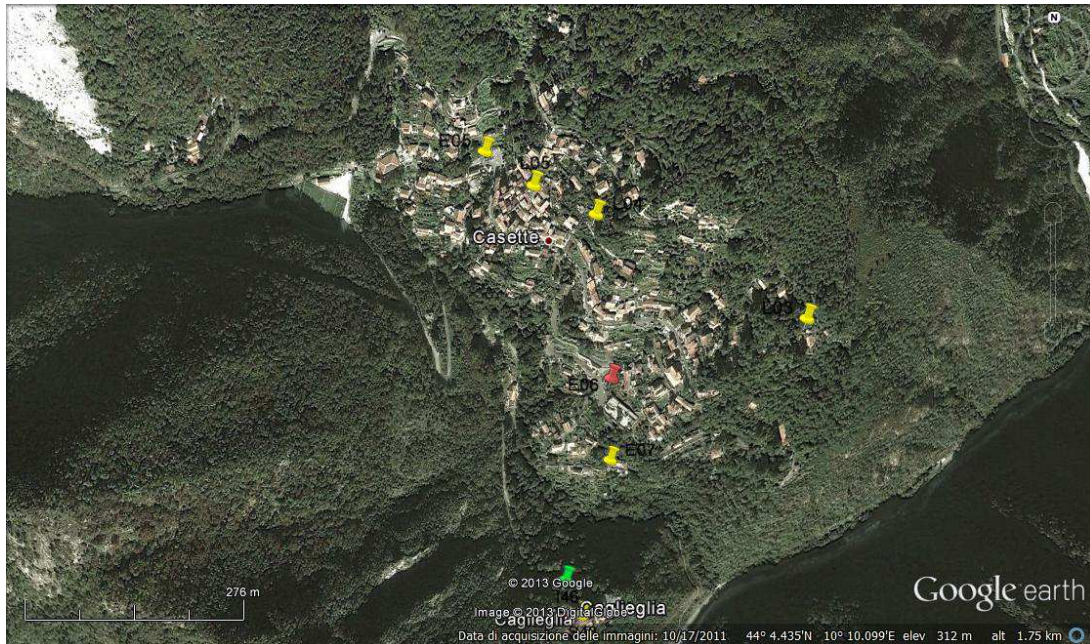


Figura 5.7.1.1 – Ubicazione delle misure di vibrazioni ambientali a stazione singola effettuate nei pressi dell'abitato di Casette. I colori dei segnaposto si riferiscono alla qualità della misura HVSR (verde: livello α ; giallo: livello β ; rosso: livello γ).

Gli andamenti delle componenti spettrali delle misure E05 ed L04 suggeriscono l'esistenza di un massimo della curva HVSR racchiuso rispettivamente negli intervalli di frequenza 2-4 Hz e 4-9 Hz: questa caratteristica lascia presupporre l'esistenza di un contrasto d'impedenza, probabilmente legato non solo alla presenza del detrito, ma, come si può intuire dai sondaggi presenti nei pressi del centro abitato, anche ad una elevata fratturazione e/o alterazione delle unità che costituiscono il substrato geologico in questa zona (filladi, porfiroidi e grezzoni).

La stessa interpretazione sembra ipotizzabile anche per l'acquisizione E06: infatti, nonostante sia stata classificata di livello γ , la forma funzionale delle tre componenti spettrali potrebbe indicare l'esistenza di un picco H/V contenuto nell'intervallo di frequenza 2-7 Hz.

Per quanto riguarda, invece, le indagini L03, L05 ed E07, gli andamenti delle componenti spettrali lasciano presupporre che tali misure siano piatte; soltanto la E07 sembra suggerire la presenza di un massimo compreso tra 13 e 16 Hz, riferito probabilmente a 4-5 m di materiale detritico o di riporto.

5.8 FORNO (Fig. 5.8.1)

La frazione di Forno è ubicata sul fondovalle del F. Frigido, prevalentemente in destra idrografica ad eccezione di alcuni edifici nelle prossimità de Il Ponte. Le abitazioni si distribuiscono immediatamente al piede del versante in corrispondenza di un terrazzo alluvionale di modesta estensione e caratterizzato da una copertura alluvionale grossolana sottile e discontinua. L'alveo del Frigido è scolpito in roccia mentre i versanti soprastanti l'abitato sono caratterizzati da coperture detritiche discontinue e da processi gravitativi e di ruscellamento in corrispondenza degli impluvi. I versanti in sinistra idrografica sono caratterizzati dalla presenza di numerosi ed estesi movimenti gravitativi di tipo complesso che mostrano evidenze di parziali riattivazioni. Presso il cimitero di Forno in questo caso le indagini esistenti hanno rivelato la presenza di circa 40 metri di spessore dei corpi di frana, caratterizzati anche dalla presenza di grandi blocchi provenienti dal substrato lapideo della Formazione dei Grezzoni presente nella parte sommitale del versante. Il movimento di frana sembra aver causato lo spostamento verso ovest del corso d'acqua seppellendone localmente il paleoalveo e i relativi depositi.

Il centro abitato è posto prevalentemente su sottili e discontinue coperture costituite da depositi alluvionali o detritici a tessitura grossolana e quindi ricade all'interno delle *Microzone stabili suscettibili di amplificazioni locali* e anche nei casi in cui sia affiorante o subaffiorante il substrato che comunque presenta condizioni morfologiche sfavorevoli (pendenze). Per quanto riguarda la porzione del centro abitato posto in sinistra idrografica, la presenza di movimenti gravitativi di grandi dimensioni ne implica l'appartenenza alle *Microzone suscettibili di instabilità*. Per queste ragioni in fase progettuale sono ritenuti necessari approfondimenti di secondo e terzo livello.



Fig. 5.8.1. L'abitato di Forno da S. L'insediamento si sviluppa lungo le sponde del F.Frigido e alla base dei versanti molto acclivi prospicienti

5.8.1 Interpretazione delle misure HVSR

Nei pressi dell'abitato di Forno, sono state eseguite 7 misure a stazione singola, di cui una risulta di livello α , quattro di livello β e due di livello γ (Fig. 5.8.1.1).

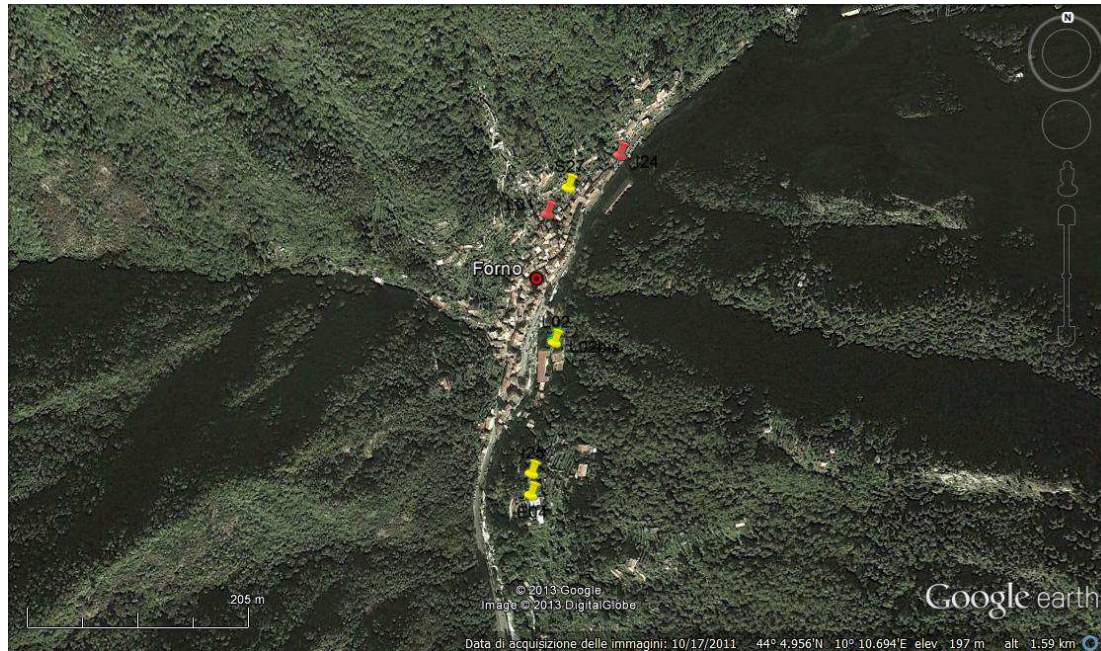


Figura 5.8.1.1 – Ubicazione delle misure di vibrazioni ambientali a stazione singola effettuate nei pressi dell'abitato di Forno. I colori dei segnaposto si riferiscono alla qualità della misura HVSR (verde: livello α ; giallo: livello β ; rosso: livello γ).

Le misure E04 e I25, ubicate presso il cimitero, suggeriscono la presenza d'un massimo della curva HVSR compreso nell'intervallo di frequenze 3,5-5 Hz: osservando il sondaggio 30_FORNO1, è possibile ipotizzare che l'interfaccia risonante individuata coincida con il contatto tra i depositi di copertura (qui costituiti dal corpo di frana e dai depositi alluvionali del Pleistocene Superiore) e i porfiroidi. Considerando una velocità media delle onde di taglio di circa 550 m/s (dedotta dal *down-hole* 30_DHS1) per i materiali di copertura, questi ultimi avranno uno spessore complessivo di 25-40 m.

Per quanto riguarda le acquisizioni L02, L02bis ed S27, gli andamenti delle componenti spettrali lasciano presupporre:

- che tali misure siano piatte nell'intervallo di frequenze 1-10 Hz;
- la presenza di un massimo compreso tra 12 e 13 Hz per la L02 e per la L02bis, riferito probabilmente a 4-8 m di materiale franoso;
- la presenza di un picco racchiuso nell'intervallo di frequenze 12-30 Hz per la S27, presumibilmente riferito a 1,5-3 m di riporto o materiale colluviale.

L'interpretazione riguardante la S27 potrebbe ipotizzarsi anche per la misura I24, che però è di livello γ .

5.9 PARIANA (Fig. 5.9.1)

L'abitato di Pariana è ubicato alla sommità di una cresta orientata NNE-SSO a circa 200 metri sul fondovalle del F.Frigido. Il crinale è modellato sulla Formazione delle Filladi inferiori che, come già descritto nel complesso assumono le caratteristiche di un substrato molto fratturato costituito da alternanza di litotipi stratificati.

Il crinale costituisce parte del fianco sinistro del grande movimento franoso che si estende per più di 1 km lungo il versante di Debbio-Prati della Ciocca, caratterizzato da numerose ondulazioni e rigonfiamenti. Il versante SO di Pariana è caratterizzato da una spessa copertura detritica, dall'incisione del Fosso della Serra e dalla presenza di numerosi movimenti gravitativi di tipo complesso.

L'abitato di Pariana ricade perciò nella *Microzona stabile suscettibile di amplificazioni locali* a causa della sua ubicazione in corrispondenza di una cresta, condizione morfologicamente sfavorevole.



Fig. 5.9.1 L'abitato di Pariana ubicato su una cresta che costituisce il fianco sinistro del grande movimento gravitativo di Le Cioche-Debbio

5.9.1 Interpretazione delle misure HVSR

Nei pressi dell'abitato di Pariana sono state eseguite 2 misure a stazione singola, di cui una risulta di livello α e una di livello β (Fig. 5.9.1.1).

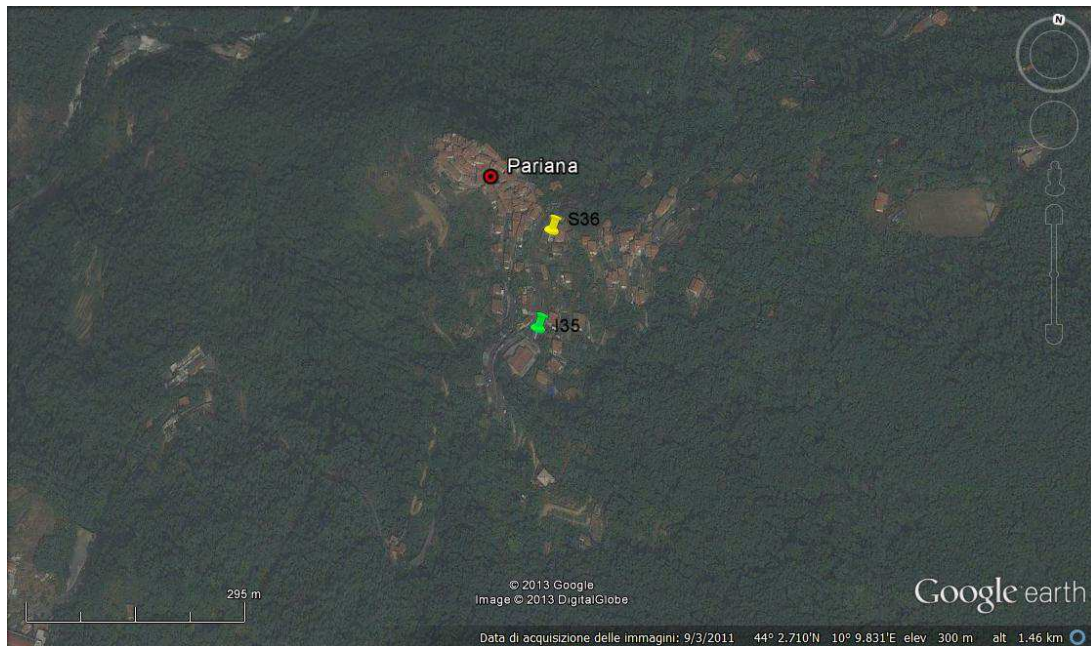


Figura 5.9.1.1 – Ubicazione delle misure di vibrazioni ambientali a stazione singola effettuate nei pressi dell'abitato di Pariana. I colori dei segnaposto si riferiscono alla qualità della misura HVSR (verde: livello α ; giallo: livello β ; rosso: livello γ).

La misura I35, ubicata sul corpo di frana (a1cmq) a sud dell'abitato, suggerisce la presenza d'un massimo della curva HVSR compreso nell'intervallo di frequenze 2,5-3,5 Hz: l'interfaccia risonante individuata potrebbe coincidere con la superficie di scollamento della frana che, come si può intuire dai sondaggi situati nelle vicinanze dell'acquisizione, coinvolge anche la formazione filladica (FAF). Considerando una velocità media delle onde di taglio di 400 m/s (dedotta dal *down-hole* 44_DHS1) per il corpo franoso, quest'ultimo avrà uno spessore di 30-40 m.

Per quanto riguarda l'indagine S36, l'andamento delle tre componenti spettrali lascia supporre che tale misura, a differenza della precedente, sia piatta.

5.10 RESCETO

La frazione di Resceto si trova nella parte alta del Torrente di Renara, tributario di sinistra del F.Frigido. Le abitazioni sono disposte parallelamente al corso d'acqua a quote decrescenti tra i 30 e i 10 metri sull'alveo. L'abitato si trova al piede di un esteso movimento gravitativo che interessa il versante orientale del M. Castagnolo. Nella parte alta si individua l'accumulo di frane per crollo che interessano la parete sottostante la sommità del rilievo. Gli ammassi detritici accumulatisi al piede della scarpata vengono successivamente rimobilizzati attraverso movimenti complessi di scivolamento e colamento verso valle dove il versante è caratterizzato da numerose ondulazioni e rigonfiamenti e da una densa vegetazione forestale. Nella parte alta del versante il substrato è costituito dalle alternanze di Metaradiolariti e Metacalcari selciferi che poggiano sui Marmi e Marmi Dolomitici nella parte media e bassa del versante; quindi l'accumulo di frana è costituito prevalentemente dai detriti provenienti dalle formazioni selcifere soprastanti, caratteristica che conferisce ai suoli risultanti una maggiore capacità di ritenzione idrica e una minore permeabilità profonda. Il forte approfondimento vallivo ad opera del Torrente di Renara e la sovrapposizione geometrica tra litotipi a differente permeabilità e con differenti caratteristiche litotecniche (litotipi stratificati in alto e massivi in basso) sono le principali cause predisponenti il dissesto.

Il centro abitato è posto al piede di un corpo di frana quiescente e quindi ricade all'interno delle *Microzone suscettibili di instabilità* e per queste ragioni in fase progettuale sono ritenuti necessari approfondimenti di secondo e terzo livello.

5.10.1 Interpretazione delle misure HVSr

Nei pressi dell'abitato di Resceto, sono state eseguite 4 misure a stazione singola, di cui tre risultano di livello β e una di livello γ (Fig. 5.10.1).

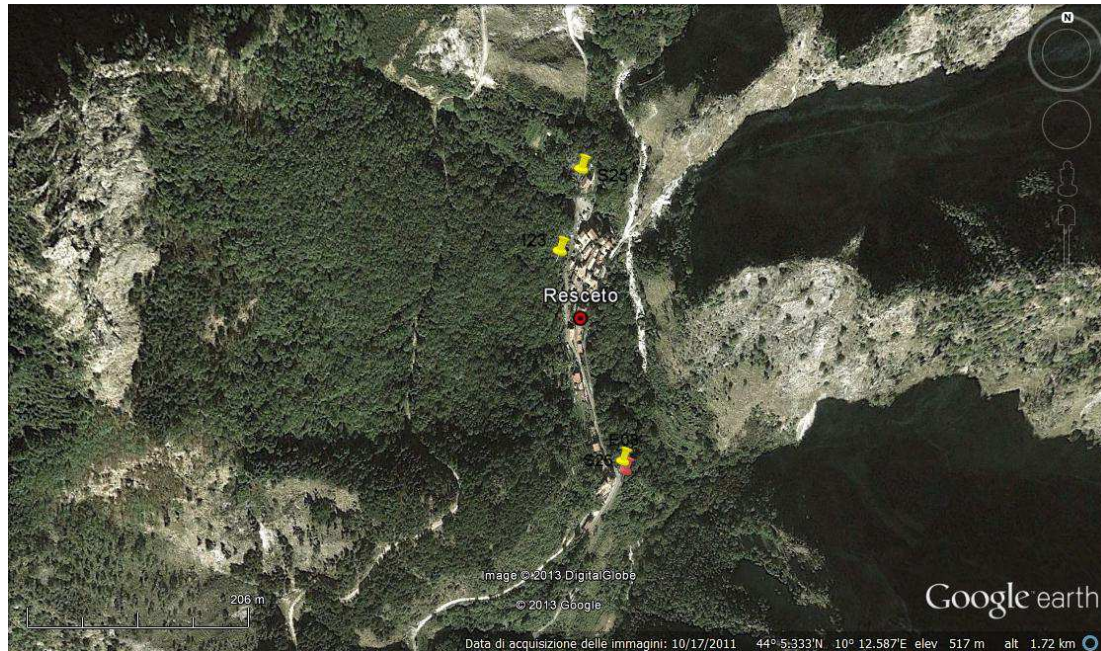


Figura 5.10.1 – Ubicazione delle misure di vibrazioni ambientali a stazione singola effettuate nei pressi dell'abitato di Resceto. I colori dei segnaposto si riferiscono alla qualità della misura HVSr (verde: livello α ; giallo: livello β ; rosso: livello γ).

Osservando gli andamenti delle componenti spettrali delle acquisizioni E03 ed I23, è possibile ipotizzare che tali acquisizioni siano piatte nell'intervallo di frequenze 1-10 Hz. Risulta inoltre possibile supporre la presenza di un massimo della curva HVSr racchiuso, rispettivamente, nell'intervallo 15-30 Hz e 15-20 Hz: questi picchi

potrebbero riferirsi a riporto antropico o materiale colluviale dello spessore di 1,5-3 m presso la E03 e di 2-3 m presso la I23.

La misura S25, invece, suggerisce la presenza di un massimo compreso nell'intervallo di frequenze 5-8 Hz, che potrebbe corrispondere al contatto tra il detrito di versante ed i marmi (MAA): ipotizzando per i materiali affioranti un valore di V_s di 200-300 m/s, l'interfaccia risonante individuata si troverebbe a 7-15 m di profondità.

5.11 SAN CARLO TERME-TOMBARA

Si tratta di insediamenti molto diffusi senza un reale nucleo urbano che si estendono su una notevole estensione alla sommità e sui versanti del rilievo soprastante Massa verso NE. Il versante presenta una geometria asimmetrica favorita dall'assetto strutturale e giaciturale caratterizzato dai terreni filladici molto erodibili la cui alterazione ha generato una spessa coltre detritica a cui si sovrappongono i termini più resistenti prevalentemente lapidei della Successione Toscana metamorfica e non. Sono presenti movimenti gravitativi di relativamente piccole dimensioni e i versanti sono attraversati da incisioni torrentizie dei corsi d'acqua che alimentano le conoidi al presente piede del versante al margine della pianura. La copertura detritica si estende più o meno uniformemente con spessori variabili fino a 10 m su tutto il versante sudoccidentale. Nella parte sommitale del versante, dove le acclività sono minori è principalmente distribuito l'abitato di San Carlo mentre Tombara è ubicato al margine della scarpata acclive in sinistra del Torrente di Renara.

5.11.1. Interpretazione delle misure HVSR

Nei pressi dell'abitato di San Carlo Terme sono state eseguite 5 misure a stazione singola, di cui due risultano di livello α , una di livello β e due di livello γ (Fig 5.11.1).



Figura 5.11.1 – Ubicazione delle misure di vibrazioni ambientali a stazione singola effettuate nei pressi dell'abitato di S. Carlo Terme. I colori dei segnaposto si riferiscono alla qualità della misura HVSR (verde: livello α ; giallo: livello β ; rosso: livello γ).

Le misure I32 ed I33 suggeriscono l'esistenza di un massimo della curva HVSR compreso rispettivamente nell'intervallo 2,5-4,5 Hz e 2,5-5 Hz: ciò lascia presupporre la presenza d'un contrasto d'impedenza legato ad un'elevata fratturazione e/o alterazione delle filladi (FAF), testimoniata anche dal profilo sismico a rifrazione GA14, che assegna a questa unità litologica valori di V_S di circa 600 m/s.

La misura S35, ubicata sul detrito di versante inattivo (OLOa), suggerisce la presenza d'un picco H/V confinato nella banda di frequenza 4-7 Hz. Tale massimo potrebbe riferirsi al contatto tra i depositi affioranti e le filladi: considerando, per i primi, un valore di V_S di 150-200 m/s (dedotto dal profilo sismico a rifrazione GA14), l'interfaccia risonante individuata potrebbe trovarsi tra 5 e 12 m di profondità.

Infine, la curva HVSR dell'indagine S34, seppure classificata di livello γ , lascia ipotizzare comunque l'esistenza d'un picco contenuto tra 15 e 30 Hz, che potrebbe essere legato ad un sottile strato, spesso 1,5-3 m, di detrito di versante.

6. ELABORATI CARTOGRAFICI

6.1 LA CARTA GEOLOGICO TECNICA

La Carta Geologico-Tecnica (CGT) è stata realizzata a partire dalla Carta Geologico-Geomorfologica realizzata su base compilativa e di campagna. Nella carta geologica sono state cartografate le Formazioni e le Unità assegnando loro una sigla (sigla_cart) e un'attribuzione corrispondente al nome formazionale del Continuum Geologico della Regione Toscana (nome_ulf), per conformità e correlazione con i dati geologici esistenti.

sigla_cart	nome_ULF	Descrizione
a	Detrito di versante attivo	Ghiaie e blocchi subangolosi e angolosi, quantità variabile di matrice sabbioso-limosa, massivi o grossolanamente stratificati. Depositi granulari sciolti, non cementati
a1ca	Corpo di frana di crollo attiva	Corpo di frana di crollo attiva
a1ci	Corpo di frana di crollo inattiva	Corpo di frana di crollo inattiva
a1cma	Corpo di frana complessa attiva	Corpo di frana complessa attiva
a1cmi	Corpo di frana complessa inattiva	Corpo di frana complessa inattiva
a1cmq	Corpo di frana complessa quiescente	Corpo di frana complessa quiescente
a1coa	Corpo di frana di colamento attiva	Corpo di frana di colamento attiva
a1coi	Corpo di frana di colamento inattiva	Corpo di frana di colamento inattiva
a1coq	Corpo di frana di colamento quiescente	Corpo di frana di colamento quiescente
a1cq	Corpo di frana di crollo quiescente	Corpo di frana di crollo quiescente
a1sa	Corpo di frana di scivolamento attiva	Corpo di frana di scivolamento attiva
a1si	Corpo di frana di scivolamento inattiva	Corpo di frana di scivolamento inattiva
a1sq	Corpo di frana di scivolamento quiescente	Corpo di frana di scivolamento quiescente
ACCa	Litofacies calcareo-argillitica	Alternanza di argilliti, siltiti e calcari micritici, in strati da sottili a spessi
ACCb	Litofacies calcareo marnosa	Torbiditi calcareo-marnose in strati da spessi a molto spessi, livelli di arenarie
ANL	Calcari ad angulati	Calcari marnosi grigio-scuri, alternati a marne siltose grigio-scuri e argilliti
b	Depositi alluvionali attuali	Blocchi e ghiaie da angolose ad arrotondate, ghiaie eterometriche, da arrotondate a subangolose, e sabbie da grossolane a fini che costituiscono barre laterali e longitudinali all'interno del letto di piena ordinaria. Depositi granulari sciolti, non cementati
BSE	Brecce di Seravezza	Brecce poligeniche metamorfiche a elementi marmorei e subordinatamente dolomitici, con matrice filladica a cloritoide di colore rossastro o verdastro
BSEa	Scisti a cloritoide	Livelli discontinui di filladi a cloritoide
CCA	Calcare cavernoso	Calcari dolomitici e dolomie grigie brecciate e con struttura a cellette e dolomie cariate.
CLF	Metacalcari selciferi	Metacalcilutiti grigio scure con liste e noduli di selci e rari livelli di metacalcareniti in strati di potenza variabile spesso alternati con strati pi" sottili di calcescisti e filladi carbonatiche grigio scure + tracce di pirite e ammoniti piritizzate
CND	Marmi a crinoidi	Marmi con rari livelli dolomitici a patina d'alterazione rosso-bruna, abbondanti resti di crinoidi
CNDa	Brecce marmoree	Metabrecce a elementi marmorei, in matrice filladica muscovitica e cloritica, grigio scura o verdastra
DGPV	Deformazione gravitativa profonda di versante	Deformazione gravitativa profonda di versante
ENT	Metacalcari ad entrochi	Metacalcilutiti grigio chiare e color avorio con liste e noduli di selci. Localmente a tetto della formazione, lenti di metacalciruditi derivate da originarie brecce poligeniche a elementi di calcilutiti, dolomie e radiolariti
FAF	Filladi quarzítico-muscovitiche e cloritiche	Filladi quarzítico-muscovitiche e cloritiche, grigio-scuri o grigio-verdastre, alternate a quarziti grigio-chiare
FAFa	Rocce magmatiche a composizione basica	Rocce magmatiche a composizione basica

FRGbn1	Sintema del Frigido: depositi alluvionali terrazzati ghiaiosi (Pleistocene superiore)	Ghiaie e blocchi eterometriche, da subangolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa. Deposit granulari poco addensati, debolmente cementati
g2	Deposit di spiaggia attuali	Sabbie medio grossolane con granuli, ciottoli e limi subordinati, appartenenti alla spiaggia attuale. Deposit granulari sciolti.
GRE	Grezzoni	Dolomie e dolomie ricristallizzate grigio-scure, con limitate modificazioni tessiturali metamorfiche
h	Discariche di cave, ravaneti	Discariche di cave, ravaneti
h1	Discariche per inerti e rifiuti solidi urbani	Discariche per inerti e rifiuti solidi urbani
he	Aree estrattive	Aree estrattive
hr	Terreni di riporto	Terreni di riporto
hrs	Rilevati stradali	Rilevati stradali
i	Deposit di origine mista di debris flow e/o torrentizio	Deposit eterometrici con granulometrie dai blocchi, alle ghiaie alle sabbie grossolane. Deposit granulari sciolti, non addensati.
MAA	Marmi	Marmi bianchi grigi color avorio e giallo con sottili livelli di marmi a muscovite pi" raramente di calcescisti grigio-verdastri;loc. livelli di filladi carbonatiche dolomie e marmi dolomitici.Brecce monogeniche metamorfiche a elementi marmorei
MAC	Macigno	Arenarie quarzoso-feldspatico-micacee gradate, in strati di potenza variabile, con livelli pi" sottili di siltiti
MAS	Calcere Massiccio	Calcarei e calcari dolomitici grossolanamente stratificati e massicci
MDD	Marmi dolomitici	Marmi dolomitici alternati a livelli di dolomie grigio chiare o rosate, pi_ o meno ricristallizzate. Frequenti alghe, gasteropodi, brachiopodi e lamellibranchi. Spesso presenti dolomie cristalline massicce grigio chiare
MDI	Metaradiolariti	Metaradiolariti rosse, violacee, verdastre e raramente grigie, sottilmente stratificate, con interstrati di filladi quarzitiche
MGC	Metaconglomerati eterometrici	Metaconglomerati eterometrici per lo pi" quarzosi, sparsi in una matrice cloritico-muscovitica verde o grigio-verde
MMG	Marmi a megalodontidi	Marmi saccaroidi, massicci o grossolanamente stratificati, con scarsa muscovite e clorite lungo i giunti di strato. Frequenti molluschi, brachiopodi e lumachelle a megalodonti
MRQ	Quarziti e filladi superiori	Metarcosi, quarziti e quarziti filladiche grigio chiare, alternate a filladi e filladi quarzitiche grigio scure
MRZ	Marmo zebrino	Marmi, metacalcari rosati e metabrecce con matrice rosata, con sporadiche selci.Marmi bianchi e color avorio con sottili livelli di marmi a muscovite e, pi" raramente,di calcescisti grigio-verdastri; localmente livelli di filladi carbonatiche
OLOa	Detrito di versante (Olocene)	Ghiaie e blocchi subangolosi e angolosi, quantitÓ variabile di matrice sabbioso-limosa, massivi o grossolanamente stratificati. Deposit granulari da sciolti a debolmente addensati, da non cementati a debolmente cementati
OLObn2g	Deposit alluvionali ghiaiosi (Olocene)	Ghiaie eterometriche, da subangolose ad arrotondate, con abbondante matrice sabbiosa. Deposit granulari poco addensati, non cementati
OLObn2s	Deposit alluvionali sabbiosi (Olocene)	Sabbie da fini a grossolane, con livelli argillosi e siltosi e ciottoli. Deposit granulari poco addensati, non cementati
OLObn2sg	Deposit alluvionali sabbioso-ghiaiosi (Olocene)	Sabbie e ghiaie eterometriche, da subangolose ad arrotondate, con livelli argillosi e siltosi. Deposit granulari poco addensati, non cementati
OLOe	Deposit di stagno o laguna costiera (Olocene)	Sabbie, limi, argille e torbe con rare e sottili intercalazioni ghiaiose e abbondanti resti vegetali. Deposit granulari sciolti (sabbie e limi) e privi di consistenza (argille e torbe), non cementati.
OLOg2	Deposit di spiaggia antichi (Olocene)	Sabbie prevalenti, sabbie e limi con variazioni laterali e verticali a sabbie e ghiaie e limi sabbiosi, talora organici. Deposit granulari da sciolti a poco addensati, non cementati.
OMT	Flysch di Ottone-Monteverdi	Calcarei, calcari marnosi, marne ed argilliti calcaree torbiditiche con intercalazioni di arenarie e siltiti
OTH	Dolomie a Orthoceras	Filladi grafitose nere, dolomie ad Orthoceras e calcari nodulari
OTHb	Dolomie grigie e rare liditi	Dolomie grigie e rare liditi
PRA	Prasiniti	Metabasiti ad albite, clorite, epidoto e quarzo, verdi, grigio-verdi e grigie, talvolta alternate a livelli di filladi e di metaconglomerati

PRS	Porfiroidi e scisti porfirici	Metavulcaniti a composizione riolitico-riodacitica verdi chiare o grigie, con relitti millimetrici di fenocristalli di quarzo e feldspati in matrice quarzitico-muscovitica-cloritica. Intercalazioni di metarcosi e filladi muscovitico-cloritiche
PSM	Pseudomacigno	Metarenarie quarzoso-feldspatico-micacee, alternate a filladi pi ⁺ o meno quarzitiche grigio-scure
RET	Calcari e Marne a Rhaetavicula Contorta	Calcari, calcari dolomitici e dolomie con sottili intercalazioni di marne. Generalmente nella parte inferiore prevalgono calcari, calcari dolomitici e dolomie grossolanamente stratificati,
RSA	Rosso Ammonitico	Calcari nodulari rosati, rossi o giallastri e calcari stratificati rosa, talvolta con sottili interstrati di marne rosse e rare selci rosse
SSR	Scisti Sericitici	Filladi muscovitiche verdastre, rosso-violacee e pi ⁻ raramente grigie, con rari e sottili livelli di filladi carbonatiche, marmi a clorite e metaradiolariti rosse.
STO	Scaglia Toscana	Argilliti e argilliti siltose e marnose rossastre, verdastre o grigie, talvolta con sottili intercalazioni di calcilutiti silicee e calcareniti grigie o verdastre; rare radiolariti rosse
VEU	Formazione della Verruca	Filladi quarzitico-muscovitiche grigio-chiare o grigio-verdi, talora violacee, con intercalazioni di metaconglomerati e filladi scure
VEUa	Membro delle Anageniti grossolane	Metaconglomerati quarzosi con matrice quarzitico-filladica da grigio-verde a violacea. Gli elementi sono costituiti in prevalenza da quarzo rosato e quarziti bianche o rosate
VEUb	Membro delle Anageniti minute	Quarziti a granulometria variabile, fino a conglomerati, alternate a filladi e filladi quarzitiche
VINa	Filladi grigio-verdastre, quarziti e metaconglomerati	Filladi grigio-verdastre, quarziti e metaconglomerati
VINb	Dolomie grigio-scure e rosate	Dolomie grigio-scure e rosate con subordinati livelli di filladi, quarziti e metaconglomerati

Ad ogni unità è inoltre stata attribuita una descrizione utile alla definizione delle caratteristiche litotecniche richieste per la classificazione nella CGT. Il tipo litotecnico (tipo_gt) è stato attribuito ad ogni unità sulla base delle indicazioni degli ICMS (2008, 2012), previa suddivisione delle unità in “Substrato” e “Terreni di copertura”. In questa fase il substrato non viene distinto in base ai valori di velocità di Vs ma in base al principio che per terreni di copertura si intendono tutti i depositi quaternari non litoidi, debolmente cementati e con geometrie associate alla morfologia attuale.






Per l’attribuzione del tipo_gt sono state prese in considerazione le caratteristiche litotecniche del substrato e i dati esistenti di Vs, utili alla definizione di substrato rigido o non rigido (NR, NRS). In un caso solo, quello della Formazione delle Filladi Inferiori (FAF), i dati di Vs sono controversi poiché alcune misure attribuiscono valori <800 m/s mentre altre misure forniscono valori superiori a 1000 m/s. Questo comportamento è probabilmente dovuto alla variabilità delle proprietà del litotipo, caratterizzato da una forte scistosità che localmente assume ne può assimilare i caratteri alla fratturazione. Inoltre i terreni di questa Formazione sono soggetti a forte alterazione superficiale con formazione di coltri spesse fino a qualche metro di coperture pedogenetiche e associato regolite. Per queste ragioni si è ritenuto opportuno di classificare questa Formazione come Substrato Geologico Rigido molto fratturato (SF) proprio per rimarcare la variabilità del comportamento.

Nella CGT sono inoltre riportate le frane, secondo la tipologia di movimento e lo stato di attività, già presente nella sigla_cart e nel nome_ulf. In questo caso non viene attribuito il tipo_gt poiché le informazioni circa la tipologia e stato di attività, sono contenute nel tipo_i, che è l’informazione necessaria per definire le aree Instabili in prospettiva sismica, che verrà descritto successivamente.

Ad ogni unità cartografata viene anche assegnato un codice nel campo Stato che è relativo allo stato di addensamento o alle caratteristiche di fatturazione. Questa informazione riguarda ovviamente prevalentemente i Terreni di Copertura anche se non ha rappresentazione cartografica. Gli stessi terreni vengono anche descritti, nel campo Gen, attraverso l’indicazione dell’ambiente deposizionale o morfogenetico












prevalente, anche in questo caso senza nessun riferimento alla rappresentazione cartografica.

Figura 1.1.2-1 Legenda della Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica: terreni di copertura

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

I codici del tipo_gt previsti da IMCS (2012)

Figura 1.1.2-2 Legenda della Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica: substrato geologico rigido o non rigido

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

I codici del tipo_gt previsti da IMCS (2012)

I terreni di copertura della CGT di Massa

sigla_cart	nome_ULF	Descrizione	tipo_gt
a	Detrito di versante attivo	Ghiaie e blocchi subangolosi e angolosi, quantità variabile di matrice sabbioso-limosa, massivi o grossolanamente stratificati. Depositi granulari sciolti, non cementati	GW
b	Depositi alluvionali attuali	Ghiaie da angolose ad arrotondate, ghiaie eterometriche, da arrotondate a subangolose, e sabbie da grossolane a fini che costituiscono barre laterali e longitudinali all'interno del letto di piena ordinaria. Depositi granulari sciolti, non cementati	GW
FRGbn1	Sistema del Frigido: depositi alluvionali terrazzati ghiaiosi (Pleistocene superiore)	Ghiaie e blocchi eterometriche, da subangolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa. Depositi granulari poco addensati, debolmente cementati	GW
g2	Depositi di spiaggia attuali	Sabbie medio grossolane con granuli, ciottoli e limi subordinati, appartenenti alla spiaggia attuale. Depositi granulari sciolti.	SP
h	Discariche di cave, ravaneti	Discariche di cave, ravaneti	RI
h1	Discariche per inerti e rifiuti solidi urbani	Discariche per inerti e rifiuti solidi urbani	RI
hr	Terreni di riporto	Terreni di riporto	RI
hrs	Rilevati stradali	Rilevati stradali	RI
i	Depositi di origine mista di debris flow e/o torrentizio	Depositi eterometrici con granulometrie dai blocchi, alle ghiaie alle sabbie grossolane. Depositi granulari sciolti, non addensati.	GW
OLOa	Detrito di versante (Olocene)	Ghiaie e blocchi subangolosi e angolosi, quantità variabile di matrice sabbioso-limosa, massivi o grossolanamente stratificati. Depositi granulari da sciolti a debolmente addensati, da non cementati a debolmente cementati	GW
OLObn2g	Depositi alluvionali ghiaiosi (Olocene)	Ghiaie eterometriche, da subangolose ad arrotondate, con abbondante matrice sabbiosa. Depositi granulari poco addensati, non cementati	GP
OLObn2s	Depositi alluvionali sabbiosi (Olocene)	Sabbie da fini a grossolane, con livelli argillosi e siltosi e ciottoli. Depositi granulari poco addensati, non cementati	SM
OLObn2sg	Depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi (Olocene)	Sabbie e ghiaie eterometriche, da subangolose ad arrotondate, con livelli argillosi e siltosi. Depositi granulari poco addensati, non cementati	GM
OLOe	Depositi di stagno o laguna costiera (Olocene)	Sabbie, limi, argille e torbe con rare e sottili intercalazioni ghiaiose e abbondanti resti vegetali. Depositi granulari sciolti (sabbie e limi) e privi di consistenza (argille e torbe), non cementati.	OL
OLOg2	Depositi di spiaggia antichi (Olocene)	Sabbie prevalenti, sabbie e limi con variazioni laterali e verticali a sabbie e ghiaie e limi sabbiosi, talora organici. Depositi granulari da sciolti a poco addensati, non cementati.	SM

Il substrato della CGT di Massa

ACCa	Litofacies calcareo-argillitica	Alternanza di argilliti, siltiti e calcari micritici, in strati da sottili a spessi	ALS
ACCb	Litofacies calcareo marnosa	Torbiditi calcareo-marnose in strati da spessi a molto spessi, livelli di arenarie	GRS
ANL	Calcari ad angulati	Calcari marnosi grigio-scuri, alternati a marne siltose grigio-scuri e argilliti	ALS
BSE	Brecce di Seravezza	Brecce poligeniche metamorfiche a elementi marmorei e subordinatamente dolomitici, con matrice filladica a cloritoide di colore rossastro o verdastro	LP
BSEa	Scisti a cloritoide	Livelli discontinui di filladi a cloritoide	AL
CCA	Calcare cavernoso	Calcari dolomitici e dolomie grigie brecciate e con struttura a cellette e dolomie cariate.	LP
CLF	Metacalcari selciferi	Metacalcilutiti grigio scure con liste e noduli di selci e rari livelli di metacalcareniti in strati di potenza variabile spesso alternati con strati più sottili di calcescisti e filladi carbonatiche grigio scure + tracce di pirite e ammoniti piritizzate	AL
CND	Marmi a crinoidi	Marmi con rari livelli dolomitici a patina d'alterazione rosso-bruna, abbondanti resti di crinoidi	LP
CNDa	Brecce marmoree	Metabrecce a elementi marmorei, in matrice filladica muscovitica e cloritica, grigio scura o verdastra	LP
ENT	Metacalcari ad entrochi	Metacalcilutiti grigio chiare e color avorio con liste e noduli di selci. Localmente a tetto della formazione, lenti di metacalciruditi derivate da originarie brecce poligeniche a elementi di calcilutiti, dolomie e radiolariti	AL
FAF	Filladi quarzítico-muscovitiche e cloritiche	Filladi quarzítico-muscovitiche e cloritiche, grigio-scuri o grigio-verdastre, alternate a quarziti grigio-chiare	SF
FAFa	Rocce magmatiche a composizione basica	Rocce magmatiche a composizione basica	LP
GRE	Grezzoni	Dolomie e dolomie ricristallizzate grigio-scuri, con limitate modificazioni tessiturali metamorfiche	LPS
MAA	Marmi	Marmi bianchi grigi color avorio e giallo con sottili livelli di marmi a muscovite più raramente di calcescisti grigio-verdastri; localmente livelli di filladi carbonatiche dolomie e marmi dolomitici. Brecce monogeniche metamorfiche a elementi marmorei	LP
MAC	Macigno	Arenarie quarzoso-feldspatico-micacee gradate, in strati di potenza variabile, con livelli più sottili di siltiti	GRS
MAS	Calcare Massiccio	Calcari e calcari dolomitici grossolanamente stratificati e massicci	LP
MDD	Marmi dolomitici	Marmi dolomitici alternati a livelli di dolomie grigio chiare o rosate, più o meno ricristallizzate. Frequenti alghe, gasteropodi, brachiopodi e lamellibranchi. Spesso presenti dolomie cristalline massicce grigio chiare	LP
MDI	Metaradiolariti	Metaradiolariti rosse, violacee, verdastre e raramente grigie, sottilmente stratificate, con interstrati di filladi quarzitiche	AL
MGC	Metaconglomerati eterometrici	Metaconglomerati eterometrici per lo più quarzosi, sparsi in una matrice cloritico-muscovitica verde o grigio-verde	LP

MMG	Marmi a megalodontidi	Marmi saccaroidi, massicci o grossolanamente stratificati, con scarsa muscovite e clorite lungo i giunti di strato. Frequenti molluschi, brachiopodi e lumachelle a megalodonti	LP
MRQ	Quarziti e filladi superiori	Metarcosi, quarziti e quarziti filladiche grigio chiare, alternate a filladi e filladi quarzitiche grigio scure	LPS
MRZ	Marmo zebrino	Marmi, metacalcari rosati e metabrecce con matrice rosata, con sporadiche selci. Marmi bianchi e color avorio con sottili livelli di marmi a muscovite e, pi ^u raramente, di calcescisti grigio-verdastri; localmente livelli di filladi carbonatiche	LP
OMT	Flysch di Ottone-Monteverdi	Calcari, calcari marnosi, marne ed argilliti calcaree torbiditiche con intercalazioni di arenarie e siltiti	ALS
OTH	Dolomie a Orthoceras	Filladi grafitose nere, dolomie ad Orthoceras e calcari nodulari	LP
OTHb	Dolomie grigie e rare liditi	Dolomie grigie e rare liditi	LPS
PRA	Prasiniti	Metabasiti ad albite, clorite, epidoto e quarzo, verdi, grigio-verdi e grigie, talvolta alternate a livelli di filladi e di metaconglomerati	LP
PRS	Porfiroidi e scisti porfirici	Metavulcaniti a composizione riolitico-riodacitica verdi chiare o grigie, con relitti millimetrici di fenocristalli di quarzo e feldspati in matrice quarzatico-muscovitico-cloritica. Intercalazioni di metarcosi e filladi muscovitico-cloritiche	LP
PSM	Pseudomacigno	Metarenarie quarzoso-feldspatico-micacee, alternate a filladi pi ^u o meno quarzitiche grigio-scure	GRS
RET	Calcari e Marne a Rhaetavicula Contorta	Calcari, calcari dolomitici e dolomie con sottili intercalazioni di marne. Generalmente nella parte inferiore prevalgono calcari, calcari dolomitici e dolomie grossolanamente stratificati,	LPS
RSA	Rosso Ammonitico	Calcari nodulari rosati, rossi o giallastri e calcari stratificati rosa, talvolta con sottili interstrati di marne rosse e rare selci rosse	ALS
SSR	Scisti Sericitici	Filladi muscovitiche verdastre, rosso-violacee e pi ^u raramente grigie, con rari e sottili livelli di filladi carbonatiche, marmi a clorite e metaradiolariti rosse.	AL
STO	Scaglia Toscana	Argilliti e argilliti siltose e marnose rossastre, verdastre o grigie, talvolta con sottili intercalazioni di calcilutiti silicee e calcareniti grigie o verdastre; rare radiolariti rosse	ALS
VEU	Formazione della Verruca	Filladi quarzatico-muscovitiche grigio-chiare o grigio-verdi, talora violacee, con intercalazioni di metaconglomerati e filladi scure	LP
VEUa	Membro delle Anageniti grossolane	Metaconglomerati quarzosi con matrice quarzatico-filladica da grigio-verde a violacea. Gli elementi sono costituiti in prevalenza da quarzo rosato e quarziti bianche o rosate	LP
VEUb	Membro delle Anageniti minute	Quarziti a granulometria variabile, fino a conglomerati, alternate a filladi e filladi quarzitiche	AL
VINa	Filladi grigio-verdastre, quarziti e metaconglomerati	Filladi grigio-verdastre, quarziti e metaconglomerati	ALS
VINb	Dolomie grigio-scure e rosate	Dolomie grigio-scure e rosate con subordinati livelli di filladi, quarziti e metaconglomerati	LPS

Stato	Prove manuali	Descrizione aggiuntiva in legenda	Stato
Stato di addensamento	Non è sufficiente la pala per scavarlo	Addensato	11
	Può essere scavato con la pala con molta difficoltà	Moderatamente addensato	12
	Può essere scavato con la pala con difficoltà	Poco addensato	13
	Può essere scavato con la pala	Sciolto	14
Stato di consistenza	Può essere scalfito con difficoltà	Coesivo estremamente	21

Stato	Prove manuali	Descrizione aggiuntiva in legenda	Stato
	con l'unghia del pollice	consistente	
	Può essere scalfito con l'unghia del pollice. Non può essere modellato con le dita	Coesivo molto consistente	22
	Non può essere modellato con le dita	Coesivo consistente	23
	Può essere modellato solo con forte pressione delle dita	Coesivo moderatamente consistente	24
	Può essere facilmente modellato con le dita	Coesivo poco consistente	25
	Cede acqua se compresso con le dita	Coesivo privo di consistenza	26
Substrato geologico rigido molto fratturato			31

ICMS (2012), tabella con i codici per il campo stato

Colate/spandimenti/cupole/domi/dicchi/coni lavici	la
Coni scorie/ceneri	sc
Coltri ignimbristiche	ig
Lahar (colate di fango)	lh
Falda detritica	fd
Conoide detritica	cd
Conoide di deiezione	cz
Eluvi/colluvi	ec

ICMS (2012), tabella con i codici per il campo Gen

Argine/barre/canali	es
Piana deltizia	dl
Piana pedemontana	pd
Bacino (piana) intramontano	in
Conoide alluvionale	ca
Terrazzo fluviale	tf
Varve	va
Lacustre	lc
Riempimento di dolina/karren/vaschetta/sinkhole	do
Forme costruite presso sorgenti	so
Forme costruite in canyon carsici	cy
Croste calcaree	cc
Morena	mr
Deposito fluvio glaciale	fg
Deposito fluvio lacustre	fl
Till	ti
Duna eolica	de
Loess	ls
Spiaggia	sp
Duna costiera	dc
Cordone litoraneo	cl
Terrazzo marino	tm
Palude/laguna/stagno/lago costiero	pl
Altro	zz

1	sigla_cart	nome_ULF	Descrizione	tipo_gt	Stato	Gen
53	FRGbn1	Sistema del Frigido: depositi alluvionali terrazzati ghiaiosi (Pleistocene superiore)	Ghiaie e blocchi eterometriche, da subangolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa. Depositi granulari poco addensati, debolmente cementati	GW	12	fd
54	OLOa	Detrito di versante (Olocene)	Ghiaie e blocchi subangolosi e angolosi, quantità variabile di matrice sabbioso-limosa, massivi o grossolanamente stratificati. Depositi granulari da sciolti a debolmente addensati, da non cementati a debolmente cementati	GW	12	fd
55	a	Detrito di versante attivo	Ghiaie e blocchi subangolosi e angolosi, quantità variabile di matrice sabbioso-limosa, massivi o grossolanamente stratificati. Depositi granulari sciolti, non cementati	GW	13	fd
56	h1	Discariche per inerti e rifiuti solidi urbani	Discariche per inerti e rifiuti solidi urbani	RI	13	zz
57	hr	Terreni di riporto	Terreni di riporto	RI	13	zz
58	hrs	Rilevati stradali	Rilevati stradali	RI	13	zz
59	OLObn2g	Depositi alluvionali ghiaiosi (Olocene)	Ghiaie eterometriche, da subangolose ad arrotondate, con abbondante matrice sabbiosa. Depositi granulari poco addensati, non cementati	GP	13	tf
60	OLObn2sg	Depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi (Olocene)	Sabbie e ghiaie eterometriche, da subangolose ad arrotondate, con livelli argillosi e siltosi. Depositi granulari poco addensati, non cementati	GM	13	tf
61	OLObn2s	Depositi alluvionali sabbiosi (Olocene)	Sabbie da fini a grossolane, con livelli argillosi e siltosi e ciottoli. Depositi granulari poco addensati,	SM	13	tf
62	OLOG2	Depositi di spiaggia antichi (Olocene)	Sabbie prevalenti, sabbie e limi con variazioni laterali e verticali a sabbie e ghiaie e limi sabbiosi, talora organici. Depositi granulari da sciolti a poco addensati, non cementati.	SM	13	sp
63	b	Depositi alluvionali attuali	Blocchi e ghiaie da angolose ad arrotondate, ghiaie eterometriche, da arrotondate a subangolose, e sabbie da grossolane a fini che costituiscono barre laterali e longitudinali all'interno del letto di piena ordinaria. Depositi granulari sciolti, non cem	GW	14	es
64	i	Depositi di origine mista di debris flow e/o torrentizio	Depositi eterometrici con granulometrie dai blocchi, alle ghiaie alle sabbie grossolane. Depositi granulari sciolti, non addensati.	GW	14	zz
65	g2	Depositi di spiaggia attuali	Sabbie medio grossolane con granuli, ciottoli e limi subordinati, appartenenti alla spiaggia attuale. Depositi granulari sciolti.	SP	14	sp
66	OLOe	Depositi di stagno o laguna costiera (Olocene)	Sabbie, limi, argille e torbe con rare e sottili intercalazioni ghiaiose e abbondanti resti vegetali. Depositi granulari sciolti (sabbie e limi) e privi di consistenza (argille e torbe), non cementati.	OL	25	pl
67	FAF	Filladi quarzatico-muscovitiche e cloritiche	Filladi quarzatico-muscovitiche e cloritiche, grigio-scure o grigio-verdastre, alternate a quarziti grigio-	SF	31	

Tabella riassuntiva del campo Stato e Gen contenuti nella CGT

Nella CGT sono presenti gli elementi puntuali relativi alle indagini di sottosuolo (sondaggi) con riportata la quota a cui intercetta il substrato, la quota di fine sondaggio se non intercetta il substrato e la quota della falda, se rilevata, nei casi dei terreni sabbiosi e sabbioso-limosi. Queste sono e informazioni utili a definire le geometrie sepolte del substrato, i caratteri stratigrafico-litologici dei corpi attraversati dai sondaggi e per definire la pericolosità da liquefazione legata alla presenza della falda in particolari contesti tessiturali.

Nella CGT sono inoltre riportati i dati geomorfologici (lineari, puntuali e poligonali) utili alla definizione delle Microzone: Questi elementi sono classificati secondo il tipo_el

Descrizione degli altri elementi lineari	Tipo_el
Orlo di scarpata morfologica (10-20m)	5041
Orlo di scarpata morfologica (>20m)	5042
Orlo di terrazzo fluviale (10-20m)	5051
Orlo di terrazzo fluviale (>20m)	5052
Cresta	5060
Scarpata sepolta	5070
Valle sepolta stretta (C≥ 0.25)*	5081
Valle sepolta larga (C< 0.25)*	5082

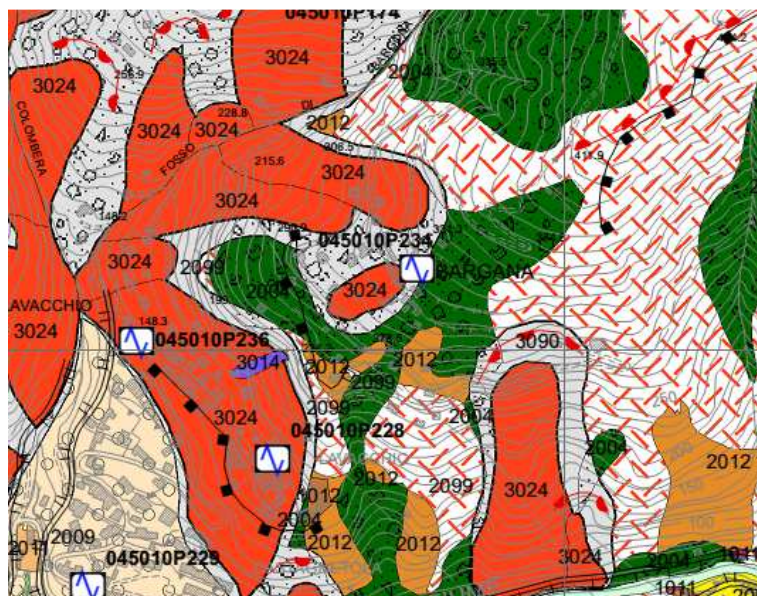
*C=H/L con H profondità della valle e L semilarghezza della stessa

Il tipo_el previsto da ICMS (2012) non contiene le informazioni richieste in fase di rilevamento geomorfologico e conseguente cartografia da ICMS (2008), cioè la congruenza con gli standard previsti da ISPRA (1994) e la cartografia degli elementi secondo l'agente morfogenetico principale e l'assetto morfodinamico (stato di attività).

Nel caso del presente progetto si è scelto di associare il tipo_el agli elementi morfologici (in questo caso lienari) classificati secondo IMCS (2008), poiché questa informazione è importante e spesso decisiva per l'interpretazione del dato.

descritto	tipo_el
Scarpate erosione selettiva (10-20m)	5041
Scarpate erosione selettiva >10m	5042
Orli di nicchia nivale	5042
Orli di circo glaciale	5042
Orlo di scarpata di degr. inattiva	5042
Corona di frana di crollo attiva	5090
Corona di frana di scorrimento quiescente	5092
Corona di frana complessa attiva	5093
Corona di frana complessa quiescente	5094
Scarpata fluviale attiva	5051
Orlo di scarpata fluviale (sup 10m) attiva	5052
Orlo di scarpata fluviale (min 10m) attiva	5051
Scarpata fluviale inattiva	5051
Scarpata fluviale (sup 10m) inattiva	5052
Scarpata fluviale (min 10m) inattiva	5051
Cresta	5060
Orlo di falesia inattiva	5041

Per questo scopo si è proceduto ad aggiornare il tipo_l secondo ICMS (2012) con i codici mancanti. Questo si è reso necessario, ad esempio, per consentire la visualizzazione degli elementi lineari relativi alle corone di frana che altrimenti non vengono mai classificati né rappresentati nella carte mentre invece costituiscono un elemento imprescindibile per la definizione delle pericolosità e l'individuazione delle Microzone.



Codici da utilizzare per il campo "Tipo_ep" (schema del codice: 60xy).

Descrizione	Tipo_ep
Picco isolato	6010
Cavità sepolta isolata/ <i>sinkhole</i>	6020

Infine, nella CGT sono rappresentati anche gli elementi poligonali relativi alla geomorfologia che negli ICMS (2012) vengono classificati secondo il tipo_f

Descrizione della forma	Tipo_f
Conoide alluvionale	4010
Falda detritica	4020
Area con cavità sepolte	4030

Nel caso di questo lavoro si è ritenuto opportuno aggiungere alcuni codici relativi al detrito di versante (4040) e alle aree estrattive (4050) non contenute negli ICMS (2012), ritenendo necessario conservare l'informazione relativa nella rappresentazione cartografica.

6.2 LA CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

6.2.1 ZONE STABILI

Nella carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) le Zone Stabili si ottengono attraverso la definizione del tipo_z un valore che viene attribuito ad ogni unità del substrato rigido definita attraverso il tipo_gt.

Codici da utilizzare per il campo "Tipo_z" (Schema del codice: 10xy).

Substrato	1 - stratificato	2- non stratificato
1 - lapideo	1011	1012
2 - granulare cementato	1021	1022
3 - coesivo sovraconsolidato	1031	1032
4 - alternanze litologiche	1041	1042

Tipo_z come definito per il substrato rigido da ICMS (2012)

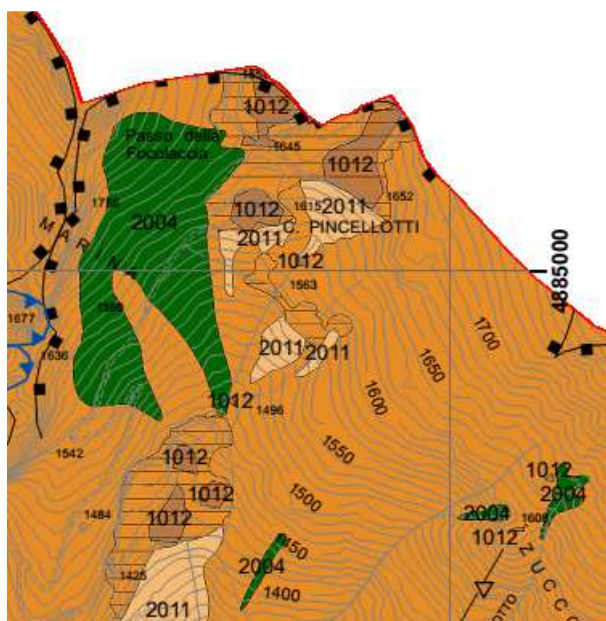
Alle zone stabili appartengono dunque tutte le aree su substrato rigido affiorante su pendenze <15°, come definito da ICMS (2009).

Sigla_cart	Nome_ulf	Descrizione	Tipo_gt	Tipo_z
GRE	Grezzoni	Dolomie e dolomie ricristallizzate grigio-scure, con limitate modificazioni tessiturali metamorfiche	LPS	1011
MRQ	Quarziti e filladi superiori	Metarcosi, quarziti e quarziti filladiche grigio chiare, alternate a filladi e filladi quarzitiche grigio scure	LPS	1011
OTH	Dolomie a Orthoceras	Filladi grafitose nere, dolomie ad Orthoceras e calcari nodulari	LP	1011
OTHb	Dolomie grigie e rare liditi	Dolomie grigie e rare liditi	LPS	1011
PRS	Porfiroidi e scisti porfirici	Metavulcaniti a composizione riolitico-riodacitica verdi chiare o grigie, con relitti millimetrici di fenocristalli di quarzo e feldspati in matrice quarzítico-muscovítica-cloritica. Intercalazioni di metarcosi e filladi muscovítico-cloritiche	LP	1011
RET	Calcari e Marne a Rhaetavicula Contorta	Calcari, calcari dolomitici e dolomie con sottili intercalazioni di marne. Generalmente nella parte inferiore prevalgono calcari, calcari dolomitici e dolomie grossolanamente stratificati,	LPS	1011
VINb	Dolomie grigio-scure e rosate	Dolomie grigio-scure e rosate con subordinati livelli di filladi, quarziti e metaconglomerati	LPS	1011
BSE	Brecce di Seravezza	Brecce poligeniche metamorfiche a elementi marmorei e subordinatamente dolomitici, con matrice filladica a cloritoide di colore rossastro o verdastro	LP	1012
CCA	Calcere cavernoso	Calcari dolomitici e dolomie grigie brecciate e con struttura a cellette e dolomie cariate.	LP	1012
CND	Marmi a crinoidi	Marmi con rari livelli dolomitici a patina d'alterazione rosso-bruna, abbondanti resti di crinoidi	LP	1012
CNDa	Brecce marmoree	Metabrecce a elementi marmorei, in matrice filladica muscovítica e cloritica, grigio scura o verdastra	LP	1012
FAFa	Rocce magmatiche a composizione basica	Rocce magmatiche a composizione basica	LP	1012
MAA	Marmi	Marmi bianchi grigi color avorio e giallo con sottili livelli di marmi a muscovite pi" raramente di calcescisti grigio-verdastri;loc. livelli di filladi carbonatiche dolomie e marmi dolomitici.Brecce monogeniche metamorfiche a elementi marmorei da centim	LP	1012
MAS	Calcere Massiccio	Calcari e calcari dolomitici grossolanamente stratificati e massicci	LP	1012
MDD	Marmi dolomitici	Marmi dolomitici alternati a livelli di dolomie grigio chiare o rosate, pi1 o meno ricristallizzate. Frequenti alghe, gasteropodi, brachiopodi e lamellibranchi. Spesso presenti dolomie cristalline massicce grigio chiare	LP	1012
MGC	Metaconglomerati eterometrici	Metaconglomerati eterometrici per lo pi" quarzosi, sparsi in una matrice cloritico-muscovítica verde o grigio-verde	LP	1012
MMG	Marmi a megalodontidi	Marmi saccaroidi, massicci o grossolanamente stratificati, con scarsa muscovite e clorite lungo i giunti di strato. Frequenti molluschi, brachiopodi e lumachelle a megalodonti	LP	1012
MRZ	Marmo zebrino	Marmi, metacalcari rosati e metabrecce con matrice rosata, con sporadiche selci.Marmi bianchi e color avorio con sottili livelli di marmi a muscovite e, pi" raramente,di calcescisti grigio-verdastri; localmente livelli di filladi carbonatiche	LP	1012

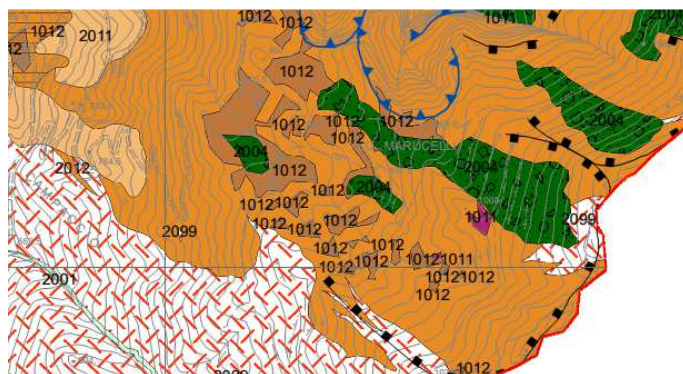
PRA	Prasiniti	Metabasiti ad albite, clorite, epidoto e quarzo, verdi, grigio-verdi e grigie, talvolta alternate a livelli di filladi e di metaconglomerati	LP	1012
VEU	Formazione della Verruca	Filladi quarzítico-muscovitiche grigio-chiare o grigio-verdi, talora violacee, con intercalazioni di metaconglomerati e filladi scure	LP	1012
VEUa	Membro delle Anageniti grossolane	Metaconglomerati quarziosi con matrice quarzítico-filladica da grigio-verde a violacea. Gli elementi sono costituiti in prevalenza da quarzo rosato e quarziti bianche o rosate	LP	1012
ACCb	Litofacies calcareo marnosa	Torbiditi carcereo-marnose in strati da spessi a molto spessi, livelli di arenarie	GRS	1021
MAC	Macigno	Arenarie quarzoso-feldspatico-micacee gradate, in strati di potenza variabile, con livelli pi ¹ sottili di siltiti	GRS	1021
PSM	Pseudomacigno	Metarenarie quarzoso-feldspatico-micacee, alternate a filladi più o meno quarzítiche grigio-scure	GRS	1021
ACCa	Litofacies calcareo-argillitica	Alternanza di argilliti, siltiti e calcari micritici, in strati da sottili a spessi	ALS	1041
ANL	Calcari ad angulati	Calcari marnosi grigio-scuri, alternati a marne siltose grigio-scure e argilliti	ALS	1041
OMT	Flysch di Ottone-Monteverdi	Calcari, calcari marnosi, marne ed argilliti calcaree torbiditiche con intercalazioni di arenarie e siltiti	ALS	1041
RSA	Rosso Ammonitico	Calcari nodulari rosati, rossi o giallastri e calcari stratificati rosa, talvolta con sottili interstrati di marne rosse e rare selci rosse	ALS	1041
STO	Scaglia Toscana	Argilliti e argilliti siltose e marnose rossastre, verdastre o grigie, talvolta con sottili intercalazioni di calcilutiti silicee e calcareniti grigie o verdastre; rare radiolariti rosse	ALS	1041
BSEa	Scisti a cloritoide	Livelli discontinui di filladi a cloritoide	AL	1042
CLF	Metacalcari selciferi	Metacalcilutiti grigio scure con liste e noduli di selci e rari livelli di metacalcareniti in strati di potenza variabile spesso alternati con strati pi ¹ sottili di calcescisti e filladi carbonatiche grigio scure + tracce di pirite e ammoniti piritizzate	AL	1042
ENT	Metacalcari ad entrochi	Metacalcilutiti grigio chiare e color avorio con liste e noduli di selci. Localmente a tetto della formazione, lenti di metacalciruditi derivate da originarie brecce poligeniche a elementi di calcilutiti, dolomie e radiolariti	AL	1042
MDI	Metaradiolariti	Metaradiolariti rosse, violacee, verdastre e raramente grigie, sottilmente stratificate, con interstrati di filladi quarzítiche	AL	1042
SSR	Scisti Sericitici	Filladi muscovitiche verdastre, rosso-violacee e pi ¹ raramente grigie, con rari e sottili livelli di filladi carbonatiche, marmi a clorite e metaradiolariti rosse.	AL	1042
VEUb	Membro delle Anageniti minute	Quarziti a granulometria variabile, fino a conglomerati, alternate a filladi e filladi quarzítiche	AL	1042
VINa	Filladi grigio-verdastre, quarziti e metaconglomerati	Filladi grigio-verdastre, quarziti e metaconglomerati	ALS	1042

Tabella riassuntiva delle Formazioni geologiche potenzialmente corrispondenti ad aree stabili se su pendenze < 15°

In carta risultano essere attribuibili a zone stabili solo dei piccoli poligoni distribuiti più o meno regolarmente in corrispondenza delle morfologie meno acclivi che risultano essere soprattutto ubicate sulla sommità dei crinali montuosi e collinari o in rari e particolari contesti lungo i versanti. Si tratta quasi sempre di poligoni di piccole dimensioni, alcuni dei quali derivati anche dal mosaico del modello digitale utilizzato per il calcolo delle pendenze.



Esempio di ubicazione delle aree stabili e della forma dei poligoni relativi. Le aree stabili sono alla sommità dei crinali o in corrispondenza di piccoli lembi di superfici poco pendenti (Carta delle MOPS, Foglio Nord)



Altro esempio di aree stabili alla sommità dei rilievi nell'area orientale (Carta delle MOPS, Foglio Sud)

6.2.2 ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

Appartengono a queste zone tutte le aree con:

- substrato geologico rigido molto fratturato,
- presenza di terreni di copertura,
- substrato geologico rigido su pendenze >15°.

Rispetto a quanto riportato nella CGT vengono inserite delle differenziazioni all'interno delle stesse unità stratigrafiche sulla base dei rapporti verticali con le unità sottostanti che vanno a costituire dei potenziali contrasti di impedenza. In particolare tale differenziazione è stata inserita per:

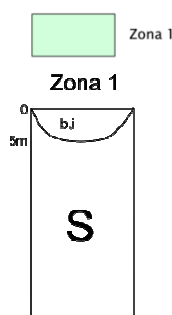
- Depositi alluvionali attuali (b), distinti sulla base del contatto inferiore.
- Depositi del Sistema del Frigido (FRGbn1), distinti sulla base degli spessori
- Depositi alluvionali sabbioso ghiaiosi (OLObn2sg), distinti sulla base del contatto inferiore
- Depositi alluvionali ghiaiosi (OLObn2g), distinti sulla base del contatto inferiore

Le zone vengono identificate attraverso il tipo_z dove, in accordo con ICMS (2012) vengono classificate con codici 20xy progressivi, riservando il 2099 al substrato geologico rigido molto fratturato, secondo lo schema seguente

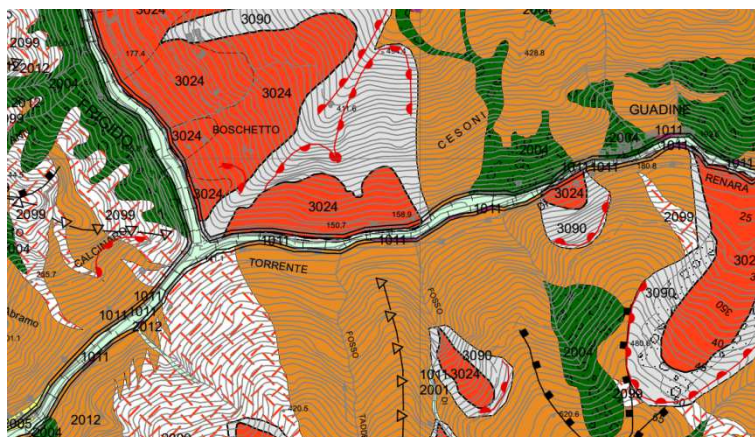
Sigla_cart	Nome_ulf	Descrizione	Tipo_gt	Tipo_z
b1	Depositi alluvionali attuali-area montana	Blocchi e ghiaie da angolose ad arrotondate, ghiaie eterometriche, da arrotondate a subangolose, e sabbie da grossolane a fini che costituiscono barre laterali e longitudinali all'interno del letto di piena ordinaria. Depositi granulari sciolti, non cementati	GW	2001
i	Depositi di origine mista di debris flow e/o torrentizio	Depositi eterometrici con granulometrie dai blocchi, alle ghiaie alle sabbie grossolane. Depositi granulari sciolti, non addensati.	GW	2001
b2	Depositi alluvionali attuali-area conoide	Ghiaie da angolose ad arrotondate, ghiaie eterometriche, da arrotondate a subangolose, e sabbie da grossolane a fini che costituiscono barre laterali e longitudinali all'interno del letto di piena ordinaria. Depositi granulari sciolti, non cementati	GW	2002
b3	Depositi alluvionali attuali-area costa	Ghiaie da angolose ad arrotondate, ghiaie eterometriche, da arrotondate a subangolose, e sabbie da grossolane a fini che costituiscono barre laterali e longitudinali all'interno del letto di piena ordinaria. Depositi granulari sciolti, non cementati	GW	2003
a	Detrito di versante attivo	Ghiaie e blocchi subangolosi e angolosi, quantità variabile di matrice sabbioso-limosa, massivi o grossolanamente stratificati. Depositi granulari sciolti, non cementati	GW	2004
OLOa	Detrito di versante (Olocene)	Ghiaie e blocchi subangolosi e angolosi, quantità variabile di matrice sabbioso-limosa, massivi o grossolanamente stratificati. Depositi granulari da sciolti a debolmente addensati, da non cementati a debolmente cementati	GW	2004
FRGbn1_a	Sistema del Frigido: depositi alluvionali terrazzati ghiaiosi (Pleistocene superiore). Spessore < 40 m.	Ghiaie e blocchi eterometriche, da subangolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa. Depositi granulari poco addensati, debolmente cementati	GW	2005
FRGbn1_b	Sistema del Frigido: depositi alluvionali terrazzati ghiaiosi (Pleistocene superiore). Spessore > 40m.	Ghiaie e blocchi eterometriche, da subangolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa. Depositi granulari poco addensati, debolmente cementati	GW	2006
OLObn2g_a	Depositi alluvionali ghiaiosi (Olocene)	Ghiaie eterometriche, da subangolose ad arrotondate, con abbondante matrice sabbiosa. Depositi granulari poco addensati, non cementati	GP	2007
OLObn2g_b	Depositi alluvionali ghiaiosi (Olocene)	Ghiaie eterometriche, da subangolose ad arrotondate, con abbondante matrice sabbiosa. Depositi granulari poco addensati, non cementati	GP	2008

OLObn2sg_a	Depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi (Olocene)	Sabbie e ghiaie eterometriche, da subangolose ad arrotondate, con livelli argillosi e siltosi. Depositi granulari poco addensati, non cementati	GM	2009
OLObn2sg_b	Depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi (Olocene)	Sabbie e ghiaie eterometriche, da subangolose ad arrotondate, con livelli argillosi e siltosi. Depositi granulari poco addensati, non cementati	GM	2010
h	Discariche di cave, ravaneti	Discariche di cave, ravaneti	RI	2011
h1	Discariche per inerti e rifiuti solidi urbani	Discariche per inerti e rifiuti solidi urbani	RI	2011
hr	Terreni di riporto	Terreni di riporto	RI	2011
hrs	Rilevati stradali	Rilevati stradali	RI	2011
FAF	Filladi quarzítico-muscovitiche e cloritiche	Filladi quarzítico-muscovitiche e cloritiche, grigio-scure o grigio-verdastre, alternate a quarziti grigio-chiare	SF	2009

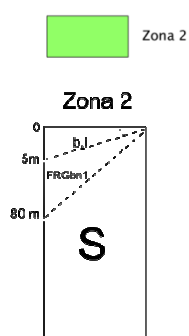
Vengono di seguito descritte le zone presenti in carta



Corrisponde alle aree dove sono presenti i depositi alluvionali attuali e cioè l'alveo del F. Frigido e dei corsi torrentizi nell'area montana in contatto diretto sul Substrato. Si tratta di blocchi e ghiaie da angolose ad arrotondate, ghiaie eterometriche, da arrotondate a subangolose, e sabbie da grossolane a fini che costituiscono barre laterali e longitudinali all'interno del letto di piena ordinaria e depositi eterometrici con granulometrie dai blocchi, alle ghiaie alle sabbie grossolane. Depositi granulari sciolti, non cementati. Lo spessore massimo si aggira sui 5 metri.



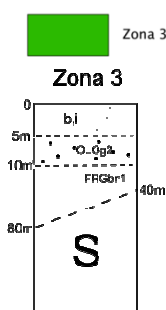
I depositi alluvionali in evoluzione dell'alveo del F.Frigido nel settore montano (Carta delle MOPS, Foglio Nord)



Zona 2 Corrisponde alle aree dove sono presenti i depositi alluvionali attuali della zona di pianura (alveo del F. Frigido) in contatto diretto sui depositi di conoide alluvionale antichi (FRGbn). Si tratta di blocchi e ghiaie da angolose ad arrotondate, ghiaie eterometriche, da arrotondate a subangolose, e sabbie da grossolane a fini che costituiscono barre laterali e longitudinali all'interno del letto di piena ordinaria e depositi eterometrici con granulometrie dai blocchi, alle ghiaie alle sabbie grossolane. Depositi granulari sciolti, non cementati. Lo spessore massimo si aggira sui 5 metri.



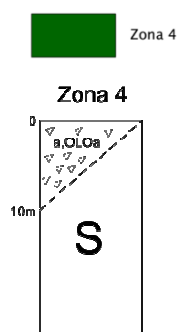
I depositi alluvionali in evoluzione dell'alveo del F.Frigido nell'area di pianura (Carta delle MOPS, Foglio Sud)



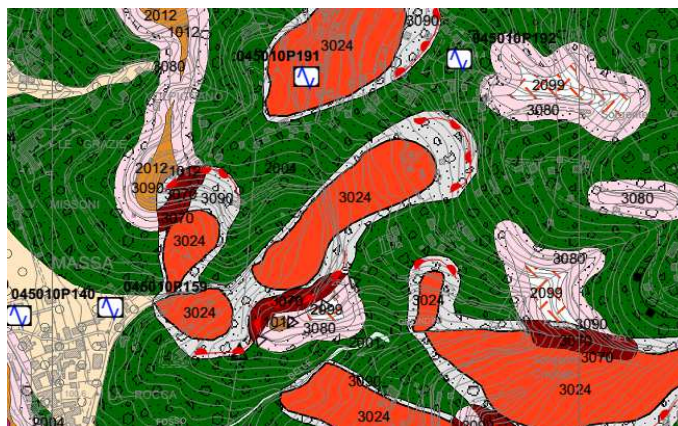
Zona 3 Corrisponde alle aree dove sono presenti i depositi alluvionali attuali in contatto diretto sui depositi di spiaggia antichi (OLOG2). Si tratta di ghiaie da angolose ad arrotondate, ghiaie eterometriche, da arrotondate a subangolose, e sabbie da grossolane a fini che costituiscono barre laterali e longitudinali all'interno del letto di piena ordinaria e depositi eterometrici con granulometrie dai blocchi, alle ghiaie alle sabbie grossolane. Depositi granulari sciolti, non cementati. Lo spessore massimo si aggira sui 5 metri.



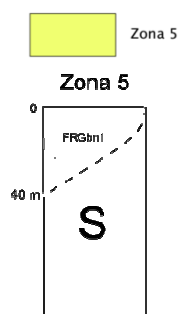
I depositi alluvionali in evoluzione dell'alveo del F.Frigido nell'area di costa (Carta delle MOPS, Foglio Sud)



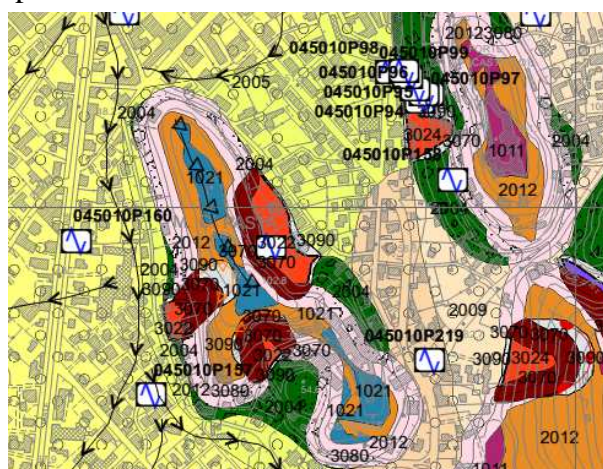
Corrisponde alle aree con coperture detritiche di versante associate a processi di degradazione gravitativa e di ruscellamento. Sono ghiaie e blocchi subangolosi e angolosi con quantità variabile di matrice sabbioso-limoso, massivi o grossolanamente stratificati. Depositi granulari da sciolti a debolmente addensati, da non cementati a debolmente cementati. Caratterizza le forme conservative sui versanti e, in particolare, il rilievo di San Carlo Terme. Lo spessore delle coperture detritiche è variabile da 1 a 10 m, in contatto discordante con il substrato.



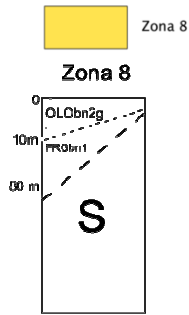
Le Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali legate alla presenza di coltri detritiche di versante, di spessore variabile. (Carta delle MOPS Foglio Sud)



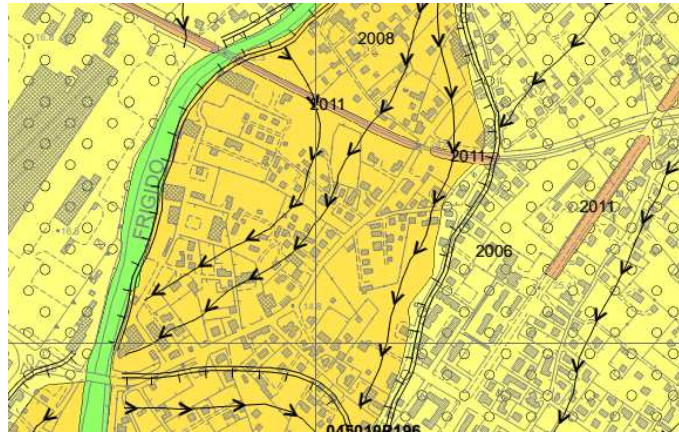
Corrisponde all'area di pianura immediatamente prospiciente ai versanti collinari e montani occupata dai depositi alluvionali del Pleistocene superiore della conoide del F. Frigido (FRGbn1) dove, sulla base delle indagini esistenti, raggiungono uno spessore massimo di circa 40 metri. Sono ghiaie e blocchi eterometriche, da subangolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa, con stratigrafie complesse e frequenti passaggi verticali e laterali di facies. Nei dati di sondaggio è segnalata la presenza a profondità variabile di livelli sabbiosi, limosi e argillosi di spessore raramente superiore al metro. Sono depositi granulari poco addensati, generalmente debolmente cementati anche se localmente sia l'addensamento sia la cementazione risulta essere accentuata anche in relazione alla profondità. Il contatto inferiore è discordante sul substrato con geometria planare.



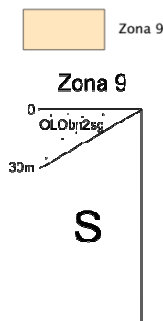
Le Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali legate alla presenza di depositi di conoide alluvionale (FRGbn1_a) di spessore inferiore a 40 metri (Carta delle MOPS Foglio Sud)



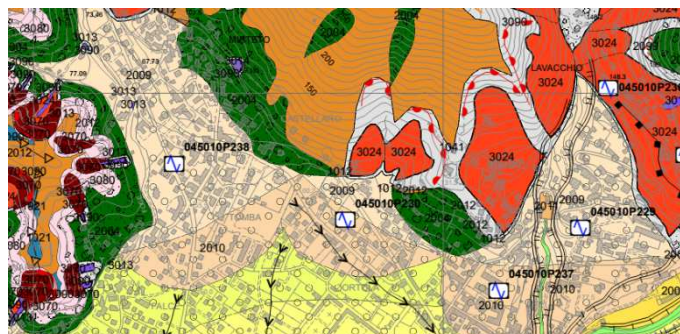
Corrisponde alle aree caratterizzate da depositi alluvionali olocenici ghiaiosi che formano i terrazzi alluvionali lungo il corso del F. Frigido nell'area di pianura e dove poggiano direttamente sui depositi alluvionali FRGbn1. Passano lateralmente a depositi sabbiosi nella zona di foce. Sono ghiaie eterometriche, da subangolose ad arrotondate, con abbondante matrice sabbiosa, depositi granulari poco addensati, non cementati. Lo spessore massimo osservabile in sondaggio è di circa 10 metri seppure molto variabile.



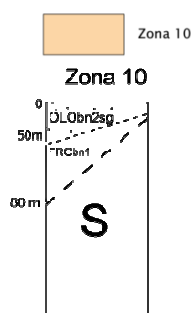
Le Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali legate alla presenza di depositi alluvionali terrazzati nel settore di pianura a contatto sui depositi di conoide alluvionale (Carta delle MOPS Foglio Sud)



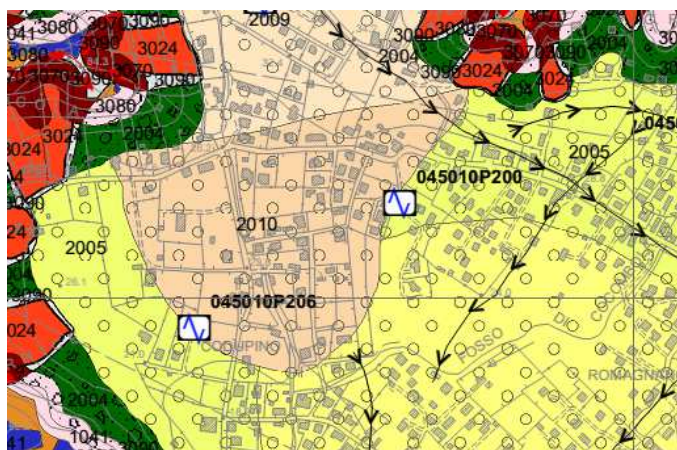
Corrisponde ai depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi olocenici che costituiscono le conoidi alluvionali nella fascia di contatto tra la pianura e i rilievi (parte del Centro di Massa, Turano, Lavacchio, Mireto, Castagnara, Codupino). Sono sabbie e ghiaie eterometriche, da subangolose ad arrotondate, con livelli argillosi e siltosi, localmente monogenici. Sono anche caratterizzati dalla presenza di numerosi paleosuoli bruni o bruno-rossastri, argillificati di spessore irregolare. Le superfici delle conoidi sono generalmente a debole pendenza seppure nelle zone apicali o nel caso di Lavacchio la pendenza aumenta notevolmente. Si tratta di depositi granulari da poco a moderatamente addensati, non cementati. Il contatto inferiore è discordante sul substrato. Lo spessore è molto variabile e dipende dalle dimensioni e dalla morfologia della conoide. Può raggiungere i 30 metri.



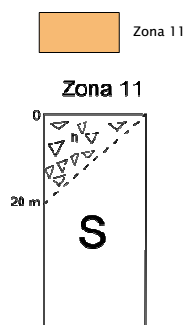
Le Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali legate alla presenza di depositi di conoide alluvionale olocenici a contatto sul substrato (Carta delle MOPS Foglio Sud)



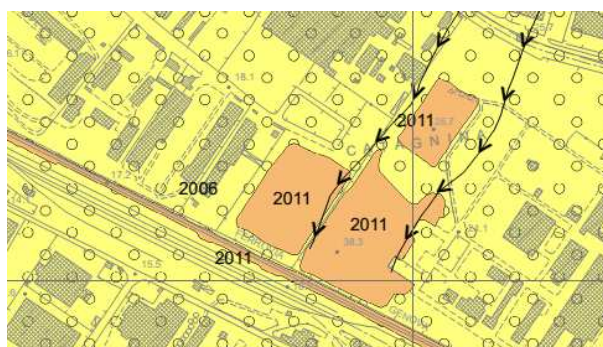
Corrisponde ai depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi olocenici che costituiscono le conoidi alluvionali nella fascia di contatto tra la pianura e i rilievi (parte del Centro di Massa, Turano, Lavacchio, Miretto, Castagnara, Codupino). Sono sabbie e ghiaie eterometriche, da subangolose ad arrotondate, con livelli argillosi e siltosi, localmente monogenici. Sono anche caratterizzati dalla presenza di numerosi paleosuoli bruni o bruno-rossastri, argillificati di spessore irregolare. Le superfici delle conoidi sono generalmente a debole pendenza. Si tratta di depositi granulari da poco a moderatamente addensati, non cementati. Il contatto inferiore è discordante sui depositi alluvionali della conoide del F.Frigido (FRGbn1) nei settori mediani e distali. Lo spessore è molto variabile e dipende dalle dimensioni e dalla morfologia della conoide. Può raggiungere i 50 metri.



Le Zone stabili suscettibili di amplificazione locali legate alla presenza di depositi di conoide alluvionale olocenici a contatto sui depositi alluvionali di conoide antichi (Carta delle MOPS Foglio Sud)



Ravaneti, discariche per inerti e rifiuti, rilevati stradali, terreni di riporto. I ravaneti sono gli accumuli degli scarti di lavorazione presenti al piede delle aree estrattive. Le loro dimensioni dipendono dalle dimensioni e dell'età dell'attività estrattiva. Possono costituire estese coperture con angoli di riposo molto elevati costituiti da ammassi caotici di ghiaie e blocchi con dimensioni fino a plurimetriche. Il contenuto in matrice è variabile. Sono depositi da sciolti fino a molto addensati, non cementati. Lo spessore può raggiungere i 20 metri nei settori dove l'angolo di riposo è minore (base dei versanti) e sono a contatto sul substrato.

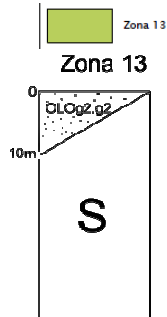


Le Zone stabili suscettibili di amplificazione locali legate alla presenza di depositi antropici (Carta delle MOPS Foglio Sud)

Zona 12 Substrato geologico rigido su pendenze > 15°.



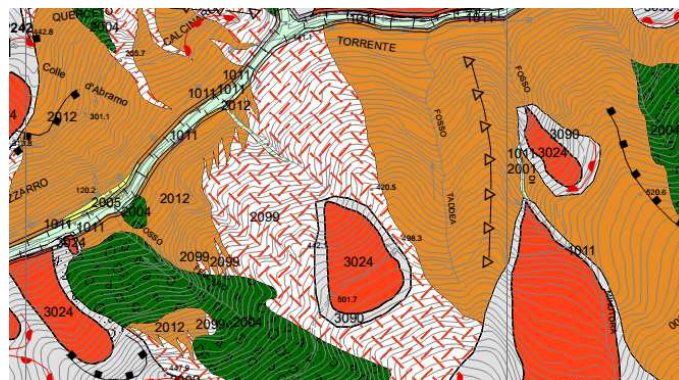
Le Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali legate alla presenza di substrato su pendenze superiori a 15° (Carta delle MOPS Foglio Nord)



Corrisponde alle aree con depositi prevalentemente sabbiosi e sabbioso limosi marini, sciolti o debolmente addensati con il livello di falda prossimo alla superficie (< 5 m). Si tratta dei depositi della trasgressione olocenica e dei depositi di spiaggia attuali. I depositi più antichi (OLOG2) costituiscono complessi dunari e di stagno oggi difficilmente riconoscibili a causa dell'intensa urbanizzazione (area di Marina di Massa e fascia costiera). Lo spessore dei sedimenti si aggira intorno ai 10-15 metri, assottigliandosi verso NE nel tratto prossimo alla scarpata di erosione marina modellata a spese della conoide alluvionale del F. Frigido. Sono sabbie da grossolane a fini, sabbie e limi con granuli e ciottoli subordinati, con variazioni laterali e verticali a sabbie e ghiaie e limi sabbiosi, talora organici, limi, argille e torbe con rare e sottili intercalazioni ghiaiose e abbondanti resti vegetali. Depositi granulari da sciolti a debolmente addensati (sabbie e limi) e privi di consistenza (argille e torbe), non cementati. Poggiano in discordanza sui sottostanti conglomerati e ghiaie appartenenti a FRGbn.



Si tratta delle aree di affioramento della Formazione delle Filladi Inferiori, che presenta delle caratteristiche litologiche e sismiche tali da evidenziarne un comportamento disomogeneo. Per questo è stato ritenuto opportuno classificarle come Substrato Geologico Rigido molto fratturato.



Le aree di affioramento della Formazione delle Filladi Inferiori classificate come substrato geologico non rigido a causa della scarsa uniformità di valori di Vs rilevati (Carta delle MOPS, Foglio Nord)

6.2.3 ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ

Le zone instabili sono definite attraverso l'attribuzione del tipo_i che ne definisce il carattere dell'instabilità.

Codici da utilizzare per il campo "Tipo_i" (Schema del codice: 30xy)

Instabilità di versante	1 - crollo o ribaltamento	2 - scorrimento	3 - colata	4 - complessa	5 - non definito
1 - attiva	3011	3012	3013	3014	3015
2 - quiescente	3021	3022	3023	3024	3025
3 - inattiva	3031	3032	3033	3034	3035
4 - non definita	3041	3042	3043	3044	3045

Descrizione degli altri tipi di instabilità	Tipo_i
Liquefazioni	3050
Aree interessate da deformazioni dovute a faglie attive e capaci	3060
Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti	3070
Cedimenti differenziali	3080

Descrizione dei tipi di instabilità secondo ICMS (2012)

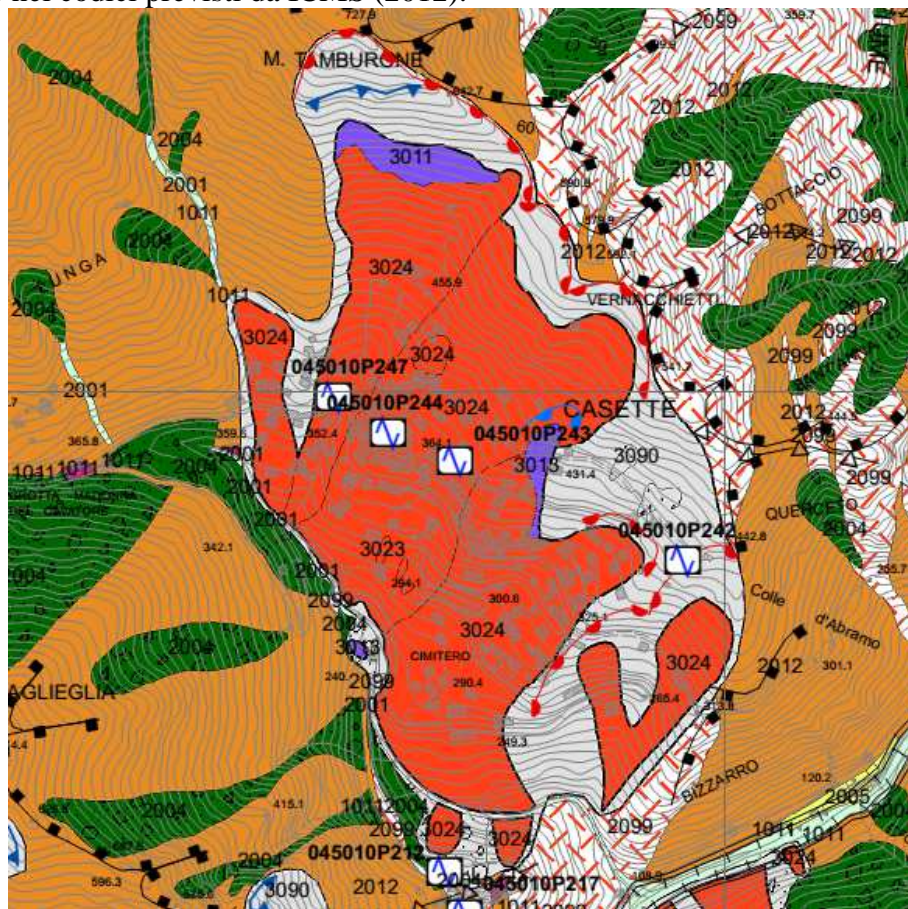
Sigla_cart	Nome_ulf	Descrizione	Tipo_gt	Tipo_i	Tipo_z
a1ca	Corpo di frana di crollo attiva	Corpo di frana di crollo attiva		3011	0
a1sa	Corpo di frana di scivolamento attiva	Corpo di frana di scivolamento attiva		3012	0
a1coa	Corpo di frana di colamento attiva	Corpo di frana di colamento attiva		3013	0
a1cma	Corpo di frana complessa attiva	Corpo di frana complessa attiva		3014	0
a1cq	Corpo di frana di crollo quiescente	Corpo di frana di crollo quiescente		3021	0
a1sq	Corpo di frana di scivolamento quiescente	Corpo di frana di scivolamento quiescente		3022	0
a1coq	Corpo di frana di colamento quiescente	Corpo di frana di colamento quiescente		3023	0
a1cmq	Corpo di frana complessa quiescente	Corpo di frana complessa quiescente		3024	0
a1ci	Corpo di frana di crollo inattiva	Corpo di frana di crollo inattiva		3031	0
a1si	Corpo di frana di scivolamento inattiva	Corpo di frana di scivolamento inattiva		3032	0
a1coi	Corpo di frana di colamento inattiva	Corpo di frana di colamento inattiva		3033	0
a1cmi	Corpo di frana complessa inattiva	Corpo di frana complessa inattiva		3034	0
DGPV	Deformazione gravitativa profonda di versante	Deformazione gravitativa profonda di versante		3046	0
OLObn2s	Depositi alluvionali sabbiosi (Olocene)	Sabbie da fini a grossolane, con livelli argillosi e siltosi e ciottoli. Depositi granulari poco addensati, non cementati	SM	3050	0
g2	Depositi di spiaggia attuali	Sabbie medio grossolane con granuli, ciottoli e limi subordinati, appartenenti alla spiaggia attuale. Depositi granulari sciolti.	SP	3050	0
OLOg2	Depositi di spiaggia antichi (Olocene)	Sabbie prevalenti, sabbie e limi con variazioni laterali e verticali a sabbie e ghiaie e limi sabbiosi, talora organici. Depositi granulari da sciolti a poco addensati, non cementati.	SM	3050	0
OLOe	Depositi di stagno o laguna costiera (Olocene)	Sabbie, limi, argille e torbe con rare e sottili intercalazioni ghiaiose e abbondanti resti vegetali. Depositi granulari sciolti (sabbie e limi) e privi di consistenza (argille e torbe), non cementati.	OL	3050	0

Descrizione dei tipi di instabilità (tipo_i) nel presente Progetto


I tipi di instabilità riscontrati nella zona sono:

- ZAFR_A - Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva
- ZAFR_Q- Zona di Attenzione per instabilità di versante quiescente

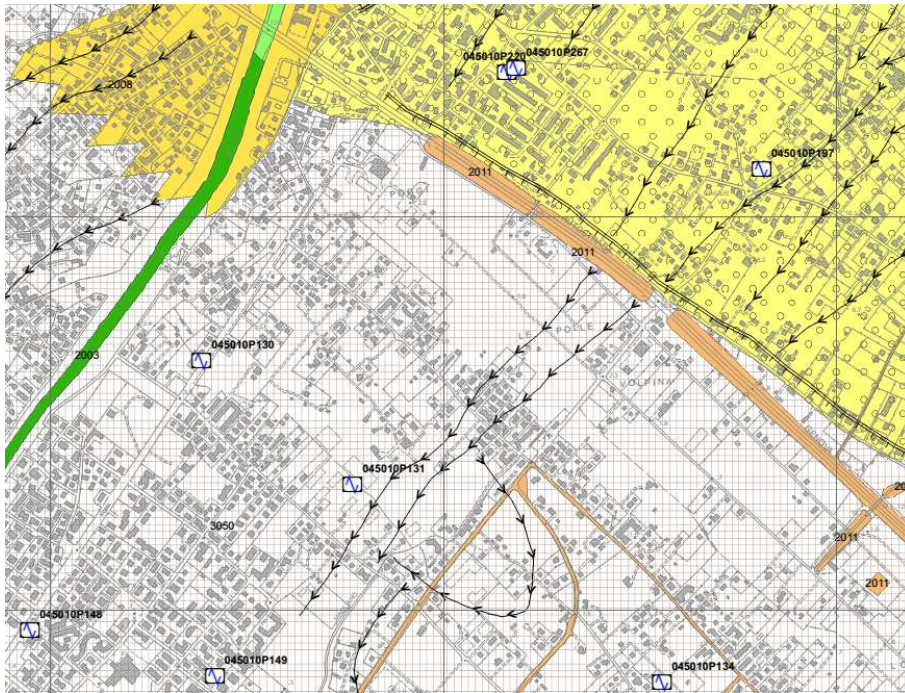
A queste zone appartengono tutte le aree soggette a fenomeni gravitativi classificati secondo il tipo di movimento prevalente e lo stato di attività. Si tratta di fenomeni anche molto estesi che interessano interi versanti e su cui sono ubicati numerosi centri abitati minori nella zona montana e collinare che hanno individuato come carattere favorevole all'insediamento le rotture di pendio e le contropendenze generate dal movimento gravitativo (Bergiola, Antona, Debbio, Casette, parte di Canevara, Resceto, parte di Forno). Gli spessori degli ammassi rocciosi coinvolti dal movimento è molto variabile ma può raggiungere i 40 metri. Si tratta sempre di ammassi rocciosi scomposti con quantità estremamente variabile di matrice ghiaioso-sabbiosa e presenza di blocchi di dimensioni plurimetriche. A questi sono state associate anche le Deformazioni Gravitative Profonde di Versante a cui si è dato il tipo_i 3046, non presente nei codici previsti da ICMS (2012).




I corpi di frana del versante di Casette, zone suscettibili di instabilità

 ZALQ1 – Zona di Attenzione per liquefazioni tipo1

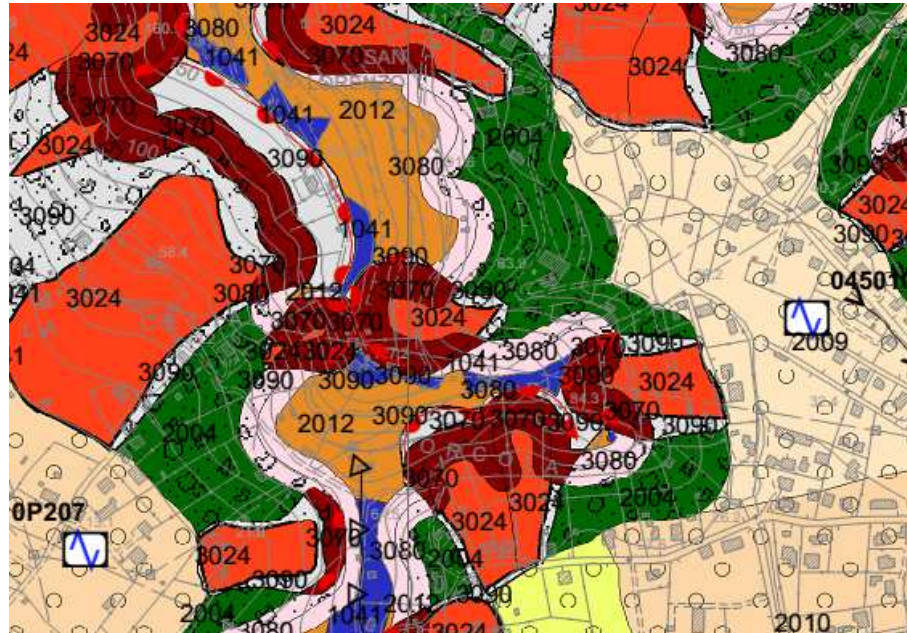
Sono state considerate come aree soggette a potenziale instabilità per liquefazione tutte le aree dove sono presenti depositi sabbiosi e sabbioso limosi, sciolti o debolmente addensati con il livello di falda prossimo alla superficie (< 5 m). Corrisponde all'area di Marina di Massa e alla fascia costiera. Lo spessore dei sedimenti potenzialmente suscettibile di liquefazione si aggira intorno ai 10-15 metri, assottigliandosi nel tratto prossimo alla scarpata di erosione marina modellata a spese della conoide alluvionale del F. Frigido. Sono sabbie da grossolane a fini, sabbie e limi con granuli e ciottoli subordinati, con variazioni laterali e verticali a sabbie e ghiaie e limi sabbiosi, talora organici, limi, argille e torbe con rare e sottili intercalazioni ghiaiose e abbondanti resti vegetali. Depositi granulari da sciolti a debolmente addensati (sabbie e limi) e privi di consistenza (argille e torbe), non cementati.



L'area costiera, caratterizzata dalla presenza di depositi sabbioso-limosi e limosi poco addensati o sciolti con livello di falda prossimo alla superficie, sono classificate come suscettibili di instabilità per liquefazione

 Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti

Sono ubicate sui versanti dell'area e risultano prevalentemente dalla sovrapposizione tra le aree suscettibili di cedimenti differenziali e le aree di influenza del pericolo di frana. La loro distribuzione molto mosaicata è dovuta alla complessità dei poligoni che si vengono a formare nel procedimento cartografico.



Le aree con sovrapposizione di tipi di instabilità differenti derivanti prevalentemente dalla sovrapposizione tra le zone instabili per cedimenti differenziali e le zone instabili perché di influenza al pericolo di frana.

6.3 LA CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

La carta delle frequenze di risonanza del terreno, comprendete l'area della pianura e della città di Massa, è stata realizzata valendosi dei risultati delle misure di vibrazione ambientale a stazione singola, di cui al sottoparagrafo 4.2.1. Come ivi descritto, ad ogni misura valutata come utilizzabile, ovvero di livello α (accettabile) o β (indicativa), è stato assegnato l'intervallo frequenza di cui alla Tab. 4.2.1, in cui si confida ricada il picco della relativa curva HVSR, che si assume quale stima della frequenza di risonanza del terreno, nel punto in cui è localizzata la misura. Per la rappresentazione grafica dei risultati ottenuti dalla campagna di misure HVSR è stato attribuito a ciascun punto il valore mediano (in Hertz) relativo all'intervallo corrispondente della Tab. 4.2.1 e relativo sia alle misure giudicate accettabili che quelle giudicate indicative senza nessuna distinzione. Il valore "0" è stato attribuito alle località per le quali le misure disponibili non indicano la presenza di fenomeni di risonanza significativi.



Figura 6.3.1 – Legenda della carta delle frequenze naturali del terreno.

7. ORGANIZZAZIONE DELLA BANCA DATI

7.1 Premessa

La produzione degli elaborati cartografici di sintesi è stata interamente realizzata tramite la costruzione di un insieme di basi di dati geografiche e l'impiego di un applicativo GIS (ArcGIS™ Rel. 10.1) per le operazioni di analisi spaziale e la strutturazione delle legende e dei layout. Le attività svolte appartengono a una serie di metodologie ormai standardizzate nel contesto delle operazioni di derivazioni cartografiche; merita tuttavia descrivere i metodi seguiti anche alla luce della loro specifica applicazione in ottemperanza alle direttive della Commissione tecnica per la microzonazione sismica (art. 5, comma 7, dell'OPCM 13 novembre 2010, n° 397, in particolare delle indicazioni fornite dal documento "Microzonazione Sismica, standard di rappresentazione e archiviazione informatica, versione 2.0), pubblicata dal Dipartimento della Protezione Civile nel maggio del 2012, ed alle indicazioni integrative fornite dal Settore Prevenzione Sismica della Regione Toscana. Come discusso in precedenza, alcune soluzioni adottate nel contesto delle attività di realizzazione delle cartografie, sono state precedute da un confronto con i tecnici di questa struttura regionale che hanno fornito il loro assenso di massima alle soluzioni operative proposte. Resta inteso che ognuna dei parametri delle elaborazioni (es ampiezza delle zone di buffer, ampiezza delle zone di influenza del pericolo da frana attorno ai corrispondenti poligoni), costituiscono elementi di discussione con l'Amministrazione Comunale a cui spettano in ogni caso le decisioni finali sugli elaborati cartografici realizzati. Preme specificare che la realizzazione delle banche dati e l'uso delle applicazioni GIS per le operazioni di interrogazione ed analisi spaziale necessarie, non sono da intendersi come mere attività di elaborazione grafica, bensì come attività strumentali e tecniche che permettono di mettere in atto le scelte di carattere geologico-tecnico e geomorfologico che sono alla base delle scelte indicate dalle prescrizioni raccolte nelle normative e da parte dei tecnici decisori incaricati delle scelte di pianificazione.

7.2 Riferimenti Generali

Il Dipartimento della Protezione Civile attraverso la Commissione tecnica per la microzonazione sismica (MS) ha elaborato una serie di indicazioni specifiche sulle modalità di realizzazione delle cartografie di MS, attinenti ai diversi ambiti disciplinari che confluiscono in questa tematica (Geologico, Geofisico, Geomorfologico, Geotecnico, etc). Tali indicazioni sono state raccolte negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS, Vol. I e II), dalle quali si evince come gli elaborati cartografici di sintesi, dovendo appunto riassumere le diverse tipologie di studi e di elaborazioni che concorrono alla definizione zonazioni, devono essere realizzati attraverso la costruzione di una base di dati spaziale (geografica s.l.) dalla quale, tramite una serie di elaborazioni standardizzate in ambiente GIS, ottenere le cartografie finali. Il Dipartimento della Protezione Civile, al fine di fornire le specifiche per " *..l'elaborazione di rappresentazioni relative ai soli elementi e tematismi significativi per gli studi di microzonazione sismica realizzati per le finalità dell'art.11 della L.77/09, puntando ad una semplificazione e sintesi dei contenuti..* " ed al tempo stesso per " *..ottenere un'omogeneità di rappresentazione dei tematismi da parte dei soggetti realizzatori, facilitando la lettura e il confronto dei risultati degli studi di aree differenti..* " ha diffuso il documento denominato "Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica" (SRAI) giunto ormai alla seconda release.

In tale documento trovano ampio spazio le descrizioni delle librerie e l'impianto grafico delle cartografie di MS per i tre diversi livelli di approfondimento e viene

anche fornita una guida per definizione della struttura fisica di archiviazione dei dati. Nell'ambito delle attività relative alla MS del Comune di Massa, sono state utilizzate le indicazioni fornite da tali standard con qualche adattamento per specifiche necessità (già descritte in altri capitoli della relazione) che risultavano non considerate nell'ambito degli stessi SRAI. In questi ultimi trova ampio spazio anche la modalità di gestione delle indagini, sia eseguite ex novo che raccolte dai diversi archivi, che hanno una importante rilevanza per definire il modello geologico di sottosuolo. Tali indagini sono gestite tramite un apposito applicativo, rilasciato nel novembre 2012 denominato SoftMs che consente di popolare il repository di MS Access anch'esso rilasciato dalla Protezione Civile per la gestione di tali indagini. Da questo stesso repository vengono ottenute le tabelle di classificazione delle indagini riportate nella relativa cartografia (Carta delle indagini)

7.3 Metodologia di lavoro

La metodologia di lavoro è stata suddivisa in due parti:

- 1) Raccolta e selezione della documentazione e successivo popolamento dell'archivio relativo alle indagini
- 2) Produzione degli originali di autore e costruzione delle basi dati spaziali relative alle cartografie di MS

7.3.1 Raccolta e selezione della documentazione e successivo popolamento dell'archivio relativo alle indagini

Per questa attività è necessario scaricare l'applicativo SoftMs dal sito della Protezione Civile (http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/standard_studi_ms.wp); presso questo link si accede alla sezione "Link esterni" dove si trova l'applicativo indicato (Fig.1)



Fig. 1 - la pagina del sito della protezione ove si accede ai "Link esterni"

L'applicazione SoftMs è facilmente installabile e al suo avvio presenta le interfaccia riportata in Fig. 2



Fig. 2

Nella successiva schermata si può creare il repository di nostro interesse selezionando il Comune desiderato oppure aggiornare un file già creato e presente nella directory.

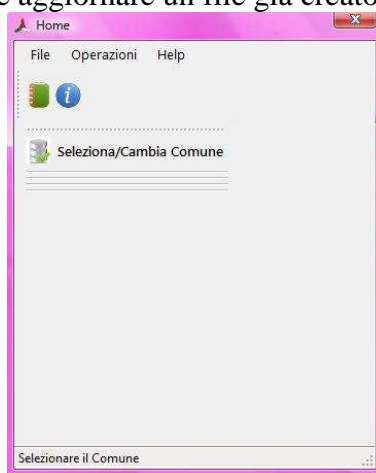


Fig. 2

L'applicativo permette di selezionare il Comune, la Provincia e la Regione di appartenenza cliccando sui relativi menù a tendina.

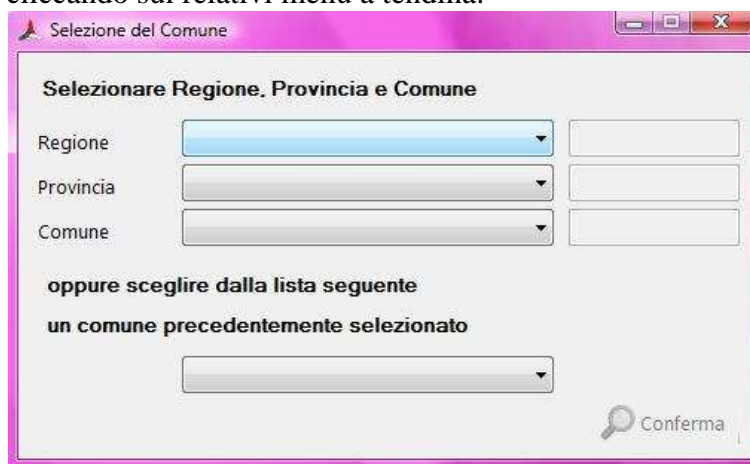


Fig. 3

L'organizzazione logica delle tabelle popolabili tramite l'applicativo SoftMs è descritta in Fig. 4.

- Digitazione a video delle nuove entità
- Creazione di un quadro conoscitivo aggiornato da cui derivare le diverse cartografie

Una volta consolidato il quadro conoscitivo per gli aspetti geologici e geomorfologici, è stata realizzata una tabella di riclassificazione (tabella_riclassificazione_geologia_geomorfologia_def_pieruccini) dei dati munita di una chiave esterna che ne permettesse il collegamento tramite un join con le tabelle degli attributi del quadro conoscitivo. Il campo utilizzato come chiave esterna è stato denominato [sigla_cart] ed è in gran parte popolato da valori relative alle sigle delle formazioni geologiche rilevate nel progetto CARG regionale. Per alcune nuove entità di tipo geomorfologico che non erano presenti nei dati pregressi sono state utilizzate delle nuove sigle. Si noti come la tabella riportata in Fig.6, rechi gli attributi [tipo_gt], [Stato], [Tipo_i] e [Tipo_z], previste dalla banca dati prevista dagli SRAI.

OBJECTID*	sigla_cart*	tipo_gt	Stato	Gen	Tipo_i	Tipo_z	Vs
38	MAC	GRS	0	<Null>	0	1021	MASSA_800-1400 m/s
58	RET	LPS	0	<Null>	0	1011	MASSA_1500-1600 m/s
14	ACCa	ALS	0	<Null>	0	1041	MASSA_1300-1350 m/s
20	CCA	LP	0	<Null>	0	1012	MASSA_1200-1700 m/s
52	OMT	ALS	0	<Null>	0	1041	MASSA_1150-1200 m/s
26	FAF	SP	31	<Null>	0	2099	ALTIGNANA_500-1200 m/s - S.CARLO 600 m/s - PARIANA 500-1200 m/s - CANEVARA 900-1000 m/s - BERGIOLA MAGGIORE 1100 m/s
47	OLOb2g	GP	13	ff	0	2004	400-450 m/s
28	FRGb1	GW	12	ff	0	2003	400-1100 m/s
40	OLOb2a	SM	13	ff	3050	2005	200-400 m/s
49	OLOb2e	GM	13	ff	0	2005	200-400 m/s
51	OLOg2	SM	13	sp	3050	2007	200-400 m/s
46	OLOa	GW	12	ff	0	2002	150 - 350 m/s
30	GRE	LPS	0	<Null>	0	1011	>1500 m/s v. prof.237
56	PRS	LP	0	<Null>	0	1011	<800 M/S? dato estrapolato dalle informazioni di 23 e 25 su litologie simili - CASETTE 850 m/s - FORNO 1800 m/s
62	VEU	LP	0	<Null>	0	1012	<500 m/s dato estrapolato dalle informazioni di 23 su litologie simili - MASSA 1200-1400 m/s

Fig. 6 - Il campo [sigla_cart] è stato utilizzato come chiave esterna per le operazioni di join

Una volta eseguito il join si è proceduto alla realizzazione dei diversi file di memorizzazione previsti dagli SRAI.

Per la realizzazione della Carta delle Indagini, della Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica e della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica ((MOPS) sono stati predisposti le seguenti feature class, la cui struttura fisica viene messa a disposizione dal Dipartimento della Protezione Civile.

- Elineari
- Epuntuali
- Forme
- Geoidr
- Geotec
- Ind_In
- Ind_pu
- Instab
- Isosub
- Stab

In Allegato 1 vengono riportate le strutture fisiche relative a tali feature class

Per quanto attiene alle attività di analisi spaziale esse sono riferibili principalmente alla definizione di un'area di rispetto (*buffer*) attorno al contatto tra gruppi di formazioni aventi sensibili differenze rispetto ai possibili cedimenti differenziali e del *dissolve* rispetto a proprietà comuni tra i raggruppamenti di formazioni. Nell'area di studio le zone maggiormente critiche rispetto a tali possibili cedimenti differenziali sono quelle di contatto tra le formazioni di basamento e di copertura. Una volta raggruppate le formazioni del basamento si è proceduto al *dissolve* al fine di ottenere un layer omogeneo. Di tale layer sono stati ottenuti i limiti formazionali (tramite la procedura *feature to line*) a cui sono state eliminate le linee che rientravano nelle zone

di contatto con le aree in frana (osservare la troncature delle linee in cyan nella figura che segue). A tali elementi lineari successivamente si è applicato un buffer simmetrico di 25 m (area al tratto obliquo nella figura che segue) che definiscono le aree a possibili cedimenti differenziali. A seguito di questa operazione di analisi spaziale si creano aree di incrocio tra le zone a cedimento differenziale e le zone soggette ad instabilità per frana. Notare che si hanno zone con "Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti" ove si hanno cedimenti differenziali sovrapposti a zona di influenza del pericolo di frana produce (codice 3070= 3024 + 3080) oppure altre zone ove si hanno cedimenti differenziali sovrapposti a zona di influenza del pericolo di frana, (codice 3070=3080 + 3090).

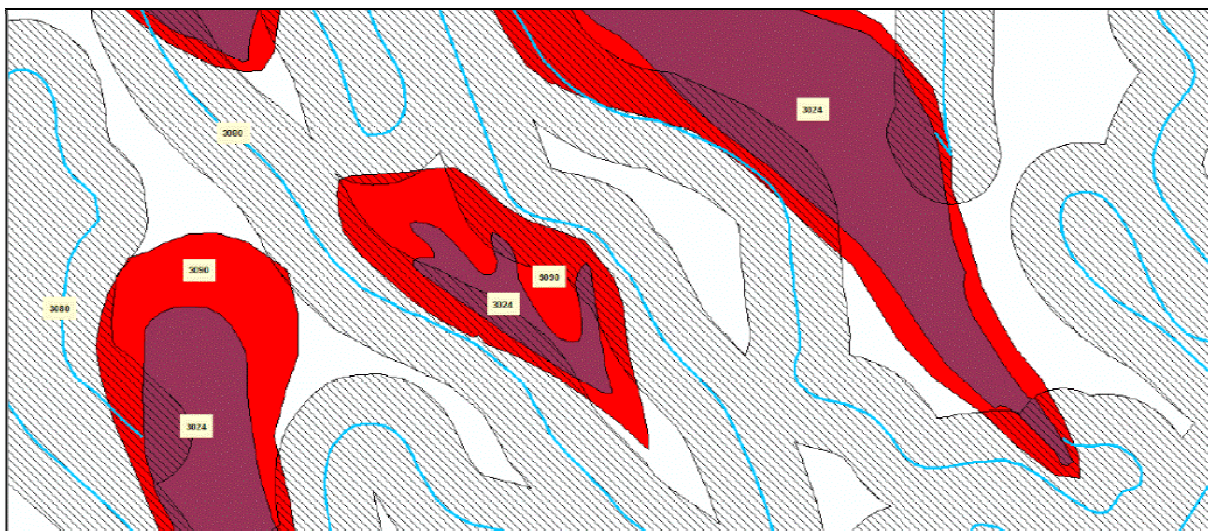


Fig.7

7.4 Organizzazione della consegna

La consegna dei file è stata organizzata secondo le indicazioni fornite dagli SRAI (pg. 79), ed in dettaglio la directory Massa_S20 include quanto segue.

Directory BasiDati

Directory	Descrizione	File/directory contenuti	File/directory contenuti	Descrizione e sistema di riferimento geodetico
	<p>In questa directory sono contenuti dati cartografici generali (es. CTR) di supporto alla realizzazione della carta.</p>	CTR_RASTER	249060_rct.tif	File raster sezione CTR, Monte_Mario_Italy_1
			249070_rct.tif	File raster sezione CTR, Monte_Mario_Italy_1
			249080_rct.tif	File raster sezione CTR, Monte_Mario_Italy_1
			249090_rct.tif	File raster sezione CTR, Monte_Mario_Italy_1
			24910_rct.tif	File raster sezione CTR, Monte_Mario_Italy_1
			249110_rct.tif	File raster sezione CTR, Monte_Mario_Italy_1
		CTR_VETTORIALE	024900.DWG	File raster sezione CTR, Monte_Mario_Italy_1
			024905.DWG	File raster sezione CTR, Monte_Mario_Italy_1
			024910.DWG	File raster sezione CTR, Monte_Mario_Italy_1
			024915.DWG	File raster sezione CTR, Monte_Mario_Italy_1
			024920.DWG	File raster sezione CTR, Monte_Mario_Italy_1
			024925.DWG	File raster sezione CTR, Monte_Mario_Italy_1
		SHAPEFILE FOGLIO NORD E SUD	Foglio_Nord_MMI.shp	SHAPEFILE porzione settentrionale del territorio comunale, Monte_Mario_Italy_1
			Foglio_Sud_MMI.shp	SHAPEFILE porzione meridionale del territorio comunale, Monte_Mario_Italy_1
			profil_topo_massa.shp	SHAPEFILE relativo alle tracce delle sezioni geologiche, Monte_Mario_Italy_1

Directory FO

Directory	Descrizione	File/directory contenuti	File/directory contenuti	Descrizione e sistema di riferimento geodetico	
	<p>In questa directory è contenuto il personal geodatabase Carta_FO.mdb relativo alle feature class funzionali alla realizzazione della carta FO (frequenze naturali del terreno).</p>	BORDO_COMUNALE_UTM	Feature class relativa al poligono occupato dal territorio comunale	ESRI Feature Class, WGS_1984_UTM_Zone_33N	
			Misure_FO_UTM_joined	Feature class relativa alle misure delle frequenze naturali del terreno	ESRI Feature Class, WGS_1984_UTM_Zone_33N
			Valori_FO_Lunedì_25_5	Tabella riclassificazione misure FO	ESRI Table

Directory GeoTec

Directory	Descrizione	File/directory contenuti	File/directory contenuti	Descrizione e sistema di riferimento geodetico
	<p>In questa directory è contenuto il personal geodatabase GeoTec.mdb relativo alle feature class funzionali alla realizzazione della Geologica Tecnica</p>	Elineari	Feature class relativa agli elementi lineari funzionali alla Carta geologica tecnica (pg. 59 Microzonazione sismica, standard di rappresentazione e Archiviazione informatica, rel 2.0, giugno 2012)	ESRI Feature Class, WGS_1984_UTM_Zone_33N
			Epuntuali	Feature class relativa agli elementi puntuali funzionali alla Carta geologica tecnica (pg. 61 Microzonazione sismica, standard di rappresentazione e Archiviazione informatica, rel 2.0, giugno 2012)
		Forme	Feature class relativa alle forme di superficie e sepolte funzionali alla carta delle MOPS (pg. 62 Microzonazione sismica, standard di rappresentazione e Archiviazione informatica, rel 2.0, giugno 2012)	ESRI Feature Class, WGS_1984_UTM_Zone_33N
			Geoidr_pr	Feature class relativa agli elementi puntuali geologici funzionali alla Carta geologica tecnica (pg. 63 Microzonazione sismica, standard di rappresentazione e Archiviazione informatica, rel 2.0, giugno 2012)
		Instab_Frane	Sottosistema della feature class di instabilità relativa ai poligoni di frana	ESRI Feature Class, WGS_1984_UTM_Zone_33N
		tabella_riclassificazione_geologia_geomorfologia_def_pieruccini	Tabella di riclassificazione delle formazioni geologiche e dei poligoni geomorfologici	ESRI Table

Directory Indagini

Directory	Descrizione	File/directory contenuti	File/directory contenuti	Descrizione e sistema di riferimento geodetico
	<p>In questa directory è contenuta la directory Soft_MS contenente il repository delle indagini puntuali e lineari utilizzate per la carta delle indagini, realizzazione della Geologica Tecnica ed il relativo geodatabase.</p>	SoftMS	Include il file Cdi_Tabelle_045010.md relativo a tutte le indagini puntuali e lineari utilizzate per la cartografia della Microzonazione. La directory Indagini_archiviata include i documenti originali relativi alle indagini	Directory
		SoftMS	Cdi_Tabelle.md; include nuove tabelle e query per nuove indagini (repository non utilizzato: riserva)	Access file
		SoftMS	Cdi_Tabelle_045010.mdb include il file Cdi_Tabelle_045010.md relativo a tutte le indagini puntuali e lineari utilizzate per la cartografia della Microzonazione.	Access file
		Cdi_Tabelle_045010_export.mdb	Repository Access ottenuto dalla esportazione del repository relativo alle indagini (proteetto da password proprietaria e quindi non accessibile)	Access file
		Indagini.mdb	Bordo_comunale_UTM; feature class relativa all'area occupata dal territorio comunale	ESRI Feature Class, WGS_1984_UTM_Zone_33N
			Ind_In; feature class relativa alle indagini lineari	ESRI Feature Class, WGS_1984_UTM_Zone_33N
			Ind_piu; feature class relativa alle indagini puntuali (riserva)	ESRI Feature Class, WGS_1984_UTM_Zone_33N
			Ind_piu_da_ms_28_5; feature class relativa alle indagini puntuali utilizzati eper la cartografia	ESRI Feature Class, WGS_1984_UTM_Zone_33N
			Indagini_lineari; tabella riassuntiva dei dati	ESRI Table
			Q001 simboli; ind; query relativa alle indagini	ESRI Table
Sito_puntuale; gli puntuali	ESRI Table			
summ_hvr	summarize misure HVSR	ESRI Table		

Directory MS1

Directory	Descrizione	File/directory contenuti	File/directory contenuti	Descrizione e sistema di riferimento geodetico
	<p>Directory include i file e geodatabase (MS1.mdb) relativa alla carta geologico-tecnica.</p>	MS1.mdb	Instab; feature class relativa alle aree di instabilità	ESRI Feature Class, WGS_1984_UTM_Zone_33N
			Stab; feature class relativa alle aree stabili	ESRI Feature Class, WGS_1984_UTM_Zone_33N
			Stab_Ampi_Locale; feature class relativa alle aree di applicazione locale	ESRI Feature Class, WGS_1984_UTM_Zone_33N
			L_tipo; tabella per la riclassificazione degli elementi lineari	ESRI Feature Class, WGS_1984_UTM_Zone_33N
			tabella_riclassificazione_geologia_geomorfologia_def_pieruccini	ESRI Table

Directory Plot

Directory	Descrizione	File/directory contenuti	File/directory contenuti	Descrizione e sistema di riferimento geodetico
	Directory include i file ottenuti dalla stampa delle cartografie	Directory	Tavole_totale.tif CARTA_F0 CARTA_GEOLOGICA_GEOMORFOLOGICA_GEOTEC_FOGLIO_NORD CARTA_GEOLOGICA_GEOMORFOLOGICA_GEOTEC_FOGLIO_SUD CARTA_INDAGINI_FOGLIO_NORD CARTA_INDAGINI_FOGLIO_SUD CARTA_MDPS_FOGLIO_NORD CARTA_MDPS_FOGLIO_SUD TAVOLA TOTALE	file pdf relativo alla carta delle frequenze naturali del terreno file pdf relativo alla carta geologica tecnica foglio nord file relativo alla carta geologica tecnica foglio sud file pdf relativo alla carta delle indagini, foglio nord file pdf relativo alla carta delle indagini, foglio sud file relativo alla carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, foglio nord file relativo alla carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, foglio sud file relativo alla carta delle sezioni geologiche

Directory Progetti

Directory	Descrizione	File/directory contenuti	File/directory contenuti	Descrizione e sistema di riferimento geodetico
	Directory include i progetti ArcMap	Directory	CARTA_F0 CARTA_GEOLOGICA_GEOMORFOLOGICA_GEOTEC_FOGLIO_NORD CARTA_GEOLOGICA_GEOMORFOLOGICA_GEOTEC_FOGLIO_SUD CARTA_INDAGINI_FOGLIO_NORD CARTA_INDAGINI_FOGLIO_SUD CARTA_MDPS_FOGLIO_NORD CARTA_MDPS_FOGLIO_SUD	ArcGIS ArcMap Document (.mxd); rel 10.1 ArcGIS ArcMap Document (.mxd); rel 10.1 ArcGIS ArcMap Document (.mxd); rel 10.2 ArcGIS ArcMap Document (.mxd); rel 10.3 ArcGIS ArcMap Document (.mxd); rel 10.4 ArcGIS ArcMap Document (.mxd); rel 10.5 ArcGIS ArcMap Document (.mxd); rel 10.6

Directory Vestiture

Directory	Descrizione	File/directory contenuti	File/directory contenuti	Descrizione e sistema di riferimento geodetico
	Directory include le librerie e file style utilizzati per la cartografia. Le librerie sono basate sullo style "MS_Cartaindagini_2D.style" fornito dal Dipartimento della Protezione Civile Nazionale	Directory	LYR_CARTA_F0; include file di legenda (*.LYR) relativi alla carta delle frequenze naturali del terreno. LYR_CARTA_GEOTEC; include file di legenda (*.LYR) relativi alla carta geologica tecnica per la microzonazione sismica LYR_CARTA_INDAGINI; include file di legenda (*.LYR) relativi alla carta delle indagini LYR_CARTA_MDPS; include file di legenda (*.LYR) relativi alla carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica LYR_CARTA_TOPOGRAFICA; include file di legenda (*.LYR) relativi al gruppo di layer vettoriali della CTR LYR_FOGLI_NORD_E_SUD; include file di legenda (*.LYR) relativi alle porzioni Nord e Sud del territorio comunale	ArcGIS ArcMap file LYR; rel 10.1 ArcGIS ArcMap file LYR; rel 10.2 ArcGIS ArcMap file LYR; rel 10.3 ArcGIS ArcMap file LYR; rel 10.4 ArcGIS ArcMap file LYR; rel 10.5 ArcGIS ArcMap file LYR; rel 10.6

8. BIBLIOGRAFIA

- ABBATE E., BALESTRIERI M., BIGAZZI G., NORELLI P. & QUERCIOLI C. 1994. Fission-track dating and recent rapid denudation in Northern Apennines, Italy. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 48: 579–585
- ALBARELLO D., CESI C., EULILLI V., GUERRINI F., LUNEDEIE., PAOLUCCI E., PILEGGI D., PUZZILLI L.M., 2011. The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the 26th April 2009 l'Aquila (Italy) earthquake. *Boll. Geofis. Teor. Appl.*, 52, 3, 513-538, DOI:10.4430/bgta0013
- ALBARELLO D., CASTELLARO S., 2011. Tecniche sismiche passive. *Ingegneria Sismica*, Anno XXVII, 2 (Suppl.), 32-63
- BALESTRIERI M.L., BERNET M., BRANDON M.T., PICOTTI V., REINERS P. & ZATTIN M. 2003. Pliocene and Pleistocene exhumation and uplift of two key areas of the Northern Apennines. *Quaternary International*, 101-102: 67–73.
- BLANC A.C., 1942. Variazioni climatiche ed oscillazioni della linea di riva nel Mediterraneo centrale durante l’Era Glaciale. *Sond. Geologie Meere Binnenengenwasser* 5, 50-90
- CARMIGNANI L. & KLIGFIELD R. 1990. Crustal extension in the Northern Apennines: the transition from compression to extension in the Alpi Apuane core complex. *Tectonics*, 9 (6): 1275–1303.
- CARMIGNANI L., FANTOZZI P.L., GIGLIA G. & MECCHERI M. 1993. Pieghe associate alla distensione duttile del Complesso Metamorfico Apuano. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 49: 99–124.
- CARMIGNANI L., CONTI P., DISPERATI L., FANTOZZI P.L., GIGLIA G., MECCHERI M., 2000. Carta Geologica del Parco delle Alpi Apuane. SELCA, Firenze.
- CAROSI R., LEONI L., MONTOMOLI C. & SARTORI F. 2003. Very low-grade metamorphism in the Tuscan Nappe, Northern Apennines, Italy: relationships between deformation and metamorphic indicators in the La Spezia mega-fold. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 83: 15–32.
- CATANZARITI R., CERRINA FERONI A., MARTINELLI P. & OTTRIA G. 1996. Le marne dell’Oligocene-Miocene inferiore al limite tra Dominio subligure e Dominio toscano: dati biostratigrafici ed evoluzione spazio-temporale. *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, Memorie, Serie A*, 103: 105–134.
- CERRINA FERONI A., PLESI G., FANELLI G., LEONI L. & MARTINELLI P. 1983. Contributo alla conoscenza dei processi metamorfici di grado molto basso (anchimetamorfismo) a carico della Falda toscana nell’area del ricoprimento apuano. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 102 (2-3): 269–280.
- COLTORTI M., RUSTIONI M., PIERUCCINI P., 2008. The Barga Basin (Tuscany): A record of Plio-Pleistocene mountain building of the Northern Apennines, Italy. *Quaternary International*, 189, 56-70.
- COMUNE DI MASSA, 2010. Piano Strutturale: Geologia e Geomorfologia (Dott. Geol. Piccinini).
- COSTA E., DI GIULIO A., PLESI G. & VILLA G. 1992. Caratteri biostratigrafici e petrografici del Macigno lungo la trasversale Cinque Terre - Val Gordana - M. Sillara (Appennino Settentrionale): implicazioni sulla evoluzione tettono-sedimentaria. *Studi Geologici Camerti, Volume Speciale 1992/2*: 229–248.
- ELTER P., GRATZIU C. & LABESSE B. 1964. Sul significato dell’esistenza di una unità tettonica alloctona costituita da formazioni terziarie nell’Appennino settentrionale. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 83 (2): 373–394

- ELTER P., GRATZIU C. & LABESSE B. 1964. Sul significato dell'esistenza di una unità tettonica alloctona costituita da formazioni terziarie nell'Appennino settentrionale. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 83 (2): 373–394
- ELTER P. & MARRONI M. 1991. Le Unità Liguri dell'Appennino settentrionale: sintesi dei dati e nuove interpretazioni. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*, 46: 121–138.
- FELLIN M., REINERS P., BRANDON M., WUTHRICH E., BALESTRIERI M. & MOLLI G. 2007. Thermochronologic evidence for the exhumation history of the Alpi Apuane metamorphic core complex, northern Apennines, Italy. *Tectonics*, 26 (6).
- FOTI S., PAROLAI S., ALBARELLO D., PICOZZI M., 2011, Application of Surface wave methods for seismic site characterization. *Surv.Geophys.*, 32, 6, 777-825, DOI:10.1007/s10712-011-9134-2
- IBS VON SEHT M., WOHLLEMBERG J., 1999. Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 89, 250-259
- KLIGFIELD R., HUNZIKER J., DALLMEYER R.D. & SCHAMEL S. 1986. Dating of deformation phases using K-Ar and $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ techniques; results from the Northern Apennines. *Journal of Structural Geology*, 8 (7): 781–798
- LOCATI M., CAMASSI R. E STUCCHI M. (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>. DOI: 10.6092/INGV.IT-DBMI11
- OHORI M., NOBATA A., WAKAMATSUK., 2002. A comparison of ESAC and FK methods of estimating phase velocity using arbitrarily shaped microtremor arrays. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 92, 6, 2323-2332
- OKADA H., 2003: The microtremor survey method. *Geophysical Monograph Series, SEG*, 129 pp.
- PICOZZI M., PAROLAI S., ALBARELLO D., 2005. Statistical analysis of Horizontal to Vertical Spectral Ratios (HVSr). *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 95, NO. 5, PP. 1779–1786, 2005, DOI: 10.1785/0120040152
- PICOZZI M., ALBARELLO D., 2007. Combining Genetic and Linearized algorithms for a two-step joint inversion of Rayleigh wave dispersion and H/V spectral ratio curves. *Geophys. J.Int.*, 169, 189–200
- PILEGGI D., ROSSI D., LUNEDEI E., ALBARELLO D., 2011. Seismic characterization of rigid sites in the ITACA database by ambient vibration monitoring and geological surveys *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 9, pp. 1839-1854, doi:10.1007/s10518-011-9292-0
- PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI, 2009. Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica. Dipartimento per la Protezione Civile, Roma.
- PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI, 2012. Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica ICMS. Dipartimento per la Protezione Civile, Roma.
- COMMISSIONE TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA, 2012. Microzonazione sismica standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 2.0beta-II ICMS, Roma
- ISPRA, 1994. Quaderno n. 4 - Carta geomorfologica d'Italia 1:50.000 - Guida al Rilevamento. Servizio Geologico di Stato, Roma.
- LAMMA-REGIONE TOSCANA, 2012. Continuum territoriale geologico della Toscana. <http://www.geologiatoscana.unisi.it/>
- REUTTER K., TEICHMULLER M., TEICHMULLER R. & ZANZUCCHI G. 1983. The coalification pattern in the Northern Apennines and its paleogeothermic and tectonic significance. *Geologische Rundschau*, 72: 861–894.

SEGRE A.G., 1968. Linee di riva sommerse e morfologia della piattaforma continentale italiana relativa alla trasgressione marina versiliana. *Quaternaria* 11, 141-154, Roma.

SESTINI A.,1950. Un'antica ripa marina nella pianura costiera apuana. *Atti Soc. Tosc. Nat.*, Serie A57, 5pp

ALLEGATO 1

Elenco feature class.

Nome file	Tipo <i>shapefile</i>	Descrizione
Forme	Poligonale	Forme di superficie e sepolte
Elineari	Lineare	Elementi lineari (escluse le isobate)
Epuntuali	Puntuale	Elementi puntuali
Geoidr	Lineare	Elementi puntuali geologici e idrogeologici
Geotec	Lineare	Unità geologico tecniche
Instab	Poligonale	Zone instabili

Nome file	Tipo <i>shapefile</i>	Descrizione
Ind_pu	Puntuale	Siti delle indagini puntuali
Ind_in	Lineare	Siti delle indagini lineari

Struttura fisica delle feature class (indicate come *shapefile* negli SRAI).

Elineari. Questo file rappresenta tutti gli elementi lineari necessari per la Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica e per la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1), ad esclusione dalle isobate del substrato.

Nome del campo	Tipo	Descrizione
ID_el	numero intero	Identificativo univoco progressivo dell'elemento lineare
Tipo_el	numero intero	Tipo dell'elemento lineare

Epuntuali. Questo file rappresenta tutti gli elementi puntuali necessari per la Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica e per la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1).

Nome del campo	Tipo	Descrizione
ID_ep	numero intero	Identificativo univoco progressivo dell'elemento puntuale
Tipo_ep	numero intero	Tipo dell'elemento puntuale

Forme. Questo file descrive le forme di superficie o sepolte che presentano un'estensione areale cartografabile alla scala 1:10000 o superiore. È utilizzato per la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1) e per la Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica.

Nome del campo	Tipo	Descrizione
ID_f	numero intero	Identificativo univoco progressivo della forma
Tipo_f	numero intero	Codice numerico formato da 4 cifre che descrive la tipologia della forma

Geoidr. Questo file contiene gli elementi puntuali geologici e idrogeologici ed è utilizzato per la Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica.

Nome del campo	Tipo	Descrizione
ID_gi	numero intero	Identificativo univoco progressivo dell'elemento
Tipo_gi	testo	Codice del tipo di elemento
Valore	numerico (precisione singola)	Valore assunto per il tipo di elemento rilevato
Valore2	numerico (precisione singola)	Ulteriore valore (Tipo_gi=11; valore della direzione degli strati)

Geotec. Questo file deve contenere le informazioni sulle seguenti unità geologico tecniche, utili per la Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica:

- terreni di copertura
- substrato rigido

Nome del campo	Tipo	Descrizione
ID_gt	numero intero	Identificativo univoco progressivo dell'unità geologico-tecnica
Tipo_gt	testo	Sigla che descrive la tipologia dell'unità
Stato	numero intero	Codice identificativo dello stato di addensamento o di consistenza
Gen	testo	Sigla che descrive l'ambiente genetico e deposizionale

Ind_In. Questo file riporta tutti gli elementi lineari necessari per la Carta delle indagini.

Nome del campo	Tipo	Descrizione
ID_SLN	testo	Identificativo univoco

Ind_pu. Questo file riporta tutti gli elementi puntuali necessari per la Carta delle indagini.

Nome del campo	Tipo	Descrizione
ID_SPU	testo	Identificativo univoco

Instab. Questo file contiene esclusivamente le seguenti zone suscettibili di instabilità, necessarie per la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica e per la Carta di microzonazione di livello 2 o 3:

- instabilità di versante
- liquefazione
- cedimenti differenziali
- aree interessate da deformazioni dovute a faglie attive e/o capaci

Alcuni degli elementi sono necessari anche per la Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica.

Nome del campo	Tipo	Note
ID_i	numero intero	Identificativo univoco progressivo della zona suscettibile di instabilità
Tipo_i	numero intero	Codice numerico formato da 4 cifre che descrive la tipologia della zona suscettibile di instabilità
FRT	numerico (precisione singola)	Max spostamento (m) (da utilizzare solo per microzonazione sismica livelli 2 e 3)
FRR	numerico (precisione singola)	Max distanza blocchi (m) (da utilizzare solo per microzonazione sismica livelli 2 e 3)
LI	numerico (precisione singola)	Potenziale di liquefazione (da utilizzare solo per microzonazione sismica livelli 2 e 3)

Stab. Questo shapefile deve contenere le seguenti tipologie di zone, necessarie per la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1) e per le Carte di microzonazione sismica (livello 2 o 3):

- zone stabili
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Non possono esistere sovrapposizioni all'interno di questo shapefile.

Nome del campo	Tipo	Descrizione
ID_z	numero intero	Identificativo univoco progressivo della tipologia della zona
Tipo_z	numero intero	Codice numerico formato da 4 cifre che descrive la tipologia della zona sulla base della successione litologica (successione formata interamente da substrato o da terreni di copertura sovrastanti il substrato)
Fa	Numerico (precisione singola)	Valore del fattore di amplificazione Fa (da utilizzare solo per Microzonazione sismica livelli 2 e 3)
Fv	Numerico (precisione singola)	Valore del fattore di amplificazione Fv (da utilizzare solo per Microzonazione sismica livelli 2 e 3)
Ft	Numerico (precisione singola)	Valore del fattore di amplificazione topografica (da utilizzare solo per Microzonazione sismica livelli 2 e 3)
Fx	Numerico (precisione singola)	Altro valore del fattore di amplificazione (da utilizzare solo per Microzonazione sismica livelli 2 e 3)

Quadro sinottico delle indagini inserite tramite SoftMS

Tipologia	Numero di siti	Multichannel analysis of surface waves (MASW)	Sezioni geol. litologiche (SGE)	Profilo Sismico a Rifrazione (SR)	Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)	Geotecnica di laboratorio (Colonna risonante (CR))	Geotecnica di laboratorio (triassiale, consolidata non)	Prova sismica in foro tipo downhole (DH)	Prova penetrometrica dinamica pesante (DP)
Puntuali	272				1	1	1	16	5
Lineari	60	5	11	69					

Geotecnica di laboratorio (edometrica (ED))	Array sismico (ESAC_SPAC)	Stazione microtremore a stazione singola (HVSr)	Pozzo per acqua (PA)	Sondaggio a carataggio continuo (S)	Sondaggio a carataggio continuo (SD)	Sondaggio con piezometro (SP)	Prova penetrometrica in foro (SPT)	Geotecnica di laboratorio (taglio semplice ciclico (TSC))	Totale indagini raccolte
2	6	168	10	80	2	9	49	1	118
									85

Nota: le indagini DH che risultano dalla tabella popolata tramite SoftMs risultano 21; le 5 misure in più sono state inserite per rappresentare i due diversi p

Nome carta	Descrizione	Nome_Layer/gruppo
Carta_F0	Carta delle frequenze naturali dei terreni	Bordo_Comunale
"	"	Topografia_ctr_vector_10k
"	"	Misure_F0
CARTA_GEOLOGICA_GEOMORFOLOGICA_GEOTEC_FOGLIO_SUD	Carta geologica tecnica, foglio sud	profili_topo_massa
"	"	Foglio_Sud_MM1
"	"	Forme di superficie e sepolte (Punti)
"	"	Elementi geologici e idrogeologici
"	"	Forme di superficie e sepolte (linee)
"	"	Topografia_ctr_vector_10k
"	"	Forme di superficie e sepolte (Poligoni)
"	"	Instabilità di versante
"	"	Substrato geologico rigido o non rigido
CARTA_GEOLOGICA_GEOMORFOLOGICA_GEOTEC_FOGLIO_NORD	Carta geologica tecnica, foglio NORD	profili_topo_massa
"	"	Foglio_Nord_MM1
"	"	Forme di superficie e sepolte (Punti)
"	"	Elementi geologici e idrogeologici
"	"	Forme di superficie e sepolte (linee)
"	"	Topografia_ctr_vector_10k
"	"	Forme di superficie e sepolte (Poligoni)
"	"	Instabilità di versante
"	"	Substrato geologico rigido o non rigido
CARTA_MOPS_FOGLIO_NORD	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, foglio nord	Foglio_Nord_MM1
"	"	Ind_pu
"	"	Forme di superficie e sepolte (Punti)
"	"	Forme di superficie e sepolte (linee)
"	"	Topografia_ctr_vector_10k
"	"	Forme di superficie e sepolte (Poligoni)
"	"	Zone suscettibili di instabilità
"	"	Zone stabili suscettibili di applicazione locale
"	"	Zone stabili
CARTA_MOPS_FOGLIO_SUD	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, foglio sud	Foglio_Sud_MM1
"	"	Ind_pu
"	"	Forme di superficie e sepolte (Punti)
"	"	Forme di superficie e sepolte (linee)
"	"	Topografia_ctr_vector_10k
"	"	Forme di superficie e sepolte (Poligoni)
"	"	Zone suscettibili di instabilità
"	"	Zone stabili suscettibili di applicazione locale
"	"	Zone stabili
CARTA_INDAGINI_FOGLIO_NORD	Carta delle indagini, foglio nord	Foglio_Nord_MM1
"	"	Ind_pu
"	"	Ind_ln
"	"	Topografia_ctr_vector_10k
CARTA_INDAGINI_FOGLIO_SUD	Carta delle indagini, foglio SUD	Foglio_Sud_MM1
"	"	Ind_pu
"	"	Ind_ln
"	"	Topografia_ctr_vector_10k

