

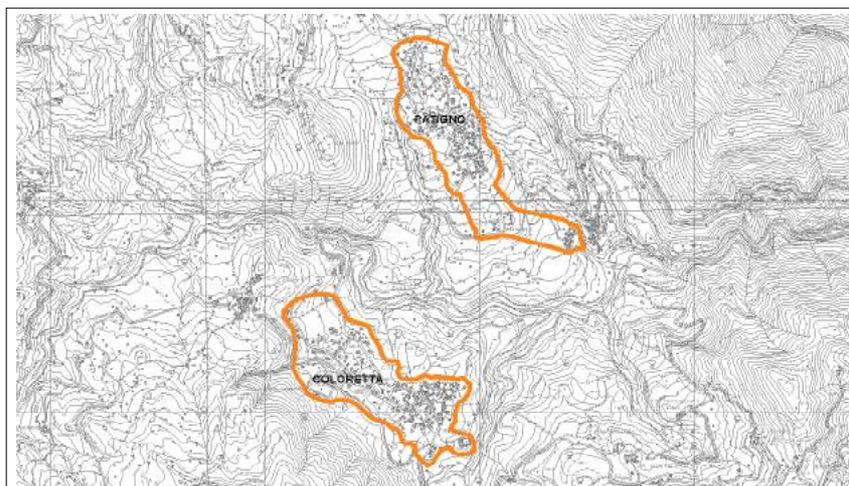
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Tecnica Illustrativa

Regione Toscana

Comune di Zeri



Regione TOSCANA	Soggetto realizzatore Dott. Geol. Fabrizio Alvares	Data Luglio 2013
---------------------------	--	----------------------------

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	1
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELLE AREE	4
4. INDAGINI REALIZZATE E PREGERESSE	12
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	13
6. ELABORATI CARTOGRAFICI.....	13
6.1. CARTA GEOLOGICO-TECNICA	13
6.2. CARTA DELLE FREQUENZE (fo)	14
6.3. CARTA DELLE MICROZONE OMEGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS).....	14

1. INTRODUZIONE

Su incarico del Comune di Zeri è stato condotto uno studio di microzonazione sismica (MS) di Livello 1 riguardante le seguenti aree:

- Patigno, San Lorenzo, Noce
- Coloretta

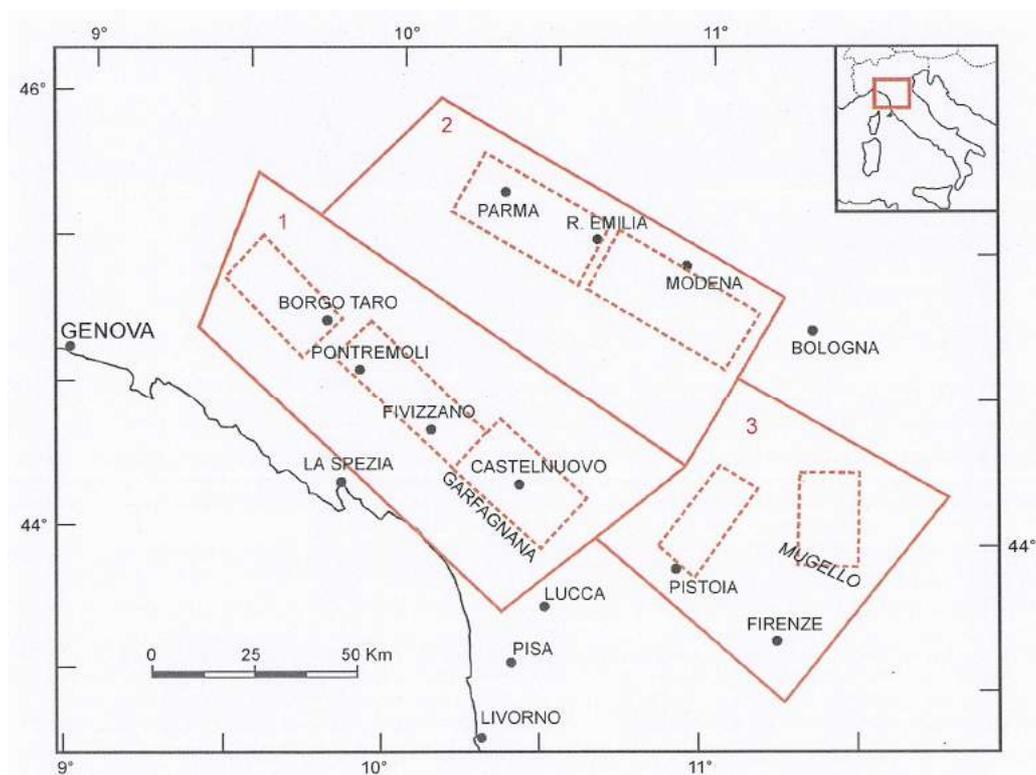
Lo studio è stato condotto seguendo le modalità ed i criteri previsti dalle specifiche tecniche approvate Del. DRT n.741 del 07/08/2012, utilizzando la cartografia CTR scala 1:10.000, rappresentata, per una migliore lettura, alla scala 1:5000.

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

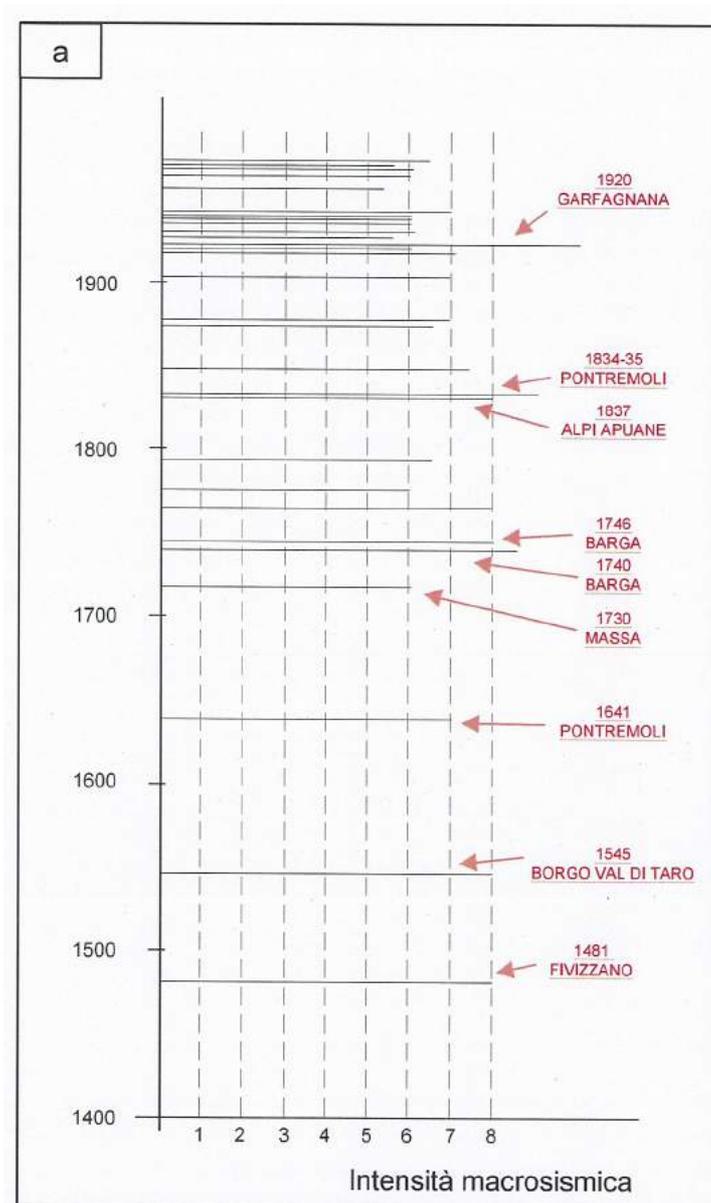
L'attività sismica dell'Appennino Nord-Occidentale può essere associata a tre aree principali:

- 1) Garfagnana – Lunigiana: situate sul bordo est della parte interna della catena, nelle quali la neotettonica ed il vulcanismo confermano l'esistenza di strutture prevalentemente tensionali;
- 2) Bordo appenninico e sottosuolo padano, corrispondente all'attuale fronte attivo della catena con caratteristiche compressive;
- 3) Pistoia – Mugello: la depressione del Mugello è ancora una struttura a carattere distensivo mentre l'allineamento sismico di Pistoia ha caratteri trascorrenti.

La distribuzione delle sorgenti sismiche è presentata figura seguente



La Toscana settentrionale è un'area caratterizzata da una storia sismica importante, con una discreta frequenza di eventi sismici ad elevata intensità macrosismica.

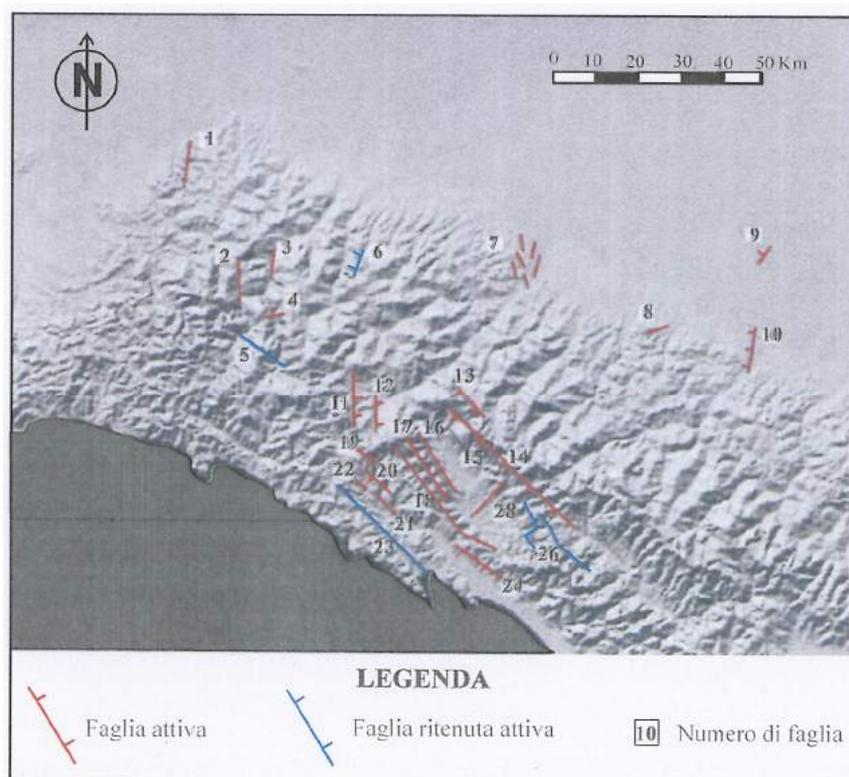


In particolare, la Lunigiana è caratterizzata da elevata sismicità come testimonia anche l'evento significativo di questi ultimi giorni con epicentro Fivizzano e quello sempre a Fivizzano del 10/10/95, Magnitudo 4.9 – Profondità 7 Km); in essa sono presenti faglie singole, associazioni di faglie, sistemi di faglie, tutti prevalentemente con un andamento NW-SE (fig 4.3; faglie N°13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26), come mostrato in Bellucci et al. (1990).

In particolare si hanno faglie plurichilometriche che nel loro insieme costituiscono un'unica grande struttura tettonica distensiva morfogenetica dall'inizio del Pliocene, comprendente due fosse tettoniche, quella della Val di Vara e quella della Val di Magra, con interposto l'Horst di Monte Picchiara - Monte

Cornoviglio (Bernini, 1991; Del Tredici, 1996; Elter e Schwab, 1959; Federici, 1980; Raggi, 1985; Zanelli, 1993).

Tuttavia le due fosse presentano attività sismica differenziata durante il Pleistocene: l'attività più recente sembra maggiormente concentrata nella fossa tettonica della Val di Magra, dove alcune faglie, oltre a condizionare la deposizione, tagliano i depositi del Pleistocene medio-superiore con rigetti di alcune decine di metri; la maggior sismicità è presente proprio in quest'area (Cattaneo et al., 1987; Boschi et al., 1995).



Secondo l'O.P.C.M. n°3274 del 20 marzo 2003, il Comune di Zeri (MS) viene riclassificato come ZONA 2. Gli epicentri degli scuotimenti più significativi, che in quest'area non superano in genere il grado VIII della Scala M.C.S. (Postpischl, 1985), sono localizzati in aree limitrofe; il sisma che colpì la Garfagnana-Lunigiana il 7 settembre 1920 (IX-X grado M.C.S.) fu comunque avvertito distintamente in questa zona (Boschi & alii, 1995), dove provocò vari danni agli edifici (VI grado M.C.S., secondo Patacca & alii, 1986). Nella tabella sono riportati alcuni dei terremoti principali che hanno interessato il territorio di Zeri.

DATA	INT.	FOGLIO	ZONA EPICENTRALE
6-9-1545	VIII	84 II NO	Borgo Val di Taro
14-2-1834	VIII	84 II NE	Passo della Cisa
28-11-1849	VII-VIII	84 II NO	Borgo Val di Taro
21-5-1875	V	95 I SE	Calice
7-9-1920	IX	96 I SO	Garfagnana-Lunigiana
7-5-1921	VII	84 II SE	Pontremoli
18-11-1926	V-VI	96 IV NO	Bagnone
21e 27-2-1928	VI	84 III SE	Varese Ligure
8-7-1972	V	84 II SE	Pontremoli
25-10-1972	VI-VII	84 II SE	Passo della Cisa
8-7-1973	VI	84 II SO	Zeri
8-2-1975	VI	84 II SO	Zeri

La comprensione delle caratteristiche sismotettoniche dell'area di studio, della sua sismicità storica e dei probabili meccanismi ed energie liberate durante l'accadimento di eventi tellurici è un passo importante, al fine di inquadrare il sito investigato da un punto di vista della sua pericolosità di base.

Il terremoto di progetto, da utilizzare come input per le modellazioni numeriche nell'area di Zeri è quello che devastò le aree della Garfagnana e della Lunigiana nel settembre del 1920. La scelta di utilizzare questo e non altri eventi sismici più recenti, con la possibilità di acquisire per essi dati diretti sui parametri free-field, è stata dettata dalle seguenti motivazioni:

-il sisma del 7 settembre 1920 è di gran lunga il più intenso registrato in epoca recente nella porzione settentrionale della Toscana e questa è una condizione essenziale, affinché esso possa essere considerato come terremoto di progetto; malgrado il carattere prevalentemente storico di tale evento tellurico escluda la possibilità di ricavare valide registrazioni strumentali, la distribuzione delle ripercussioni sulla popolazione, sul sistema insediativo e sull'ambiente è ben documentata.

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELLE AREE

I caratteri geologici e geomorfologici sono rappresentati nella relativa carta.

GEOLOGIA

I caratteri geologici e geomorfologici salienti delle aree di studio sono rappresentati nella carta geologica e geomorfologica.

Sulle aree di studio e nel loro intorno, si distinguono le seguenti unità tettoniche che sono descritte di seguito secondo l'ordine di sovrapposizione geometriche (dal basso verso l'alto).

UNITA' TOSCANA NON METAMORFICA (FALDA TOSCANA AUT.)

Questa unità, appartenente al Dominio Toscano, è rappresentata in prevalenza dalla formazione del Macigno; essa affiora ad est dell'area di Patigno, in corrispondenza della Dorsale M.Rosso - M.Volacra mentre lambisce la parte nord occidentale dell'area in studio di Coloretta.

Essa è costituita prevalentemente da torbiditi arenacee ed arenaceo-pelitiche a composizione quarzoso-feldspatico-micacea; localmente, nella parte alta della formazione, la frazione siltitica può essere maggiore e si intercalano argilliti grigio scure o nere, con blocchi e livelli di calcari silicei (olistostromi), come nei pressi della località Noce. Lo spessore degli strati è variabile, da qualche decimetro fino a 5 m per i più potenti strati arenacei. Nella zona la potenza affiorante della formazione supera i 300 m.

Età: Oligocene superiore- Miocene inferiore.

DOMINIO SUB-LIGURE (UNITA' DI CANETOLO)

Questa unità costituisce il substrato dell'area studiata di Patigno e di parte di quella dell'abitato di Coloretta. L'Unità di Canetolo si sovrappone tettonicamente alla Unità Toscana non metamorfica e nelle aree d'interesse è rappresentata dalle seguenti formazioni:

- Argille e Calcari
- Calcari di Groppo del Vescovo
- Arenarie di Ponte Bratica

Argille e Calcari

Si tratta di argilliti grigio-scure o nere, fogliettate e lucide, con intercalazioni di calcilutiti grigio-scure, a luoghi silicee (in strati da 10 a 50 cm di spessore); si trovano anche torbiditi calcareo-marnose a base arenitica, brecciole organogene a macroforaminiferi e calcareniti gradate, di spessore metrico. Le intense deformazioni rendono difficile individuare la potenza reale della formazione; quella apparente è inferiore a 100 m.

Età: Eocene inferiore- Eocene medio

Calcari di Groppo del Vescovo

Questa formazione affiora in lenti isolate immediatamente ad est dell'area di Patigno e a sud-ovest dell'area di Coloretta. È formata da torbiditi calcaree e calcareo-marnose, costituite da un orizzonte basale calcarenitico, cui seguono orizzonti, talvolta laminati, di calcari marnosi, calcari micritici, marne e talora argilliti. Lo spessore, variabile e spesso lenticolare, non supera qualche decina di metri.

Età: Eocene inferiore- Eocene medio.

Arenarie di Ponte Bratica

Nelle aree studiate sono sovrapposte e geometricamente intercalate, in pieghe isoclinali alle Argille e Calcari. Si tratta di torbiditi arenaceo-pelitiche, costituite da un'alternanza regolare di strati sottili (5-20 cm) di arenarie micacee fini e di livelli siltitici, più raramente argillitici, di spessore generalmente

inferiore; localmente le siltiti possono essere preponderanti; nella parte alta della formazione possono trovarsi livelli conglomeratici con elementi andesitici.

Lo spessore massimo è inferiore a 80 m.

Età: Oligocene inferiore- Oligocene superiore/Miocene inferiore (?)

DOMINIO LIGURE ESTERNO

Questa unità tettonica è sovrapposta all'Unità di Canetolo e affiora ad ovest dell'area di Patigno, riferibile in particolare alla dorsale di Colle Greta.

Essa è rappresentata da un complesso basale (Complesso di M. Penna – Casanova), al quale si sovrappone in successione stratigrafica il Flysch ad Elmintoidi di Ottone – S.Stefano.

Serpentiniti

Si tratta di olistoliti di ultramafiti serpentinite.

Età: Coniaciano sup. – Campaniano inf.

Complesso di M. Penna – Casanova

Ha una costituzione prevalentemente argillitica e comprende inclusi olistolitici (serpentiniti, costituenti il Colle Greta; Argille a Palombini, costituite da argilliti intercalate da calcilutiti silicee) e depositi discontinui prevalentemente clastici (breccie); i clasti sono costituiti da calcari silicei, radiolariti, marne, ofioliti, graniti.

Età: Campaniano inferiore.

Flysch ad Elmintoidi

Formazione torbiditica, costituita da calcari marnosi, marne calcaree di colore grigio scuro cinerino, con rari interstrati argillitici; la base delle sequenze è spesso arenacea e gradata. Nella porzione inferiore e media della formazione possono essere intercalati paraconglomerati polimitici con matrice argillitico-siltitica.

Età: Campaniano inferiore – superiore.

La messa in posto delle suddette unità tettoniche sono riferibili al regime di forze compressive, che dal Cretaceo superiore al Miocene medio ha portato alla costruzione della catena a falde appenninica. Nella Toscana settentrionale la tettonica distensiva sembra essersi instaurata più tardi, non prima del Pliocene inferiore, età dei primi depositi continentali datati. Non vi sono sedimenti marini post-orogeni.

L'età dei sedimenti basali di riempimento dei bacini intermontani dimostra che si tratta di strutture diacrone. Comunque la depressione della Val di Magra si è individuata a partire dal Rusciano superiore - Villafranchiano inferiore; in essa sono sedimentate potenti successioni di depositi lacustri e fluviali, riferibili ai bacini di Aulla-Olivola e di Pontremoli.

Ai movimenti di sprofondamento sono seguiti fenomeni di sollevamento differenziale e di basculamento collocabili prevalentemente nel Pleistocene medio-superiore – Olocene; ad essi è seguito l'approfondimento del reticolo idrografico, con un forte incremento di energia del rilievo. Questi movimenti di sollevamento delle dorsali di Macigno dovrebbero aver prodotto le condizioni di acclività e

instabilità per la genesi di quei depositi alluvionali arenacei a grossi clasti di età medio-pleistocenica molto arrossati che costituiscono la parte superiore dei terrazzi fluviali, caratterizzati da una forte discordanza alla loro base.

Granulometria, disposizione e geometria li riconducono spesso a depositi di conoide e perciò non si può escludere neppure nella genesi una componente climatica, quali intensi ed abbondanti periodi pluviali.

Gli elementi strutturali che caratterizzano le formazioni a scala dell'affioramento sono rappresentati da elementi planari e lineari, legati alla deformazione duttile (superfici di scistosità e di clivaggio, piani assiali, assi di piega, lineazioni di intersezione) o alla tettonica fragile (joints e faglie). In base ai dati reperibili in letteratura e agli studi svolti, è possibile individuare tre fasi deformative compressive e una distensiva, che hanno caratterizzato in modo più o meno evidente e riconoscibile le unità tettoniche rappresentate nelle aree in esame. Mentre le fasi compressive generano pieghe di varie dimensioni e geometrie, scistosità, piani di taglio e di accavallamento tettonico, la fase de formativa distensiva si esprime soprattutto attraverso faglie dirette a direzione appenninica; in alcuni casi le faglie, che hanno ripreso precedenti superfici di accavallamento, hanno una leggera componente trascorrente sinistra.

Particolarmente significativa, nella Unità Toscana e nell'Unità di Canetolo, la prima fase deformativa (D1), vergente a nord-est; ad essa infatti sono ascrivibili i grandi sovrascorrimenti, che hanno portato l'unità di Canetolo ad impilarsi sulla successione Toscana e i conseguenti movimenti differenziali all'interno della successione toscana.

GEOMORFOLOGIA

Come per la carta geologica, anche la carta geomorfologica è stata ripresa da quella dello studio geologico a supporto del P.S.

In essa si distinguono:

- I depositi olocenici di fondovalle e dei bacini in tramontani sono stati distinti in:
 - coltri detritiche colluviali/eluviali
 - depositi alluvionali attuali
 - depositi alluvionali terrazzati
- Processi e depositi di origine gravitativa:
 - Frane attive e zone di pertinenza
 - Frane quiescenti e zone di pertinenza, coltri detritiche potenti assimilabili
 - Frane inattive ed aree di pertinenza, coltri detritiche assimilabili, detrito di falda, depositi morenici, cono detritici alluvionali, aree interessate da ruscellamento diffuso

Sulle aree in esame si distinguono frane attive, quiescenti e inattive. In particolare, sull'area di Patigno si distingue una vasta frana attiva che interessa la parte centro-meridionale dell'area stessa, secondo le caratteristiche di seguito illustrate.

Si tratta prevalentemente di una frana di colamento ed in parte di scorrimento.

Il resto dell'area in esame è invece interessata da fenomeni franosi quiescenti di scorrimento e, in parte, di colamento.

L'area di Coloretta è interessata, nella parte centrale, da una vasta frana attiva di colamento mentre il resto dell'area da frane inattive.

Di seguito vengono illustrate nel dettaglio le caratteristiche geomorfologiche delle due aree in esame.

Versante di Patigno

Dal punto di vista geomorfologico l'area in esame si estende da NW verso SE per circa 1500 metri tra le quote 780 e 600 m s.l.m. in sinistra idrografica del Torrente Gordana.

Questa si presenta come un esteso versante esposto a sud, con una inclinazione media di circa 10°, i cui tratti morfologici essenziali, idrografici e orografici, sono fortemente condizionati dall'assetto geologico-tettonico dell'area dell'Appennino settentrionale alla quale appartiene. Infatti il versante di Patigno è confinato verso nord-ovest da una dorsale sostanzialmente coincidente con la linea di accavallamento tettonico tra l'Unità di Ottone - S.Stefano e l'Unità di Canetolo, mentre verso est risulta limitato da un crinale impostato sulla Formazione dell'Argille e Calcari e allungato in direzione circa nord-sud, parallelamente alle principali direzioni di strato.

La diversa acclività dei versanti, nonché le diverse forme dei rilievi sono strettamente legate alle caratteristiche dei litotipi affioranti: forme dolci, con impluvi e displuvi ampi e arrotondati, e versanti poco acclivi sono caratteristici di rocce prevalentemente argillitiche, forme abrupte e versanti a maggior acclività di rocce lapidee.

Di seguito vengono illustrate le forme ed i processi legati alla dinamica del modellamento geomorfologico: l'erosione, il trasporto e il deposito.

I due agenti principali che agiscono sul versante di Patigno, modellandolo ed influenzandone la sua stabilità sono le acque correnti e la gravità.

L'idrografia dell'area è rappresentata dal Torrente Gordana, che scorre da ovest verso est, al piede della frana, e dai suoi affluenti di sinistra, il Rio Vaccareccio, che scorre ad ovest di Patigno, il Rio di Noce, che drena la porzione di versante compresa tra Patigno e Noce e il Torrente Fiume, ad est di Noce.

A questi corsi d'acqua relativamente sviluppati in lunghezza si aggiungono aste minori del I e II ordine gerarchico, di lunghezza più limitata e maggior acclività che disegnano nell'insieme reticoli poco evoluti.

Il versante di Patigno è inoltre interessato da un sistema di solchi di ruscellamento concentrato minori, poco organizzato con andamento irregolare (gomiti, canali abbandonati, etc.), direttamente incisi nei depositi detritici sciolti e quindi risultato dell'interazione dei deflussi e i numerosi e diffusi fenomeni di instabilità. Essi svolgono azione di drenaggio delle acque superficiali, riversandole poi a valle direttamente nel T.Gordana.

Questo sistema di drenaggio scarsamente gerarchizzato è indicativo di una certa immaturità evolutiva che da un lato determina cattive condizioni di regimazione delle acque superficiali e dall'altro favorisce l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo che intanto vanno ad alimentare la circolazione sotterranea.

Tale circolazione si realizza essenzialmente all'interno del potente corpo detritico che presenta caratteristiche di permeabilità per porosità, con valori che variano in funzione della composizione e della granulometria.

Per la presenza di letti limo-argillosi intercalati a varie profondità, si possono originare modeste falde idriche sospese; i relativi livelli idrici si attestano anche a quote poco profonde (circa 3-4 metri dal p.c.) per cui a seguito di periodi particolarmente piovosi si possono manifestare ristagni d'acqua in corrispondenza di zone a debole pendenza o in contropendenza. Queste condizioni ad elevata saturazione ed imbibizione dei terreni favoriscono il decadimento delle caratteristiche geomeccaniche e contribuiscono a fenomeni di plasticizzazione superficiale e di riattivazione di superfici di scorrimento più o meno profonde.

La geometria del sistema idrogeologico profondo è legata al particolare assetto geologico-stratigrafico del versante ed alle caratteristiche di permeabilità delle rocce che costituiscono il substrato. Per la sua natura prevalentemente argillitica, il Complesso di Canetolo si può ritenere scarsamente permeabile e, pertanto, rappresenta la base della circolazione idrica profonda.

Le forme di erosione e di deposito dovute alle acque superficiali sono distribuite prevalentemente lungo i torrenti Gordana e Vaccareccio.

Su entrambe le sponde del Torrente Gordana, la cui sezione fluviale raggiunge la sua massima larghezza a circa 300 metri a monte della confluenza con il Rio Noce, si rinvengono depositi ghiaiosi tipici di ambienti fluviali mentre in alcuni casi è possibile riconoscere la geometria della superficie di terrazzamento debolmente inclinata verso il fondo valle.

Attualmente, lungo il tratto che ricade nell'area di studio, il Torrente Gordana è caratterizzato da una fase di approfondimento e una chiara testimonianza dell'azione di scalzamento alla base del versante è data dal denudamento di porzioni di roccia lungo il suo alveo, quello del Rio Vaccareccio e del Rio Noce, nonché dallo stato di dissesto di varie opere di difesa idraulica realizzate a seguito dell'alluvione che colpì la zona nei giorni 8 e 9 Novembre del 1982 e di altri eventi eccezionali.

Dai rilievi effettuati nell'estate 2003 si è osservata un'accentuata erosione laterale che ha prodotto la distruzione delle protezioni di sponda (gabbionate).

Anche il Rio Vaccareccio, un fosso con portate a carattere stagionale, è sede di un attivo e marcato fenomeno di approfondimento dell'alveo, che determina la diffusione di numerose scarpate di erosione con altezza fino a 4-5 metri.

Lo scalzamento alla base dei versanti da esso esercitato ha prodotto diversi movimenti franosi come quelli in località Ternesia. Poco sopra l'abitato di Patigno, ad una quota di circa 745 metri s.l.m., il Rio Vaccareccio si divide in due rami secondari che bordano l'abitato di Val di Termine ad ovest e ad est (Rio Batriolo).

La frana di Patigno si sviluppa per una lunghezza massima pari a circa 2,5 Km e raggiunge una larghezza massima di circa 1 Km al piede, per una superficie complessiva di 1,360 Km². La nicchia di distacco è riconducibile alla grande scarpata ad andamento NNE-SSW, che borda a NW il versante di Patigno per una lunghezza di 600-700 m.

Modellata prevalentemente nella formazione delle Arenarie di Ponte Bratica, si presenta come una superficie ad andamento subverticale che raggiunge un'altezza massima di circa 70 m.

L'intera scarpata è interessata da numerose nicchie di distacco di materiale per crollo che ne rimodellano la superficie in un'alternanza di concavità e convessità.

La presenza di fratture di trazione che interessano la porzione superficiale del terreno permette di individuare movimenti franosi attivi, in quanto espressione dello stato tensionale del terreno in corrispondenza della zona di distacco.

Esse si presentano come strappi del manto erboso aventi un'apertura variabile da qualche centimetro a pochi decimetri. Il bordo verso valle risulta ribassato di alcuni decimetri, a seconda dell'entità del movimento, come quelle presenti in località Ternesia e poste immediatamente a ridosso della corona di distacco delle frane presenti. Sono stati anche rinvenuti sistemi di fratture che interessano il manto stradale con il medesimo significato di quelle precedentemente descritte.

La presenza di gibbosità, spesso molto pronunciate e con altezze variabili tra 1 e 3 m, determina un aspetto ondulato con forme piuttosto dolci del rilievo.

Nella zona corrispondente alla parte medio-alta del territorio esaminato indizi chiari di attività (fratture, strappi della copertura erbosa, rigonfiamenti del terreno) sono stati osservati in alcuni corpi di frana posti in prossimità dell'abitato di Pandegia (940 m) e in corrispondenza della parte occidentale dell'abitato di Val di Termine (850 m), che fanno ritenere i fenomeni attivi.

In particolare quest'ultimo movimento, dell'estensione di 5 ettari, sta provocando problemi di stabilità alle abitazioni. Il tratto di versante che mostra segni di attività più evidenti è quello compreso tra l'abitato di Patigno ed il corso del Torrente Gordana, dove sono coinvolte la parte sud-orientale del nucleo urbano, con ingenti danni alle abitazioni del paese, l'area della Chiesa di San Lorenzo e del cimitero.

Particolarmente significative sono le foto di seguito riportate: esse mostrano il muro perimetrale del cimitero fortemente lesionato e le tombe all'interno ruotate ed inclinate per il movimento franoso.

Per quanto riguarda la chiesa di S. Lorenzo, da ricerche storiche risulta che essa è stata più volte ricostruita (ultima ricostruzione 1784-1786) e in seguito riparata in media ogni 20-25 anni. La stessa è stata chiusa al culto nel 1983 perché dichiarata inagibile. Un cordolo di calcestruzzo armato, che collega, i pilastri e le pareti divisorie, è stato aggiunto nella ricostruzione del 1938-43, resa necessaria dalla concomitanza degli effetti del terremoto del 1920 e della frana.

Oggi la chiesa, la canonica e il campanile si trovano in condizioni di stabilità alquanto precarie

In generale, si tratta di un potente accumulo detritico che conferisce al versante di Patigno pendenze generalmente modeste, con andamenti superficiali del terreno piuttosto dolci ed ondulati. Questo corpo geomorfologico complesso è soggetto ad estesi fenomeni di riattivazioni gravitative che si manifestano principalmente a valle di Patigno e presso la frazione di Val di Termine.

Le principali tipologie dei movimenti franosi individuate in campagna sono riconducibili a frane di crollo, di scorrimento e di colamento. Nelle frane di scorrimento il movimento avviene lungo fasce di taglio aventi in genere uno spessore modesto rispetto a quello dell'originario corpo di frana. Esse sono marcate in superfici dalla presenza di scarpate di altezza variabile (da 5 a 10 metri) alle quali sono spesso associate verso valle aree a minore acclività o disposte in contropendenza, che corrispondono alla porzione di testata della massa spostata, e sono dovute alla parziale rotazione del corpo in movimento su una superficie di scorrimento curva e concava verso l'alto.

In questa parte del movimento franoso si ritrovano spesso alberi inclinati verso monte a testimonianza del movimento rotatorio della massa spostata.

Nella porzione inferiore del versante in frana, caratterizzata dalla compressione del materiale spostato, sono presenti generalmente rigonfiamenti del terreno marcati da rotture del pendio e, dove presenti, dall'inclinazione dei fusti degli alberi verso valle.

Le frane per colamento, che interessano porzioni piuttosto estese del versante e il cui movimento è simile a quello di un fluido molto viscoso, sono marcate nell'area in studio da corone di distacco in genere meno nette rispetto a quelle corrispondenti agli scorrimenti e spesso associate a strappi e sistemi di fratture nei primi decimetri del suolo, come si verifica per il movimento franoso posto a nord-est del cimitero di Patigno.

La zona di piede è in genere marcata da rigonfiamenti del terreno di forma lobata e allungati nel senso della massima pendenza. La zona frontale di questi lobi è evidenziata dalla presenza di scarpate e rotture di pendio.

Queste scarpate possono essere molto pronunciate fino ad un'altezza massima di 6-7 metri, come nel caso della frana che interessa la porzione occidentale di Val di Termine o di quella che mobilita la parte meridionale di Patigno.

Le frane di crollo, poco numerose, interessano al parte altimetricamente più elevata del territorio: esse danno luogo a depositi costituiti da blocchi di diametro variabile tra 0,5 e 2,5 metri, che si collocano al piede della scarpata di degradazione che si sviluppa lungo il crinale settentrionale del versante di Patigno. In generale, la maggior parte delle frane riferibili ad un unico tipo di movimento interessa porzioni limitate del territorio esaminato.

Per esempio le frane distribuite lungo la porzione di versante compresa tra il Torrente Gordana e il cimitero di Patigno sono frutto di una serie di movimenti attivi di tipo scorrimenti rotazionali.

Tuttavia nella maggior parte dei casi, gli elementi morfologici che contraddistinguono i corpi franosi mostrano come essi siano caratterizzati da stili di attività dovuti alla combinazione in sequenza temporale delle due tipologie scorrimenti e colamenti (frane a stile di attività complesso) o dalla molteplice ripetizione dello stesso tipo di movimento (frane a stile di attività multiplo).

Coloretta

L'analisi geomorfologica dell'area di Coloretta ha messo in evidenza fenomeni instabilità gravitativa sia attivi che inattivi, In particolare si evidenzia un'ampia zona interessata da un movimento franoso attivo messo in evidenza da una serie di cedimenti sulla carreggiata della viabilità comunale a monte della scuola e nel campo da tennis a servizio della stessa e da cedimenti strutturali nei muri perimetrali dell'edificio scolastico e in abitazioni limitrofe.

Come sopra accennato, l'area su cui insiste la scuola elementare di Coloretta presenta evidenti sintomi di instabilità determinati dallo scivolamento della coltre detritica superficiale a causa sia della natura argillosa del deposito superficiale che per effetto degli accumuli di acqua di infiltrazione all'interfaccia detrito substrato; quest'ultimo provoca un allentamento dei legami interni del deposito ed un abbassamento della pressione litostatica.

Il movimento presenta una dinamica assimilabile ad un lento soliflusso.

Oltre a ciò sull'area di studio si riconoscono forme morfologiche riconducibili a frane inattive.

L'asta drenante principale dell'area è rappresentata dal Torrente Gordana. I corsi d'acqua presenti nella zona di indagine presentano fenomeni di erosione di fondo e/o di sponda.

4. INDAGINI REALIZZATE E PREGERESSE

Relativamente alle cartografie geologiche e geomorfologiche, si è fatto riferimento a quelle dello studio geologico a supporto del P.S. ottenute da quelle del progetto CARG.

Per quanto concerne le indagini sono state acquisite tutte le indagini geognostiche e geofisiche effettuate nell'ambito del progetto VEL, integrate con una nuova campagna di indagini sismiche che è stata così articolata:

- n.10 misure a stazione singola HVSR sull'area Patigno, San Lorenzo, Noce
- n.12 misure a stazione singola HVSR e n.2 profili sismici a rifrazione in onde P e S sull'area di Coloretta.

Tutte le indagini, classificate in base alla tipologia ed alla profondità raggiunta e distinte secondo la simbologia prevista dagli "Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica" - versione 2.0beta-II della Commissione tecnica per la microzonazione sismica (art. 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907), sono state ubicate sulla Carta delle Indagini.

In particolare l'elenco delle indagini pregresse è il seguente:

AREA PATIGNO, SAN LORENZO, NOCE

- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo
- n. 4 profili sismici a rifrazione
- n. 1 profilo sismico a riflessione
- n. 2 indagini sismiche Down-Hole e seguite in due perfori dei sondaggi

AREA COLORETTA

- n. 15 sondaggi a carotaggio continuo
- n. 2 profili sismici a rifrazione
- n. 1 profilo sismico a riflessione
- n. 3 indagini sismiche Down-Hole e seguite in tre perfori dei sondaggi

Sulla base dei suddetti dati di base è stata quindi definita la Classe di qualità ottenuta applicando la procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di Livello 1 di MS, da cui per ambedue le aree di studio è emersa la classe B (vedi fogli di calcolo di seguito riportati).

a	Parametro	4
---	-----------	---

Inserire il valore solo nelle celle colorate in viola

COLORETTA

b	Carta Geologico tecnica	1	Anno Rilevamento	1	Progetto	1	Scala	1
	Punteggi indicatori							
	Pesi indicatori		0,33		0,33			0,33
c	Sondaggi a distruzione	0,5	Numero sondaggi		% celle occupate		Num. Sondaggi bedrock	
	Punteggi indicatori		0		0		0	
	Pesi indicatori		0,33		0,33		0,33	
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi		% celle occupate		Num. Sondaggi bedrock	
	Punteggi indicatori		1		0,66		1	
	Pesi indicatori		0,33		0,33		0,33	
e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure		% celle occupate		% indagini al bedrock	
	Punteggi indicatori		0,66		0,66		1	
	Pesi indicatori		0,33		0,33		0,33	
f	Prove geotecniche	0,25	Numero prove		% celle occupate		% prove al bedrock	
	Punteggi indicatori		0		0		0	
	Pesi indicatori		0,33		0,33		0,33	
g	Misure Frequenze	0,75	Numero misure		% celle occupate		Classe di affidabilità	
	Punteggi indicatori		1		1		0,66	
	Pesi indicatori		0,33		0,33		0,33	

a	25	punteggi parziali
b	0,99	24,8
c	0,00	0,0
d	0,88	21,9
e	0,38	9,6
f	0,00	0,0
g	0,66	16,5
Tot	72,7	72,7 classe B

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
A	> 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50%-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
C	25%-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	≤ 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICM508 e Linee Guida Regione Toscana

Tabella 1 – Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)		Alta (1)
			Bassa (0,33)	Media (0,66)	
Carta geologico-tecnica (1)	0,33	Anno rilevamento	No data	< 2000	> 2000
	0,33	Progetto	No data	Allegato piano urbanistico	Ad hoc
	0,33	Scala rilevamento	No data	50.000-25.000	25.000-10.000
	0,33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10
Sondaggi a distruzione (0,50)	0,33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%
	0,33	Numero sondaggi che arrivano al substrato litico	No data	1-5	6-10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0,33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10
	0,33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%
	0,33	Numero sondaggi che arrivano al substrato litico	No data	1-5	6-10
	0,33	Numero di misure	No data	1-5	6-10
Indagini geofisiche (0,50)	0,33	Percentuale di celle occupate da indagini geofisiche	No data	1-33%	34-66%
	0,33	Numero sondaggi che arrivano al substrato litico	No data	1-33%	34-66%
	0,33	Numero di prove	No data	1-5	6-10
	0,33	Percentuale di celle occupate da prove geotecniche ecc.) e di laboratorio	No data	1-33%	34-66%
Misure delle frequenze del sito (0,75)	0,33	Percentuale prove che arrivano al substrato litico	No data	1-33%	34-66%
	0,33	Numero di misure	No data	1-5	6-10
	0,33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%
	0,33	Classe di affidabilità misure (Albarelo et al)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%

* D. Albarelo, C. Cesi, V. Enilhi, F. Guerrini, E. Lamodini, E. Palucci, D. Pileggi, L.M. Puzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Teor. Appl.

REGIONE TOSCANA



a	Parametro	4	PATIGNO - S. LORENZO - NOCE		
b	Carta Geologico-tercnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
c	Sondaggi a distruzione	0,5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,33	0,66	0,33
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,33	1	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
f	Prove geotecniche	0,25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0,66	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
g	Misure Frequenze	0,75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	0,66
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

Inserire il valore solo nelle celle colorate in viola

Tabella 1 - Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi

Parametro (peso parametro)	Indicatore	Peso Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)		Alta (1)
			Bassa (0,33)	Media (0,66)	
Carta geologico-tercnica (1)	Anno rilevamento	0,33	No data	Allegato piano urbanistico	> 2000
	Progetto	0,33	No data	Ad hoc	Ad hoc
	Scala rilevamento	0,33	No data	25.000-11.000	10.000-2.000
	Numero di sondaggi a distruzione	0,33	No data	6-10	> 10
Sondaggi a distruzione (0,50)	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	0,33	No data	34-66%	> 66%
	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	0,33	No data	6-10	> 10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	Numero di sondaggi a carotaggio	0,33	No data	6-10	> 10
	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	0,33	No data	34-66%	> 66%
Indagini geofisiche (0,50)	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	0,33	No data	6-10	> 10
	Percentuale di celle occupate da indagini geofisiche	0,33	No data	34-66%	> 66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche ecc.) e di laboratorio (0,25)	Numero di prove	0,33	No data	6-10	> 10
	Percentuale di prove occupate da prove geotecniche	0,33	No data	34-66%	> 66%
Misure delle frequenze del sito (0,75)	Numero di misure	0,33	No data	6-10	> 10
	Percentuale di misure occupate da misure geotecniche	0,33	No data	34-66%	> 66%

* D. Albarello, C. Ces. V. Enilili, F. Guernini, E. Lunardi, E. Pavlucci, D. Pizzilli, L.M. Pizzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Torr Appl.

a	25	punteggi parziali	
b	0,99	24,8	
c	0,00	0,0	
d	0,44	10,9	
e	0,38	9,6	
f	0,14	3,4	
g	0,66	16,5	
Tot	65,1	65,1	classe B

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
A	> 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50%-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
C	25%-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	≤ 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICM508 e Linee Guida Regione Toscana



5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Da un'analisi di tutti i dati diagnostici e sismici disponibili, è stato ricostruito il modello del sottosuolo che è risultato omogeneo su ambedue le aree in studio.

In particolare, la situazione litostratigrafica per le suddette aree è la seguente:

- al di sotto di una coltre di terreni di riporto e di terreni di copertura di spessore massimo 3 m, si hanno litotipi a granulometria prevalentemente sabbiosa con inclusioni di elementi lapidei di varia pezzatura. Tali terreni rappresentano la coltre detritica eterogenea ed eterometrica che ricoprono interamente le aree di studio con spessori massimi di circa 30 m.
- al di sotto della coltre detritica è presente il substrato alterato costituito da brecce e sfattaccio di argilloscisti e calcari della Formazione di Canetolo. Dalle informazioni acquisite con le prospezioni sismiche Down-Hole, fino alle profondità indagate massime di circa 60 m, emergono valori di velocità delle onde di taglio S_h sempre inferiori a 800 m/s per cui, entro le suddette profondità, si può affermare che non è presente un substrato compatto.

6. ELABORATI CARTOGRAFICI

Nell'ambito dello studio di MS, per ogni area, sono state quindi redatte le seguenti cartografie:

- Carta delle indagini
- Carta geologica e geomorfologica
- Carta geologico-tecnica e sezioni
- Carta delle frequenze (f_0)
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

6.1. CARTA GEOLOGICO-TECNICA

Dall'analisi di tutti i dati geologici, geomorfologici, litologici e stratigrafici acquisiti, è stata redatta la carta geologico-tecnica nella quale sono rappresentati i litotipi affioranti sulle due aree in studio.

Tali terreni sono nella quasi totalità rappresentati dalle coperture detritiche, indicate con la sigla GM e, laddove affioranti (in particolare solo in limitate zone marginali delle aree in studio), dai terreni del substrato distinti con *Lapideo stratificato (LPS)*, rappresentato dalla formazione del Macigno e con *Alternanza di litotipi (ALS)* rappresentata dalla Formazione delle Argille e Calcari di Canetolo.

Sulla carta sono inoltre ubicati i sondaggi geognostici con indicata la relativa profondità.

Tale carta è stata corredata anche da un numero significativo di sezioni geologico-tecniche, nella fattispecie n. 5 sull'area di Patigno e n.4 su Coloretta. Dalle suddette sezioni si può osservare come le coltri detritiche, che ricoprono il substrato alterato, presentano spessori variabili da alcuni metri a circa 30 m.

6.2. CARTA DELLE FREQUENZE (f_0)

Questa carta è stata redatta sulla base dei risultati delle misure di rumore a stazione singola HVSR. Ogni misura è stata distinta in base al valore rilevato di frequenza fondamentale (f_0).

Inoltre, sulla carta le misure sono state distinte le seguenti n.5 classi di frequenza rappresentate con colori diversi e n.3 classi di ampiezza, distinte per diametro crescente del simbolo:

f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
 $2.5 \leq f_0 < 5.0$	 $1.1 \leq A_0 < 2$
 $5.0 \leq f_0 < 7.5$	 $2.0 \leq A_0 < 3.0$
 $7.5 \leq f_0 < 10.0$	 $3.0 \leq A_0 < 5.0$
 $10.0 \leq f_0 < 12.5$	
 $12.5 \leq f_0 < 15.0$	

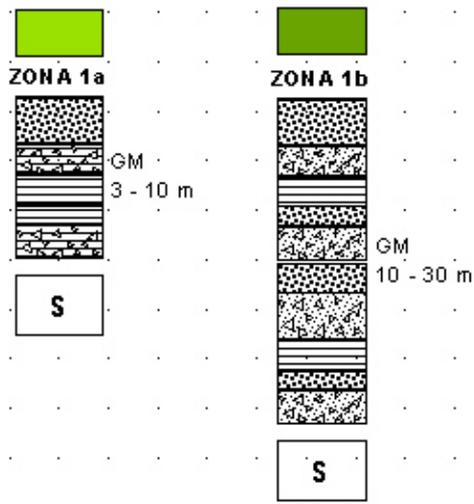
Sulla carta sono state distinte le zone caratterizzate da alto contrasto d'impedenza ($H/V > 3$) da quelle a basso contrasto, distinguendo inoltre le aree con profondità del picco principale stimato tra 3 e 10 metri da quelle con profondità del picco stimato tra 10 e 30 metri.

6.3. CARTA DELLE MICROZONE OMEGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

A sintesi di tutte le elaborazioni sopra esposte, è stata redatta la carta delle MOPS, nella quale il territorio è stato suddiviso in microzone sulla base delle seguenti considerazioni:

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

Sono state distinte le aree caratterizzate dalla presenza di coltri detritiche di spessore variabile tra 3 e 10 metri (Zona 1a) da quelle con spessore di coltre detritica compreso tra 10 e 30 metri (Zona 1b), sovrastanti il substrato stratificato e alterato con $V_s < 800$ m/s, distinguendo con una campitura retinata quelle caratterizzate da un alto contrasto d'impedenza ($H/V > 3$):



ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ

Queste zone sono rappresentate dalle frane attive, quiescenti e inattive, distinte con le seguenti campiture:



Nell'area di Patigno, San Lorenzo e Noce, per una miglior lettura, le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e quelle suscettibili d'instabilità, nella carta, sono state rappresentate separatamente su due finestre affiancate.