



Comune di Bagnone

REGOLAMENTO URBANISTICO

VARIANTE GENERALE



GRUPPO DI LAVORO

Incaricato
Soc.Terre.it s.r.l.
(spin-off dell'Università di Camerino)
Fabrizio Cinquini
(coordinamento scientifico)
Michela Biagi
Paolo Perna
Beatrice Marinelli
Valeria Dini

Ufficio di Piano
Roberto Corbani
(responsabile)
Paolo Bestazzoni
Maurizio Veroni

Consulenze specialistiche
Vanessa Greco
(Indagini geologiche)
Marcella Chiavaccini
(S.I.T. e G.I.S.)

Responsabile del procedimento
Marco Leoncini

Garante della Comunicazione
Monica Armanetti

Sindaco
Gianfranco Lazzeroni

Assessore Urbanistica
Carletto Marconi

Agosto 2013

Indagini Geologiche:

ALLEGATO 1
STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA
(LIVELLO 1)

QG.1A

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione tecnico-illustrativa

Regione Toscana Comune di Bagnone



<p>Regione TOSCANA</p> <p>Comune di Bagnone Variante Generale al R.U.</p> <p><i>Responsabile del procedimento:</i> Arch. Marco Leoncini</p>	<p>Soggetto realizzatore</p> <p>Geol. Vanessa Greco</p> <p><i>Collaborazione indagini sismiche:</i> Geol. Michele Giovannetti</p> <p><i>Collaborazione elaborati grafici:</i> Geol. Paola Peccianti</p>	<p>Data</p>
--	--	-------------

INDICE

1. – INTRODUZIONE	3
2. – DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	6
2.1 STORICO	6
2.1.1 <i>Storia Sismica Recente</i>	12
2.2 ZONAZIONE SISMICA NAZIONALE E REGIONALE	13
2.2.1 <i>La Lunigiana</i>	15
2.2.2 <i>Il Rischio Sismico Nazionale, Regionale e Locale</i>	16
2.3 LA SISMICITA' DI RIFERIMENTO	18
3. – QUADRO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	20
3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	20
3.2 EVOLUZIONE TETTONICA DELL'AREA	20
3.3 LINEAMENTI STRUTTURALI DELL'AREA	24
3.4 GEOLOGIA	27
3.4.1 <i>Quadro geologico regionale</i>	27
3.4.1.1 <i>Dominio Ligure Esterno</i>	27
3.4.1.2 <i>Dominio Subligure</i>	28
3.4.1.3 <i>Dominio Toscano</i>	28
3.4.1.4 <i>Depositi Quaternari</i>	28
3.4.2 <i>Geologia di dettaglio</i>	29
1. BAGNONE	30
2. ORTURANO.....	31
3. CORLAGA	31
4. VICO.....	32
5. TRESCHIETTO	33
3.5 GEOMORFOLOGIA E IDROGRAFIA.....	34
3.5.1 <i>Lineamenti geomorfologici generali</i>	34
3.5.2 <i>Tratti geomorfologici di dettaglio</i>	37
1. BAGNONE	37
2. ORTURANO.....	40
3. CORLAGA	40
4. VICO.....	41
5. TRESCHIETTO	42
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	45
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO	47

1. BAGNONE	47
2. ORTURANO	50
3. CORLAGA	50
4. VICO	51
5. TRESCHIETTO	53
6. STIMA SEMIQUANTITATIVA DELLA QUALITA' DELLA CARTOGRAFIA MOPS.....	55
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI DELLE INDAGINI.....	56
7.1 – DESCRIZIONE DELLE INDAGINI	56
7.1.1 – <i>Misure di rumore sismico a stazione singola (HVSR)</i>	56
7.1.2 – <i>Indagine MASW</i>	58
7.1.3 – <i>Indagine sismica a rifrazione (Onde P)</i>	60
8. ELABORATI CARTOGRAFICI	62
8.1 CARTA DELLE INDAGINI	62
8.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA	63
8.2.1 – <i>Unità gologico-tecniche</i>	63
8.2.2 – <i>Elementi tettonico-strutturali</i>	65
8.2.3 – <i>Elementi geologici ed idrogeologici</i>	65
8.2.4 – <i>Elementi derivanti dall'instabilità di versante</i>	65
8.3 CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI	65
8.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (LIVELLO 1).....	67
8.5 COMMENTI FINALI E CRITICITA'	74
9. CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA.....	78
10. BIBLIOGRAFIA.....	81

Allegato 1

“Relazione descrittiva indagini sismiche finalizzate alla realizzazione dello studio di
Microzonazione Sismica di Livello 1”

Tavole

1. CARTA DELLE INDAGINI	scala 1:2.000
2. CARTA GEOLOGICO-TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA	scala 1:5.000
3. SEZIONI GEOLOGICHE	scala 1:2.000
4. CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI	scala 1:5.000
5. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)	scala 1:5.000
6. CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA	scala 1:5.000

1. - INTRODUZIONE

A partire dal 25 Ottobre 2011, con l'entrata in vigore del D.P.G.R. n.53/R del 25 Ottobre 2011 (Regolamento di attuazione dell'art.62 della L.R.1/2005) è stata emanata dalla Regione Toscana una nuova normativa atta a disciplinare le indagini geologiche da redigere in supporto agli strumenti di pianificazione e di governo del territorio.

L'elemento più significativo introdotto dal D.P.G.R.53/R riguarda la necessità di redigere studi di Microzonazione Sismica (MS) di livello 1, che rappresentano il livello propedeutico di raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti, al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico, secondo le specifiche tecniche di cui al O.P.C.M. n 4007/2012, D.G.R.T. 741/2012 e degli "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica", approvati dalla Conferenza dei presidenti delle Regioni nella seduta del 13 Novembre 2008.

Le finalità degli studi di MS di livello 1 sono:

1. individuare qualitativamente le aree che necessitano di approfondimenti;
2. definire le tipologie di effetti attesi;
3. individuare il modello geologico di sottosuolo preliminare.

Nell'ambito della redazione del presente studio di MS è stata predisposta da parte dell'amministrazione comunale stessa anche una analisi per le Condizioni Limite per l'Emergenza (di seguito CLE), di cui all'art. 18 dell'O.P.C.M. n.4007/12.

Ciò al fine di incentivare e promuovere tutte le iniziative volte al miglioramento delle attività di emergenza a seguito di eventi sismici.

Si fa presente che il Comune di Bagnone ha potuto accedere con D.G.R.T. n. 5079 del 16/10/2012 (B.U.R.T. n.46 parte III del 14/11/2012), inerente la redazione di "indagini e studi di Microzonazione Sismica - Livello 1" dei centri urbani (Delibera G.R. n° 741/2012 e O.D.P.C. n 4007/2012), al finanziamento nazionale e regionale.

Le aree da sottoporre agli studi di MS di livello 1 che verranno di seguito illustrate, sono state scelte poiché rappresentano porzioni del territorio comunale sede di centri urbani maggiormente significativi e perché possiedono i requisiti indicati nel par. B.7 dell'All.A al regolamento 53R e alla successiva circolare esplicativa, ricordando che nel Par. 1.B.1.2 delle Istruzioni Tecniche del Programma VEL, sono suggeriti i seguenti elementi rilevanti:

1. Numero degli abitanti;
2. Edifici pubblici e strategici;
3. Centro storico;
4. Aree industriali;

5. Area urbana in espansione;

6. Viabilità.

Sulla base degli elementi antropici elencati, in particolare al numero degli abitanti, alle previsioni di R.U., ai valori, alla viabilità principale, alla presenza di edifici strategici e/o pubblici, e tenendo conto dello specifico assetto geologico, le aree scelte ai fini della Microzonazione sismica sono state:

- Bagnone Capoluogo – U.T.O.E. 1 (Sett. 1.1);
- Orturano U.T.O.E. 1 (Sett. 1.3);
- Corlaga U.T.O.E. 1 (Sett.1.2)
- Vico U.T.O.E. 3 (Sett. 3.1);
- Treschietto U.T.O.E. 3 (Sett. 3.3)

Lo studio di MS ha avuto, come prodotto finale, la redazione di una cartografia MOPS e di una cartografia di sintesi denominata "Carta della Pericolosità Sismica". Quest'ultima, per il Comune di Bagnone, sostituisce la carta ZMPLS e del P.S., nelle aree in cui è realizzato lo studio.

Si ricorda che Bagnone capoluogo e Orturano, sono risultate essere già inserite all'interno del Programma VEL della Regione Toscana.

L'approccio metodologico del lavoro ha tenuto in opportuna considerazione, oltre a le norme specifiche in materia di MS, anche l'assetto normativo vigente a livello nazionale, provinciale, regionale e di bacino idrogeologico (in modo da operare in conformità a quanto disposto da P.T.C. della Provincia di Massa Carrara; P.I.T. della Regione Toscana; Piano di Bacino Toscana del Fiume Magra; Parco Nazionale dell'Appennino Tosco Emiliano).

Lo studio di Microzonazione Sismica è stato condotto tenendo conto delle seguenti normative nazionali e regionali:

- Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. n. 1/2005 in materia di indagini geologiche (D.P.G.R. 25.10.2011, n. 53/R);
- OPCM n. 3907 del 13.11.2010;
- OPCM 4007/2012, che disciplina i contributi economici per gli interventi di prevenzione del rischio sismico, previsti dall'Art. 11 della Legge n. 77 del 24/06/2009.
- LR n. 58/2009 inerente le norme regionali in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico;
- DGRT n. 261 del 18.04.2011, all. A, appendice 1 e 2;
- DGRT n. 741 del 6 Agosto 2012 "Approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica", con riferimento all'All. A, All. B e Appendice 1;
- Standard di rappresentazione ed archiviazione informativa , versione 2.0 -beta II (Commissione Tecnica per la MS, art. 5 comma 7 dell'O.P.C.M. n. 3907 del 13.11.2010 – Giugno 2012);

- Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;
- Istruzioni Tecniche del Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana;
- Volume di "Ingegneria Sismica 2/2011".
- D.G.R.T. n. 431/2006.
- D.G.R.T. n. 841 del 26/11/2007 "Approvazione dell'elenco aggiornato dei comuni a maggior rischio sismico della Toscana";
- D.G.R.T. n. 878 del 08/10/2012, "Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della DGRT 431/2006";

Il livello 1 di MS non rappresenta un vero e proprio livello di microzonazione sismica, ma costituisce, come detto, un livello propedeutico caratterizzato essenzialmente in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti e/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico.

Tali approfondimenti ha consentito, quindi, la realizzazione dei seguenti elaborati finali:

1. CARTA DELLE INDAGINI	scala 1:2.000
2. CARTA GEOLOGICO-TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA	scala 1:5.000
3. SEZIONI GEOLOGICHE	scala 1:2.000
4. CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI	scala 1:5.000
5. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)	scala 1:5.000
6. CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA	scala 1:5.000

Tutti gli elaborati cartografici previsti per i livelli di MS sono restituiti anche su supporto informatico previa informatizzazione mediante tecnologia GIS realizzata con modalità di rappresentazione e archiviazione conformi alle specifiche nazionali predisposte dalla Commissione Tecnica per il Monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (Versione 2.0beta giugno 2012).

La base cartografica è la CTR 1:5.000 in formato raster georiferito secondo il sistema UTM "fuso 32" N.

Le nuove cartografie sono predisposte in formato vettoriale (*.shp), con gli stessi parametri cartografici di cui sopra.

2. - DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 STORICO

La sismicità storica del Comune di Bagnone è stata desunta dal database macrosismico DBMI11 (INGV), che contiene (oltre a 197 terremoti etnei) dati di intensità relativi a 1681 terremoti che fanno parte di CPTI11 (Rovida et al., 2011), e in particolare relativi a 1484 terremoti i cui dati sono stati utilizzati per determinare i parametri che fanno parte di CPTI11 stesso. Il database è stato realizzato nell'ambito delle attività del Tema Trasversale Coordinato 5.1 "Banche dati e metodi macrosismici".

La prima versione disponibile al pubblico del Database Macrosismico Italiano risale al maggio 2007 (DBMI04; Stucchi et al., 2007). Esso conteneva i dati di intensità utilizzati per la compilazione dei parametri del catalogo parametrico rilasciato nel maggio 2004 (CPTI04; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004), a sua volta utilizzato per la compilazione della Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale (MPS04, Gruppo di Lavoro MPS, 2004). Nel dicembre 2008 sono state pubblicate online le porzioni 1901–2006 del catalogo CPTI08 e del relativo Database Macrosismico DBMI08. Nel gennaio 2009 è stato avviato il completamento del catalogo e del database macrosismico, con riferimento alla porzione pre-1900. Nel 2010 è stata pubblicata una versione aggiornata del database, denominata DBMI10beta, che copre la finestra temporale 1000–2006.

Questa versione è stata resa disponibile ai ricercatori che operano nell'ambito di progetti dell'Istituto per un periodo di sperimentazione.

Oggi viene rilasciata la terza versione pubblica denominata DBMI11, che raccoglie le osservazioni emerse nel corso del predetto periodo. Questa versione non contiene i risultati di alcuni sviluppi metodologici realizzati nell'ambito del progetto EC "SHARE" (Seismic Hazard Harmonization in Europe); inoltre, non utilizza ancora un considerevole quantitativo di nuove informazioni reso disponibile da: Molin et al. (2008); Camassi et al. (2011); la versione 2009 di ECOS (Faeh et al., 2011) e la versione 2010 di SisFrance (SisFrance, 2010).

Nella successiva Tabella e nel relativo diagramma (Tab. 2.1 – Fig. 2.1) sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale.

Nella Tabella sono indicate oltre alla stessa intensità al sito (Is), l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi), in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io), e la magnitudo momento (Mw).

Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Studio	nMDP	Io	Mw
7	1834 02 14 13:15	Valle del Taro-Lunigiana	112	9	5.83 ±0.15	7
NF	1874 10 07	IMOLESE	60	7	5.02 ±0.18	NF
6	1878 09 10 13:31	LUNIGIANA	12	6-7	5.06 ±0.57	6
3	1895 05 18 19:55:12	Fiorentino	401	8	5.43 ±0.08	3
4	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8	5.41 ±0.09	4
3	1902 03 05 07:06	Garfagnana	83	7	4.96 ±0.17	3
6-7	1903 07 27 03:46	LUNIGIANA	79	7-8	5.25 ±0.17	6-7
2-3	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09	2-3
3-4	1909 08 25 00:22	MURLO	283	7-8	5.37 ±0.10	3-4
3-4	1913 11 25 20:55	Val di Taro	73	4-5	4.84 ±0.20	3-4
4	1914 10 27 09:22:36	Garfagnana	618	7	5.76 ±0.09	4
7	1920 09 07 05:55:40	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09	7
2	1921 11 29 12:04	BORGO VAL DI TARO	10	5	4.63 ±0.25	2

Tabella 2.1

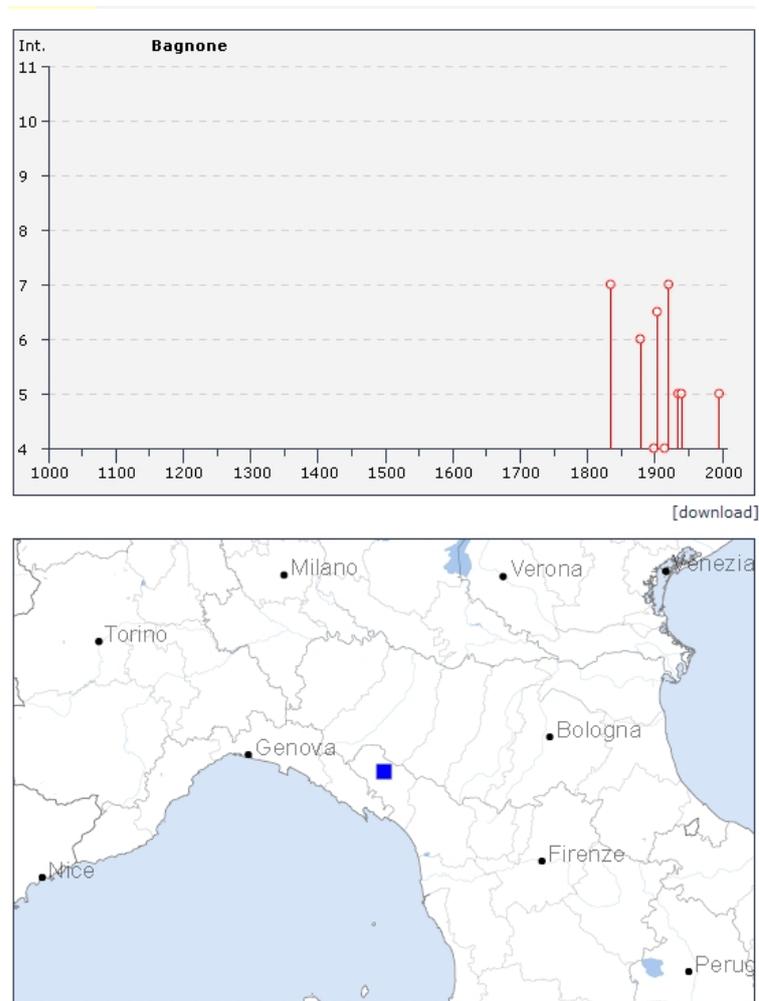


Fig. 2.1 DIAGRAMMA SISMICITA' STORICA

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore



Fig. 2.2 SORGENTI SIMOGENETICHE SU BASE GOOGLE EARTH (INGV – DISS v 3.1.0)

Il quadro sismotettonico locale e le analisi eseguite dall'INGV individuano per il territorio di Bagnone in Lunigiana un grado elevato di rischio sismico connesso con gli effetti di propagazione e attenuazione di sismi con epicentro proprio in questo settore nell'Appennino centro-settentrionale e nei sistemi distensivi del Tirreno settentrionale.

Nell'immagine satellitare di Fig. 2.2 sono indicate le sorgenti sismogenetiche riconosciute nell'area di interesse.

In effetti, la storia sismica della Lunigiana conferma tale indicazione: si hanno testimonianze in tal senso su terremoti datati 615, 801, 990 anche se per questi si tratta solo di notizie tramandate senza riscontri effettivi su documenti o quant'altro.

Il primo terremoto documentato è quello che colpì Fivizzano nel 1481 a cui seguirono quelli che colpirono Pontremoli nel 1545, la Lunigiana nel 1641, Pontremoli nel 1834, ancora la Lunigiana orientale nel 1837, Fivizzano nel 1878, fino a quello più noto del 1920. Da allora in poi si sono registrate scosse di minore intensità, come quella del 1939, del 1951 e, ultimamente, del 1995, fino ad arrivare alla più recente fase sismica iniziata nel Giugno 2013 ed ancora in atto.

Con particolare riferimento alla storia sismica commentata di Fivizzano, si riporta quanto contenuto nel "Rapporto Tecnico Finale" del "Definizione dello stato delle conoscenze in materia di pericolosità sismica del territorio regionale, con approfondimento su elementi e aree particolari" redatto dal IVGV (C. Meletti, R. Camassi, M. Stucchi, G. Valensise, 2004). Qui i terremoti che hanno prodotto danni più importanti sono rispettivamente quelli del 1481 e quello del 1920. Nel primo caso la documentazione residua, pur di notevole valore documentario, fornisce informazioni complessive, che non consentono però di differenziare in alcun modo gli effetti sull'area urbana. Analogamente accade, per ragioni di tipo diverso, per la documentazione disponibile sull'evento del 1920. Da dati di Archivio:

Data 1481 05 07 – Is 85

Archivio di Stato di Firenze , Otto di Pratica, Responsive, filza 1, doc. 213 (1481 maggio 10, Fivizzano, Bartolomeo Pucci capitano di Fivizzano agli Otto di Pratica a Firenze).

"[...] lunedì a dì 7, a ore 19, venne un tremuoto terribile, lo quale ha fatto rovinare in questo paese cc [200] chase [...] Ho da ringraziare lo justissimo Idio: per certi, che la notte innanzi eran venuti, con tutta la famiglia di buon'ora ero uscito; se di notte fussin venuti, la maggior parte de' mia sarebon periti. Io mi sto alla campagna con trabacche, e nella stanza non posso più tornare."

Archivio parrocchiale di Fivizzano, Primo libro della Compagnia di santa Elisabetta, secc. XV-XVI.

"Concia sia cosa che nel mille quatrocento ottantauno venisse di molti teremoti [...] un lunedì a dì 7 di mazio e milleximo suddetto a hore quindix e circa ne venno un grosso, in modo tale che fe ruvinare molte case in Fivizano, e morivi do garzoni e altri sono feriti di sassi che cadeno da tecti, e così ispariti tutti gli omini e le donne di Fivizano non fu nessuno che ardisse dormire ne stare in casa nessuno ma più tosto con loro tende se allogiorono fora dela terra negli orti e in altri loghi acti a ciò, e questo fo perché no solamente quillo grosso ma molti altri ne venio, in modo che molti ziudicavano e pareva loro ciertamente che di continuo la terra tremasse."

Diarium Parmense, sec. XV. Rerum Italicarum Scriptores, 22, Milano 1733, col. 373.

"[1481] Circa medium hujus mensis Maji fuit maximus et inauditus terræmotus in partibus Lunesanae, et praecipue in Terra Fivizani, ubi corruerunt domus decem septem usque ad fundamenta, et omnes aliae domus apertæ sunt, ubi multi mortui sunt; et reliqui exiverunt Castrum, et domus, habitantes in campis."

Circa a metà di marzo [1481] ci fu un grandissimo e mai più sentito terremoto in Lunigiana, specialmente a Fivizzano dove diciassette case crollarono a terra dalle fondamenta e tutte le altre rimasero aperte; molti morirono e i superstiti uscirono dalle case e dal paese per andare a stare nei campi."

Data 1767 01 21 – Is 70

Archivio storico comunale di Fivizzano, Libro di Partiti e deliberazioni, Memoria de' terremoti e de' danni, 18 febbraio 1767.

"[...] moltissime case in paese hanno subito danni, è stato necessario mettere due catene al palazzo pretorio (restano ancora da riparare altri danni minori ai muri)"

Gazzetta Toscana, 1767, n. 7, pp. 31-32.

"Fivizzano 4 Febbraio [...] Chiesa Prepositurale, si era aperta in alcune parti de Oltre il danno, che ha sofferto la detta Chiesa, e molti cammini rovinati, ab Chiesa de' PP. Minori Osservanti di S.Francesco, la cui volta è rimasta tutta scarotta, e fra i pubblici edifizii ha patito notabilmente lo Spedale degl'infermi, il Pretorio, e la Dogana del Sale [...] per la qual cosa è stato sospeso il Ca facendosi continue devozioni, e processioni di penitenza."

Data 1878 09 10 – Is 65

Bullettino del Vulcanismo Italiano, VII, p. 42

"Fivizzano, caduta di alcuni comignoli e di una volta, screpolature in vari edifici."

Data 1902 08 04 – Is 70

La Nazione, 5-6 agosto 1902 (Firenze).

"Fivizzano [...] Parecchi edifici rimasero danneggiati. Grande panico. Per fortuna non abbiamo da registrare disgrazie di persone."

La Garfagnana, 7 agosto 1902 (Lucca).

"Da Fivizzano [...] all'infuori della caduta di qualche camino e di qualche stuoiato, se si eccettuano le lesioni riportate da vari edifici negli stessi muri maestri ed in quelli specialmente volti a ponente, nessun inconveniente. Il panico però è stato grande ."

Il Serchio, 7 agosto 1902 (Lucca).

"Fivizzano, 6 agosto [...] I fabbricati furono lievemente danneggiati. Molto panico."

A. Cancani, 1903. Notizie sui terremoti osservati in Italia nel 1902, Regio Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica, Roma.

"Fivizzano [...] ondulatoria di grado VII preceduta da rombo secco e fenomeni elettrici seminò lo spavento nella popolazione che fuggì all'aperto, screpolò quasi tutte le case del paese e fece cadere vari soffitti e fumaioli (Sindaco)."

Data 1920 09 07 – Is 90

La Gazzetta Livornese, 9–10 settembre 1920 (Livorno) “La prima scossa di terremoto di lunedì sera [6 settembre] produsse non pochi danni [a Fivizzano].”

Cavasino, A., 1935. I terremoti d'Italia nel trentacinquennio 1899–1933. Memorie del R. Ufficio Centrale di Meteorologia e Geofisica, s. III, 4, 266 pp. “6 settembre [...] verso le 15h5m dello stesso giorno un'altra violenta scossa [...] che provocò qualche danno a Fivizzano.”

L'Esare, 8 settembre 1902 (Lucca). “Fivizzano [...] alle ore 3.42 una nuova forte scossa di terremoto ha fatto cadere le ultime case rimaste in piedi.”

Il Tirreno, 9 settembre 1902 (Livorno). “Appena partito [da Fivizzano] Sua Mae sopraggiunta una nuova scossa che ha fatto cadere qualche muro già lesi seppellendo due nuove vittime.”

La Nazione, 10 settembre 1902 (Firenze). “Fivizzano [...] la scossa successive delle 11.45, avvertita quassù fortissima, faceva crollare vari muri pericolanti..”

Boschi E., Ferrari G., Gasperini P., Guidoboni E., Smriglio G. e Valensise G.

(eds.), 1995. Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980. ING-SGA, Bologna, p. 503. “[...] oltre 30 paesi (tra cui Fivizzano e Piazza al Serchio) subirono crolli estesi a gran parte del patrimonio edilizio.”

Data 1939 10 15 – Is 70

BSSI, vol. XXXVIII (1939), 277–279

“La maggiore intensità (grado VII Mercalli) fu riscontrato a Fivizzano (Massa) (44°14'N, long. 10°7'E) che dovrebbe trovarsi assai vicino all'Ep. La scossa, preceduta o accompagnata da boato”.

La Figura 2.3 e la Tabella 2.2 seguenti rappresentano l'elenco, ordinato per magnitudo, e la distribuzione dei più importanti terremoti storici della regione:

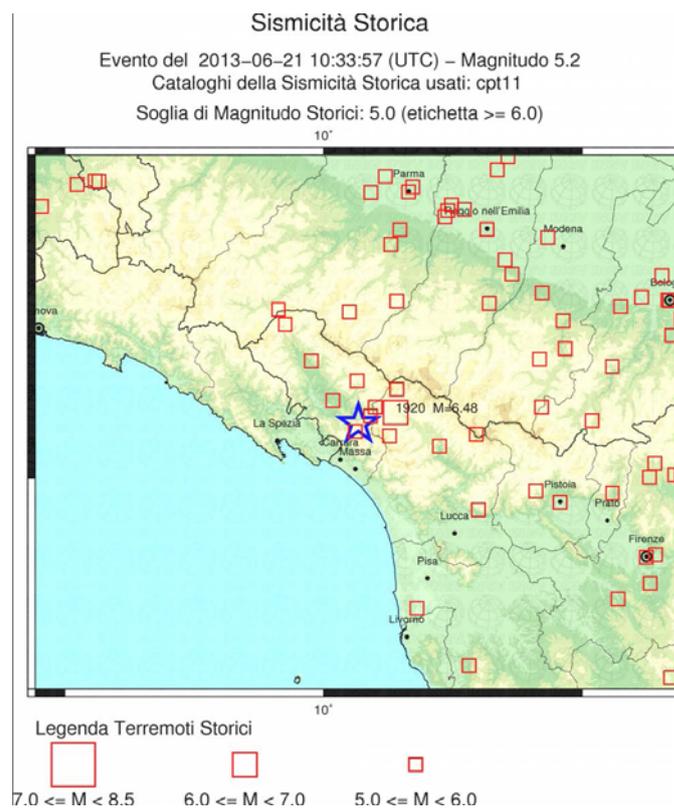


Fig. 2.3 Sismicità Storica

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

Tempo Origine (UTC)	Lat.	Lon.	Prof.	Mag.	Sorgente	Zona
1920-09-07 05:55:40	44.185	10.278	0	mw 6.48	cpt11	--
1501-06-05 10:00:00	44.519	10.844	0	mw 5.98	cpt11	--
1542-06-13 02:15:00	44.006	11.385	0	mw 5.94	cpt11	--
1846-08-14 12:00:00	43.47	10.562	0	mw 5.91	cpt11	--
1834-02-14 13:15:00	44.432	9.851	0	mw 5.83	cpt11	--
1837-04-11 17:00:00	44.175	10.182	0	mw 5.81	cpt11	--
1914-10-27 09:22:36	43.911	10.598	0	mw 5.76	cpt11	--
1828-10-09 02:20:00	44.821	9.047	0	mw 5.76	cpt11	--
1971-07-15 01:33:23	44.814	10.345	0	mw 5.64	cpt11	--
1505-01-03 02:00:00	44.508	11.231	0	mw 5.57	cpt11	--
1470-04-11 00:00:00	44.162	11.037	0	mw 5.57	cpt11	--
1438-06-11 02:00:00	44.844	10.239	0	mw 5.57	cpt11	--
1293-03-00 00:00:00	43.932	10.913	0	mw 5.57	cpt11	--
1481-05-07 14:15:00	44.274	10.13	0	mw 5.55	cpt11	--
1831-09-11 18:15:00	44.752	10.544	0	mw 5.54	cpt11	--
1832-03-13 03:30:00	44.765	10.494	0	mw 5.53	cpt11	--
1895-05-18 19:55:12	43.703	11.264	0	mw 5.43	cpt11	--
1873-09-17 00:00:00	44.497	10.283	0	mw 5.43	cpt11	--
1869-06-25 13:58:00	44.314	11.116	0	mw 5.42	cpt11	--
1898-03-04 21:05:00	44.655	10.26	0	mw 5.41	cpt11	--
1767-01-21 07:45:00	44.132	10.123	0	mw 5.35	cpt11	--
1527-10-04 00:00:00	43.932	10.913	0	mw 5.35	cpt11	--
1365-07-25 18:00:00	44.498	11.34	0	mw 5.35	cpt11	--
1929-04-20 01:09:46	44.481	11.15	0	mw 5.34	cpt11	--
1453-09-28 22:45:00	43.785	11.284	0	mw 5.30	cpt11	--
1810-12-25 00:45:00	44.898	10.712	0	mw 5.29	cpt11	--
1536-08-17 00:05:00	44.364	10.933	0	mw 5.29	cpt11	--
1818-12-09 18:55:00	44.696	10.295	0	mw 5.28	cpt11	--
1903-07-27 03:46:00	44.329	9.953	0	mw 5.25	cpt11	--
1811-07-15 22:44:00	44.572	10.728	0	mw 5.25	cpt11	--
1671-06-20 10:00:00	44.674	10.866	0	mw 5.25	cpt11	--
1545-06-09 15:45:00	44.473	9.825	0	mw 5.25	cpt11	--
1740-03-06 05:15:00	44.124	10.59	0	mw 5.24	cpt11	--
1541-10-22 18:00:00	44.761	8.909	0	mw 5.24	cpt11	--
1911-09-13 22:29:00	43.436	11.343	0	mw 5.19	cpt11	--
1806-02-12 00:00:00	44.862	10.671	0	mw 5.19	cpt11	--
1937-12-10 18:03:46	44.334	10.834	0	mw 5.17	cpt11	--
1881-01-24 16:14:00	44.401	11.348	0	mw 5.16	cpt11	--
1812-09-11 12:00:00	43.659	11.14	0	mw 5.16	cpt11	--
1940-05-01 09:36:05	44.8	10.183	0	mw 5.15	cpt11	--
1904-11-17 05:02:00	43.964	10.82	0	mw 5.15	cpt11	--
1814-04-03 00:00:00	43.633	10.361	0	mw 5.15	cpt11	--
1902-08-04 22:37:10	44.2	10.2	0	mw 5.14	cpt11	--
1611-09-08 22:10:00	44.01	11.359	0	mw 5.14	cpt11	--
1547-02-10 13:20:00	44.697	10.631	0	mw 5.14	cpt11	--
1409-11-15 11:15:00	44.801	10.329	0	mw 5.14	cpt11	--
1399-07-20 23:00:00	44.441	10.925	0	mw 5.14	cpt11	--
1148-00-00 00:00:00	43.777	11.249	0	mw 5.14	cpt11	--
1920-09-06 14:05:24	44.25	10.283	0	mw 5.13	cpt11	--
1780-02-06 04:00:00	44.568	11.309	0	mw 5.13	cpt11	--
Totale eventi: 252 - Visualizzati: 50						

Tabella 2.2

2.1.1 Storia Sismica Recente

Come detto a partire dal 21 Giugno 2013, l'area dell'Appennino settentrionale in cui ricade il Comune di Bagnone è stata oggetto di intensa attività sismica.

La Rete Sismica Nazionale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ha registrato alle ore 12:33 (ora locale) un terremoto di magnitudo (ML) pari a 5.2 localizzato in Liguria nelle Alpi Apuane tra le province di Massa e Lucca, con coordinate ipocentrali latitudine 44.153°Nord, longitudine 10.135°E e profondità circa 5 km.

Rispetto alla zona epicentrale il Comune di Bagnone si trovava ad una distanza maggiore di 10 km ma il sisma è stato nettamente avvertito dalla popolazione.

L'analisi del sisma (Relazione di dettaglio: Alpi Apuane (MASSA,LUCCA) MI 5.2 del 2013-06-21 10:33:57 UTC; versione del 2013-06-21 ore 14:19:38 UTC - INGV) ha determinato il meccanismo di rottura: faglia normale orientata N110 avvenuta nella zona di raccordo tra le strutture di Garfagnana e Lunigiana (Fig. 2.4); non a caso, probabilmente, questo evento ha seguito quelli della sequenza di Gennaio-Febrero avvenuti proprio in Garfagnana (M max 4.8).

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

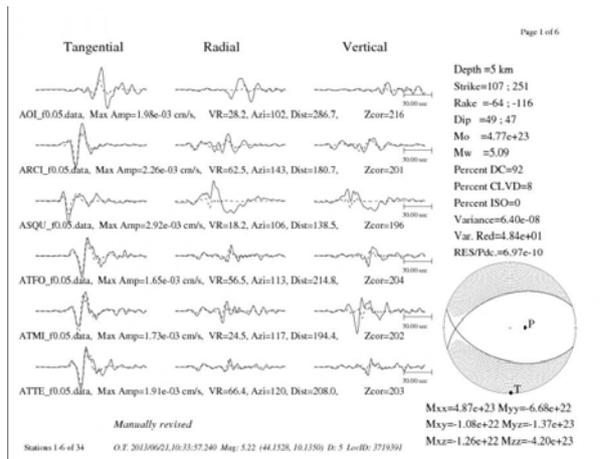


Fig. 2.4 MECCANISMO FOCALE DELL'EVENTO

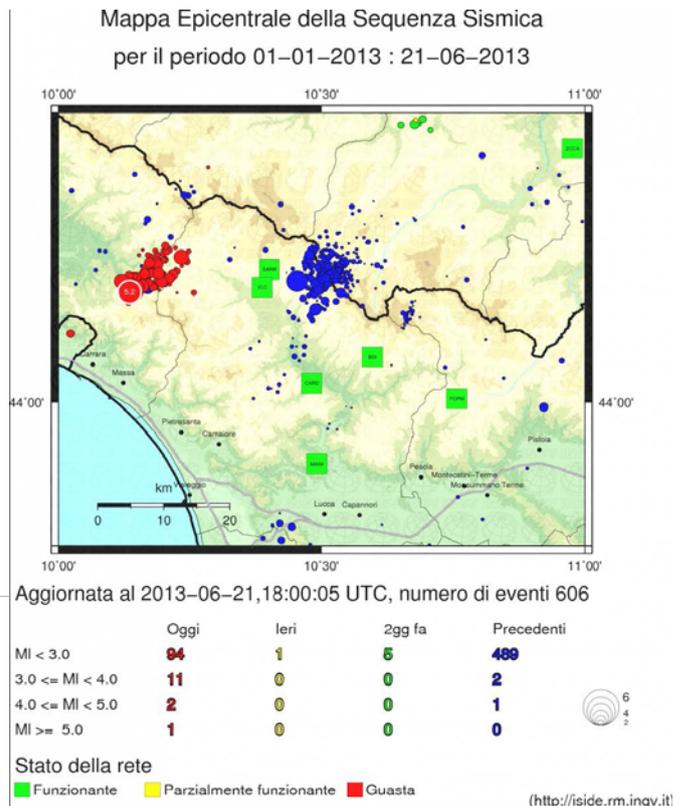


Fig. 2.5 SEQUENZA SISMICA GARFAGNANA - LUNIGIANA

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

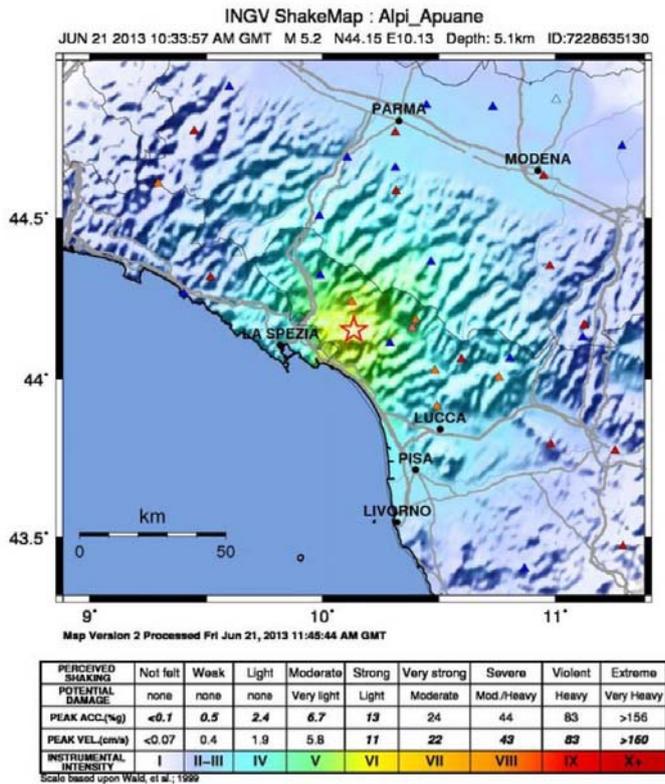


Fig. 2.6 SCUOTIMENTO AL SUOLO EVENTO 21.06.2013

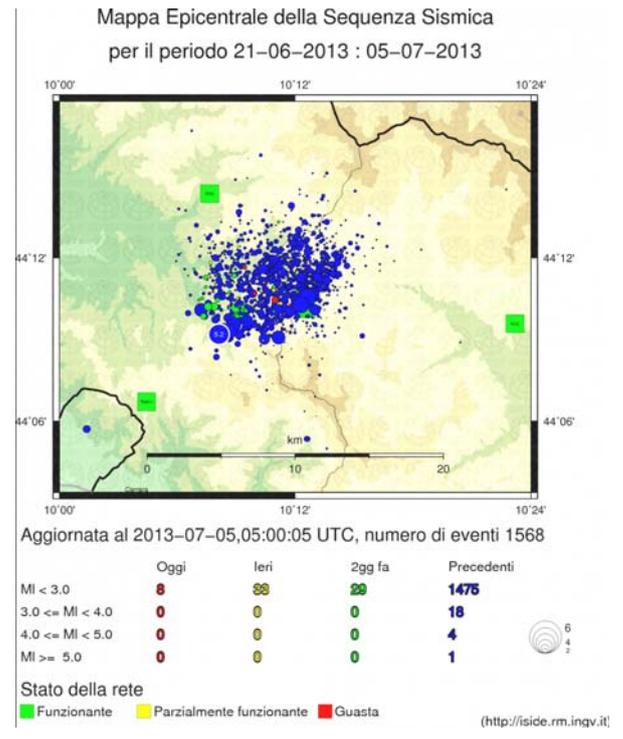


Fig. 2.7 MAPPA EPICENTRALE AGG. 07.07.2013

L'intensità dello scuotimento del suolo relativo a tale evento e la distribuzione delle innumerevoli scosse che hanno seguito quello maggiore (M=5.2) sono state fornite da INGV attraverso la redazione della mappa di scuotimento, elaborata con ShakeMap, e della mappa epicentrale aggiornata al 7.07.2013, entrambe fornite da INGV.

In quadro così complesso, si ritiene importante precisare che fortunatamente, non solo a Bagnone, ma anche nelle zone più colpite non vi sono state vittime, sebbene i fabbricati (sia storici sia moderni) siano stati oggetto di danneggiamenti anche molto importanti.

Nel Comune di Bagnone non sono stati segnalati particolari problemi dalla popolazione, i maggiori danni nell'area sono stati rilevati in particolare nella zona di Casola in Lunigiana e Minucciano.

2.2 ZONAZIONE SISMICA NAZIONALE E REGIONALE

L' Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri 3274 del 20 marzo 2003, suppl. n.72 alla GU 8 maggio 2003, n.105, ha consentito una significativa razionalizzazione del processo di individuazione delle .zone sismiche. L'All.1 dell'Ordinanza stabilisce che le zone sismiche sono

individuate da 4 classi di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

In adempimento a quanto previsto dall'Ordinanza 3274, All.1, INGV ha redatto una mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (Gruppo di Lavoro MPS, 2004), che è stata consegnata al Dipartimento della Protezione Civile (DPC) nell'aprile 2004.

Una delle principali novità della nuova mappa di pericolosità sismica consiste nella nuova zonazione sismogenetica (ZS9), che aggiorna la precedente zonazione (ZS4) proposta da Scandone e colleghi nel 1996 (Fig. 2.8) e che rappresentava la traduzione operativa del modello sismotettonico riassunto in Meletti et al. (2000); tale mappa è affiancata anche da altri due elaborati che riportano rispettivamente le profondità medie dello strato sismogenetico (profondità efficaci, Fig. 2.10) ed il meccanismo di fagliazione prevalente (Fig. 2.11).

Tale zonizzazione riprende sostanzialmente il retroterra informativo della precedente zonazione, recependo i più recenti avanzamenti delle conoscenze sulla tettonica attiva della penisola anche considerando le indicazioni derivanti da episodi sismici più recenti.

Nella redazione si è tenuto conto, infatti, dell'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale.

Per la Toscana se ne riporta di seguito i relativi stralci, inserendo anche quello relativo alla magnitudo massima attesa nelle varie zone individuate:

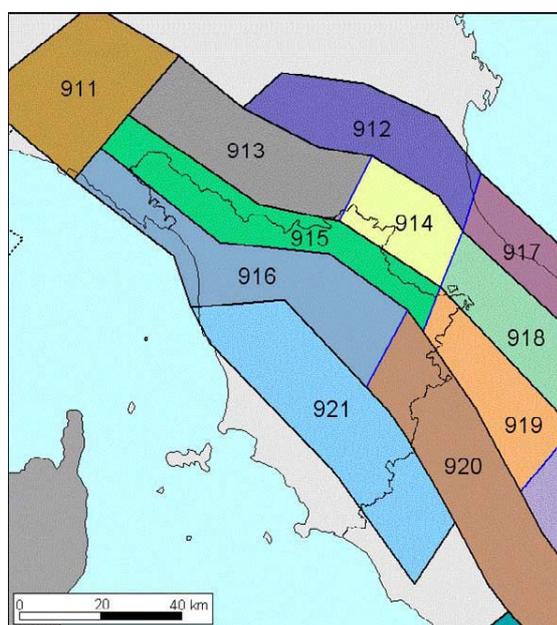


Fig. 2.8 ZONAZIONE SIMOGENETICA ZS9

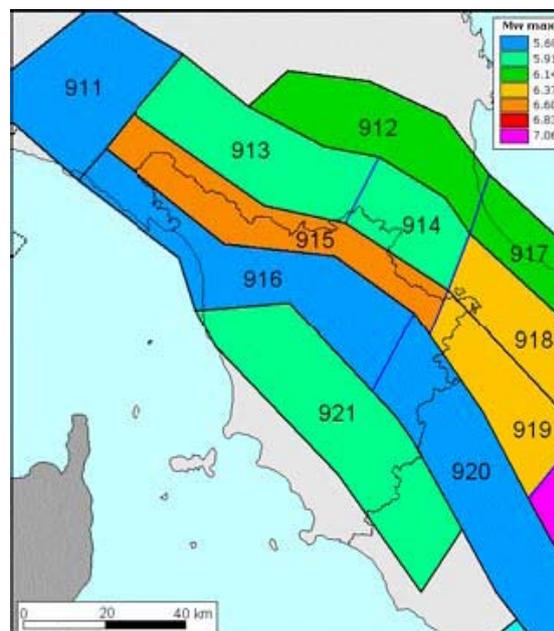


Fig. 2.9 MAGNITUDO MASSIMA ATTESA

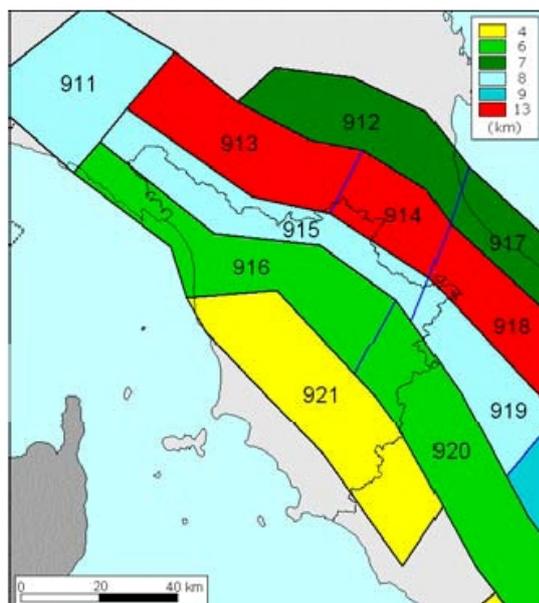


Fig. 2.10 PROFONDITA' EFFICACI

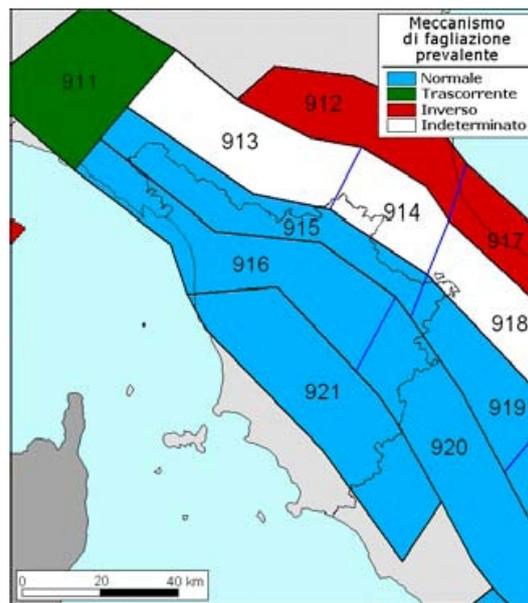


Fig. 2.11 MECCANISMO DI FAGLIAZIONE PREVALENTE

2.2.1 La Lunigiana

Dal punto di vista sismo genetico la Lunigiana è il più settentrionale tra i bacini presumibilmente associati all'attività dell'Etrurian Fault System (Fig. 2.12), un importante e complesso sistema attivo si estende per circa 350 km dalla Lunigiana fino all'Umbria meridionale ed è caratterizzato da un array di faglie normali a basso angolo ($\sim 30^\circ$), est-immergenti, a direzione NWSE che bordano da nord a sud i bacini della Lunigiana-Garfagnana.

Anche se per molto tempo diversi autori hanno ritenuto che i bacini come quello della Lunigiana, della Garfagnana e del Mugello fossero dominati da faglie immergenti verso SW (verso il Tirreno), sia le immagini ottenute con la sismica a riflessione che l'evoluzione recente del paesaggio concordano nell'indicare che l'attività più importante ha luogo sul piano principale pendente verso NE.

In Lunigiana come in tutti gli altri bacini questa caratteristica si riflette in una configurazione ad half-graben dei depositi recenti associata ad una spiccata asimmetria verso SW degli ipocentri.

Dal punto di vista sismologico la Lunigiana può essere separata in due unità fisiografiche, a cui corrisponde presumibilmente una separazione in termini di comportamento tettonico e sismogenetico. La sezione settentrionale si estende tra Pontremoli e Villafranca in Lunigiana; il settore meridionale è convenzionalmente compreso tra Villafranca e la congiungente Aulla-Fivizzano, entrambe appaiono comunque legate al sistema attivo dell'Etrurian Fault System (Fig. 2.12).

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

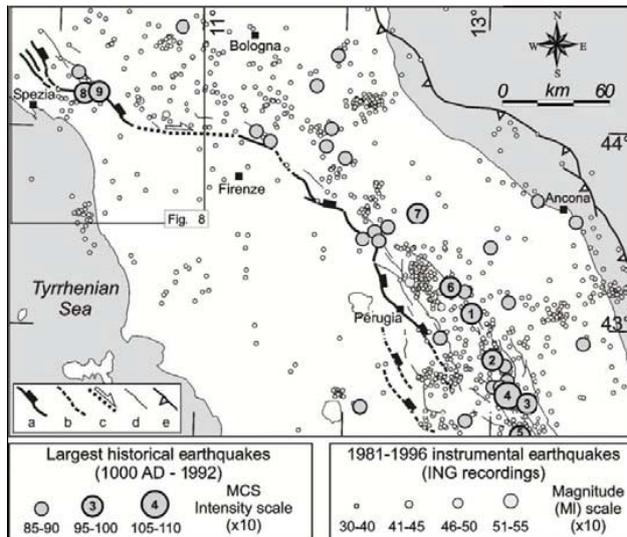


Fig. 2.12 ETRURIAN FAULT SYSTEM

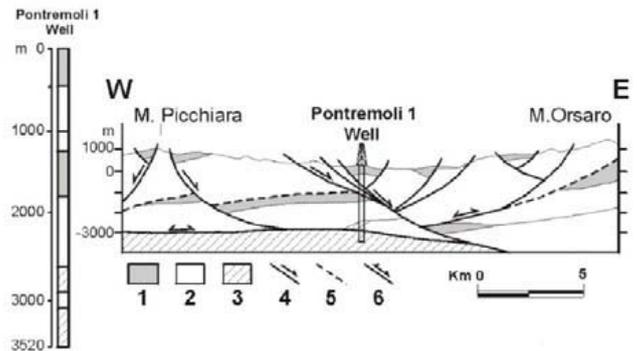


Fig. 2.13 SEZIONE GEOLOGICA

Pontremoli 1. 1 = Unità Liguridi e sub-Liguridi; 2 = Unità Toscana (Macigno e substrato indifferenziato); 3 = Basamento; 4 = Faglia Normale ; 5 = Thrust; 6 = Thrust riattivato come faglia normale (da Artoni et al., 1992, modificato).

La zona sismogenetica indicata per la Lunigiana–Garfagnana, ed in particolare il Comune di Bagnone, è la **zona 915**, caratterizzata dalla presenza di sistemi di faglie che sono legate all’estensione appenninica, con meccanismo normale prevalente. La magnitudo massima prevista per il Comune di Bagnone **Mw** è pari a **6.60**.

Nella successiva tabella sono riportati i dettagli delle misurazioni effettuate nella zona 915.

<i>zona</i>	<i>Numero eventi Md>2.0</i>	<i>Numero eventi Md>2.5</i>	<i>Numero eventi Md>3.50</i>	<i>Magnitudo massima (Md)</i>	<i>Classe di profondità (km)</i>	<i>Profondità efficace (km)</i>
915	614	346	65	2.4	8–12	8

2.2.2 Il Rischio Sismico Nazionale, Regionale e Locale

Ogni zonizzazione sismogenetica è caratterizzata da un definito modello cinematico il quale sfrutta una serie di relazioni di attenuazione stimate sulla base di misurazioni accelerometriche effettuate sia sul territorio nazionale che europeo.

Sulla base di tali zone, per tutto il territorio italiano, sono state sviluppate le carte della pericolosità sismica.

Il risultato, per ogni comune, è rappresentato da una stima del rischio sismico che tiene conto dell'intera storia sismica riportata nel catalogo sismico nazionale e che viene espresso in termini probabilistici.

La pericolosità sismica di riferimento ipotizza un substrato omogeneo in roccia ed è espressa in PGA (Peak Ground Acceleration) con associato un periodo di ritorno di 475 anni, valore convenzionale in quanto rappresenta l'accelerazione associata alla probabilità del 90 % di non superamento considerando un periodo di ritorno di 50 anni.

ZONA	PGA con probabilità superamento 10% in 50 anni	VALORE MASSIMO PGA
1	> 0.25	0,35
2	0.15 - 0.25	0,25
3	0.05 - 0.15	0,15
4	< 0.05	0,05

In Toscana in particolare, successivamente alla classificazione sismica del 2003 già citata al Par. precedenti, era stata prodotta la Del. G.R.T. 431/06 in attuazione del D.M. 14 settembre 2005 e Ord. P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell'11.5.2006, abrogata in modo definitivo, a sei anni di distanza, dall'entrata in vigore della attuale classificazione, approvata con Del. GRT n° 878 del 8.10.2012 (pubblicata su BURT Parte Seconda n. 43 del 24.10.2012 Supplemento n. 136).

L'aggiornamento, redatto ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519/2006, si è reso necessario al fine di recepire le novità introdotte dall'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2008) e di rendere la classificazione sismica (riferimento per la disciplina dei controlli sui progetti depositati presso gli Uffici tecnici regionali preposti), maggiormente aderente all'approccio "sito-dipendente" introdotto dalle vigenti Norme.

In base a tale aggiornamento, ed a conferma di quanto indicato anche dalle precedenti classificazioni, ad oggi il Comune di Bagnone risulta inserito (Cod. Isat 09045002) in Zona 2, alla quale corrisponde un'accelerazione di picco orizzontale, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, compresa tra 0.150 e 0.25 g, come visibile nella carta probabilistica di pericolosità sismica redatta dall'INGV (2012), che si traduce in una accelerazione orizzontale massima di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,25 g. Classe di Pericolosità sismica 2 (Fig. 2.14)

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

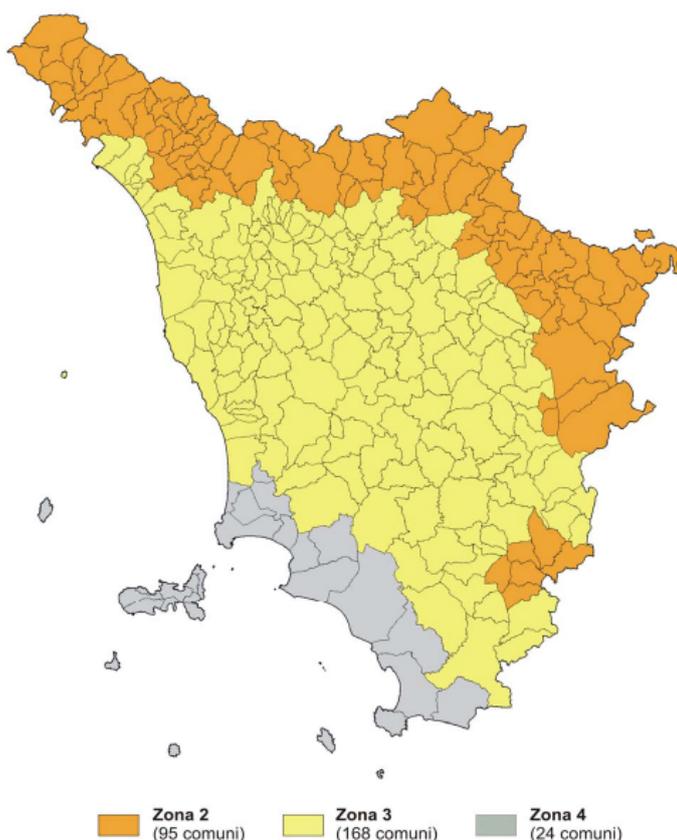
MAPPA DI AGGIORNAMENTO DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA
REGIONE TOSCANA – 2012

Fig. 2.14 CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA - PARTICOLARE DELLA REGIONE TOSCANA (2012)

2.3 LA SISMICITA' DI RIFERIMENTO

Le Norme Tecniche per le costruzioni entrate in vigore con D.M. 14.01.2008 hanno modificato le modalità di valutazione delle azioni di progetto: secondo la nuova normativa, infatti, dalla loro emanazione la stima della **pericolosità sismica**, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s), deve essere definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

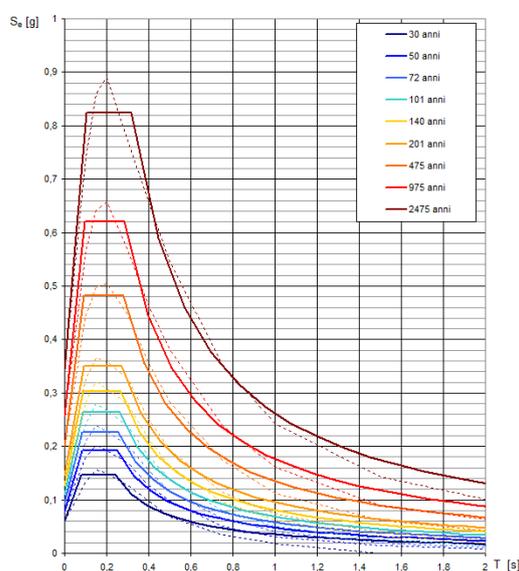
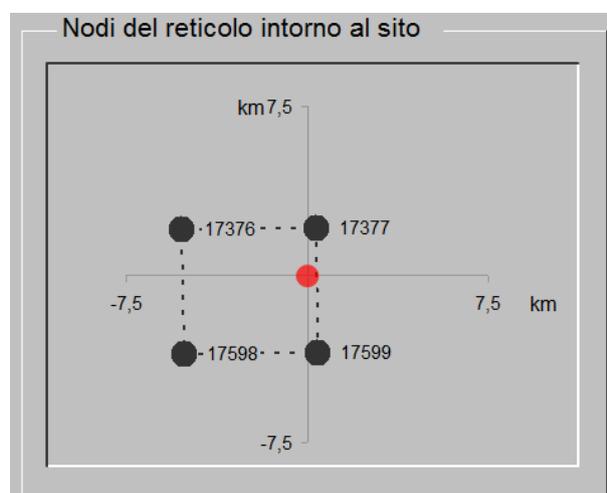
La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali. Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento, i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

I valori dei principali parametri sismici (a_g , F_0 , T_c^*) ricavati attraverso una ricerca "per comune" utilizzando il Software "SpettriNTC_1.0.3" sono esplicitati di seguito, si fa presente che la variabilità degli stessi all'interno del territorio comunale può variare significativamente e quindi per valutazioni più precise si dovrà procedere ad una ricerca per coordinate, per singoli lotti di interesse.

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g/10]	F_0 [adm]	T_c^* [s]
30	0,060	2,425	0,240
50	0,079	2,439	0,250
72	0,094	2,416	0,256
101	0,111	2,362	0,261
140	0,128	2,374	0,266
201	0,146	2,397	0,273
475	0,200	2,413	0,279
975	0,257	2,415	0,284
2475	0,343	2,400	0,318

3. - QUADRO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Comune di Bagnone (sup. complessiva 73.94 km²) è situato nella parte Nord-Occidentale della regione Toscana e presenta tre domini fisiografici diversi: montagna, collina e pianura. Il territorio comunale è attraversato, nella sua porzione mediana occidentale dal T. Bagnone, che nasce poco sotto i monti Matto, Paitino e Sillara ed ha un bacino imbrifero di circa 51 Km². Il T. Bagnone si snoda per circa 16 km (fino alla confluenza con il F. Magra) e intercetta lungo il suo corso diversi affluenti. I tre domini attraversati dal T. Bagnone sono:

Montagna

Corrisponde al versante sud dell'Appennino Tosco - Emiliano. Il Comune di Bagnone è delimitato da uno spartiacque ad andamento NW - SE le cui vette principali, da occidente ad oriente, sono: il M. Aquila (1775 m s.l.m.), il M. Brusa (1794), il M. Matto (1836), il M. Paitino (1817), il M. Sillara (1861) ed il M. Losanna (1856). La zona di crinale è caratterizzata da creste rocciose poco affilate ma con pareti verticali e profondi valloni ed appare costituita da un'unica litologia di tipo arenaceo, denominata "Macigno" ed appartenente al Dominio Toscano.

Collina

Situata a contorno della parte montuosa ed è delimitata dai rilievi del M. Biglio (812) a NW e dal M. Barca (923) rispettivamente in destra e sinistra idrografica del Torrente Bagnone, presenta forme relativamente dolci e tondeggianti da mettere in relazione con la natura delle rocce qui presenti, costituite in prevalenza da termini calcareo marnosi appartenenti ai Domini Ligure Esterno e Subligure.

Pianura

La pianura alluvionale, costituita, procedendo da ovest verso est, da depositi alluvionali e di conoide pedemontani.

3.2 EVOLUZIONE TETTONICA DELL'AREA

L'edificio dell'Appennino settentrionale è formato dalla sovrapposizione di varie unità tettoniche, deformate e scollate, parzialmente o totalmente, dal proprio basamento. Esistono numerose teorie sulla genesi della catena appenninica settentrionale proposte da vari autori, in linea generale si ritiene che le fasi tettoniche che hanno prodotto l'impilamento delle falde, abbiano avuto inizio probabilmente a partire dal Cretaceo-Eocene, interessando due domini paleogeografici, il dominio ligure ed il dominio toscano-umbro, quando l'instaurarsi di una subduzione a vergenza adriatica

cominciò a determinare l'apertura del Mar ligure-balearico, prima, e del Tirreno poi (Elter & Marroni, 1991). L'impilamento delle falde, determinato dalla convergenza tra la placca europea e quella dell'Adria e dalla loro successiva collisione, evidenzia la sovrapposizione di unità tettoniche depositatesi sia su crosta oceanica sia su crosta continentale, riferibili a domini paleogeografici diversi, avvenuta nel corso della formazione di un prisma di accrezione orogenico e della sua evoluzione (Principi & Treves, 1986; Treves, 1984).

Procedendo da Ovest verso Est, cioè dall'interno verso l'esterno della catena, si incontrano i terreni appartenenti al Domino Ligure (o Interno), rappresentato da un complesso di terreni frutto dell'evoluzione sedimentaria e tettonica dell'Oceano Ligure - Piemontese, sovrapposti a quelli del Dominio toscano-umbro (o Esterno), nel quale si riconoscono l'evoluzione sedimentaria e tettonica del margine continentale adriatico.

Il Dominio Ligure, è ripartito, da Ovest verso Est, in un Dominio Ligure Interno (Elter & Pertusati, 1973), costituito dal basso verso l'alto dell'impilamento dall'Unità di Colli/Tavarone, l'Unità del Bracco/Val Graveglia e dall'Unità del Gottero (attribuibili al bacino oceanico ligure - piemontese, Meccheri & alii, 1986), un Dominio Ligure Esterno (Unità del Flysch ad Elmintoidi) riferibile alla deposizione all'interno di un bacino il cui basamento era costituito da crosta continentale assottigliata e posto in corrispondenza del margine del paleocontinente africano) e un Dominio Subligure (Unità di Canetolo, costituito da un complesso di terreni sedimentari di transizione tra i domini precedenti).

Il Dominio Umbro e quello toscano, rappresentano invece il Dominio Esterno della catena appenninica; il primo (non presente nell'area in studio) è posto in posizione esterna e sostanzialmente si trova in una situazione di autoctonia sul suo substrato, mentre il secondo si trova in posizione più interna ed in parte alloctono e sovrascorso sul precedente.

Sono proprio le formazioni appartenenti a quest'ultimo a determinare largamente i lineamenti geologici del bacino idrografico del Fiume Magra.

La genesi dell'Appennino Ligure - Toscano è conseguenza, come detto, della lunga e complessa storia deformativa di quest'area paleogeografica, caratterizzata da una successione di importanti eventi compressivi, a partire dal Cretaceo superiore.

Durante l'Oligocene ha avuto luogo la sedimentazione del Macigno (toscano e ligure) e dell'Unità di Canetolo, ma già al passaggio con il Miocene si ebbe, infatti, una fase tettonica di sovrascorrimento della suddetta Unità di Canetolo sulla Falda Toscana.

Tale avanzamento consentì alle unità liguri di sovrapporsi definitivamente sul dominio toscano e questo fu accompagnato, a partire dal Tortoniano, anche dalla progressiva sovrapposizione della stessa Falda Toscana al dominio Umbro-Marchigiano nel corso di quella che può essere definita la fase principale del sovrascorrimento.

Dopo il Tortoniano ed all'inizio del Messiniano, in concomitanza con l'apertura del bacino tirrenico, mentre sul versante padano continuava il regime compressivo, sul versante tirrenico si instaurò un regime distensivo che avrebbe portato successivamente alla formazione di strutture ad horst e

graben dirette NW-SE ad interessare struttura a falde della catena appenninica precedentemente formatasi, originando bacini lunghi e stretti (ossia le Fosse tettoniche della Lunigiana e della Garfagnana) destinati poi ad essere riempiti di sedimenti di origine fluvio-lacustre (Messiniano Sup-Quaternario).

Eventi deformativi significativi, che hanno determinato l'attuale configurazione geologica della Lunigiana sono riferibili al Pliocene inferiore-medio e sono da attribuirsi proprio ad una fase tettonica distensiva riscontrabile lungo il margine tirrenico dell'Appennino. Questa fase coincide con la deposizione dei sedimenti fluviali che chiudono il primo ciclo sedimentario; il fronte della distensione migrò dall'attuale Versilia all'area Lunigiana-Garfagnana dando origine ai bacini di Pontremoli e Aulla-Olivola in Lunigiana e di Castelnuovo di Garfagnana e di Barga in Garfagnana.

L'entità della distensione lungo il margine tirrenico della catena appenninica appare crescente da Nord verso Sud, in accordo con l'apertura del mar Tirreno e con la rotazione antioraria della struttura appenninica; il polo di rotazione del sistema doveva essere localizzato a nord dell'attuale Lunigiana.

La successiva fase di sollevamento coincide con l'approfondimento dell'alveo del Fiume Magra e con l'incisione dei depositi Villafranchiani.

Nel corso del Pleistocene medio-superiore si depositarono le conoidi alluviali la cui genesi è legata soprattutto a fenomeni climatici (glaciazioni quaternarie); evidenze di sollevamento tettonico regionale relative a questo periodo sono da ricercarsi nel progressivo approfondimento del livello di base dell'erosione tra le conoidi più antiche e quelle più recenti.

Riassumendo, quindi, le unità tettonico-stratigrafiche coinvolte nelle fasi de formative sopra descritte, rappresentate in Fig. 3.1, sono le seguenti:

- Basamento crostale (parte di crosta sottostante ai complessi sedimentari mesozoici della Placca adriatica);
- Evaporiti triassiche;
- Unità toscane;
- Unità umbro-marchigiane-romagnole;
- Unità liguri e sub liguri;
- Unità epiliguri.

Nella zona tra il dominio ligure e quello toscano, dal Cretaceo superiore all'Oligocene si è depositato il Complesso di Canetolo, che forma la falda inferiore della pila orogenica ligure.

I rapporti geometrici tra le varie unità tettoniche dell'Appennino settentrionale sono rappresentati in Fig. 3.2.



Fig. 3.1 Schema semplificato delle principali unità tettonico-stratigrafiche presenti nella zona in esame (modificato dalla Carta geologica dell'Italia in scala 1: 1250000 di Compagnoni e Galluzzo, 2004). In rosso sono indicati i principali lineamenti tettonici. In celeste sono riportati i contatti tettonici descritti nel testo: CF = Cervarola-Falterona, FT = Falda Toscana, OL = Ottone-Levanto, SV = Sestri-Voltaggio. 1 = Successioni sedimentarie continentali (Pliocene-Quaternario), 2 = Successioni continentali e marine, prevalentemente associate a tettonica estensionale, 11 = Unità Liguri e relative coperture (Epiliguri), 12 = Unità Subliguri, 14 = Unità appenniniche interne (derivate dal Dominio Toscano e relative avanfosse), 15 = Unità appenniniche intermedie (derivate dal Dominio Umbro-Marchigiano e relative avanfosse), 16 = Unità appenniniche esterne (Miocene superiore-Pliocene).

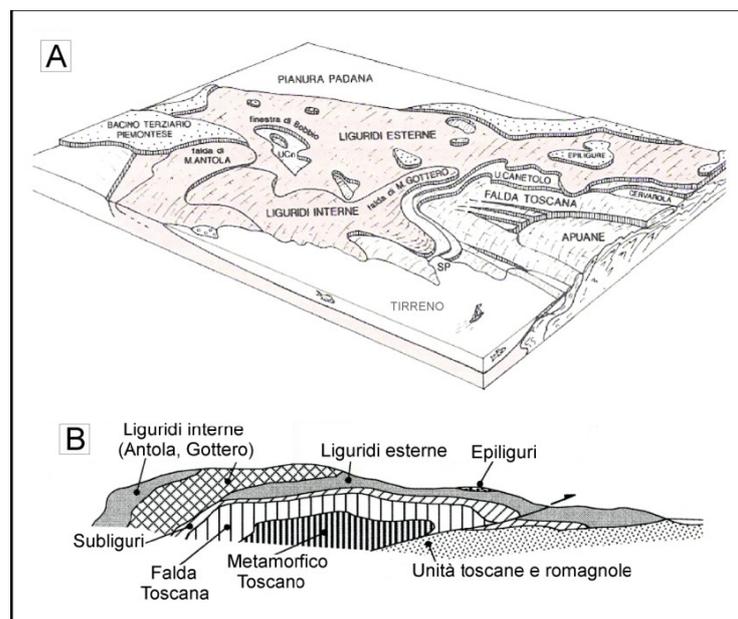


Fig. 3.2 – Rappresentazione schematica dei rapporti geometrici tra le unità tettoniche che formano l'Appennino settentrionale. A) Vista prospettica del settore di catena compreso tra la finestra tettonica delle Apuane ed il Bacino Terziario Piemontese. SP = La Spezia, UCN = Unità di Canetolo (modificata da Bortolotti, 1992). B) Sezione verticale schematica della catena appenninica, per illustrare la sovrapposizione delle varie unità tettoniche descritte nel testo (da Marroni et alii, 2001). La sezione, non in scala, taglia trasversalmente il settore di catena rappresentato in A.

3.3 LINEAMENTI STRUTTURALI DELL'AREA

Le informazioni disponibili in letteratura circa i caratteri strutturali attuali dell'Appennino consentono di determinare che essi siano conseguenti a 6 fasi tettoniche successive e in parte tra loro sovrapposte. Sebbene in letteratura esistano diverse chiavi di lettura sulla morfogenesi delle evidenze di campagna, tuttavia gli elementi osservati e sotto descritti trovano una generale condivisione nella comunità scientifica. In sintesi:

Fase 1 (Eocene) – Fase compressiva di tipo duttile ben riconoscibile nei terreni dell'Unità del Bracco/Val Graveglia (Meccheri & alii, 1986; Molli & alii, 1992).

Essa è caratterizzata a scala macroscopica da pieghe isoclinali associate a *slaty cleavage* molto evidente nelle zone di cerniera. Gli elementi lineari associati a questa fase a vergenza appenninica (da Ovest verso Est) sono disposti mediamente nella direzione N 180°E. Questa fase di piegamento è ben documentata per la presenza di anticlinali coricate a nucleo ofiolitico visibili in più punti nell'alta Val di Vara, come ad esempio presso il Monte Alpe; ad essa è da attribuire anche la superficie tettonica che pone in contatto le Argille a palombini dell'Unità del Bracco/Val Graveglia con gli Scisti della Val Lavagna dell'Unità di Colli/Tavarone, deformata da eventi tettonici successivi e perciò contemporanea o immediatamente successiva a questa fase.

Fase 2 (Eocene) – Fase compressiva di tipo duttile che ha dato origine a pieghe molto aperte associate a clivaggio di crenulazione che deformano sia a scala microscopica che macroscopica gli elementi riferibili alla fase precedente.

La vergenza delle strutture è verso ENE e gli elementi lineari (direzioni assiali) coincidono in direzione con quelli della prima fase (N 180°E). Ad essa sono associate numerose megastrutture tipo antiformali e sinformi come quella corrispondente al M. Zatta. Anche per questa fase è accertata una evoluzione successiva per taglio con sviluppo di accavallamenti, che rappresentano superfici di discontinuità a carattere regionale, come quello che separa l'Unità del M. Gottero dall'Unità del Bracco ben visibile nella limitrofa Val Graveglia.

Fase 3 (Oligocene-Miocene)– Fase deformativa rilevante nel quadro degli eventi compressivi responsabili della strutturazione dell'edificio della catena, che assume, rispetto alle fasi precedenti, una portata maggiore.

I caratteri espressione di questa fase sono presenti sia nei terreni delle Unità Liguri sia in quelli delle unità tettoniche appartenenti al Dominio toscano, evidenziando con ciò che, nel corso di questa fase, il campo di stress dalle parti più interne della catena già strutturate, si è propagato alle porzioni più esterne, fino a questo momento sostanzialmente indeformate.

Nei terreni liguri essa si presenta come una deformazione duttile responsabile della formazione di pieghe di grande lunghezza d'onda alle quali si associa la presenza di un clivaggio di frattura molto spazioso e generalmente subverticale. L'effetto principale di questa deformazione si risolve in una accentuazione della dispersione degli elementi planari formati nel corso delle fasi precedenti essendo anch'essa diretta N 180°. In corrispondenza del Dominio Esterno questa fase è ben documentata sia all'interno dei terreni della Falda Toscana sia nel sottostante nucleo metamorfico delle Alpi Apuane, all'interno e nell'intorno del quale appaiono più manifesti i caratteri di questa fase deformativa. Essa è stata riferita come una fase tangenziale responsabile della formazione di pieghe da isoclinali a subsoclinali di ampiezza plurichilometrica. All'interno delle anticlinali risulta implicato anche il basamento ercinico rimobilizzato. Le pieghe sono interessate da una scistosità molto pervasiva e da una diffusa lineazione di estensione a costante direzione SW-NE (Carmignani & alii, 1992).

Questa fase ha coinvolto pienamente, come già accennato in precedenza la Falda Toscana non metamorfica fino in corrispondenza del Macigno. Questo fatto è ben evidente, oltre che nell'area già menzionata, anche negli affioramenti di questi terreni in corrispondenza del promontorio occidentale del Golfo della Spezia.

Fase 4 (Miocene inferiore-medio)– Realizzazione della cupola di scistosità delle Alpi Apuane (Carmignani & alii, 1993a; Carmignani & Giglia, 1984; Carmignani & Kligfield, 1990).

Nell'Unità metamorfica si forma un duomo allungato secondo la direzione appenninica sui fianchi del quale si impostano fasce di taglio duttile inclinate a SW lungo il versante prospiciente la bassa Val di Magra. All'interno di queste fasce si sviluppano grandi pieghe intrafoliali i caratteri delle quali indicano un'estensione orizzontale dell'edificio apuano. Nel corso di questa fase si delineano a carico della Falda Toscana e delle soprastanti Unità Liguri

(Carmignani & alii, 1992) una serie di pieghe asimmetriche di taglio a polarità centrifuga rispetto al nucleo metamorfico. Anch'esse grandi pieghe intrafoliali ed estensionali con dimensioni chilometriche, si realizzano nella Falda toscana tra i due livelli di scollamento rappresentati dal Calcare cavernoso, in basso, e dal complesso Scaglia-Macigno, in alto, oppure all'interno del complesso Scaglia-Macigno stesso, tra il livello di scollamento rappresentato dal sistema multistrato carbonatico e livelli più elevati posti all'interno delle Unità Liguri soprastanti; grandi strutture a piega si formano anche nelle Unità Liguri, come la grande piega a vergenza tirrenica prodottasi nell'Unità del Gottero nell'estremo settore occidentale dell'area.

In corrispondenza della parte finale di questa fase è documentata una sua evoluzione verso un comportamento di tipo estensionale fragile (Carmignani & alii, 1992) con formazione di superfici raddrizzate tra le pieghe corrispondenti sia ai contatti tettonici presenti al tetto del Macigno con le Unità Subligure e Liguri Esterne, sia a superfici di laminazione e di taglio interne alle singole unità tettoniche.

Fase 5 (Fasi tardive di strutturazione della catena) (Miocene superiore-Pliocene inferiore).

Alle fasi di strutturazione dell'edificio dell'Appennino settentrionale, che hanno determinato l'individuazione e l'impilamento delle differenti unità tettoniche, ha fatto seguito e in parte si è sovrapposta una fase di movimenti principalmente di tipo trascorrente con direzione prevalente NE-SW che hanno scomposto l'edificio a falde. In alta Val di Vara i riflessi di questa fase sono individuabili in una serie di deformazioni eterogenee a stile rigido legate alla presenza della fascia di trascorrenza del "Sistema trasversale del Fiume Taro" (Monteforti & Raggi, 1980; Papani, 1983). L'effetto più evidente imputabile a questa fase è una torsione degli elementi strutturali, ben osservabile nel settore di

M. Verruga, dove assumono direzioni 40°/50°E. Morfologicamente gli effetti questa fase sono rilevabili a scala regionale nella direzione assunta dal iniziale del corso del Fiume Vara disposto NE-SW e nella presenza di con componente di movimento principale orizzontale marcate dalla presenza di allineamenti di elementi morfologici erosivi (aste fluviali di ordine, selle, scarpate). Inoltre sempre settore dell'alta Val di Vara gli elementi strutturali assumono un'orientazione N-S in contrasto con le direzioni appenniniche degli elementi delle aree circostanti, caratteristica imputabile sempre all'azione della fascia di trascorrenza secondo Meccheri & alii (1986). Tale fenomeno è associato ad importanti superfici di accavallamento, delle quali impostate sulle preesistenti immergenti verso Ovest, tra le quali la importante è quella presente alla base Argille a palombini della successione rovesciata di M. Chiappozzo/M. Porcile/M. Alpe che mette in contatto del Bracco/Val Graveglia con l'Unità di Colli/Tavarone. In Val di Magra una trasversale abbastanza evidente è che si estende dal Golfo della Spezia

in prossimità del crinale appenninico marcata dal breve tratto a direzione antiappenninica del corso del Fiume Magra, immediatamente a valle di Aulla (Raggi, 1985). Un'altra importante fascia di trascorrenza è presente al margine nordoccidentale delle Alpi Apuane la quale interrompe la continuità della media Val di Magra verso Sud (Raggi, 1985). Per essa la funzione di sistema di faglie a prevalente componente orizzontale è tuttavia stata messa in dubbio da

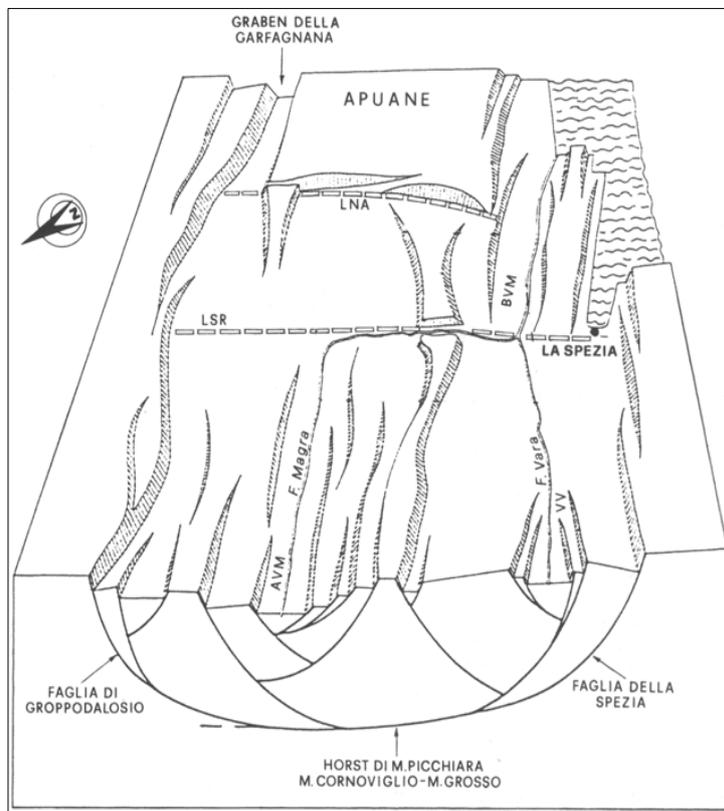


Diagramma a blocco schematico che illustra la struttura estensionale della Val di Magra-Val di Vara, visto da Nord-Ovest; BVM bassa val di Magra; AVM alta val di Magra; VV val di Vara (modificata da Bernini, 1991).

Carmignani & alii (1992). Infatti quest'ultima sembra, malgrado la sua cinematica piuttosto complessa (Del Tredici, 1992), aver avuto soprattutto il ruolo di sistema a rigetto verticale che ha contribuito a svincolare l'area a Nord-Ovest dell'edificio montuoso.

Fase 6 (Fasi distensivo-disgiuntive) (Miocene superiore?/Pliocene inferiore - Olocene)- Fase distensiva. E' ormai generalmente accettato che la genesi delle fosse tettoniche (bacini intra-appenninici) dirette NW-SE dalle quali si sono originate le valli dei fiumi Magra e Vara deve essere riferita alla fase tettonica distensivo-disgiuntiva instauratasi a partire dal Miocene superiore in relazione con l'apertura del Mar Tirreno, con progressione generalmente dalle parti più interne verso quelle più esterne della catena appenninica (Bartolini & alii, 1982; Giglia, 1974). La lunga storia di ritrovamenti di faune a vertebrati e gli studi palinologici condotti sulle sequenze stratigrafiche fluvio-lacustri di riempimento dei bacini (Bertoldi, 1984; 1988; Bertoldi & alii, 1994; Capellini, 1888; 1889; Cocchi, 1866; Federici, 1973; 1978; 1980; 1981; Federici & alii, 1980; Rovereto, 1939; Zaccagna, 1920) hanno condotto ad attribuire, come schematizzato dalle correlazioni tra le diverse sequenze di Fig. 4.3 (modificata da Bernini & alii, 1996), al Rusciano i depositi pelitici più bassi del bacino di Aulla-Olivola (media Val di Magra), al Villafranchiano inferiore quelli del bacino di Sesta Godano (media Val di Vara) e al Villafranchiano superiore quelli del bacino di Pontremoli (alta Val di Magra), confermando una loro genesi diacronica e un'evoluzione da SE verso NW in ogni graben e da SW verso NE da un graben all'altro. Questa fase si è realizzata contemporaneamente alla progressiva migrazione verso le parti più esterne della catena (versante padano-adriatico) del campo di stress compressivi e comunque in modo non continuo ma interrotta da brevi eventi tettonici compressivi a carattere regionale (Bernini & alii, 1990; Boccaletti & alii, 1987; Cerrina Feroni & alii, 1983).

Essi sono documentati nei depositi Neogenico-Quaternari di riempimento dei bacini da discontinuità e difformità nella sedimentazione e da strutture compressive (faglie, sistemi di giunti, ciottoli striati e improntati, strutture di ricoprimento a basso angolo). Dal punto di vista delle strutture realizzatesi nel corso di questa fase il nutrito numero di lavori condotti sul territorio (Bernini, 1988; 1991; Bernini & alii, 1990; Bernini & alii, 1991; Bernini & alii, 1996; Bernini & Lasagna, 1988; Raggi, 1985) hanno portato a delineare la complessa struttura estensionale della Val di Magra-Val di Vara come rappresentata nella figura a lato di Bernini (1991). Si può pertanto affermare che ci si trova di fronte a due semi-graben limitati da faglie normali principali poste sui margini esterni, sulle quali si chiudono faglie normali antitettoniche che individuano l'horst delineato lungo l'allineamento di cime M.Gottero-M. Picchiara-M. Cornoviglio-M. Grosso che separa i due semi-graben. Verso SE il semigraben della Val di Magra prosegue idealmente nello stretto graben della Garfagnana, essendo parzialmente sbarrato dal nucleo metamorfico delle Alpi Apuane.

Per quanto riguarda il semi-graben della Val di Vara esso si biforca nelle due strutture depresse del Golfo della Spezia e della bassa Val di Magra all'altezza dell'horst di Montemarcello che le separa. I sistemi di faglie che bordano la fossa tettonica sono troncati a NW contro il "Sistema Trasversale del Fiume Taro" che interessando l'intera catena sembrerebbe poter collegare le strutture estensionali del versante tirrenico con i fronti di accavallamento padani (Bernini & Papani, 1987). I sistemi di faglie normali ad andamento appenninico sono formati da faglie vicarianti tra loro raccordate da limitate faglie di trasferimento o "rampe di raccordo" attraverso le quali il movimento si trasferisce da una faglia all'altra (Bernini & Lasagna, 1988). La geometria delle faglie normali sembra essere compatibile con quella di superfici ad andamento listrico sulla base del *titling* subito dai depositi fluvio-lacustri che riempiono le depressioni (Bernini & Lasagna, 1988) e per evidenze di campagna che supportano la deduzione di una diminuzione della loro inclinazione andando in profondità (Heida, 1988). Nel ruolo di trasferire il movimento da una faglia all'altra sembra possano aver avuto una parte importante i sistemi di faglie trasversali ad andamento NE-SW (antiappenninici) (Bernini, 1991) formati nel corso delle fasi tardive di strutturazione della catena. L'esame delle strutture riferibili alle fasi compressive di strutturazione della catena in relazione all'ubicazione delle faglie dirette responsabili della tettonica distensiva dell'area hanno premesso a Bernini (1991) di ipotizzare un modello deformativo secondo il quale la localizzazione delle faglie dirette sarebbe condizionata dalle preesistenti strutture compressive. In particolare i sistemi di faglie principali Groppodolosio e La Spezia potrebbero in qualche modo aver riutilizzato in estensione le rampe sottostanti alle strutture anticlinali nella Falda Toscana di M. Orsaro - M. Acuto e del promontorio occidentale del Golfo di La Spezia, mentre le faglie minori sembrerebbero condizionate dalle discontinuità e dalle zone di debolezza più superficiali riferibili alla preesistente struttura compressiva.

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

3.4 GEOLOGIA

3.4.1 Quadro geologico regionale

In relazione all'assetto tettonico e strutturale generale descritto ai paragrafi precedenti, si richiamano di seguito i principali elementi geologici presenti nell'area, rappresentati, di fatto, da Formazioni appartenenti ai seguenti domini: Ligure Esterno, Subligure e Toscano.

Si rileva, in ogni caso una dominante riferibile a litologie riconducibili alla formazione dell'arenaria Macigno (MCA - Dominio Toscano) nella porzione più settentrionale del territorio comunale, mentre la porzione meridionale, a sud dell'allineamento Castiglione-Corvarola-Cassolana, è contraddistinta dalla presenza di vasti affioramenti dei depositi fluvio-lacustri villafranchiani (OLP e AUL). Nella porzione mediana dell'area studiata sono evidenti ampie aree caratterizzate da affioramenti riconducibili al Flysch di Ottone (OTO - Dominio Ligure Esterno), mentre la formazione del dominio subligure delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC) domina la fascia collinare zona posta in corrispondenza del tratto prossimale del fondovalle del T.Bagnone, nella parte ovest del territorio comunale, in corrispondenza degli abitati di Corlaga, Orturano sul lato ovest e Mochignano di Sotto, Pagazzano sul lato est della valle.

Il dettaglio descrittivo degli affioramenti all'interno dell'area di interesse viene illustrato ai paragrafi successivi; le sigle corrispondenti alle varie formazioni sono quelle indicate dalla Legenda della Carta Geologica Regionale.

3.4.1.1 Dominio Ligure Esterno

- Flysch di Ottone (OTO) - Età: Campaniano Inf. - Maastrichtiano Inf.

Torbiditi calcareo-marnose grigio scure in strati da medi a molto spessi (talvolta a base calcarenitica), costituite da calcari marnosi e marne calcaree (prevalenti) a cui s'intercalano marne siltose, argilliti ed argilliti calcaree, arenarie fini e siltiti. Nella porzione inferiore e media della formazione sono intercalati lembi discontinui di Argilliti di Monte Veri (OTO1=aMV), paraconglomerati polimittici, breccie ed olistoliti con clasti di calcari silicei, di radiolariti o di ofioliti e più raramente di marne e graniti, matrice-sostenuti, di colore grigio scuro o grigio-verde, con matrice scagliosa argilliticosiltosa (più frequente) o siltoso-arenitica; i clasti, da subangolosi a subarrotondati, hanno un diametro da centimetrico a metrico.

La sequenza, presente all'interno del territorio comunale di Bagnone con discreta regolarità, mostra strati piuttosto potenti e con spessori anche plurimetrici.

- Complesso di Casanova (CCV) - Età: Campaniano Inf.

Unità litostratigrafica eterogenea, costituita da più membri senza un preciso ordine stratigrafico. All'interno del Complesso di Casanova sono stati distinti vari litotipi, tuttavia presso l'area indagata il più significativo è rappresentato da paraconglomerati polimittici (Breccie di S. Maria) grigio scuri o grigio-verdi (CCV2) matrice-sostenuti o clasto-sostenuti; i clasti, da subangolosi a subarrotondati, da centimetrici a metrici, sono costituiti da calcari silicei (prevalenti), radiolariti, ofioliti e più raramente da marne e graniti; la matrice pelitica e generalmente scagliosa.

3.4.1.2 Dominio Subligure

- Unità di Canetolo (si riporta di seguito solo la descrizione delle formazioni affioranti nelle aree in studio)

- Arenarie di Ponte Bratica (ARB) – Età: Oligocene – Oligocene Sup./?Miocene Inf.
- Calcari di Groppo del Vescovo (CGV) – Età: Eocene Inf. – Medio. Torbiditi calcaree o calcareo-marnose grigio chiare in strati spessi e molto spessi a cui s'intercalano calcilutiti e calcilutiti marnose, areniti fini, argilliti ed argilliti marnose; gli intervalli pelitici sono, localmente, più frequenti e potenti; la base calcarenitica, o più raramente ruditica, delle torbiditi calcareo-marnose e frequentemente ricca di bioclasti. La formazione è eteropica con la parte alta delle Argille e calcari (ACC).
- Argille e calcari di Canetolo (ACC) – Età: Paleocene Sup. – Eocene Inf./Medio
Argilliti grigio scure o nere da fogliettate a scagliose a cui s'intercalano strati medi e sottili di calcilutiti marnose o silicee grigio chiare, calcareniti grigio scure talora in strati spessi, areniti fini e siltiti; sono compresi inoltre strati medi e spessi di torbiditi calcaree o calcareo-marnose talvolta gradate con base calcarenitica o ruditica ricca di bioclasti. La formazione, sovente scompaginata, è spesso caratterizzata dalla presenza, prevalentemente nella parte alta, di lenti di torbiditi calcareo-marnose (CGV, ove distinte).

3.4.1.3 Dominio Toscano

- Macigno (MAC) – Età: Oligocene sup. – Miocene inf.

Arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche grigio o grigio-verdi da medio fini a grossolane in strati da spessi a molto spessi, talvolta amalgamati, a cui si intercalano strati sottili di arenarie fini, siltiti, argilliti e argilliti siltose; nella parte superiore ai luoghi prevale una litofacies pelitico-arenaceo con strati da sottili a spessi; la formazione è caratterizzata in oltre dalla presenza a vari livelli di rare torbiditi calcaree a base calcarenitica, talvolta ricca di bioclasti. Nella porzione superiore sono presenti rari olistostromi costituiti da breccie matrice sostenute con clasti calcarei e breccie calcaree.

3.4.1.4 Depositi Quaternari

Il rilievo geologico di dettaglio condotto sui siti di interesse, ha inoltre consentito di determinare la presenza in affioramento di materiali non litoidi, incoerenti o pseudo coerenti. Si riportano di seguito i depositi suddetti, dai più recenti ai più antichi o geometricamente posto inferiormente:

- Terreni di riporto (h1)
- Corpi di frana attiva (a1a). Accumuli generalmente eterogenei ed eterometrici di materiali litoidi e non, in matrice limoso-sabbiosa e assetto disorganizzato, legati a processi in atto o ricorrenti a ciclo breve. Età: Olocene
- Corpi di frana quiescente (a1q). Accumuli generalmente eterogenei ed eterometrici, di materiali litoidi e non, in matrice limoso sabbiosa e assetto disorganizzato, con possibilità di riattivazione nell'attuale sistema morfoclimatico. Età: Olocene
- Detrito di versante (aa). Costituito da elementi eterometrici prevalentemente grossolani, dispersi in matrice sabbiosa, accumulato lungo i versanti principalmente per gravità. Età: Pleistocene Medio

finale-Olocene. Generalmente sono placche di detrito di spessore consistente, determinate dal disfacimento della roccia madre sottostante, per erosione, disgregazione ed alterazione conseguente alle reazioni che l'acqua provoca a contatto con i minerali che compongono la roccia. I materiali che ne conseguono possono essere vari a seconda del tipo di roccia madre, del tempo di trasformazione, e possono andare dalle argille sino a depositi composti in massima parte da frammenti litoidi eterometrici molto angolati, frequentemente monogenetici.

- *Depositi alluvionali attuali (b)*. Depositi dei letti fluviali attuali, soggetti ad evoluzione, attraverso processi fluviali ordinari. Sono costituite da ghiaie eterometriche, sabbie e limi, di composizione generalmente poligenica. Dal punto di vista tessiturale sono costituite da ciottoli e ghiaie "clast supported" con modeste quantità di sabbia. Sono limitati ai corsi d'acqua e sono relative alle ultime fasi deposizionali ed erosive degli stessi. Eta: Pleistocene Sup.-Olocene

- *Depositi alluvionali antichi terrazzati e recenti (b1n)*. Depositi di piana alluvionale: ciottolami in matrice limoso-sabbiosa, ghiaie, sabbie e limi talora variamente pedogenizzati. Si tratta di depositi organizzati in vari ordini non distinti, in spessori variabili, costituiti da materiali granulari eterogenei ed eterometrici a dominanza di ghiaia e ciottoli non cementati o poco cementati, con matrice limo-sabbiosa. In alcuni luoghi tale deposito può presentarsi anche clasto-sostenuto. I ciottoli, frequentemente imbriciati e poco classati, presentano un discreto grado di arrotondamento e dimensioni variabili, da pochi centimetri di diametro ad oltre un metro. Tali depositi sono spesso sormontati da materiali più fini di natura limo-argillosa, spesso pedogenizzati e con spessori assai variabili (circa tre metri in Piano di Malgrate). L'origine di questi terreni è da ricercarsi nelle fasi erosive e deposizionali verificatesi nel corso del Quaternario, in relazione alle variazioni eustatiche del livello del mare. Eta: Olocene

Si fa presente che i Depositi fluvio-lacustri villafranchiani auctt. quali Conglomerati di Olivola (OLP) - Eta: Villafranchiano Inf.-Villafranchiano Sup. e Argille, sabbie e conglomerati di Aulla (AUL) - Eta: Rusciniano Sup. - Villafranchiano Inf., sebbene ampiamente presenti nella porzione sud del territorio comunale, non sono affioranti nelle zone oggetto di MS.

3.4.2 Geologia di dettaglio

In riferimento ai siti oggetto di MS, Bagnone, Orturano, Corlaga, Vico e Treschietto, è stato definito il quadro geologico di dettaglio.

Tale quadro è stato delineato tenendo conto di quanto prodotto in supporto al P.S. comunale (Dott. Geol. O. Domenichelli, Febbraio 2011) e dalla cartografia geologica regionale (CARG - Fg. 233080-234050 1:10.000); sono state tenute, inoltre, in debita considerazione le indicazioni fornite dalle risultanze del progetto VEL (Valutazione degli Effetti Locali - Del. G.R.T. n. 1209 del 19 Ottobre 1998), nonché dei rilievi effettuati appositamente in situ, nel contesto della presente indagine.

1. BAGNONE

FORMAZIONI GEOLOGICHE AFFIORANTI (Fg. CTR 233082 1:5000)	NOTE
ACC - Argille e Calcari di Canetolo	<p>Ben visibili in affioramento, in particolare lungo l'incisione del T. Bagnone, zona di Bagnone Piano (Foto 1).</p>  <p>Foto 1</p>
MAC - Macigno	In contatto tettonico con le ACC
bn Depositi alluvionali antichi	<p>Ampiamente presenti nella zona del Piano di Bagnone, sono ben visibili su affioramenti di MAC, lungo l'alveo del T. Bagnone in prossimità del centro abitato dove presentano spessori plurimetrici (Foto 2).</p>  <p>Foto 2</p>
b - Alluvioni attuali e recenti	
a1a - Frane attive	Vedi Foto 2
a1q - Frane quiescenti	
Riporto antropico	

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

2. ORTURANO

FORMAZIONI GEOLOGICHE AFFIORANTI	NOTE (Fg. CTR 233082 1:5000)
ACC - Argille e Calcari di Canetolo	Raramente ben visibili in affioramento.
CGV - Calcare del Gruppo del Vescovo	Affioramenti osservabili in corrispondenza del nucleo storico del borgo ed a nord di esso (esternamente all'area di interessata da MS, Foto 3), geometricamente posti al di sopra di ACC. Si presentano in blocchi fratturati.  <p style="text-align: center;">Foto 3</p>
aa - Detrito di versante	Ampiamente presente nell'area indagata a sovrastare ACC con spessori metrici o plurimetrici e CGV con spessori inferiori.
Riporto antropico	

3. CORLAGA

FORMAZIONI GEOLOGICHE AFFIORANTI (Fg. CTR 233081 1:5000)	NOTE
ACC - Argille e Calcari di Canetolo	Raramente osservabili in affioramento, risultano spesso sovrastati da ampie plaghe detritiche di natura eluvio-colluviale.
a1q - Frane quiescenti	

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

4. VICO

FORMAZIONI GEOLOGICHE AFFIORANTI (Fg. CTR 233054 1:5000)	NOTE
CCV2 - Complesso di Casanova	<p>Affioramento di paraconglomerato con estensione estremamente contenuta nella zona di Canneto, lungo la strada di accesso al borgo (Foto 4).</p>  <p>Foto 4</p>
OTO - Flysch di Ottone	<p>Affioramento lungo la strada comunale per Canneto (Foto 5).</p>  <p>Foto 5</p>
bn Depositi alluvionali antichi	<p>Elemento geologicamente dominante nella zona: ampiamente diffusi nella porzione di territorio posta alle quote più basse, sono presenti ben visibili in affioramento in prossimità della viabilità principale ad est di Palestro (Foto 6).</p>

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

	 <p style="text-align: center;">Foto 6</p>
a1q - Frane quiescenti	

5. TRESCHIETTO

FORMAZIONI GEOLOGICHE AFFIORANTI (Fg. CTR 233054 1:5000)	NOTE
OTO - Flysch di Ottone	<p>Affiorante e ben visibile lungo la S.P. 67 di accesso al centro abitato dove assume giacitura molto variabile a causa della deformazione cui è soggetto (Foto 7-8) e nella zona del Castello di Treschietto ove appare sub affiorante.</p> <div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">Foto 7</p> </div>

	 <p style="text-align: center;">Foto 8</p>
bn Depositi alluvionali antichi	Ampiamente diffusi nella porzione di territorio posta alle quote più basse.
a1q - Frane quiescenti	

3.5 GEOMORFOLOGIA ED IDROGRAFIA

3.5.1 Lineamenti geomorfologici generali

L'evoluzione tettonica e strutturale del settore dell'appennino settentrionale in cui ricade il territorio comunale di Bagnone, associata alle caratteristiche litologiche delle formazioni ivi presenti, hanno svolto un ruolo fondamentale nel determinare l'evoluzione morfologica dell'area studiata.

Le strutture compressive ed estensionali con i loro elementi (sovrascorrimenti tettonici, pieghe, faglie, superfici di clivaggio, sistemi di fratture), hanno determinato condizioni in cui i processi erosivi e l'azione della gravità hanno agito, ed in cui il reticolo idrografico del bacino si è sviluppato. Tale elemento trova conferma nel fatto che in effetti le incisioni vallive e i percorsi dei corsi d'acqua principali e secondari coincidono in molti casi con lineazioni strutturali (faglie e sistemi di fratture ad esse associate) di importanza regionale disposte trasversalmente alla direzione di allungamento delle fosse tettoniche stesse e in generale all'asse della catena appenninica.

Essi assumono prevalentemente direzioni NE-SW confluendo di conseguenza negli alvei principali con angoli retti o molto prossimi ad essi, situazione che conferisce al reticolo una geometria di tipo rettangolare o angolare.

L'attività delle acque incanalate ha, per altro, portato alla deposizione di materiali alluvionali agli sbocchi vallivi come dimostrato dalle piccole ma numerose piane torrentizie e nel corso delle fasi erosive, connesse alle successive riprese dei movimenti tettonici differenziali a prevalente componente verticale tra i diversi blocchi individuati dalle discontinuità tettoniche (Federici, 1980), si poi sono originati i vari ordini di terrazzi fluviali che si ritrovano sia in corrispondenza dei corsi d'acqua principali (es. F. Magra) sia lungo le incisioni vallive dei corsi d'acqua minori.

Le differenze litologiche dei materiali affioranti hanno, inoltre rappresentato di per sé un ulteriore elemento caratterizzante la morfologia, anche attraverso di fenomeni di erosione morfoselettiva.

Presso i crinali, gli affioramenti di flysch tettonizzato e piegato, danno luogo ad esempio a versanti con la fascia ligure coincidente talora con le testate degli strati avente pendenza marcata e con fronte esterno dolcemente degradante.

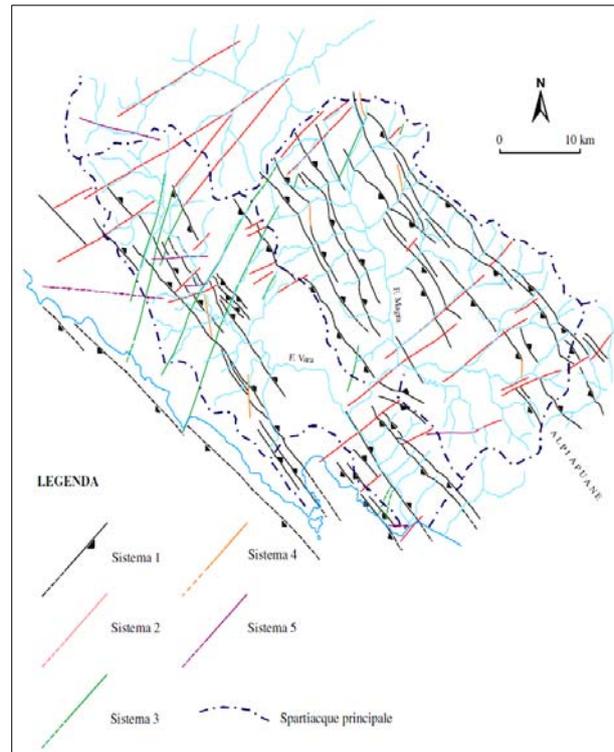
In corrispondenza dell'affioramento dei terreni appartenenti alle Unità Subliguri e Liguri Esterne l'abbondanza di argilliti e marne ha dato origine a versanti con acclività meno pronunciata e, in ragione della loro intensa tettonizzazione nonché delle caratteristiche meccaniche scadenti, risultano anche le formazioni più predisposte a fenomeni gravitativi di versante. La presenza di questi movimenti franosi ha contribuito poi alla formazione di aree a ridotta acclività, costituite da ampie plaghe detritiche, che sono divenute nel tempo naturali aree di sviluppo di centri abitati malgrado i corpi di frana non possano ancora a tutt'oggi essere considerati completamente inattivi.

Si tratta generalmente di movimenti che interessano livelli di terreno variabili, da superficiali (coperture detritico eluviali) a profondi, dotati di estensione talvolta contenuta ma talora tale da interessare aree di ampiezza rilevante.

Il tipo di movimento è spesso di scorrimento planare, scivolamento o rotazionale e punti di attivazione singola o multipla, specie nei casi di discreta estensione.

Laddove affiorano le rocce calcaree della Falda Toscana e le formazioni a prevalente composizione carbonatica delle Unità Liguri, il territorio risulta modellato anche da fenomeni carsici.

Dal punto di vista della franosità in corrispondenza delle rocce calcaree riferibili agli affioramenti della Successione toscana e dei flysch appartenenti al Dominio ligure esterno la dissoluzione carsica si pone come la principale responsabile della profonda alterazione delle superfici delle discontinuità che attraversano le rocce carbonatiche. In questo senso essa agisce in modo negativo sulla resistenza dell'ammasso roccioso attraverso la rimozione delle asperità presenti sulle superfici di discontinuità stesse abbassandone notevolmente la scabrezza e di conseguenza la resistenza agli sforzi di taglio. Questo accresce, soprattutto laddove la giacitura della stratificazione e delle discontinuità tettoniche è disposta a franapoggio, la propensione del versante al dissesto per frana.



Rapporti tra i sistemi di faglie e l'idrografia del bacino del F. Magra

L'insieme delle informazioni raccolte sull'intero territorio comunale (P.S. comunale, Carta Geomorfologica Regionale e Piano di Bacino del F. Magra) integrati dal rilievo geomorfologico di dettaglio, hanno consentito, infatti, di distinguere e cartografare sia *Frane attive* (accumuli generalmente eterogenei ed eterometrici di materiali litoidi e non, in matrice limosa e assetto scompaginato, in movimento continuo o discontinuo al momento del rilevamento) sia *Frane quiescenti* (accumuli generalmente eterogenei ed eterometrici di materiali litoidi e non, in matrice limosa e assetto scompaginato) per le quali esistono evidenze geomorfologiche o testimonianze (dirette, storiche, ecc.) di funzionamento nell'attuale sistema morfoclimatico e che, non avendo esaurito la loro evoluzione, hanno possibilità obiettiva di riattivarsi.

Ai fini del lavoro di MS sono state inserite all'interno delle Frane quiescenti anche zone caratterizzate da accumuli di terreno o roccia, di varie dimensioni, con indizi di movimento passato, prive di successive riattivazioni, ma che allo stato attuale delle conoscenze non possono essere considerate completamente stabilizzate.

In linea generale occorre, comunque, tener presente quanto già indicato dagli elaborati prodotti nel contesto del Piano Strutturale comunale in riferimento al potenziale franoso del territorio analizzato. La fragilità geomorfologica è, infatti, per il territorio comunale di Bagnone un elemento di grande importanza, all'interno del quale esistono zone soggette a degradazione e suscettibili di franosità di tipologia diversa, funzione di acclività e caratteristiche geotecniche dei depositi, che anche se inattive ad oggi, presentano elementi tali da renderli predisposti al dissesto.

Tali considerazioni sono utili anche in prospettiva sismica; in alcune porzioni di territorio osservabili in affioramento di litologie che, in concomitanza di cattiva gestione delle acque e/o di acclività significativa, possono effettivamente dare luogo a fenomeni gravitativi di versante.

Si tratta di:

- *Aree soggette a franosità in terreni detritici acclivi*: presenza di ammassi detritici di varia natura in cui lo spessore, la acclività, la presenza di infiltrazioni di acqua e gli interventi antropici, costituiscono la causa predisponente di un movimento franoso.
- *Aree soggette a franosità per erosione laterale di sponda*: presenza di roccia alterata e fratturata, in cui l'azione delle acque può dare luogo, in corrispondenza delle anse fluviali, a fenomeni erosivi accentuati che possono innescare movimenti franosi anche consistenti.
- *Aree soggette a franosità in terreni acclivi prevalentemente argillitici con situazioni morfologiche locali che ne favoriscono l'imbibizione*: presenza di litotipi argillosi e argillitici dove la morfologia, unita alle caratteristiche del materiale, possono originare franamenti o scivolamenti gravitativi lenti in presenza di infiltrazioni diffuse, assenza di regimazione delle acque superficiali e/o incuria.
- *Aree soggette a franosità in terreni acclivi sabbioso-argillosi*: presenza di materiali sabbiosi ed argillosi alternati, sovente di origine lacustre, in cui la morfologia, unita alle caratteristiche dei sedimenti, può originare dissesti o scivolamenti gravitativi lenti, in condizioni analoghe alle precedenti.
- *Aree acclivi soggette a franosità per possibili crolli o distacco di massi*: tratti di versante acclivi con presenza di roccia affiorante tettonizzata e fratturata interessabili da frane di crollo o distacco di blocchi lapidei.

3.5.2 Tratti geomorfologici di dettaglio

In riferimento ai siti oggetto di MS, Bagnone, Orturano, Corlaga, Vico e Treschietto, è stato definito il quadro geomorfologico di dettaglio.

Tale quadro è stato delineato tenendo conto di quanto prodotto in supporto al P.S. comunale (Dott. Geol. O. Domenichelli, Febbraio 2011) e dalla cartografia geomorfologica regionale (Fogli 233080-234050 1:10.000); sono state tenute, inoltre, in debita considerazione le indicazioni fornite dalle risultanze del progetto VEL (Valutazione degli Effetti Locali - Del. G.R.T. n. 1209 del 19 Ottobre 1998), nonché dei rilievi effettuati appositamente in situ, nel contesto della presente indagine.

Si precisa che per le aree inserite all'interno dei perimetri soggetti a MS è stata eseguita una revisione delle zone in frana attiva, quiescente o stabilizzata, in base a quanto emerso in campagna e tenendo conto dei quadri già delineati dalla Carta Geomorfologica di Bagnone ed Orturano dal Progetto VEL. In sede di R.U. ciò avrà ricadute sulla determinazione della pericolosità sismica del territorio incluso all'interno delle località considerate (U.T.O.E. 1: Sett.ri 1.1, 1.2, 1.3 - U.T.O.E. 3: Sett.ri 3.1, 3.3), ma non dovrà essere preso a riferimento per l'attribuzione della Pericolosità Geomorfologica, per la quale resta il riferimento specifico della tavola appositamente redatta nel contesto del Piano Strutturale comunale.

1. BAGNONE

Il territorio individuato dall'U.T.O.E. 1 Sett. 1.1 del Nuovo R.U. corrisponde in grande misura al centro abitato del Capoluogo e si estende della zona di Campo di Leugio, fino al Piano. Esso interessa tutta la fascia di fondovalle del T. Bagnone e comprende anche parte dei fianchi laterali della valle, spingendosi in destra idrografica fino poco oltre all'abitato di Nezzana (quota 283.6 m s.l.m.m.).

All'interno dell'area perimetrata la morfologia del fondovalle appare più stretta nella porzione centrale, in corrispondenza del nucleo storico dell'insediamento (quota di circa 240.0-245.0 m s.l.m.m.), dove il torrente incide in modo evidente la formazione dell'arenaria macigno, dando origine a cigli di sponda con scarpata d'alveo molto acclive (Foto 9).

Gli affioramenti di MAC danno luogo a pendenze superiori al 30-40%, tuttavia, in questa porzione centrale del Settore 1.1 a quote superiori a 250 mt circa s.l.m.m., sono osservabili anche aree con morfologia più dolce; si tratta del lato destro della valle, dove sono presenti spessori plurimetrici (fino a 10 mt circa) di materiali incoerenti riconducibili ad alluvioni terrazzate antiche (bn), che sovrastano sempre la formazione del Macigno.

Presso la zona di Piano di Bagnone, a SO del centro abitato, in una fascia di territorio solo debolmente antropizzata la morfologia è invece caratterizzata da un andamento vallivo decisamente più largo, fatta eccezione per la zona d'alveo compresa entro i cigli di sponda che, fino alla ex centrale risulta ancora piuttosto stretta e segnata dalla giacitura e dalla predisposizione a processi gravitativi delle litologie ivi presenti (contatto tettonico ACC-MAC), per poi allargarsi dove il fondo alveo è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali recenti (Foto 10).

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

La spianata all'interno della quale si snoda il tracciato della Strada Provinciale N. 281 per Bagnone, ed in cui le pendenze rimangono sempre al di sotto del 10%, è estesa in prima approssimazione tra le quote di 200 e 225 m s.l.m.m.

Esclusa la suddetta zona di Piano di Bagnone, è nella porzione settentrionale del Settore 1.1 che si trovano le morfologie più dolci; è la zona di Case di Grottò, dove la morfologia segue l'andamento dei terrazzi fluviali antichi, sovrainposti alle Argille e Calcari di Canetolo, non superando quasi mai il 15% di acclività; in tale zona è osservabile anche un'ampia area caratterizzata da importanti riporti antropici, sede di impianti sportivi (quota 278 m circa s.l.m.m.).

Sul lato destro della valle, a sud del centro abitato, è ubicato il borgo di Nezzana, ove la morfologia presenta un andamento piuttosto regolare, localmente oggetto di terrazzamento antropico, con pendenze mediamente intorno al 15-18%.

E' in questa zona che sono segnalati corpi di frana, sebbene inattivi, piuttosto estesi, posti per la maggior parte a SO dell'insediamento, e segnalati a partire dalla quota di 300.0 m circa s.l.m., per tutta la lunghezza del versante (zona di Ca' degli Orsi) e fino al fondovalle, ove si interdigitano con i depositi alluvionali terrazzati, per lo più sovrapponendosi ad essi.

Altro elemento significativo da segnalare appare quello relativo alla presenza di due frane attive e, entrambe poste lungo il T. Bagnone, in sinistra idrografica: la prima è osservabile direttamente dalla piazza di accesso al borgo storico del paese di Bagnone ed è già stata riportata in Foto 2, la seconda invece è posta più a sud ed interessa una fascia di versante decisamente più ampia approssimativamente di fronte alla Loc. Nezzana, sul lato opposto della valle. Lo sviluppo di questo secondo versante, in sinistra idrografica, presenta globalmente acclività maggiori rispetto al precedente, con valori per lo più compresi tra 20-25%.

Come già detto, alcuni tratti intraspondali del T. Bagnone danno luogo a scarpate morfologiche rilevanti nell'area analizzata, ma tali elementi lineari sono presenti anche altrove, come ad esempio in corrispondenza della zona del Castello, posto su un alto morfologico alla quota di circa 312 mt (Foto 11) in corrispondenza della confluenza del T. Mangiola con il T. Bagnone, ed anche presso il centro abitato, nella porzione di territorio posta in sinistra idrografica del T. Bagnone (procedendo dalla confluenza con il T. Mangiola verso il polo scolastico) dove, a tergo di alcuni fabbricati ad uso abitativo lungo il lato di monte della carreggiata della S.P. gli affioramenti di MAC danno luogo a pareti subverticali.

Ovviamente dal punto di vista idrografico i corsi d'acqua sopra citati rappresentano le aste principali della zona, sebbene la valle risulti incisa lungo entrambi i fianchi da lineazioni nette degli impluvi minori.

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

FORME	NOTE/FOTO
<p>Incisione in roccia Macigno in alveo da parte del T. Bagnone, vista in corrispondenza del centro di Bagnone Capoluogo.</p>	 <p>Foto 9</p>
<p>Alveo del T. Bagnone, vista verso valle nella zona dell'ex centrale, zona di Piano di Bagnone, visibili alluvioni attuali e recenti (b).</p>	 <p>Foto 10</p>
<p>Alto morfologico della zona di Castello.</p>	 <p>Foto 11</p>

2. ORTURANO

Il territorio individuato dall'U.T.O.E. 1 Sett. 1.3 del Nuovo R.U. si estende in direzione NS, dividendosi in due sotto-nuclei abitati: Orturano di Sopra a quota di circa 406 mt s.l.m.m., posto in posizione di alto morfologico lungo il crinale che separa il bacino idrografico del T. Casalina (verso Ovest) da quello del T. Bagnone (verso Est), ed Orturano di sotto, posto a quota inferiore (circa 359.6 mt s.l.m.m.), lungo la viabilità comunale.

Il primo nucleo si trova in corrispondenza dell'affioramento roccioso del 'Calcere del Groppo del Vescovo' (CGV), il secondo invece si trova più a sud, su Argille e Calcari di Canetolo (ACC) adagiato su una morfologia più dolce. L'area risulta caratterizzata da versanti con acclività difficilmente superiore al 15%, sebbene lungo il lato ovest del perimetro del centro abitato si raggiungano localmente pendenze di circa 25%. Sono segnalati corpi di frana quiescente lungo il limite di nord ovest e di sud est e comunque storicamente il borgo risulta sede di locali dissesti, segno che i terreni di copertura e le stesse facies argillitiche delle ACC presentano effettivamente una discreta propensione alla mobilitazione lungo il pendio.

Le aree esterne ai centri abitati appaiono terrazzate e diffusamente oggetto di utilizzo agricolo; in taluni casi, specie ove sono presenti piccoli orti, la regimazione delle acque superficiali, risulta visibile e realizzata soprattutto con canalette di scolo a delimitare gli appezzamenti di terreno. Gli impluvi che incidono il versante sul lato Est, si dirigono verso il fondovalle del T. Bagnone, quelli del lato ovest invece verso l'incisione minore del T. Casalina.

Dell'intera zona 1.3 la fascia più pianeggiante è quella presente a nord di Orturano di sopra, nella zona di Giunasco (quota 407 m circa s.l.m.m.), con pendenze generalmente intorno al 10% e solo localmente, e per piccoli tratti, maggiori.

FORME	NOTE/FOTO
Le Argille e Calcari di Canetolo descrivono morfologie dolci, sulle quali si erge l'alto del centro storico del paese, impostato sul Calcere del Groppo del Vescovo.	Raramente ben visibili in affioramento le ACC presentano coperture di spessore variabile tra circa 2-6 mt
aa - Detrito di versante.	Ampiamente presente nell'area indagata a sovrastare ACC con spessori metrici o plurimetrici e CGV con spessori inferiori; tali terreni risultano ampiamente terrazzati entropicamente e localmente sede di piccoli orti

3. CORLAGA

L'U.T.O.E. 1 Sett. 1.2 del Nuovo R.U. denominata "Corlaga" corrisponde al centro abitato principale omonimo ed al borgo denominato Stazzone situato più a nord rispetto al precedente.

L'abitato si trova in posizione di mezza costa, su un versante posto in destra idrografica del T. Redivalle in vicinanza con la sua immissione nel T. Bagnone; la località Stazzone rappresenta un punto di alto morfologico, con la sua quota di circa 400 m s.l.m.m., mentre la restante parte dell'abitato si distribuisce più a sud, a quote inferiori 360-330 m s.l.m.m..

La porzione centrale del territorio incluso all'interno del Sett. 1.2 è caratterizzata da pendenze decisamente limitate del profilo altimetrico, con valori inferiori a 10-15%, ma l'acclività aumenta procedendo lungo la strada che si dirige proprio verso Stazzone ove si raggiunge anche il 20-25%. E' in questa zona che la cartografia indica la presenza di un'area in frana quiescente.

Non vi sono elementi di particolare rilievo da segnalare, la morfologia è addolcita dalla presenza di ampi affioramenti di materiale detritico con spessori anche maggiori di 5 m.

FORME	NOTE/FOTO
<p>Vaste spianate caratterizzate dalla presenza di coperture detritico eluviali di spessore plurimetrico e ampia continuità laterale.</p>	<div data-bbox="724 752 1326 1160" style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Foto 12</p>

4. VICO

L'U.T.O.E. 3 Sett. 3.1 del Nuovo R.U. si trova nella parte bassa del versante che degradando verso SE-NO, raggiunge il fondovalle del T. Acquetta, affluente di destra idrografica del T. Bagnone.

La massima parte dell'area perimetrata si trova in corrispondenza un ampio terrazzo fluviale antico dove l'acclività si mantiene sempre al di sotto del 10% (solo localmente 15%) (Foto 13).

L'insediamento antropico si sviluppa presso la Loc. Canneto, di quota massima 469 m circa s.l.m.m. e, soprattutto presso il crocevia da cui si diparte la strada per Valle Montale, venendo dalla S.P. per Treschietto.

I tratti di versante più acclivi sono caratterizzati dalla presenza di affioramento del Flysch di Ottone, le cui coperture detritiche e/o porzioni più superficiali possono dare luogo a movimenti franosi

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

anche importanti, come quello riportato a valle di Canneto, e dei paraconglomerati del Complesso di Casanova, che però hanno una estensione molto contenuta.

In questi casi, le pendenze possono superare localmente anche il 30% (Foto 14). La zona appare ampiamente terrazzata.

FORME	NOTE/FOTO
<p>Ampio terrazzo fluviale sede dell'insediamento dell'abitato di Vico.</p>	 <p>Foto 13</p>
<p>Area in Frana quiescente a valle della Loc. Canneto visibile alla sommità del pendio.</p>	 <p>Foto 14</p>

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

5. TRESCHIETTO

L'U.T.O.E. 3 Sett. 3.3 del Nuovo R.U. comprende l'omonimo insediamento ed i suoi piccoli borghi vicini: Castello, Querceto, Palestro e Valle, che si trovano lungo la S.P. fatta eccezione per Valle, posto a quota altimetricamente inferiore, e Querceto che si trova a monte della S.P..

Analogamente a quanto già detto per la Loc. Vico, questa zona risulta caratterizzata da una morfologia piuttosto regolare nella sua porzione centrale, là dove il profilo degrada in direzione SE verso il fondovalle del T. Bagnone (Foto 15), e dove le pendenze si mantengono generalmente inferiori a 15-20%. Il limitare NO del settore 3.3 appare, invece, estremamente acclive ed è segnato da ampi affioramenti del Flysch di Ottone, con pareti spesso sub verticali (Foto 16).

FORME	NOTE/FOTO
<p>Terrazzo fluviale su cui si distribuisce l'abitato di Treschietto.</p>	 <p>Foto 15</p>
<p>Scarpate morfologiche di OTO lungo la S.P. (a) ed in zona Castello (b).</p>	 <p>Foto 16</p>

Affioramenti di OTO in porzione sommitale di aree in frana quiescente, lungo la strada p.



a



b

Foto 17

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Il recupero dei dati pregressi esistenti nel territorio in esame risulta di fondamentale importanza ai fini del presente studio. Tale attività è stata condotta prioritariamente all'impostazione della nuova campagna di indagine in modo da poter effettuare una corretta programmazione nelle aree meno conosciute, limitando anche i costi.

La prima fase di reperimento dati è stata effettuata presso i seguenti enti che dispongono di banche dati o archivi di esse:

Servizio Geologico d'Italia e Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) che includono o rimandano alle seguenti banche dati:

1. Indagini del sottosuolo (L.464/84);
2. Sondaggi profondi: raccoglie i sondaggi profondi realizzati per la ricerca di idrocarburi, liberalizzati dal Ministero dello Sviluppo Economico;
3. Faglie capaci (ITHACA);
4. Geofisica: contiene la Carta Gravimetrica d'Italia alla scala 1:1.000.000 ed alla scala 1:250.000 e linee sismiche del progetto CROP.

Archivi Regione Toscana, Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica Ambientale (LaMMA) e su quello del Sistema Informativo Regionale Ambientale della Toscana (SIRA).

1. Banca dati del sottosuolo relativa a dati su pozzi e derivazioni per i quali è stato fatto richiesta di concessioni e/o autorizzazioni dalle Amministrazioni provinciali;
2. Banca dati indagini geotematiche, risultato di una importante attività di informatizzazione dei dati geotematici presenti nelle pubbliche amministrazioni;
3. Banca dati stratigrafica della Toscana con stratigrafie georeferenziate reperite presso Enti pubblici ed Università nell'ambito del progetto finalizzato alla ricostruzione geometrica dei corpi idrici sotterranei significativi;
4. Banca dati corpi idrici sotterranei;
5. Banca dati geotermia di indagini in-situ e in laboratorio, provenienti da archivi esistenti forniti dalla Regione Toscana (Settore Energia e Minerale) e dal CNR/IGG di Pisa;
6. Banca dati concessioni acque minerali e termali;
7. Carta geologica regionale;
8. Banca dati frane e coperture.

Il quadro delle indagini preesistenti è stato completato consultando l'archivio comunale in riferimento alle pratiche edilizie e/o urbanistiche, nonché agli interventi del settore LLPP, a partire dagli anni '90.

Il quadro completo delle prove raccolte, comprensivo di indagini eseguite nel contesto del progetto VEL è di seguito illustrato (Tab. 4.1 e Tab. 4.2):

Tipologia Indagini geognostiche	N°
Prove penetrometriche dinamiche DPM-DL	12
Prove penetrometriche dinamiche DPSH	45
Saggi o sondaggi a stratigrafia nota (P)	8
TOT	65

Tabella 4.1

Tipologia Indagini geofisiche di tipo sismico	N°
Indagini di tipo Sismico tipo MASW	1
Indagini di tipo Sismico tipo DOWN-HOLE	8
Sismica a rifrazione	22
TOT	31

Tabella 4.2

In base alla quantità, alla qualità, alla tipologia nonché alla distribuzione delle suddette indagini preesistenti, e tenendo in opportuna considerazione le evidenze del rilevamento in campagna e le previsioni del nuovo R.U., è stata dunque definita la campagna di indagini da effettuare con lo scopo di redigere lo studio di MS.

Per le indagini in sito, considerando la informazioni già disponibili sul capoluogo grazie allo stesso Programma VEL, è stata effettuata esclusivamente una campagna integrativa geofisica di tipo sismico, così distribuita (Tabella 4.3):

Tipologia Indagini	Bagnone U.T.O.E. 1 Sett. 1.1	Orturano U.T.O.E. 1 Sett. 1.3	Corlaga U.T.O.E. 1 Sett. 1.2	Vico U.T.O.E. 3 Sett. 3.1	Treschietto U.T.O.E. 3 Sett. 3.3
STAZIONI HVSR	2	-	3	3	3
STESA SISMICA TIPO MASW	2	-	1	1	1
STESA SISMICA A RIFRAZIONE IN "ONDE P"	-	1	-	-	-
TOT	4	1	4	4	4

Tabella 4.3

Il totale dei dati di tipo sismico e geognostico, quindi, considerando le indagini pregresse e quelle nuove, ammonta a:

Indagini TOT	113
---------------------	------------

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Alla luce di quanto descritto ai paragrafi precedenti, si intende definire sinteticamente il modello geologico del sottosuolo relativo ad ogni singola località oggetto di MS.

1. BAGNONE

L'U.T.O.E. 1 Loc. Bagnone 1.1 è quella che si presenta più complessa sotto il profilo geologico-stratigrafico-strutturale e geomorfologico.

In affioramento sono presenti depositi riconducibili alle formazioni di Argille e Calcari di Canetolo (ACC), Arenaria Macigno (MAC), depositi alluvionali antichi terrazzati (bn) e depositi alluvionali recenti (aa), aree in frana quiescente (a1q) e riporti (Rip.) di natura antropica.

La formazione dell'Arenaria Macigno è presente soprattutto nella porzione centrale, mentre le zona a nord e sud del centro storico sono dominate dalla formazione delle Argille e Calcari; i depositi alluvionali antichi terrazzati, risultano in affioramento sovrapposte alle formazioni precedenti, con spessori anche molto variabili. Nel dettaglio abbiamo:

Zona Case Grottò - Campo di Leugio		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione</i>
Depositi Alluvionali antichi terrazzati (bn) costituiti da ciottoli e ghiaia in matrice limo-sabbiosa e argillosa.	20-25	Depositi incoerenti mediamente addensati, con livelli più areati nella porzione più superficiale (0-5 mt).
Arenaria Macigno: alternanza di livelli di arenaria a granulometria più grossolana e livelli più fini siltitici (MAC).		Livelli di alterazione nella parte iniziale del materiale arenaceo con fatturazione presente, ma che diminuisce di persistenza all'aumentare della profondità.

Molini di Marzo		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione</i>
Depositi Alluvionali antichi terrazzati (bn) costituiti da ciottoli e ghiaia in matrice limo-sabbiosa e argillosa.	5-15	Depositi incoerenti in genere mediamente addensati, con livelli più areati nella porzione più superficiale (0-5 mt).
Arenaria Macigno: alternanza di livelli a granulometria più grossolana e livelli più fini (MAC).	10<S<?	Livelli di alterazione nella parte iniziale del materiale arenaceo con fatturazione presente, ma che diminuisce di persistenza all'aumentare della profondità.

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

Campo di Leugio		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione</i>
Terreni di copertura detritico-eluviale, costituiti da ghiaie e ghiaietto in matrice limosa (aa).	2-5	Depositi incoerenti da sciolti a poco addensati.
Argille e Calcari di Canetolo: Argilliti grigio scure o nere a cui s'intercalano strati medi e sottili di calcilutiti marnose o silicee grigio chiare, calcareniti grigio scure talora in strati spessi (ACC).	n.d.	Materiale fogliettato, fratturato, scaglioso.

Stadio		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione</i>
Riporto antropico (Rip.): materiale eterogeneo di varia natura (legno, laterizi, ciottoli) inglobati in matrice limo-argillosa.	5-6	Materiale incoerente da sciolto a poco addensato.
Depositi Alluvionali antichi terrazzati (bn) costituiti da ciottoli e ghiaia in matrice limo-sabbiosa e argillosa.	4-5	Depositi incoerenti da mediamente a molto addensati.
Arenaria Macigno: alternanza di livelli a granulometria più grossolana e livelli più fini (MAC).		Livelli di alterazione nella parte iniziale del materiale arenaceo con fatturazione che diminuisce di persistenza all'aumentare della profondità.

Bagnone centro storico		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione.</i>
Arenaria Macigno: alternanza di livelli arenacei di spessore anche plurimetrico e livelli più fini di spessore pluridecimetrico pelitici o siltitici (MAC). E' possibile che in affioramento lungo i versanti sia sovrastato da 0-3 mt di copertura detritico-eluviale.	30 limite di profondità indagato dalle indagini disponibili	Materiale litoide quarzoso felsdpatico con alternanze di livelli a granulometria media-fine e medio-grossolana. Presenta diverso grado di fatturazione. Molto marcata e persistente con presenza talora di fratture aperte (fino a 10 cm) entro i primi 10 m di profondità dove appare anche soggetta a processi ossidativi.

Medio versante		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione</i>
Terreni di copertura detritico-eluviale, costituiti da ghiaie e	2-5	Depositi incoerenti da sciolti a poco addensati.

ghiaietto in matrice limosa (aa).		
Arenaria Macigno: alternanza di livelli arenacei di spessore anche plurimetrico e livelli più fini di spessore pluridecimetrico pelitici o siltitici.	20-30 (presunto)	Materiale litoide quarzoso felsdpatico con alternanze di livelli a granulometria media-fine e medio-grossolana. Presenta diverso grado di fatturazione. Molto marcata e persistente con presenza talora di fratture aperte (fino a 10 cm) entro i primi 10 m di profondità dove appare anche soggetta a processi ossidativi.

Alveo T. Bagnone		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione.</i>
Argille e Calcari di Canetolo: Argilliti grigio scure o nere a cui s'intercalano strati medi e sottili di calcilutiti marnose o silicee grigio chiare, calcareniti grigio scure talora in strati spessi (ACC).	15<S<?	Materiale estremamente fratturato e scompaginato, di aspetto scaglioso.

Nezzana		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione.</i>
Terreni di copertura detritico-eluviale, costituiti da ghiaie e ghiaietto in matrice limosa (aa).	2-8	Depositi incoerenti da poco a mediamente addensati.
Argille e Calcari di Canetolo: Facies Argillitica (ACC).	10-25	Materiale estremamente fratturato, fogliettato e scompaginato.
Argille e Calcari di Canetolo: facies calcarea (ACC).	15-20	Calcari fratturati con tracce di ossidazione.
<i>Arenaria Macigno: roccia quarzoso felsdpatica con granulometria media-fine</i>	<i>5<S<?</i>	<i>Fratturata, con piani di frattura talora caratterizzati da ricristallizzazione di quarzo.</i>
<i>*la presenza dell'arenaria macigno è stata accertata in profondità solo dal sondaggio VEL S7</i>		

Piano		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione.</i>
Depositi Alluvionali antichi terrazzati (bn) costituiti da ciottoli e ghiaia in matrice limo-sabbiosa e argillosa.	2-6	Depositi incoerenti da poco a mediamente addensati.
Argille e Calcari di Canetolo: Facies Argillitica (ACC).	10-15	Materiale estremamente fratturato, fogliettato e scompaginato.
Argille e Calcari di Canetolo: facies calcarea (ACC).	15-20	Calcari fratturati con tracce di ossidazione.
<i>N.B Una possibile interpretazione della stesa sismica tipo MASW eseguita presso il Piano di Bagnone,</i>		

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

potrebbe far ipotizzare la presenza, al di sotto delle litologie sopra descritte, la presenza di litotipi con $V_s > 2500$ m/s, forse MAC, ma la sua determinazione non è certa a causa della mancanza di indagini più accurate.

2. ORTURANO

L'U.T.O.E. 1 Loc. Orturano 1.3 è in massima parte caratterizzata dalla presenza, come già detto, delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC), sovrastate da terreni di natura detritico-eluviale (a) e localmente interessate dalla presenza di corpo franosi quiescenti (a1q). Esclusivamente nella porzione morfologicamente più elevata, ove sorge il nucleo storico di Orturano di Sopra, affiorano anche i Calcari del Gruppo del Vescovo (CGV). Nel dettaglio abbiamo:

Orturano di Sotto - Giunasco		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione.</i>
Terreni di copertura detritico-eluviale, costituiti da ghiaie e ghiaietto in matrice limosa (aa).	2-8	Depositi incoerenti da sciolti a poco addensati.
Argille e Calcari di Canetolo: Facies Argillitica (ACC).	10-25	Materiale estremamente fratturato, fogliettato e scompaginato.
Argille e Calcari di Canetolo: facies calcarea (ACC).	15-20	Calcari fratturati con tracce di ossidazione.
? <i>Arenaria Macigno*: roccia quarzosa feldspatica con granulometria media-fine.</i>	<i>5 < S < ?</i>	<i>Fratturata, con piani di frattura talora caratterizzati da ricristallizzazione di quarzo.</i>
<i>*La presenza dell'arenaria macigno è stata accertata in profondità solo dal sondaggio VEL S7 in prossimità dell'abitato di Nezzana.</i>		

Orturano di Sopra		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione.</i>
Calcari del gruppo del Vescovo: banchi torbiditici calcarei o calcareo-marnose grigio chiare in strati spessi e molto spessi a cui s'intercalano calcilutiti e calcilutiti marnose. La formazione è eteropica con la parte alta delle Argille e calcari (ACC).	30 limite di profondità indagato dalle indagini disponibili	Materiale calcareo in grandi bancate, localmente interessato da processi di dissoluzione e fatturazione che lo rendono soggetto a "sblocchettare" anche elementi plurimetrici.

3. CORLAGA

L'U.T.O.E. 1 Loc. Corlaga 1.2, mostra ampiamente diffusi terreni di copertura detritico-eluviale (aa) sovrastanti, con spessori variabili, le Argille e Calcari di Canetolo (ACC). Nella porzione Nord dell'U.T.O.E. è presente anche una zona in frana quiescente (a1q), in posizione altimetricamente

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

sopraelevata rispetto al centro, non lontano dalla strada che conduce alla Loc. Stazzone. Nel dettaglio abbiamo:

Corlaga centro		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione.</i>
Terreni di copertura detritico-eluviale, costituiti da ghiaie e ghiaietto in matrice limosa (aa).	5-8	Depositi incoerenti da poco a mediamente addensati.
Argille e Calcari di Canetolo: Facies Argillitica (ACC).	30<S<?	Materiale estremamente fratturato, fogliettato e scompaginato.

Corlaga sud		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione.</i>
Terreni di copertura detritico-eluviale, costituiti da ghiaie e ghiaietto in matrice limosa (aa).	2-5	Depositi incoerenti mediamente addensati.
Argille e Calcari di Canetolo: Facies Argillitica (ACC).	10-25	Materiale estremamente fratturato, fogliettato e scompaginato.
<i>N.B Una possibile interpretazione di stazione HVSR posizionate presso la zona, potrebbe far ipotizzare la presenza, al di sotto delle litologie sopra descritte, di litotipi con Vs>900 m/s, forse ACC in facies Calcarea, ma la loro determinazione non è certa a causa della mancanza di indagini più accurate.</i>		

4. VICO

L'U.T.O.E. 3 Loc. Vico 3.1, mostra ampiamente diffusi i terreni di natura alluvionale, riferibili ai depositi terrazzati antichi (bn) sovrastanti, con spessori variabili, la formazione del Flysch di Ottone (OTO).

Nella porzione nord si ha un affioramento di estensione molto contenuta del Complesso di Casanova (CCV2) e, nella parte a sud di loc. Canneto, sul versante NO, una zona molto ampia cartografata come frana quiescente (a1q). Nel dettaglio abbiamo:

Vico Centro		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione</i>
Depositi Alluvionali antichi terrazzati (bn) costituiti da ciottoli e ghiaia in matrice limo-sabbiosa e argillosa.	2-6	Depositi incoerenti da sciolti a mediamente addensati.
Flysch di Ottone (OTO) costituito da Torbiditi calcareo-marnose in strati da medi o molto spessi a cui s'intercalano marne siltose, argilliti ed argilliti calcaree, arenarie fini e siltiti.	10-15	Materiale in banchi piuttosto competenti, con livelli di natura calcarea o calcareo-marnosa aventi spessore metrico o plurimetrico, alternato a livelli di argilliti decimetrici. Si tratta di materiale soggetto a deformazione fragile pervasiva molto intensa.

Flysch di Ottone	20<S<?	Come sopra ma caratterizzato da migliore qualità geotecnica, il grado di fatturazione risulta presumibilmente inferiore.
------------------	--------	--

Canneto est		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione</i>
Complesso di Casanova rappresentato da paraconglomerati polimittici grigio scuri o grigio-verdi (CCV2).	n.d.	In affioramento appaiono matrice-sostenuti con i clasti, da subangolosi a subarrotondati, da centimetrici a decimetrici.

Vico sud-est		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione</i>
Depositi Alluvionali antichi terrazzati (bn) costituiti da ciottoli e ghiaia in matrice limo-sabbiosa e argillosa.	2-5	Depositi incoerenti da sciolti a mediamente addensati.
Flysch di Ottone (OTO) costituito da Torbiditi calcareo-marnose in strati da medi o molto spessi a cui s'intercalano marne siltose, argilliti ed argilliti calcaree, arenarie fini e siltiti.	30-35	Materiale in banchi piuttosto competenti, con livelli di natura calcarea o calcareo-marnosa aventi spessore metrico o plurimetrico, alternato a livelli di argilliti decimetrici. Si tratta di materiale soggetto a deformazione fragile pervasiva molto intensa.
Flysch di Ottone	n.d.	Come sopra ma caratterizzato da migliore qualità geotecnica, il grado di fatturazione risulta presumibilmente inferiore.

Vico est		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione</i>
Depositi Alluvionali antichi terrazzati (bn) costituiti da ciottoli e ghiaia in matrice limo-sabbiosa e argillosa.	2-4	Depositi incoerenti da poco o mediamente addensati.
Flysch di Ottone (OTO) costituito da Torbiditi calcareo-marnose in strati da medi o molto spessi a cui s'intercalano marne siltose, argilliti ed argilliti calcaree, arenarie fini e siltiti.	n.d.	Materiale con livelli di natura calcarea o calcareo-marnosa alternati a livelli di argilliti decimetrici. Si tratta di materiale fratturato.

Vico Canneto		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione</i>
Terreni di copertura detritico-		Depositi incoerenti sciolti o mediamente

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

eluviale, costituiti da ghiaie e ghiaietto in matrice limosa (aa).	0-3	addensati.
Flysch di Ottone costituito da Torbiditi calcareo-marnose in strati da medi o molto spessi a cui s'intercalano marne siltose, argilliti ed argilliti calcaree, arenarie fini e siltiti.	5-10	Materiale in banchi piuttosto competenti, con livelli di natura calcarea o calcareo-marnosa aventi spessore metrico o plurimetrico, alternato a livelli di argilliti decimetrici. Si tratta di materiale soggetto a deformazione fragile pervasiva molto intensa.
Flysch di Ottone	n.d.	Come sopra ma caratterizzato da migliore qualità geotecnica, il grado di fatturazione risulta presumibilmente inferiore.

5. TRESCHIETTO

L'elemento caratterizzante l'U.T.O.E. 3 Loc. Treschietto 3.3 sono ampi perimetri in cui sono state individuate frane quiescenti, ad interessare i terreni, soprattutto di natura detritico eluviale (aa), sovrapposti al Flysch di Ottone (OTO. Nella porzione est dell'area ai depositi di Flysch, si sovrappongono alluvioni terrazzate (bn). Nel dettaglio abbiamo:

Castello - Querceto		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione</i>
Terreni di copertura detritico-eluviale, costituiti da ghiaie e ghiaietto in matrice limosa (aa).	0-3	Depositi incoerenti mediamente addensati.
Flysch di Ottone costituito da Torbiditi calcareo-marnose in strati da medi o molto spessi a cui s'intercalano marne siltose, argilliti ed argilliti calcaree, arenarie fini e siltiti.	5-10	Materiale in banchi piuttosto competenti, con livelli di natura calcarea o calcareo-marnosa aventi spessore metrico o plurimetrico, alternato a livelli di argilliti decimetrici. Si tratta di materiale soggetto a deformazione fragile pervasiva molto intensa e localmente anche piegato, con fratture in cerniera.
Flysch di Ottone	n.d.	Come sopra ma caratterizzato da migliore qualità geotecnica, il grado di fatturazione risulta presumibilmente inferiore.

Treschietto Valle		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione</i>
Depositi Alluvionali antichi terrazzati (bn) costituiti da ciottoli e ghiaia in matrice limo-sabbiosa e argillosa.	2-5	Depositi incoerenti da sciolti a mediamente addensati, con clasti anche di dimensione pluridecimetrica in matrice argillo limosa, deb. sabbiosa.
Flysch di Ottone costituito da Torbiditi calcareo-marnose in strati	30-35	Materiale in banchi piuttosto competenti, con livelli di natura calcarea o calcareo-marnosa

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

da medi o molto spessi a cui s'intercalano marne siltose, argilliti ed argilliti calcaree, arenarie fini e siltiti.		aventi spessore metrico o plurimetrico, alternato a livelli di argilliti decimetrici. Si tratta di materiale soggetto a deformazione fragile pervasiva molto intensa.
Flysch di Ottone	n.d.	Come sopra ma caratterizzato da migliore qualità geotecnica, il grado di fatturazione risulta presumibilmente inferiore.

Paestrol		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione</i>
Terreni di copertura detritico-eluviale, costituiti da ghiaie e ghiaietto in matrice limosa (aa)	2-7	Depositi incoerenti mediamente addensati.
Flysch di Ottone costituito da Torbiditi calcareo-marnose in strati da medi o molto spessi a cui s'intercalano marne siltose, argilliti ed argilliti calcaree, arenarie fini e siltiti.	10-20	Materiale in banchi piuttosto competenti, con livelli di natura calcarea o calcareo-marnosa aventi spessore metrico o plurimetrico, alternato a livelli di argilliti decimetrici. Si tratta di materiale soggetto a deformazione fragile pervasiva molto intensa.
Flysch di Ottone	n.d.	Come sopra ma caratterizzato da migliore qualità geotecnica, il grado di fatturazione risulta presumibilmente inferiore.

Treschietto Ostello		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione</i>
Depositi Alluvionali antichi terrazzati (bn) costituiti da ciottoli e ghiaia in matrice limo-sabbiosa e argillosa.	2-5	Depositi incoerenti da sciolti a mediamente addensati, con clasti anche di dimensione pluridecimetrica in matrice argillo limosa, deb. sabbiosa.
Flysch di Ottone (OTO) costituito da Torbiditi calcareo-marnose in strati da medi o molto spessi a cui s'intercalano marne siltose, argilliti ed argilliti calcaree, arenarie fini e siltiti.	20	Materiale in banchi piuttosto competenti, con livelli di natura calcarea o calcareo-marnosa aventi spessore metrico o plurimetrico, alternato a livelli di argilliti decimetrici. Si tratta di materiale soggetto a deformazione fragile pervasiva molto intensa.
Flysch di Ottone	n.d.	Come sopra ma caratterizzato da migliore qualità geotecnica, il grado di fatturazione risulta presumibilmente inferiore.

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

6. STIMA SEMIQUANTITATIVA DELLA QUALITA' DELLA CARTOGRAFIA MOPS

Nelle specifiche tecniche regionali (di cui alle Del. GRT. n.261/2011 e Del. GRT. n.741/2012) è stata inserita una procedura semiquantitativa per la stima del livello di qualità delle cartografie MOPS. Tale procedura è stata applicata per stabilire se la disponibilità (sia in termini quantitativi che qualitativi) dei dati a disposizione è sufficiente per la stesura di uno studio di MS di buon dettaglio.

Il metodo è stato definito dal Gruppo di Lavoro Nazionale per la Microzonazione Sismica, rappresenta una integrazione agli Indirizzi e Criteri Nazionali per la Microzonazione Sismica (ICMS), ed è stato pubblicato anche sul Volume di Ingegneria Sismica 2/2011.

Al fine di consentire una rapida valutazione è stato messo a disposizione dalla stessa Regione un foglio di calcolo in excel basato sulla base delle Indagini nuove e/o pregresse in possesso del Professionista all'atto della Redazione del Livello di MS. In base alla Procedura semiquantitativa sono state speditivamente attribuite le seguenti classi:

U.T.O.E. 1	QUALITA' DELLA CARTA DI MS
1.1 BAGNONE	B
1.2 CORLAGA	C
1.3 ORTURANO	C
U.T.O.E. 3	QUALITA' DELLA CARTA DI MS
3.1 VICO	C
3.3 TRESCHIETTO	C

Tabella 6.1

Ne deriva quindi che, pur avendo eseguito nuove indagini in sito (HVSR – Rifrazione in onde P, MASW), la qualità degli elaborati non risulterà ottimale e sarebbero auspicabili nuove campagne geognostiche e geofisiche.

Indagini in numero e qualità buona sono a disposizione soltanto per la Loc. Bagnone Capoluogo (interessata dal programma di indagini del Progetto VEL), sebbene anche qui siano concentrate nella porzione centrale e risultino molto scarse, sia nella zona del Piano di Bagnone sia nella zona posta all'estremo nord del perimetro.

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE

Ai fini della realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) e delle cartografie propedeutiche ad essa, sono state effettuate indagini sismiche di varia natura, come già detto: misure di rumore sismico ambientale a stazione singola con la determinazione del rapporto H/V, indagini MASW (con la finalità di acquisire ulteriori informazioni a conforto della fase di modellazione del sottosuolo) ed uno stendimento di sismica a rifrazione in onde P. Quanto sopra si è reso necessario in ragione di una generale scarsità di indagini in sito, in gran parte caratterizzate da qualità non soddisfacente.

Le specifiche tecniche e gli standard di riferimento con cui sono state eseguite tali indagini, indicate dalla struttura Servizio Sismico regionale, sono le seguenti:

- Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;
- Specifiche tecniche regionali: Allegato A alla DGRT n. 741/2012;
- Istruzioni Tecniche del Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana;
- Indicazioni contenute nel Volume di Ingegneria Sismica 2/2011;
- Standard di rappresentazione ed archiviazione informativa, versione 2.0 -beta II (Commissione Tecnica per la MS, art. 5 comma 7 dell'O.P.C.M. n. 3907 del 13.11.2010 - Giugno 2012);
- Indicazioni contenute Volume di Ingegneria sismica 2/2011.

7.1 - DESCRIZIONE DELLE INDAGINI

7.1.1 - Misure di rumore sismico a stazione singola (HVSR)

È stata utilizzata la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) con tromografo digitale (indagine sismica con metodologia dei microtremori). La misura del rumore sismico ambientale è stata acquisita con strumentazione tromografica portatile, dotata di tre canali di acquisizione connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione, in grado di misurare le componenti della velocità (moto) di ogni strato lungo le direzioni N-S; E-W; H-V.

L'elaborazione del microtremore registrato fornisce i rapporti spettrali HVSR o H/V (Nogoshi & Igarashi, 1970) e consente di stimare le frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo.

Per gli aspetti teorici essenziali e le principali applicazioni si veda, fra gli altri, Nakamura (1989), SESAME project (2004), Castellaro e Mulargia (2009a, 2009b), Albarello et alii (2010), Albarello e Castellaro (2011), Mucciarelli e Gallipoli (2011).

Per le analisi del microtremore sismico è stato utilizzato un tromografo digitale della ditta Micromed (Tromino modello TEP-0118/01-10) con software di elaborazione dedicato.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate le curve H/V utilizzando i seguenti parametri:

- • Tempo di acquisizione: 20 min;
- • Frequenza di campionamento: 128 Hz;
- • Larghezza delle finestre d'analisi: 20 s;
- • Lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 20% della frequenza centrale.

In totale sono state effettuate 11 misure di rumore sismico ambientale a stazione singola (per l'ubicazione delle misure si veda la Carta dell'ubicazione delle Indagini e la Carta delle frequenze di risonanza del sottosuolo).

Per ogni misura effettuata vengono presentati in un quadro unitario (tavole in allegato), insieme ai parametri di acquisizione ed elaborazione dei dati, le curve H/V ottenute, gli spettri delle tre componenti del moto, i grafici della direzionalità e i grafici delle serie temporali, questi ultimi depurati da eventuali transienti.

Per tutte le misure l'elaborazione dei dati è stata eseguita lisciando gli spettri con una finestra triangolare al 20% della frequenza centrale. Una volta verificato che la curva H/V ottenuta non fosse affetta da perdita di informazioni significative per eccessivo smoothing degli spettri, abbiamo cercato di evidenziare la presenza o meno di eventuali picchi di origine antropica (artefatti).

Il territorio esaminato non è comunque caratterizzato da un'importante attività industriale ed artigianale con macchinari in grado di produrre rumore monocromatico (artefatti) a frequenze tali da poter disturbare le curve H/V e, sovrapponendosi al segnale di origine stratigrafica, influenzare sia in frequenza sia in ampiezza i massimi significativi, rendendone problematica, in taluni casi, l'interpretazione. Nella fase di interpretazione dei dati è stata quindi posta particolare attenzione al riconoscimento degli artefatti e alla valutazione del loro effetto sulle curve H/V attraverso l'analisi di queste ultime congiuntamente ai relativi spettri delle singole componenti.

Gli standard di qualità adottati prevedono una classificazione delle curve H/V in 3 classi (A, B e C) di qualità decrescente da A a C. Le classi A e B sono ulteriormente suddivise in due tipologie (tipo 1 e tipo 2). Per il significato di questa classificazione, riportato sinteticamente in tutte le tavole allegate, si veda Albarello et alii (2010) e Albarello e Castellaro (2011).

Quattro curve sono classificabili in classe A, le restanti 7 ricadono in classe B. Ognuna di queste ultime è coerente con le curve delle misure MASW ed è in ragionevole accordo con i dati stratigrafici di sottosuolo disponibili. Anche le curve classificate in classe B, quindi, possono esprimere in maniera affidabile le frequenze di risonanza del sottosuolo.

E' stato principalmente analizzato l'intervallo di frequenze di maggiore interesse ingegneristico, ossia quello compreso tra 1 e 20 Hz. I risultati ottenuti per questo range di frequenze è sintetizzato nella Carta delle Frequenze Principali di Risonanza; i dati in essa contenuti, incrociati con i dati geotecnici, stratigrafici e sismici disponibili sull'area, hanno contribuito alla redazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica per le porzioni di territorio del Comune di Bagnone oggetto di MS.

I risultati ottenuti sono riassunti nella sottostante Tabella 7.1.

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

Stazione	Ubicazione	Frequenza di picco f0 (Hz)	Picco HVSR	Classificazione Curva	Profondità contrasto 1 (m)	Profondità contrasto 2 (m)
HVSR1	Treschietto	5.47	1.9	B1	2	<u>32/34</u>
HVSR2	Treschietto	7.34	1.81	B2	2.5/3.0	<u>22/24</u>
HVSR3	Treschietto	19.97	4.56	A1	<u>2.8/3</u>	n.d.
HVSR4	Vico	1.56	1.33	B2	2	<u>>50 ?</u> (126/128)
HVSR5	Vico	19.97	3.34	A1	<u>3/3.2</u>	35-37 (?)
HVSR6	Vico	1.50	1.66	B2	2.5	<u>>50 ?</u> (120/125)
HVSR7	Corlaga	5.63	2.07	B2	n.d.	n.d.
HVSR8	Corlaga	2.59	2.30	A1	12	<u>>50 ?</u> (63/65)
HVSR9	Corlaga	5.47	1.98	B2	2.5	<u>27/28</u>
HVSR10	Nezzana	5.63	2.05	B2	5	<u>20/21</u>
HVSR11	Piano	19.97	1.90	A2	<u>3/4</u>	n.d.

Tabella 7.1. (in **grassetto** sottolineato, il contrasto determinato dalla frequenza di picco)

Come emerge dai risultati, il territorio esplorato presenta una sostanziale uniformità dei dati con la maggior parte delle frequenze comprese tra 2.6 e 7.3 Hz e bassi contrasti di impedenza $1.66 < H/V < 2.3$, di cui solo 2 misure $H/V > 3$. Per quanto riguarda i picchi a frequenze maggiori (intorno a 20 Hz), visto che il valore H/V è quasi sempre superiore a 3 (solo una misura risulta 1.9), si ritiene che siano da considerarsi a discreto contrasto di impedenza.

Nei sistemi semplici monostrato + bedrock, la frequenza di risonanza del sedimento dipende dallo spessore H del materiale e dalla velocità "media" delle onde S del sedimento stesso secondo la semplice relazione $f = V_s/4H$ conoscendo lo spessore H del sedimento è possibile avere informazioni sulla velocità media delle V_s , viceversa, conoscendo la V_s è possibile definire lo spessore H .

Questa correlazione ha consentito, grazie anche all'utilizzo delle V_s ricavate dalle indagini MASW eseguite in prossimità della misura passiva di rumore, di valutare la profondità del livello che genera risonanza e di confrontarlo con ulteriori dati geognostici raccolti, ove presenti.

Per informazioni più dettagliate sulle misure effettuate (condizioni ambientali, tipo di superficie di misura, "pulizia" dei dati, processing, spettri ottenuti, ecc.) si rimanda alle tavole di sintesi allegate. Le tavole riportano anche, per ogni misura, una stima della affidabilità del dato secondo gli standard suggeriti dalle linee guida del SESAME Project (2004) e da Albarello et alii (2010).

La stima di massima degli spessori della Tabella 7.1 è stata ottenuta mediante modellizzazione e fitting delle curve ottenute con HVSR (vedi Allegato 1).

7.1.2 - Indagine MASW

Per l'acquisizione MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono stati realizzati 5 profili aventi lo scopo di valutare le caratteristiche di velocità delle onde di taglio V_s ed acquisire ulteriori informazioni a conforto della fase di modellazione HVSR.

La strumentazione utilizzata è composta da un prospettore sismico DOLANG JEA 24 BIT, con

geofoni verticali da 4.5 Hz e da una mazza battente per la generazione dell'impulso sismico. Gli stendimenti hanno previsto la disposizione lineare di 12 geofoni equispaziati di 2 m, per una lunghezza totale pari a 24 m. Sono state effettuate 2 energizzazioni con mazza battente da 10 kg, disposte esternamente al profilo ad una distanza di 6 e 12 m dal geofono 1.

I dati acquisiti sono stati poi elaborati, ottenendo la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh. L'inversione numerica delle curve individuate, attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici o per modellazione diretta (valutazione di un possibile modello rispetto allo spettro osservato), consente di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo. Le curve di dispersione utilizzate per i processi di inversione sono quelle che consentono di raggiungere le maggiori profondità di indagine tra le curve ottenute elaborando i dati relativi alle energizzazioni esterne agli stendi menti. I risultati ottenuti, tutti in buon accordo con gli altri rilevamenti di tipo geofisico (in termini di Vs e profondità dei contrasti), sono riassunti nelle sottostanti tabelle 7.2, 7.3 suddivisi per UTOE.

UTOE 1

MASW Corlaga (a)				
Strato	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Quota (m)	h (m)
h1	291	119	1.1	1.1
h2	418	201	3.7	2.6
h3	520	250	6.2	2.5
h4	976	469	14.2	8.0
h5	1873	900	-	-
MASW Nezzana (b)				
Strato	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Quota (m)	h (m)
h1	416	200	1.1	5.0
h2	916	440	3.7	10.0
h3	1311	630	6.2	5.0
h4	1978	950	14.2	12
h5	2589	1230	-	-
MASW Piano (c)				
Strato	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Quota (m)	h (m)
h1	581	279	1.8	1.8
h2	749	360	5.8	4.0
h3	1353	650	17.8	12.0
h4	1978	950	32.8	15.0
h5	5214	2500	-	-

Tabella 7.2 (a, b, c)

UTOE 3

MASW Treschietto (a)				
Strato	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Quota (m)	h (m)
h1	808	330	-2.9	2.9
h2	1353	650	-22.9	20.0
h3	3122	1500	-	-
MASW Vico (b)				
Strato	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Quota (m)	h (m)
h1	637	260	-2.7	2.7
h2	1041	500	-12.7	10.0
h3	1873	900	-52.7	40.0
h4	2914	1400	-72.7	20.0
h5	3955	1900	-	-

Tabella 7.3 (a, b)

Per ulteriori informazioni sulle misure effettuate (geometria, processing, spettri ottenuti, ecc.) si rimanda all'ALL.1.

7.1.3 – Indagine sismica a rifrazione (Onde P)

La tecnica sismica a rifrazione è diffusamente applicata in ambito ingegneristico e trova applicazione nella determinazione delle caratteristiche visco-elastiche dei mezzi naturali e nell'individuazione di variazioni litologico-stratigrafiche e di velocità di propagazione delle onde sismiche.

La prova sismica a rifrazione eseguita nella frazione di Orturano è stata condotta eseguendo le misure con le modalità procedurali atte a produrre un'acquisizione per onde P.

Per l'indagine sismica a rifrazione lo schema d'acquisizione utilizzato ha previsto il posizionamento di 24 geofoni interspaziati per la linea ST1 di 3 m (lunghezza stendimento 72 metri). Per ciascuna linea sono state realizzate 7 basi di energizzazione (2 esterne a 3 m di distanza dai geofoni estremi e 5 interne ogni 4 geofoni). La strumentazione utilizzata è composta da un acquisitore a 24 canali della Dolang (JEA 24 - 24 bit Acquisition System), con geofoni verticali a frequenza di 10 Hz e da una mazza battente da 10 kg per la generazione dell'impulso sismico.

In riferimento alla stesa realizzata, oltre alla elaborazione classica è stata effettuata anche l'elaborazione tomografica, infatti, la presenza di evidenti inversioni di velocità (ben visibile dall'analisi delle dromocrone) rendeva piuttosto complicata l'interpretazione mediante tecnica tradizionale.

L'elaborazione ha messo in evidenza la presenza di almeno quattro orizzonti sismici:

1. Il primo orizzonte sismico ha uno spessore compreso fra 0.5 m e 1.7, con le velocità delle onde di compressione che variano fra 189 m/sec e 267 m/sec; tali velocità sono riferibili al terreno naturale areato e a limi, limi argillosi e limi sabbiosi a scarso grado di addensamento.
2. Il secondo orizzonte sismico si trova fino a profondità variabile fra 1.2 m e 6.3 m dal piano campagna, con velocità tra 871 e 1099 m/sec; tali classi di velocità possono essere riferite alla presenza di materiale detritico alterato e fratturato, vale a dire ghiaie, ciottoli e trovanti a maggior grado di addensamento.
3. Il terzo orizzonte sismico si trova fino a profondità variabile fra 11 m e 22 m dal piano campagna, con velocità tra 1830 e 2063 m/sec; tali classi di velocità possono essere riferite alla presenza del substrato a minor grado di alterazione e fratturazione.
4. La velocità lungo il quarto orizzonte sismico sono sempre superiori a 2800 m/sec, riferibili sempre al substrato roccioso integro.

Dai risultati dell'inversione tomografica si osserva una distribuzione delle velocità sismiche con sismo-strati a velocità crescente e disposti circa parallelamente alla superficie del piano campagna, in special modo per quanto riguarda i primi 3/4 m dal piano campagna, con un approfondimento della isolinea dei 2000 m/s nella porzione centrale/terminale dello stendimento ST1 fino a circa 14 m dal piano campagna.

Le velocità sono comprese tra un minimo di 200 m/s ed un massimo di 3600 m/s.

Si nota inoltre la presenza, all'inizio ed alla fine dello stendimento, di repentine risalite degli strati a maggiore velocità, delimitate molto probabilmente da piccole strutture (tettoniche o stratigrafiche) sepolte, da mettere in relazione a piccole dislocazioni di faglia oppure a litofacies differenti appartenenti alla stessa formazione geologica.

Una interpretazione possibile dei dati raccolti con la Stesa sismica a rifrazione in onde P di Orturano è riportata in Fig. 7.1

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

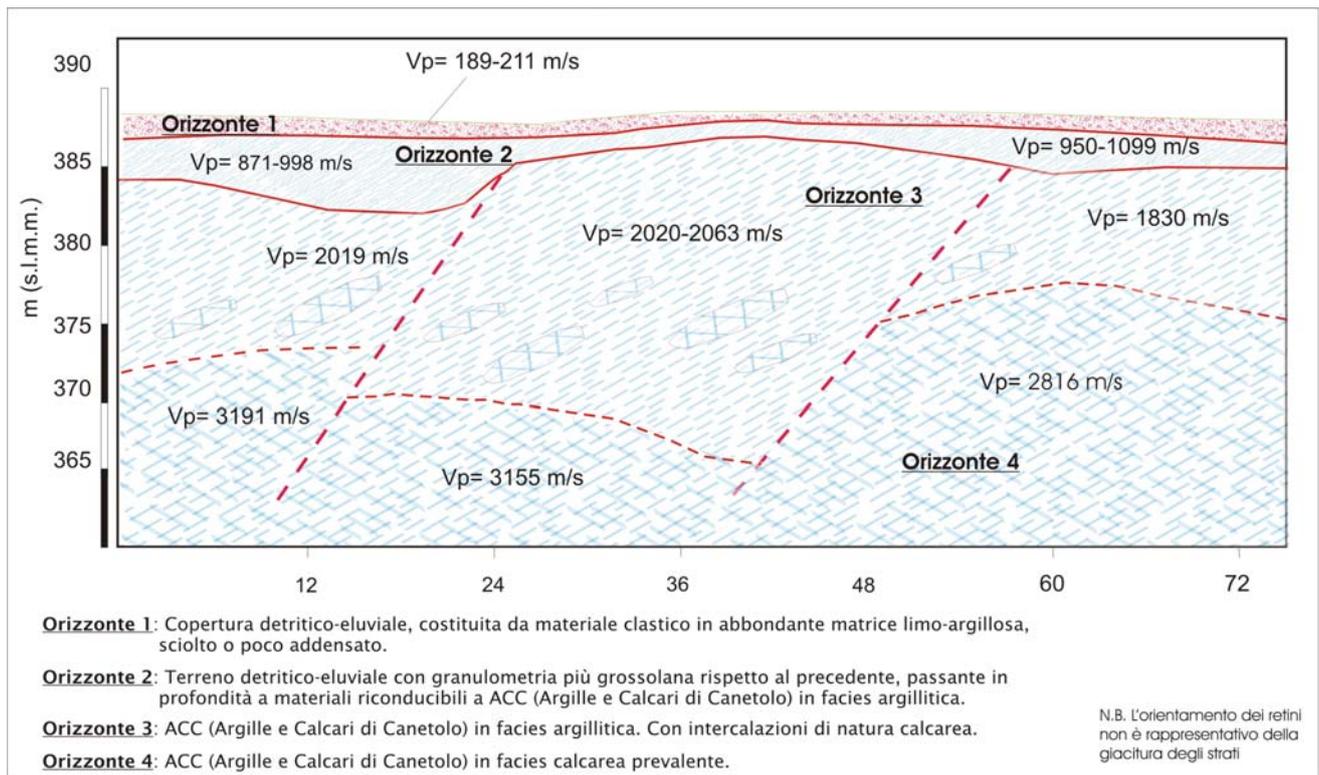


Fig. 7.1 SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA INTERPRETATIVA (SCALA GRAFICA)

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

8.1 CARTA DELLE INDAGINI

La Carta delle indagini contiene tutte le indagini pregresse e/o di nuova realizzazione utilizzate per la redazione degli studi di MS rappresentate utilizzando la simbologia e le specifiche tecniche per l'informatizzazione previste dagli Standard di rappresentazione ed archiviazione informativa, versione 2.0 - beta II (Commissione Tecnica per la MS, art. 5 comma 7 dell'O.P.C.M. n. 3907 del 13.11.2010 (Giugno 2012)). Le indagini, già elencate al §4 in base alla loro tipologia sono state cartografate come segue (Fig. 8.1):

-  Prova penetrometrica dinamica leggera
-  Prova penetrometrica dinamica pesante
-  Stazione microtremore a stazione singola
-  Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni
-  Verticale virtuale lungo profilo sismico a rifrazione
-  Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato
-  Trincea o pozzetto esplorativo
-  Profilo sismico a rifrazione
-  MASW

Fig. 8.1 Elementi della Carta delle Indagini

L'ubicazione è rappresentata negli stralci in scala 1:2.000 della "Carta delle Indagini" secondo le specifiche Standard di rappresentazione ed archiviazione informativa, versione 2.0 - beta II (Commissione Tecnica per la MS, art. 5 comma 7 dell'O.P.C.M. n. 3907 del 13.11.2010 (Giugno 2012)).

L'insieme dei dati raccolti, ha permesso di disporre di un totale di 113 dati, tra puntuali e lineari.

Si fa presente che tutte le indagini lineari sono ulteriormente state rappresentate, secondo gli standard di archiviazione sopra menzionati, con i relativi punti delle "verticali virtuali".

8.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

La “carta geologico-tecnica per gli studi di microzonazione sismica” è una tipologia di carta che contiene tutte informazioni di base necessarie per la definizione del modello di sottosuolo ed è inoltre funzionale per la successiva realizzazione della Carta MOPS (livello 1). Essa riporta le informazioni inerenti:

- Unità geologico-tecniche distinte tra terreni di copertura e substrato geologico rigido e non rigido;
- Elementi tettonico-strutturali;
- Elementi geologici ed idrogeologici;
- Elementi derivanti dalla instabilità di versante

Nella carta elaborata per il presente studio non è stata fatta la rappresentazione con le “isobate del substrato” in quanto sia il territorio montano, con configurazione geologica particolare, sia l’eterogeneità della distribuzione delle indagini geognostiche, non ne hanno permesso la realizzazione.

Con particolare riferimento alle cartografie geologiche già realizzate nel corso del programma VEL nel caso di Bagnone Capoluogo ed Orturano, questa carta è frutto di una revisione a scala di dettaglio delle cartografie geologiche e geomorfologiche esistenti, unitamente a tutti i dati litologici, stratigrafici e litotecnici acquisiti. La cartografia è corredata da sezioni geologico-tecniche significative, in numero ritenuto adeguato (Loc. Bagnone, Loc. Orturano VEL e Loc. Vico).

8.2.1 - Unità geologico-tecniche

Tenendo conto del modello di sottosuolo ricostruito, la carta riporta l’indicazione dei terreni di copertura e del substrato geologico, sia esso di tipo rigido sia di tipo non rigido, secondo le corrispondenze riportate di seguito (Tabella 8.1 - 8.2) e corrispondenti agli “Standard di rappresentazione ed archiviazione v.2 beta II (Giugno 2012)”:

Terreni di Copertura

<i>Formazione Geologica</i>	<i>Sigla in carta</i>	<i>Genesi</i>	<i>Vs (m/s)</i>
Depositi Alluvionali antichi terrazzati (bn)	GC Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia ed argilla	Terrazzo fluviale (tf)	Vs generalmente inferiore a 800 m/s
Terreni di copertura detritico-eluviale (a)	GM Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo	Eluvio-Colluviale (ec)	Vs sempre inferiore a 800 m/s
Riporto antropico (Rip.): materiale eterogeneo con resti di attività antropica	RI	Terreno di Copertura	Vs sempre inferiore a 800 m/s

Tabella 8.1

Substrato rigido o non rigido

<i>Formazione Geologica</i>	<i>Sigla in carta</i>	<i>Genesi</i>	<i>Vs (m/s)</i>
Arenaria Macigno (MAC).	ALS Alternanza di Litotipi, stratificato	Substrato geologico RIGIDO	Vs >800 m/s
Calcare del Groppo del Vescovo (CGV).	ALS Alternanza di Litotipi, stratificato	Substrato geologico RIGIDO	Vs >800 m/s
Flysch di Ottone (OTO).	NRS Alternanza di Litotipi, stratificato alterato, deformato e fratturato	Substrato geologico NON RIGIDO	Vs <800 m/s
Flysch di Ottone (OTO).	ALS Alternanza di Litotipi, stratificato	Substrato geologico RIGIDO	Vs >800 m/s
Argille e Calcari di Canetolo (ACC) – Facies argillitica (fa)	NRS Alternanza di Litotipi con assetto fogliettato e scompaginato	Substrato geologico NON RIGIDO	Vs <800 m/s
Argille e Calcari di Canetolo (ACC) – Facies calcarea (fc)	ALS Alternanza di Litotipi interessati da vario grado di fatturazione stratificato	Substrato geologico RIGIDO	Vs >800 m/s
Complesso di Casanova (CCV)	GR Granulare cementato	n.d.	n.d.

Tabella 8.2

L'attribuzione in carta alle singole zone è stata eseguita seguendo il criterio della litologia affiorante, tenendo però come riferimento, per i terreni di natura incoerente (terreni di copertura di tab. 8.1), spessori minimi di circa 5 m, là dove invece il primo orizzonte incoerente ha evidenziato spessori inferiori, nella Carta Geologico-Tecnica è stato riportato il substrato rigido/non rigido.

<i>Litologia dei terreni di copertura</i>		<i>Litologia dei terreni del substrato</i>	
RI 	Terreno di riporto o rimaneggiato (origine antropica)	ALS (R) 	Substrato alternanza di litotipi stratificato (Mac, OTO, ACC _{fc} ; con 2000<Vp<4600 m/s - Vs>800 m/s)
GC 	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla (moderatamente addensate)	ALS* (R) 	Substrato alternanza di litotipi stratificato (presenza presunta in loc. Corlaga da dati HVSR, ACC _{fc} ; Vs>800 m/s)
GM 	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (moderatamente addensate)	NRS 	Substrato geologico non rigido stratificato (ACC _{fa} , OTO; 1200<Vp<2000 m/s - Vs<800 m/s)
GM* 	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (moderatamente addensate; spessori localmente 5-10m)	GR (NR) 	Substrato granulare cementato (non rigido) (CCV2)

Fig. 8.2 Terreni di Copertura e Substrato della Carta Geologico-tecnica

L'unica eccezione al criterio sopra esposto è il caso della Loc. Nezzana (Bagnone Capoluogo) dove, sebbene da punto a punto lo spessore della coltre detritica possa variare anche tra 5-8 mt, è stato scelto di rappresentare nella Carta Geologico-Tecnica il substrato (in questo caso ACC_{fa} non rigido NRS).

8.2.2 - Elementi tettonico-strutturali

La carta geologico-tecnica riporta i seguenti elementi tettonico-strutturali:

- Faglia Inverse;
- Faglie Trascorrenti;
- Faglie dirette presunte;
- Orli di scarpata morfologica con $10 < H < 20$ mt.

8.2.3 - Elementi geologici ed idrogeologici

La carta geologico-tecnica riporta i seguenti elementi di tipo geologico-idrogeologico:

- Profondità del substrato rigido raggiunto da sondaggio (m dal p.c. locale);
- Giacitura degli strati.

8.2.4 - Elementi derivanti dall'instabilità di versante

La carta geologico-tecnica riporta i seguenti elementi legati all'instabilità di versante:

- Frane attive complesse;
- Frane quiescenti.

8.3 CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI

Ai fini dello studio di Microzonazione Sismica è stata realizzata, in corrispondenza principalmente dei 5 nuclei considerati, la Carta delle Frequenze Fondamentali dei Depositi, in scala 1:5.000.

Nella presente cartografia sono riportati i risultati della campagna di misure di microtremore a stazione singola HVSR, comunemente nota con il termine HVSR, condotte secondo gli standard e i criteri stabiliti dagli ICMS e quelli indicati nel Volume di Ingegneria sismica 2/11 (Albarelo e Castellano), per la misura delle frequenze fondamentali dei depositi.

Per una dettagliata trattazione e valutazione della procedura di acquisizione ed elaborazione e quindi della qualità del dato, si rimanda alla "Relazione descrittiva indagini sismiche finalizzate alla

realizzazione dello studio di Microzonazione Sismica di Livello 1", redatta dal dott. Geol. M. Giovannetti e ai relativi allegati, nonché a quanto già descritto al §7 della presente Relazione.

La campagna di misure strumentali è stata realizzata in corrispondenza dei centri abitati significativi individuati e distribuita in maniera uniforme, tenendo conto della distribuzione delle altre indagini pregresse disponibili e delle condizioni litostratigrafiche e geologiche del sito, nonché delle previsioni del nuovo R.U..

La rappresentazione grafica scelta è stata quella semplificata con l'ubicazione dei punti di misura distinti con dei cerchi di colore variabile in funzione della frequenza del picco (f_0) e con raggio variabile in funzione dell'ampiezza (A_0).

Lo scopo di tale indagine è stato quello di individuare qualitativamente zone caratterizzate o meno da fenomeni di risonanza significativi e quelle caratterizzate da alti contrasti di impedenza.

Inoltre l'elaborazione dei risultati ottenuti ha fornito indicazioni e conferme ai fini della ricostruzione del Modello geologico di sottosuolo per la stesura delle MOPS, con particolare riferimento al confronto tra lo spessore delle coperture stimate e le frequenze fondamentali (Albarello et al., 2010).

Nelle Tabelle seguenti (Tabella 8.3-8.4) sono riportati indicati gli intervalli rappresentati in carta, relativamente ai valori di picco f_0 ed alla loro ampiezza (A_0):

Frequenza di Picco f_0 (Hz)
0.0-2.9
3.0-5.9
6-9.9
≥ 10

Tabella 8.3

Ampiezza A_0
1.3-1.99
2.0-3.29
≥ 3.3

Tabella 8.4

Si sottolinea comunque come l'assenza di picco significativo indichi l'assenza di amplificazione stratigrafica, elemento ben evidente in corrispondenza di HVSr7 di Corlaga.

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

Questa carta, che rappresenta il principale elaborato del livello 1, individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e in relazione all'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e di alcune tipologie di dati geofisici, è prevedibile l'occorrenza di diverse tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica. Di particolare importanza a questo scopo risulta la ricostruzione del modello geologico-tecnico dell'area e l'individuazione dei litotipi che possono costituire il substrato rigido accompagnata da una stima approssimativa della loro profondità rispetto al piano di campagna ed una stima di massima del contrasto di impedenza sismica atteso.

Nella carta MOPS di livello 1, redatta per il territorio comunale di Bagnone secondo gli standard di rappresentazione ed archiviazione richiesti, sono stati rappresentati i seguenti elementi:

- Elementi lineari, caratterizzati da orli di scarpata morfologica, come già riportato nella "Carta geologico-tecnica per la MS";
- Elementi tettonici e strutturali, rappresentati dalla faglie dirette, trascorrenti e faglie dirette presunte, come già riportato nella "Carta geologico-tecnica per la MS";
- Ubicazione delle indagini HVSR e valore del picco di frequenza (f_0);
- Zone suscettibili di instabilità di versante, corrispondenti a zona in frana "attiva", e "quiescente" perimetrazione derivante dalla "Carta geologico-tecnica per la MS". Tali zone sono soggette ad amplificazione sismica per effetti dinamici.
- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali; tali perimetrazioni sono il risultato di interpolazioni fatte sulla base dei risultati di indagini geognostiche, geologia e geomorfologia presente, interpretazione delle misure di frequenza HVSR - MASW e conseguente rappresentazione in sezioni stratigrafiche identificative per ogni singola zona (colonnine stratigrafiche in legenda).

Queste zone sono soggette ad amplificazione sismica per effetti stratigrafici (differenza di risposta sismica tra substrato e copertura), e per contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse.

Nel Comune di Bagnone non sono state individuate "Zone Stabili", in quanto seppur il substrato roccioso sia spesso affiorante o sub-affiorante, presenta in grande prevalenza acclività $> 15^\circ$, con l'esclusione di porzioni del territorio analizzato di estensione veramente limitata e dunque non significativa ai fini dello studio di MS.

Indipendentemente dalle caratteristiche litologiche, come già si è potuto evincere dalla descrizione della Carta Geologico-tecnica, formazioni diverse sono state talora accorpate sotto la medesima sigla utilizzando come comune denominatore il loro comportamento sismico (rigido o non rigido); in altri casi invece la stessa formazione è stata suddivisa in sotto-unità, poiché marcatamente caratterizzate da comportamento sismico diverso. Quest'ultimo è il caso delle Argille e Calcari di Canetolo che hanno evidenziato grandi differenze nelle loro due facies prevalenti : argillitica e calcarea, ma è stato rilevato anche un discreto grado di variabilità verticale anche per la formazione del Flysch di Ottone che ha mostrato talora livelli talmente alterati e fratturati da non rappresentare più un substrato sismico rigido.

La cartografia realizzata ha consentito di individuare 16 zone stabili ma suscettibili di amplificazione locale, descritte e rappresentate come segue:

Zona 1		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione.</i>
ALS	30 (limite di profondità indagato dalle indagini disponibili)	Materiale litoide quarzoso felsdpatico (MAC) o di natura calcarea (CGV). Può presentare Vp con valori compresi tra 1500 m/s, nei livelli molto fratturati, e >2500 m/s in quelli più integri e Vs con valori compresi tra circa 700-800 m/s, nei livelli molto fratturati, e 1400-1600 m/s in quelli più integri. SUBSTRATO SISMICO RIGIDO

Zona 2		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione</i>
GC	2-4	Depositi incoerenti da poco o mediamente addensati (bn), con Vp < 650 m/s Vs < 360 m/s
ALS	n.d.	Materiale con livelli di natura calcarea o calcareo-marnosa (OTO) alternati a livelli di argilliti decimetrici. Si tratta di materiale fratturato, con Vp < 1600 m/s Vs = 800 m/s SUBSTRATO SISMICO RIGIDO

Zona 3		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione</i>
GM	2-5	Depositi incoerenti da sciolti a poco addensati (aa). Vp presunta minore di 800 m/s; Vs presunta inferiore 250 m/s
ALS	20-30 m (presunti)	Materiale litoide quarzoso felsdpatico (MAC) con alternanze di livelli a granulometria media-fine e medio-grossolana. Presenta diverso grado di fatturazione: molto marcata e persistente (anche con fratture aperte fino a 10 cm) entro i primi 10 m di profondità dove appare anche soggetta a processi ossidativi. Vp con valori compresi tra 1000 m/s, nei livelli molto fratturati, e 2900 m/s in quelli più integri Vs con valori compresi tra circa 550 m/s, nei livelli molto fratturati, e 1670 m/s in quelli più integri. SUBSTRATO SISMICO RIGIDO

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

Zona 4		
Litologia	Spessore (m)	Stato di addensamento/Stato di Fratturazione
GC	5-15	Depositi incoerenti in genere mediamente addensati (bn), con livelli più areati nella porzione più superficiale (0-5 mt). Vp= 1100-1400 m/s Vs=750-800 m/s
ALS	10<S<?	Roccia arenacea MAC o Facies Calcarea di ACC, con fatturazione e laminazione che diminuiscono di persistenza all'aumentare della profondità. Vs>1000 m/s SUBSTRATO SISMICO RIGIDO.

Zona 5		
	Spessore (m)	Stato di addensamento/Stato di Fratturazione
CG	20-25	Depositi incoerenti mediamente addensati (bn), con livelli più areati nella porzione più superficiale (0-5 mt). Vp= 1100-2300 m/s Vs=650-900 m/s
ALS	10<S<?	Livelli di alterazione nella parte iniziale di roccia arenacea con fatturazione presente nel sottosuolo (MAC), ma che diminuisce di persistenza all'aumentare della profondità Vp= 4600 m/s Vs=1400-1500 m/s SUBSTRATO SISMICO RIGIDO.

All'interno di GC è possibile riscontrare forti contrasti di impedenza. Una Dh eseguita nella zona di Grottò-Campo di Leugio ha dato S=5.5 mt (tra 2.5/8 mt di profondità dal p.c.) valori di Vs=920 m/s (S3 programma VEL)

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

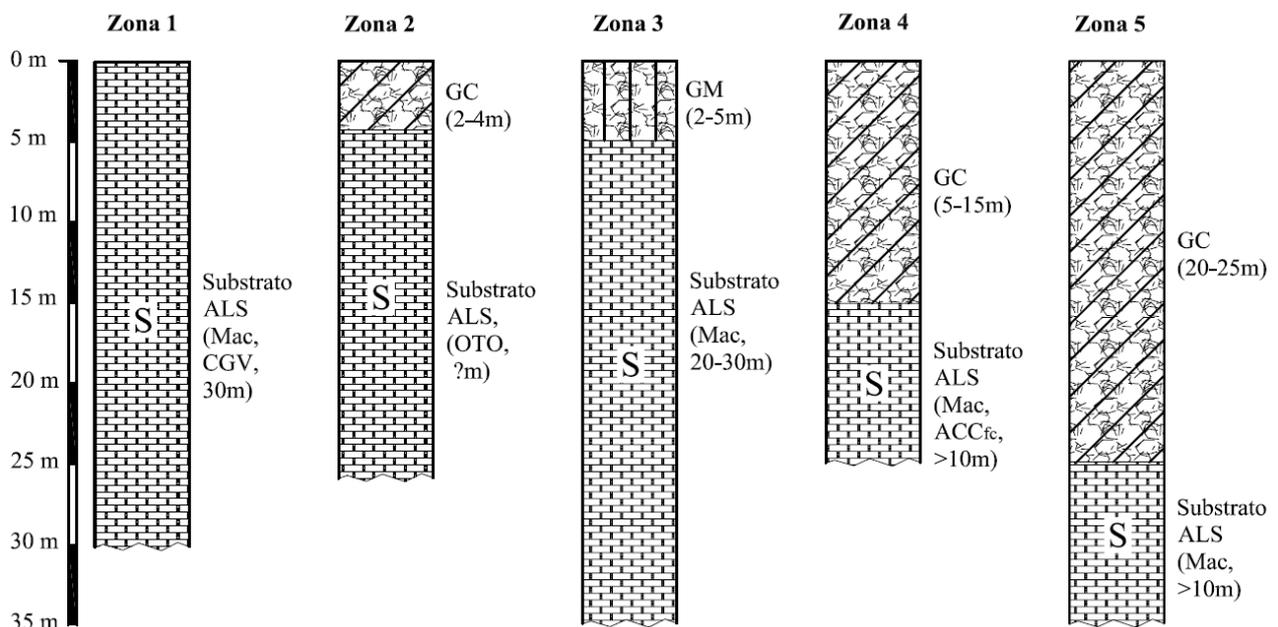


Fig. 8.3 Sezioni Stratigrafiche rappresentative (Zona 1-5)

Zona 6		
Litologia	Spessore (m)	Stato di addensamento/Stato di Fratturazione.
NRS	15<S<?	Materiale litoide estremamente fratturato e scompaginato (ACC), di aspetto scaglioso con Vs presunta < 800 m/s. SUBSTRATO SISMICO NON RIGIDO

Zona 7		
Litologia	Spessore (m)	Stato di addensamento/Stato di Fratturazione
GM	2-5	Depositi incoerenti da sciolti a poco addensati (aa). Vp presunta minore di 800 m/s; Vs presunta inferiore 250 m/s.
NRS	10<S<?	Materiale fogliettato, fratturato, scaglioso (ACC). Vs presunta inferiore a 800 m/s. SUBSTRATO SISMICO NON RIGIDO

Zona 8		
Litologia	Spessore (m)	Stato di addensamento/Stato di Fratturazione.
GM	6-10	Depositi incoerenti da poco a mediamente addensati (aa) con Vp < 600 m/s; Vs < 300 m/s.
NRS	30<S<?	Materiale argillitico estremamente fratturato, fogliettato e scompaginato (ACC) con Vp < 1300 m/s e Vs < 700 m/s. SUBSTRATO SISMICO NON RIGIDO

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

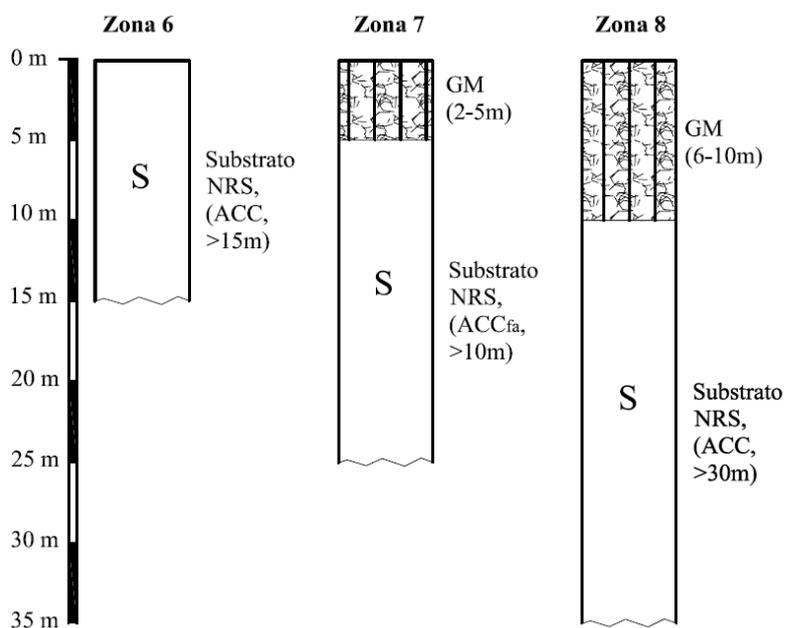


Fig. 8.4 Sezioni Stratigrafiche rappresentative (Zona 6-8)

Zona 9		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione</i>
GM	0-3	Depositi incoerenti sciolti o mediamente addensati (aa) con Vp presumibilmente inferiore a 600 m/s e Vs mai oltre 300/350 m/s.
NRS	5-10	Materiale in banchi piuttosto competenti (OTO), con livelli di natura calcarea o calcareo-marnosa aventi spessore metrico o plurimetrico, alternato a livelli di argilliti decimetrici. Si tratta di materiale soggetto a deformazione fragile pervasiva molto intensa, con Vp presunta pari a circa 1500-1600 m/s e Vs presunta pari a 600-800 m/s.
ALS	n.d.	Come sopra (OTO) ma caratterizzato da migliore qualità geotecnica, il grado di fatturazione risulta presumibilmente inferiore. Velocità presunte: Vp>2000 m/s Vs>1000 m/s. SUBSTRATO SISMICO RIGIDO

Zona 10		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione.</i>
GC	5-10	Depositi incoerenti da poco a mediamente addensati (bn). $250 < V_s < 480$ m/s.
NRS	10-15	Materiale litoide argillitico (ACC) estremamente fratturato, fogliettato e scompaginato, con Vp pari a circa 2000 m/s e Vs con valori di circa 650 m/s.
ALS	15-20	Materiale litoide calcareo fratturato (ACC) con Vp intorno a 2800 m/s e Vs ci circa 950 m/s in quella calcarea. SUBSTRATO SISMICO RIGIDO

N.B Una possibile interpretazione della stesa sismica tipo MASW 5 eseguita presso il Piano di Bagnone, potrebbe far ipotizzare la presenza, al di sotto delle litologie sopra descritte, la presenza di litotipi con $V_s > 2500$ m/s, forse MAC, ma la sua determinazione non è certa a causa della mancanza di indagini dirette.

Zona 11		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione</i>
GC	2-5	Depositi incoerenti da sciolti a mediamente addensati (bn), con Vp< 650 m/s e Vs<360 m/s.
NRS	10-20	Materiale in banchi piuttosto competenti, (OTO) con livelli di natura calcarea o calcareo-

		marnosa aventi spessore metrico o plurimetrico, alternato a livelli di argilliti decimetrici. Si tratta di materiale soggetto a deformazione fragile pervasiva molto intensa, con $V_p < 1200$ m/s e $V_s < 600$ m/s
ALS	$20 < S < ?$	Come sopra (OTO) ma caratterizzato da migliore qualità geotecnica, il grado di fatturazione risulta presumibilmente inferiore, con $V_p < 1800$ m/s e $V_s < 900$ m/s SUBSTRATO SISMICO RIGIDO

Zona 12		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione</i>
GM	3-7	Depositi incoerenti mediamente addensati (aa) con V_p presumibilmente inferiore a 600 m/s e V_s mai oltre 300/350 m/s.
NRS	10-20	Materiale in banchi piuttosto competenti, con livelli di natura calcarea o calcareo-marnosa aventi spessore metrico o plurimetrico, alternato a livelli di argilliti decimetrici. Si tratta di materiale soggetto a deformazione fragile pervasiva molto intensa. V_p presunta pari a circa 1500-1600 m/s e V_s presunta pari a circa 600 m/s
ALS	n.d.	Come sopra ma caratterizzato da migliore qualità geotecnica, il grado di fatturazione risulta presumibilmente inferiore. Velocità presunte: $V_p > 2000$ m/s $V_s > 1000$ m/s SUBSTRATO SISMICO RIGIDO

Zona 13		
<i>Litologia</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Stato di addensamento/Stato di Fratturazione.</i>
GM	2-5**	Depositi incoerenti da poco a mediamente addensati (aa) con V_p presunta minore di 600 m/s; V_s presunta inferiore 250 m/s.
NRS	10-25	Materiale litoide argillitico (ACC) estremamente fratturato, fogliettato e scompaginato. V_p pari a circa 2000 m/s e V_s con valori di circa 400 m/s.
ALS*	15-20	<i>Materiale litoide calcareo fratturato (ACC)</i> V_p intorno a 2800 m/s e V_s di circa 950 m/s. SUBSTRATO SISMICO RIGIDO

* nella Loc. Corlaga la presenza di ALS* è da considerarsi probabile e suggerita dalla modellazione di HVSR7, ma mancano dati certi

** in Loc. Nezzana gli spessori della coltre detritica possono localmente essere anche >5m.

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

Zona 14		
Litologia	Spessore (m)	Stato di addensamento/Stato di Fratturazione
GC	2-5	Depositi incoerenti da sciolti a mediamente addensati (bn) con $V_p < 600$ m/s $V_s < 350$ m/s.
NRS	30-35	Materiale in banchi piuttosto competenti (OTO), con livelli di natura calcarea o calcareo-marnosa aventi spessore metrico o plurimetrico, alternato a livelli di argilliti decimetrici. Si tratta di materiale soggetto a deformazione fragile pervasiva molto intensa. $V_p < 1500$ m/s $V_s = 750$ m/s
ALS	n.d.	Come sopra (OTO) ma caratterizzato da migliore qualità geotecnica, il grado di fatturazione risulta presumibilmente inferiore. $V_p = 2000-3000$ m/s $V_s = 1000-1500$ m/s SUBSTRATO SISMICO RIGIDO

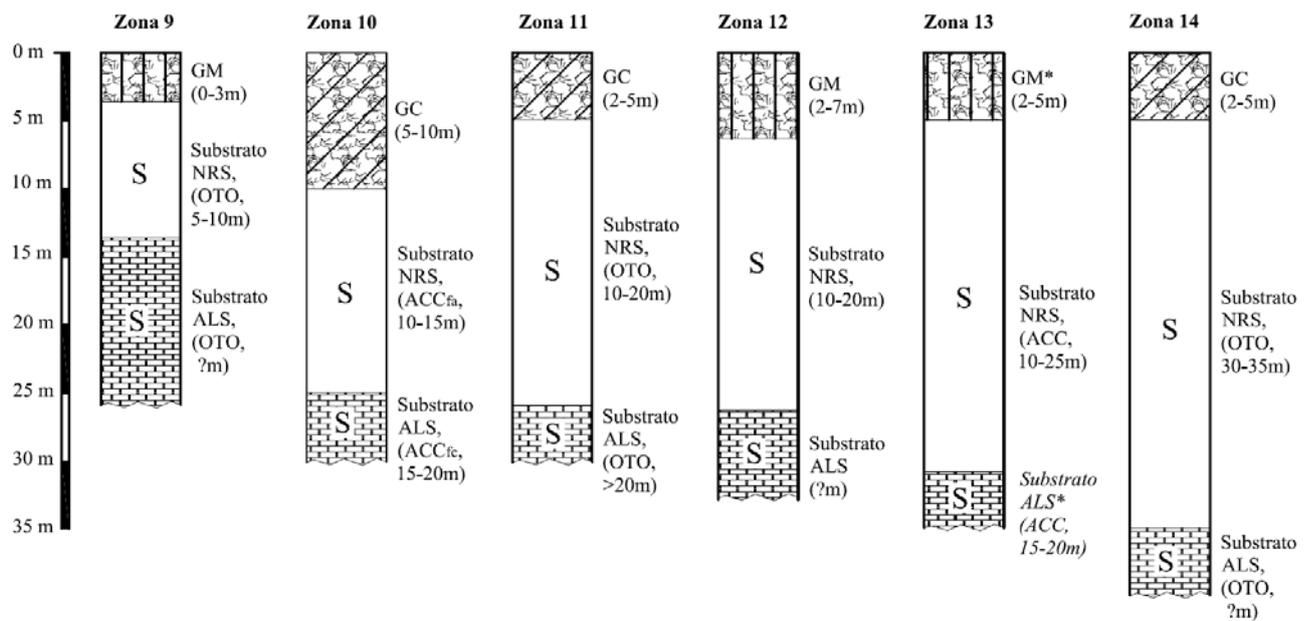


Fig. 8.5 Sezioni Stratigrafiche rappresentative (Zona 9-14)

Zona 15		
Litologia	Spessore (m)	Stato di addensamento/Stato di Fratturazione
RI	5-6	Materiale incoerente da sciolto a poco addensato (Ri). $V_p = 650-750$ m/s $V_s < 300$

		m/s.
GC	4-5	Depositi incoerenti da mediamente a molto addensati (bn) con $V_p=1100$ m/s $V_s=480$ m/s.
ASL		Livelli di alterazione nella parte iniziale del materiale arenaceo presente nel sottosuolo (MAC), con fatturazione che diminuisce di persistenza all'aumentare della profondità e $V_p=2100$ m/s; $V_s=1200$ m/s. SUBSTRATO SISMICO RIGIDO

Zona 16		
Litologia	Spessore (m)	Stato di addensamento/Stato di Fratturazione
GR	n.d.	Paraconglomerati matrice-sostenuti con i clasti, da subangolosi a sub arrotondati (CCV2), da centimetrici a decimetrici. SUBSTRATO SISMICO NON RIGIDO

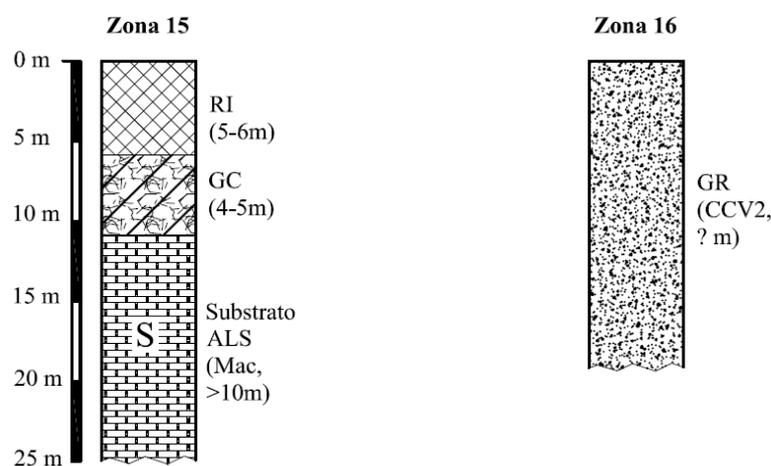


Fig. 8.6 Sezioni Stratigrafiche rappresentative (Zone 15-16)

8.5 COMMENTI FINALI E CRITICITA'

All'interno delle singole aree scelte per la "microzonazione omogenea in prospettiva sismica-livello 1", con dettaglio del relativo modello geologico individuato si osserva dunque quanto segue:

1. BAGNONE

All'interno dell'area di Bagnone Capoluogo U.T.O.E. 1 - Sett. 1.1 sono presenti le seguenti zone:

ZONA	DISTRIBUZIONE
1	Caratterizza l'area del centro storico e ben visibile in alveo del T. Bagnone. Arenaria macigno

	in alternanza di strati medio-fini e medio-grossolani, molto alterata e fratturata nei primi 10 mt. Vs con valori compresi tra circa 700-800 m/s, nei livelli molto fratturati, e 1400-1600 m/s in quelli più integri.
3	Presente nella zone di medioversante soprattutto in prossimità del centro storico, dove il Macigno è sovrastato da spessori fino a 5 mt di copertura detritico-eluviale sciolta o poco addensata. La copertura presenta Vs presunta inferiore 250 m/s; il substrato mostra Vs con valori compresi tra circa 550 m/s, nei livelli molto fratturati più superficiali, e 1670 m/s in quelli più integri.
4	Presente nella zona di Molini di Marzo, Ca Bandelli, Ca Zappelli ed in prossimità del fondovalle a SO del centro storico. Il Macigno è sovrastato da terreni alluvionali antichi con Smax fino a 15m, mediamente addensati. Per i terreni alluvionali le Vs misurate sono state di circa 750-800 m/s, per il substrato Vs>1000 m/s
5	Presente nella zona Case Grottò, Campo di Leugio, dove il Macigno, con Vs=1400-1500 m/s è sovrastato da 20-25 m di depositi alluvionali antichi mediamente addensati (0-5 m più areati) Vs=650-800 m/s.
6	Presenti in alveo del T. Bagnone, si tratta di argilliti molto fratturate e scompagnate con Vs presunta < 800 m/s
7	Presente nella zona nord (C. di Leugio) dove le Argille e Calcari di Canetolo, Vs presunta inferiore a 800 m/s, sono sovrastate da depositi di copertura detritico-eluviale da sciolti a poco addensati, Vs presunta inferiore 250 m/s aventi S= 2-5 mt.
10	Presente presso Piano di Bagnone dove spessori tra 5-10 mt di depositi alluvionali antichi da poco a mediamente addensati, con 250<Vs<480 m/s, sovrastano la facies argillitica delle Argille e Calcari di Canetolo con Vs inferiore a 800 m/s S=10-15 m. A seguire spessori di 15-20 mt di ALS, corrispondente ad ACC in facies calcarea.
13	Ampiamente presente nella zona di Nezzana, dove sono presenti depositi sciolti o poco addensati di copertura detritico-eluviale, con Vs presunta <250 e spessore localmente fino a 8 m, seguiti in profondità da ACC in facies argillitica (fa) con Vs di circa 400 m/s ed ancora più in profondità, oltre 20 mt da ACC in facies calcarea (fc) con Vs misurata di 950 m/s e S=10-15 mt.
15	La zona dello stadio è caratterizzata da spessori di materiale di riporto anche discreti 5-6 m, sciolti o poco addensati Vs<300 m/s, seguiti da depositi alluvionali antichi med. addensati o addensati, con spessori 4-5 mt, e Vs =480 m/s ed infine Macigno con Vs=1200 m/s.
	Frane quiescenti
	Frane attive

2. ORTURANO

All'interno dell'area di Orturano U.T.O.E. 1 - Sett.1.3 sono presenti le seguenti zone:

ZONA	DISTRIBUZIONE
1	Caratterizza l'area del centro storico di Orturano di Sopra ove affiora il Calcarea del Groppo del Vescovo Vs presunta >800 m/s.
13	Ampiamente presente nella zona di Orturano di sotto ed a nord del borgo storico, dove sono presenti depositi sciolti o poco addensati di copertura detritico-eluviale, con Vp >280

	<p>m/s e $V_s < 200$ m/s e spessore localmente fino a 2-3 m, seguiti in profondità da ACC in facies argillitica (fa) con V_p di circa 800-1000 e V_s presunta intorno a 400 m/s ed ancora più in profondità, oltre 10-20 mt da ACC in facies calcare (fc) con V_p misurata di 1800-2000 m/s e V_s presunta 700/800 m/s .</p> <p>Un quarto orizzonte sismico osservato grazie ad una stesa sismica in onde P ha evidenziato valori di V_p sempre superiori a 2800 m/sec, riferibili sempre al substrato roccioso integro rigido, con $V_s > 1000$ m/s. La forte variabilità delle profondità è riferibile ad una presunta deformazione tettonica della formazione delle ACC.</p>
	Frane quiescenti

3. CORLAGA

All'interno dell'area di Corlaga U.T.O.E. 1 - Sett. 1.2 sono presenti le seguenti zone:

ZONA	DISTRIBUZIONE
8	Caratterizza gran parte della Loc. Corlaga, dove spessori variabili tra circa 2-6 mt di depositi detritico-eluviali da poco a mediamente addensati passano in profondità a ACC in facies argillitica. La V_s in quest'area non risulta mai superiore a < 800 m/s.
13	Presente nella zona sud di Corlaga dove sono presenti depositi mediamente addensati di copertura detritico-eluviale, con V_s presunta < 250 e spessore 2-5 m, seguiti in profondità da ACC in facies argillitica (fa) con $V_s < 800$ m/s, per uno spessore di circa 10-25 mt.
	Frane quiescenti

4. VICO

All'interno dell'area di Vico U.T.O.E. 3 Sett. 3.1 sono presenti le seguenti zone:

ZONA	DISTRIBUZIONE
2	Caratterizza l'area del centro di Canneto. Flysch di Ottone V_s circa 800 m/s, sovrastato da spessori tra 2-4 mt di alluvioni antichi terrazzati aventi $V_s < 360$ m/s.
9	Presente nella zona alta di Vico dove si hanno coperture detritiche 0-3 mt sciolte o poco addensate con V_s mai oltre 300-350 m/s, su spessori di circa 5-10 mt di OTO alterato e fratturato, V_s presunta pari a 600-800 m/s, e successivo OTO caratterizzato da migliore qualità geotecnica e presunta $V_s > 1000$ m/s
11	Presente in corrispondenza della zona centrale dove terreni alluvionali antichi con S_{max} fino a 2-5 m, da sciolti a mediamente addensati e $V_s < 360$ m/s sovrastano substrato non rigido riconducibile al Flysch di Ottone, $V_s < 600$ m/s e spessore 10-20 m. Più in profondità è presente substrato rigido, sempre OTO $V_{smax} = 900$ m/s
14	Presente presso Vico sud-est dove depositi sciolti o poco addensati di tipo alluvionale antico, con spessori 2-5 mt e $V_s < 350$ m/s, sovrastano livelli di Flysch di Ottone alterato e fratturato per spessori fino a 30-35 m dotati di $V_s = 750$ m/s e passanti a OTO integro con $V_s = 1000-1500$ m/s
16	Affioramento ad est di Canneto costituito da Paraconglomerati matrice-sostenuti con i clasti, da subangolosi a sub arrotondati (CCV2), da centimetrici a decimetrici.
	Frane quiescenti

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

5. TRESCHIETTO

All'interno dell'area di Treschietto U.T.O.E. 3 – Sett. 3.3 sono presenti le seguenti zone:

ZONA	DISTRIBUZIONE
9	Presente nella zona di Castello, Querceto e Treschietto centro dove si hanno coperture detritiche 0-3 mt mediamente addensate con Vs mai oltre 300/350 m/s, su spessori di 5-10 m di OTO con Vs presunta pari a 600-800 m/s soggetto a deformazione fragile pervasiva molto intensa e localmente anche piegato, con fratture, seguito da OTO integro presunta Vs>1000 m/s .
11	Presente in corrispondenza della est della località considerata dove terreni alluvionali antichi con Smax fino a 2-5 m, da sciolti a mediamente addensati e Vs<360 m/s sovrastano substrato non rigido riconducibile al Flysch di Ottone, Vs<600 m/s e spessore 20 m. Più in profondità è presente substrato rigido, sempre OTO Vsmax =900 m/s
12	Depositi detritico-eluviali con spessori 2-7 mt con Vs mai oltre 300-350 m/s presenti nella zona di Palestro, su spessori di circa 10-20 m di OTO, soggetto a deformazione fragile pervasiva molto intensa e Vs presunta pari a circa 600 m/s, che passa in profondità a Vs>1000 m/s.
14	Presente presso Treschietto Valle dove depositi sciolti o poco addensati di tipo alluvionale antico di spessore fino a 5 mt e con Vs<350 m/s, sovrastano livelli di Flysch di Ottone alterato e fratturato per spessori fino a 20 m dotati di Vs pari a circa 800 m/s e passante in profondità a OTO integro con Vs=1000-1500 m/s
	Frane quiescenti

Le zone più fragili dal punto di vista sismico, ossia quelle che hanno evidenziato un marcato contrasto di impedenza, risultano quindi quelle inserite in zona 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13 e 15. Si ricorda tuttavia che il presente studio è una MS di livello 1 e quindi non ha la pretesa di essere esaustivo. Alcuni dubbi permangono in alcune porzioni di territorio a causa della incompletezza delle indagini in sito; in particolare risultano scarse o di cattiva qualità le prospezioni geognostiche e geofisiche disponibili per le aree di:

- U.T.O.E. 1 – Sett. 1.1 Bagnone Capoluogo: Bagnone Piano, Bagnone Molini di Marzo;
- U.T.O.E. 3 – Sett. 3.3 Treschietto;
- U.T.O.E. 3 – Sett. 3.1 Vico

Si tratta di dubbi per lo più di natura stratigrafica ove, in assenza di indagini dirette, appare difficoltoso associare l'orizzonte sismico individuato con le indagini geofisiche (sebbene quindi talora sia noto l'andamento di Vs nel sottosuolo) ad una precisa formazione geologica. In tali casi, per tanto, si è preferito mantenere un approccio cautelativo nella attribuzione della pericolosità sismica del territorio, rimandando quindi ad indagini di maggior dettaglio per la definizione del quadro sismico e litostratigrafico locale, da effettuarsi nella progettazione esecutiva delle previsioni del R.U.

9. CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Lo studio di MS di livello 1 risulta fondamentale per la determinazione nella pianificazione attuativa di scelte mirate e idonee che tendano ad assicurare la riduzione del rischio sismico.

La sintesi delle informazioni derivanti dagli studi di MS, ha consentito di valutare le situazioni di pericolosità sismica delle diverse aree indagate, secondo i criteri della D.P.G.R. n.53/R/201 (par. B.7 e par. C.5 delle direttive dell'Allegato A).

La DPGR 53/R definisce:

Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4): zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in zona sismica 2;

Pericolosità sismica locale elevata (S.3): zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri;

Pericolosità sismica locale media (S.2): zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3);

Pericolosità sismica locale bassa (S.1): zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.

All'interno delle aree oggetto di MS, sono state individuate condizioni riconducibili a pericolosità sismica S.4, S.3 e S.2 come di seguito illustrato, non sono state riscontrate, invece, condizioni di pericolosità sismica S.1. Nel dettaglio, avremo (Tabella 9.1):

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

<p>PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE MOLTO ELEVATA (S.4)</p> <p>1. zone suscettibili di instabilità di versante attiva.</p>	
<p>PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE ELEVATA (S.3):</p> <p>1. zone suscettibili di instabilità di versante quiescente;</p> <p>2. zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse;</p> <p>3. zone soggette ad amplificazione per ragioni stratigrafiche, ossia zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e/o materiale litoide estremamente alterato, fratturato e/o scompaginato e substrato rigido, entro alcune decine di metri.</p> <p>4. - faglie e/o strutture tettoniche</p>	
<p>PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE MEDIA (S.2):</p> <p>1. zone suscettibili di amplificazione dovuta ad effetti topografici;</p> <p>2. zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un medio-basso contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido/non rigido, entro pochi metri.</p>	

Tabella 9.1

Più precisamente in base ai criteri sopra descritti, per le 16 microzone sismicamente omogenee individuate nella Carta MOPS, rappresentative del modello sismostratigrafico del sottosuolo, è stata definita la seguente attribuzione di pericolosità (Tabella 9.2):

ZONE	PERICOLOSITÀ SISMICA
1	S.3
2	S.3
3	S.3
4	S.3
5	S.3
6	S.2
7	S.2

8	S.3
9	S.3
10	S.3
11	S.3
12	S.3
13	S.3
14	S.3
15	S.3
16	S.3

Tabella 9.2

La Carta della Pericolosità sismica redatta in allegato alla presente rappresenta parte integrante delle indagini geologiche prodotte in supporto al nuovo R.U. comunale e sarà in base ad essa che verranno determinate e fattibilità delle previsioni del nuovo R.U. all'interno delle zone sottoposte a MS: U.T.O.E. 1 - Sett. 1.1 Bagnone Capoluogo, U.T.O.E. 1 - Sett. 1.3 Orturano, U.T.O.E. 1 - Sett. 1.2 Corlaga, U.T.O.E. 3 - Sett. 3.1 Vico e U.T.O.E. 3 - Sett. 3.3 Treschietto.

La disciplina delle trasformazioni nonché le limitazioni e le prescrizioni delle fattibilità ottenute sono oggetto della Relazione di Fattibilità redatta dalla scrivente in supporto al R.U e delle Norme Tecniche di Attuazione dello stesso.

Si ricorda che nelle situazioni di PERICOLOSITA SISMICA MOLTO ELEVATA, ELEVATA e MEDIA il R.U. determina i criteri generali da rispettare e le condizioni di attuazione delle previsioni. In esso sono individuate, infatti, sulla scorta delle informazioni ricavate dalla MS di livello 1 ed in funzione delle destinazioni d'uso delle previsioni urbanistiche, le condizioni di attuazione delle opere anche attraverso una programmazione delle indagini da eseguire in fase di predisposizione dello strumento attuativo oppure dei progetti edilizi, secondo quanto previsto dal punto 3.5 delle direttive di cui all'Allegato A del D.P.G.R. n° 53/R del 25.10.2011.

GEOETHICA
DOTT. GEOL. VANESSA GRECO

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore

10. BIBLIOGRAFIA

- Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;
- Istruzioni Tecniche per le indagini geologiche, geofisiche, geognostiche e geotecniche per la valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della toscana - Volume 1B "Criteri, metodologie, modalità di presentazione delle indagini e degli elaborati" - Istruzioni Tecniche del Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana (2007);
- Volume di "Ingegneria Sismica 2/2011";
- Catalogo parametrico dei terremoti italiano dall'anno 1000 al 2006 (CPT111) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.G.N.V.);
- Rapporto Tecnico Finale " del "Definizione dello stato delle conoscenze in materia di pericolosità sismica del territorio regionale, con approfondimento su elementi e aree particolari" redatto dal IVGV (C. Meletti, R. Camassi, M. Stucchi, G. Valensise, 2004);
- Piano Strutturale del Comune di Bagnone, Studio Geologico O. Domenichelli, Febbraio, 2011;
- Relazione di dettaglio attività sismica: Alpi Apuane (MASSA,LUCCA) MI 5.2 del 2013-06-21 10:33:57 UTC; versione del 2013-06-21 ore 14:19:38 UTC - INGV;
- Sismotettonica dell'Appennino settentrionale - Implicazioni per la pericolosità sismica della Toscana (E. Mantovani, M. Viti, D. Babbucci, N. Cenni, C. Tamburelli, A. Vannucchi, F. Falciani, G. Fianchisti, M. Baglione, V. D'intinosante, P. Fabbroni.) Febbraio 2010;
- Assetto tettonico e potenzialità sismo genetica dell'Appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana (E. Mantovani, M. Viti, D. Babbucci, N. Cenni, C. Tamburelli, A. Vannucchi, F. Falciani, G. Fianchisti, M. Baglione, V. D'intinosante, P. Fabbroni, L. Martelli, P. Baldi, M. Bacchetti) Aprile 2013.

Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta senza il consenso dell'Autore