



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

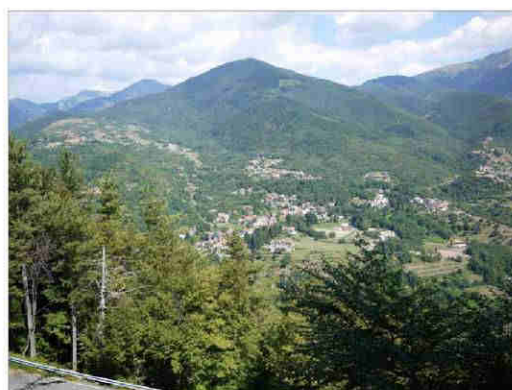
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Toscana

Comune di Comano



Regione Toscana

DIREZIONE AMBIENTE ED
ENERGIA
Settore Sismica
Ufficio Prevenzione Sismica

Soggetto realizzatore

GRUPPO DI LAVORO:
Dott. Geol. Giusti Francesco
(Capogruppo)

Collaboratori:
Dott. Geol. Vaselli Luca

Geognostica Apuana srl
(Ditta incaricata esecuzione indagini)

Data

Settembre 2020

INDICE

1 - PREMESSA	<i>pag. 3</i>
2 – TESTI DI RIFERIMENTO TECNICO	<i>pag. 4</i>
3 – INTRODUZIONE	<i>pag. 5</i>
4 – PORZIONE DI TERRITORIO INTERESSATA DALLO STUDIO	<i>pag. 10</i>
5 – INDAGINI EFFETTUATE NELL’AMBITO DELLO STUDIO	<i>pag. 12</i>
5.1 – Indagini di sismica a rifrazione con onde P e SH	<i>pag. 14</i>
5.2 – Misure di rumore HVSR	<i>pag. 16</i>
6 – RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO DI SOTTOSUOLO	<i>pag. 27</i>
6.1 – UTOE di Montale	<i>pag. 27</i>
6.2 – UTOE di Crespiano	<i>pag. 29</i>
6.3 – UTOE di Comano	<i>pag. 30</i>
7 – ELABORATI CARTOGRAFICI	<i>pag. 32</i>
7.1 – La carta delle Indagini	<i>pag. 32</i>
7.2 – La Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica	<i>pag. 33</i>
7.3 – La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	<i>pag. 34</i>
7.3.1 – Zone stabili	<i>pag. 35</i>
7.3.2 – Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali	<i>pag. 37</i>
7.3.3 – Zone di attenzione per le instabilità	<i>pag. 58</i>
7.4 – Carta di Microzonazione Sismica	<i>pag. 67</i>
7.4.1 – Zone stabili	<i>pag. 79</i>
7.4.2 – Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali per effetti topografici	<i>pag. 81</i>
7.4.3 – Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali per effetti stratigrafici	<i>pag. 81</i>
7.4.4 – Zone di attenzione per le instabilità	<i>pag. 91</i>
7.5 – Carta delle frequenze fondamentali dei terreni	<i>pag. 95</i>
8 – CONCLUSIONI	<i>pag. 96</i>

1 – PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati delle indagini e degli studi di **Microzonazione Sismica di Livello 2 (MS2)** condotti sul territorio del Comune di Comano (Provincia di Massa Carrara).

Lo Studio di MS è stato realizzato in accordo a quanto riportato negli “**Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica**” (**ICMS**) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome; documentazione recepita ed adottata dalla Regione Toscana con Del. G.R.T. n. 261/2011

Inoltre allo scopo di realizzare uno Studio di MS a livello regionale omogeneo ed efficace, e modulato in funzione della pericolosità sismica e del contesto geologico s.l. del territorio, lo studio è stato impostato seguendo anche le nuove **Specifiche Tecniche Regionali (Edizione 6)** approvate dalla Regione con Del. G.R.T. n.1162/2018.

In particolare, le cartografie di MS prodotte sono conformi a quanto previsto al par. 2.4 degli ICMS e sono state realizzate seguendo la procedura per la predisposizione degli studi di Microzonazione Sismica di livello 2 adottata dalla Regione con Del. GRT. N.144/2015.

Tale procedura prevede l'utilizzo di **abachi litostratigrafici regionali** definiti nell'ambito di un Accordo di Collaborazione Scientifica tra Regione Toscana e DSFTA dell'Università di Siena.

Per l'archiviazione dei nuovi dati di base raccolti e di quelli derivanti dalle nuove indagini condotte è stato utilizzato il software “**Soft_MS**” **v4.1.1** che ha permesso l'implementazione con modalità semiautomatiche di una banca dati strutturata mediante Database Access all'interno della quale sono state immagazzinate tutte le informazioni di natura alfanumerica relative alle indagini ed ai parametri ad esse collegate.

Tutti gli elaborati cartografici prodotti sono stati restituiti sia su supporto cartaceo che su supporto informatico previa informatizzazione mediante tecnologia GIS.

A tal fine sono state utilizzate le strutture di archiviazione dei dati alfanumerici e cartografici e le legende ed i layout previsti dagli “**Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica**” redatti dal DPC (**versione 4.1, novembre 2018**).

Per quanto riguarda il sistema di coordinate di riferimento per tutte le cartografie e per i dati in formato digitali prodotti, è stato adottato il sistema “**WGS_1984_UTM_Zona_33N**”**1 *EPSG:32633***.

La predisposizione delle indagini geognostiche effettuate nell'ambito dello studio è stata svolta nel rispetto delle procedure al **par. 2.1 degli ICMS**, mentre per quanto riguarda le modalità di realizzazione delle indagini, acquisizione dati e presentazione dei risultati si è fatto riferimento a quanto contenuto al **par.3.4 degli ICMS** e nelle **Istruzioni Tecniche del Programma VEL**.

La pubblicazione di S. Foti – Politecnico di Torino; F. Santucci de Magistris – Università del Molise; F. Silvestri – Università di Napoli Federico II; C. Eva – Università di Genova (Supplemento rivista “Ingegneria Sismica”, Anno XXVIII – n.2 – 2011) è stata inoltre presa a riferimento per quanto riguarda gli aspetti legati agli standard di esecuzione e all’efficacia delle indagini di sismica attiva e passiva e per gli aspetti non contemplati dagli I&C di MS.

Infine, si sottolinea come lo studio di MS di Livello 2 condotto sul territorio del Comune di Comano sia stato svolto in stretta collaborazione con l’Ufficio Tecnico Regionale competente (Settore Sismica – Prevenzione Sismica) con il quale sin dalle prime fasi di impostazione dello studio è stato intrapreso un **percorso condiviso** nell’ambito del quale sono state concordate sia la tipologia ed ubicazione delle nuove indagini condotte sia le metodologie di elaborazione e di verifica adottate.

2 – TESTI DI RIFERIMENTO TECNICO

Indirizzi e Criteri generali per la Microzonazione Sismica – GdL DPC/Regioni. Documento approvato dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni nella seduta del 13 novembre 2008.

Istruzioni Tecniche per le indagini geologico-tecniche, geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche, finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana – Programma VEL Toscana – Del. GRT. N. 1343 del 18 dicembre 2000 e s.m.e.i.

Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica – Commissione Tecnica per la micro zonazione sismica – Versione 4.1 – novembre 2018

Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC) – Conferenza delle Regioni e Provincia Autonome – Presidenza Consiglio dei Ministri (DPC) – Versione 1.0 – Giugno 2015

Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da Liquefazione (LQ) – Commissione Tecnica per la micro zonazione sismica – Versione 1.0 – Marzo 2017

Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante micro zonazione (FR) – Commissione Tecnica per la micro zonazione sismica – Versione 2.1 – Gennaio 2018

Microzonazione Sismica Regionale – Redazione delle specifiche tecniche regionali per l’elaborazione di indagini e studi di micro zonazione sismica e prescrizioni per le analisi della Condizione Limite per l’Emergenza (aggiornamento 02/10/2018) – Approvata con Del. G.R.T. n.1162/2018

Realizzazione di abachi regionali per amplificazioni litostratigrafiche finalizzati alla redazione di cartografie di micro zonazione sismica di livello 2. – Dott. G. Peruzzi, Dott. D. Pileggi e Prof. D. Albarello Relazione Finale relativa alle attività svolte nell’ambito della Convenzione fra la Regione Toscana e il Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell’Ambiente dell’Università degli Studi di Siena Siena, 30 Dicembre 2013

3- INTRODUZIONE

Gli studi di Microzonazione Sismica hanno l'obiettivo di individuare ad una scala sufficientemente grande (scala comunale o sub comunale) l'esistenza di condizioni geologico-stratigrafiche, geomorfologiche e geotecniche locali in grado di:

- 1) modificare le caratteristiche del moto sismico atteso in situazioni ideali di bedrock rigido affiorante e privo di irregolarità morfologiche (pericolosità sismica di base);
- 2) produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture;
- 3) creare fenomeni di instabilità dei terreni.

Tali modificazioni sono note in letteratura come **effetti di sito** e la loro quantificazione rientra in quelli che sono i principali obiettivi degli studi di MS.

La MS rappresenta quindi un fondamentale strumento di conoscenza del territorio in rapporto alle possibili problematiche indotte dall'occorrenza di eventi sismici fornendo informazioni utili per le attività di pianificazione territoriale volte alla riduzione del rischio sismico.

L'individuazione di zone del territorio caratterizzate da un **comportamento sismico omogeneo** permette di giungere ad una valutazione della pericolosità sismica locale attraverso il riconoscimento di zone stabili, zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e zone suscettibili di instabilità.

Nello specifico attraverso questi studi è possibile, all'interno di un determinato territorio, individuare e caratterizzare:

Zone Stabili: zone nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato sismico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base.

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica: zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio.

Zone suscettibili di instabilità: zone suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, icro zonaz superficiale).

In relazione ai diversi contesti geologico-tecnici, alla pericolosità sismica di base ed in funzione dei diversi obiettivi degli studi di MS, possono essere effettuati n. 3 livelli di approfondimento:

Livello 1: livello propedeutico ai successivi studi di MS, che consiste esclusivamente 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. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della **carta delle "Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)"**

Livello 2: livello successivo in cui si introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee mediante metodologie di analisi numerica di tipo semplificato (abachi regionalizzati, modellazione 1D, leggi empiriche) e l'esecuzione di ulteriori e più mirate indagini. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della **“Carta di Microzonazione Sismica”**;

Livello 3: livello più approfondito che permette di giungere ad una micro zonazione approfondita del territorio basata su metodologie analitiche di analisi di tipo quantitativo. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della **“Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti”**.

Con l'entrata in vigore del **DPGR 53R/2011** è fatto obbligo per le Amministrazioni Comunali di dotarsi all'interno del Quadro Conoscitivo degli Strumenti Urbanistici di uno studio di MS almeno di Livello 1 (MOPS) dal quale derivare cartografie di pericolosità sismica.

Il Comune di Comano ha provveduto alla realizzazione di uno studio di MS di Livello 1, approvato dalla Commissione nazionale per la micro zonazione sismica in data 27/04/2015.

Il presente studio MS consiste quindi in un approfondimento di Livello 2 dello studio sopracitato, approfondimento mirato a definire l'entità delle modificazioni del moto sismico indotte dalle specifiche caratteristiche litostratigrafiche locali, in assenza di effetti topografici, effetti 2D e di eventuali aggravii del moto dovuti a deformazioni permanenti.

Nella **Carta di Microzonazione Sismica** sono quindi riportate **zone a diverso fattore di amplificazione**, calcolato in funzione delle stratigrafie rappresentative delle varie microzone omogenee.

La procedura prevista per la stesura di tale elaborato prevede l'applicazione di abachi regionali per la quantificazione dell'amplificazione sismica dovuta a fenomeni di tipo litostratigrafico in quelle zone per le quali un approccio semplificato possa avere significato (situazioni litostratigrafiche caratterizzate da alternanze di formazioni lungo superfici di discontinuità con buona approssimazione piane e orizzontali).

La Regione Toscana, nell'ambito di un Accordo di Collaborazione Scientifica stipulato con il Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente dell'Università degli Studi di Siena ha provveduto alla realizzazione di uno studio scientifico finalizzato alla redazione di abachi regionali per la quantificazione dell'amplificazione sismica dovuta a fenomeni di tipo litostratigrafico, mediante procedure semplificate.

In pratica gli abachi sono delle tabelle nelle quali ad un insieme di valori assunti da parametri considerati diagnostici e ad un particolare livello di pericolosità sismica siano associati univocamente valori attesi dell'amplificazione del moto sismico (**FA** ovvero **“Fattore di Amplificazione”**) rispetto ad un terreno di riferimento.

Il parametro utilizzato per la rappresentazione dei livelli amplificativi è il **fattore di amplificazione di Housner** (di seguito denominato **Fha**) misurato come rapporto tra l'integrale dello spettro di accelerazione in output (PSA_{out}) e l'omologo integrale dello spettro di accelerazione in input (PSA_{in})

$$FHa_{(0,1+0,5)} = \frac{\int_{0,1}^{0,5} PSA_{out}(T) dT}{\int_{0,1}^{0,5} PSA_{in}(T) dT} \quad (6.1)$$

$$FHa_{(0,5+1,0)} = \frac{\int_{0,5}^{1,0} PSA_{out}(T) dT}{\int_{0,5}^{1,0} PSA_{in}(T) dT} \quad (6.2)$$

In analogia a quanto effettuato negli studi di MS di livello 3 conclusi, la Regione Toscana ha scelto di valutare un duplice intervallo di integrazione: il primo **tra 0.1 e 0.5 secondi** (denominato **Fha0.1-0.5**), significativo per le **strutture più rigide, a basso periodo proprio**, il secondo **tra 0.5 e 1.0 secondi** (denominato Fha0.5-1) per le **strutture più flessibili, ad elevato periodo proprio**.

Gli abachi si differenziano sulla base dei seguenti fattori:

1. **Area geografica** (territorio distinto in 5 macroaree: Toscana appenninica, area di transizione, Toscana interna, Amiata e Toscana costiera, vedi **Fig. 1**).
2. **Tipologia dell'input sismico** ($ag (TR=475 \text{ anni}) \geq 0.15 g$ vs $ag (TR=475 \text{ anni}) < 0.15 g$).
3. **Profondità del substrato sismico** maggiore o minore a 30m.
4. **Tipo di fattore di amplificazione**.

I **parametri geologici s.l. d'ingresso**, per poter estrapolare il valore del fattore di amplificazione, sono due:

1. Il periodo fondamentale di vibrazione del sito (T_0) o la corrispondente **frequenza fondamentale (f_0)**.
2. Il valore della **velocità media delle Onde S nei primi 30 metri di sottosuolo (V_{s30})** o, se il bedrock sismico si trova a meno di 30 metri dalla superficie, il **valore della velocità media delle onde S fino al bedrock sismico (V_{SH})**

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}} \quad V_{SH} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

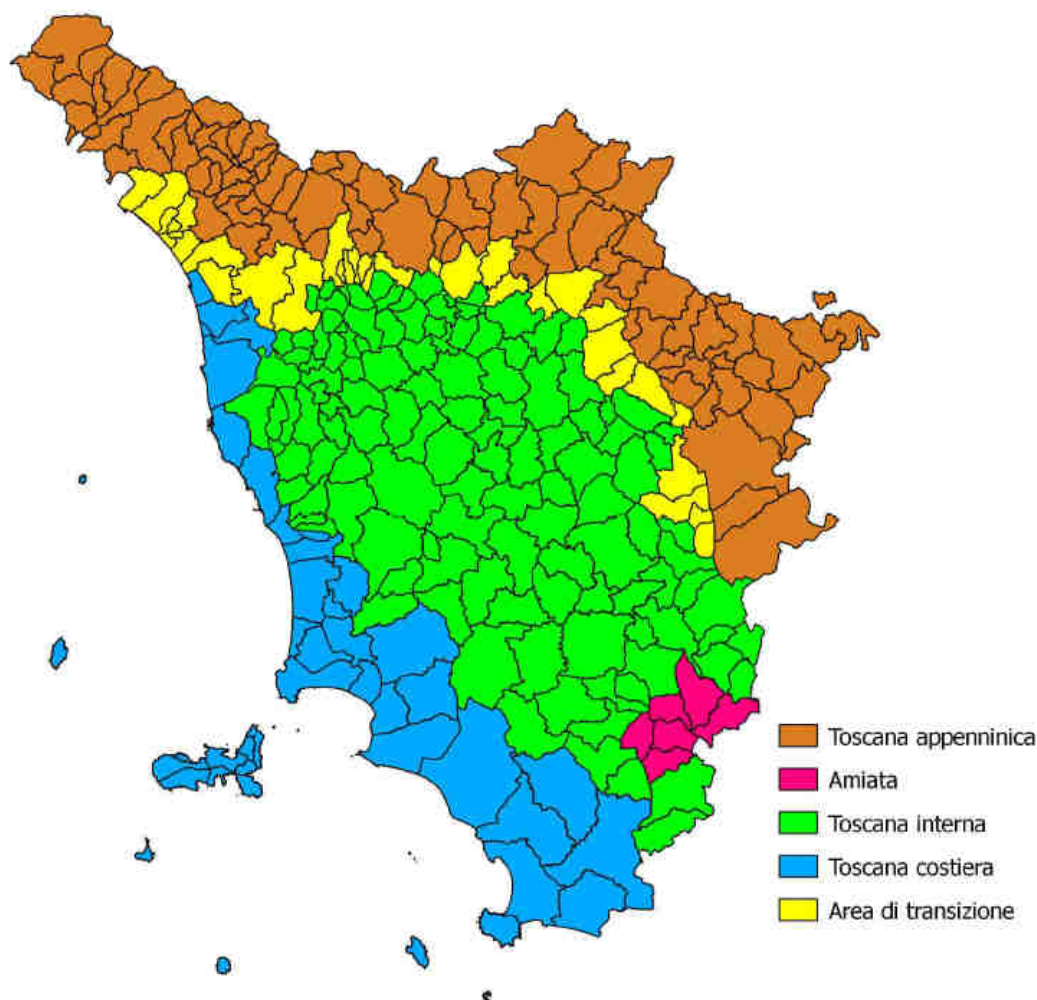


Fig. 1 – Suddivisione del territorio toscano in macroaree per la scelta degli abachi di livello 2.

Il **passaggio da uno studio di studio di MS di Livello 1 al successivo Livello 2** non consiste però *semplicemente* nella corretta applicazione degli abachi regionali alle varie microzone omogenee individuate nella cartografia MOPS.

Prima dell'applicazione degli abachi è necessario infatti effettuare un'**accurata** valutazione sull'attendibilità dello studio di MS di Livello 1 di cui si dispone.

Nel caso specifico tale valutazione, in accordo a quanto suggerito nelle Specifiche Tecniche Regionali (Edizione 6), è stata svolta mediante un **processo di controllo dello studio di MS di Livello 1 del Comune di Comano** articolato attraverso il percorso logico sintetizzato dal seguente diagramma di flusso (vedi **Fig. 2**).

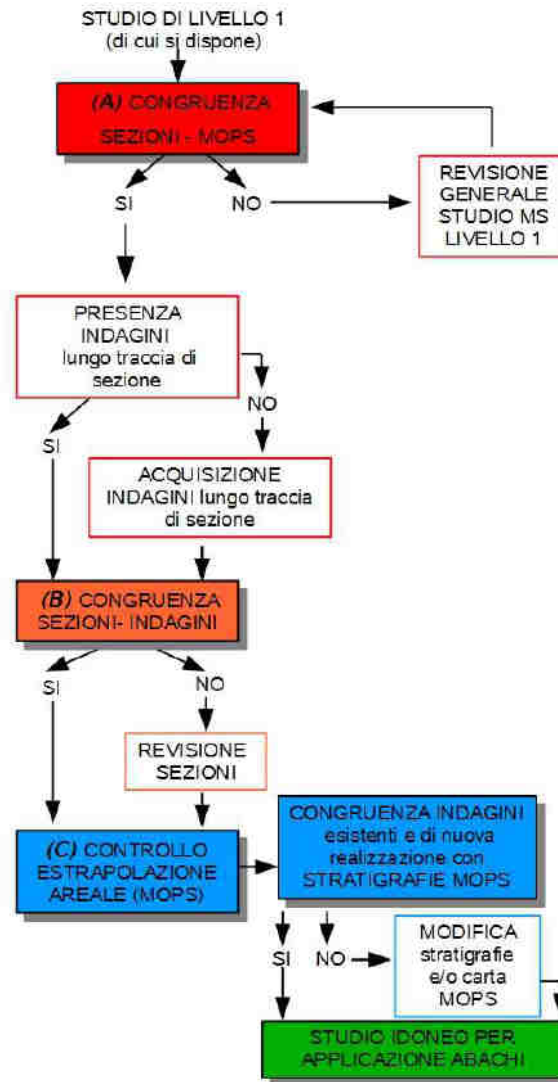


Fig. 2 – Diagramma di flusso per il passaggio da uno studio di MS di livello 1 ad uno studio di livello 2.

I controlli svolti sono stati quindi sostanzialmente mirati a

i) individuare possibili incongruenze tra le sezioni geologico-tecniche e la cartografia MOPS e tra le sezioni geologico-tecniche e le risultanze delle indagini geognostiche (sia esistenti che di nuova realizzazione)

ii) verificare sia la robustezza dell'estrapolazione areale del modello geologico ricostruito lungo le sezioni sia la corrispondenza tra stratigrafie delle varie microzone omogenee e reali caratteristiche di microzonazione delle stesse.

Al termine di questo processo di controllo è stata confermata la validità dello studio di Livello 1 apportando solamente alcune modifiche volte principalmente a suddividere alcune microzone esistenti in due microzone caratterizzate da diversi spessori delle coperture.

4 – PORZIONE DI TERRITORIO INTERESSATA DALLLO STUDIO

Il paesaggio del territorio comunale è tipicamente collinare-montano con boschi e ambienti rurali.

La porzione di territorio a N-NE di Comano Capoluogo è caratterizzata da una morfologia piuttosto articolata con valli fluiviali strette, incise da corsi d'acqua a carattere torrentizio.

La porzione di territorio a Est di Comano Capoluogo si caratterizza invece per una morfologia collinare, con valli più aperte e con presenza di seminativi e colture miste, oliveti e vigneti.

Dal punto di vista cartografico il territorio del Comune di Comano rientra nel Foglio 234 – Fivizzano della Carta 1:50000 dell'I.G.M.

Il presente studio è stato condotto utilizzando come cartografia di base le Sezioni scala 1:10.000 della Carta Tecnica Regionale della Regione Toscana sulle quali sono stati sovrapposti, in corrispondenza dei principali nuclei abitati, i fogli CTR-2K scala 1:2.000 (anno 2008).

Come precedentemente evidenziato gli studi di MS di Livello 2 forniscono una stima della risposta sismica locale in termini di fattori di amplificazione in quelle zone “**stabili suscettibili di amplificazione**” per le quali gli approcci di tipo semplificato possano avere significato, ovvero dove sia possibile utilizzare abachi per amplificazioni litostratigrafiche e/o per amplificazioni topografiche.

È infatti raccomandato l'**utilizzo degli abachi per amplificazioni litostratigrafiche in presenza di assetti geologico-geotecnici assimilabili a un modello fisico monodimensionale**, cioè a n strati piani, orizzontali, paralleli, continui, di estensione infinita, omogenei e a comportamento viscoelastico che giacciono al di sopra del substrato sismico (bedrock sismico).

Elementi come

- i) forme acclivi di superficie (possibili effetti di amplificazione dovuti alla topografia)
- ii) forme articolate del substrato sismico sepolto (possibili effetti di amplificazione 2D)
- iii) successioni litostratigrafiche che prevedano terreni rigidi su terreni soffici (profilo di V_s con inversioni di velocità)
- iv) eventuale presenza di aree soggette a instabilità (possibili aggravii delle amplificazioni), devono infatti essere attentamente analizzati al fine di valutare la necessità o meno di ricorrere a modelli più complessi rispetto a quelli utilizzati per la formulazione degli abachi ed analizzabili con differenti metodi di calcolo (Approfondimenti di Livello 3 – Analisi numeriche di risposta sismica locale).

In base a quanto sopra lo **studio di MS di Livello 2** è stato quindi **circoscritto** al settore centro-orientale del territorio comunale, delimitato a Sud dal Torrente Taverone, ed ad Est dal Torrente Taponecco.

Tale porzione di territorio risulta suddivisa, urbanisticamente, in tre distinte **UTOE**:

U.T.O.E. di Comano: costituita dai centri di Comano Capoluogo, Castello di Comano, Piano, Croce, Imocomano, Groppo San Pietro, Felegara, Monterotondo, Summocomano, Casa Pelati. Quest'area rappresenta l'U.T.O.E. più importante di tutto il territorio comunale sia per le infrastrutture in essa presenti che per il maggior numero di residenti.

U.T.O.E. di Crespiano: costituita dai centri di Crespiano, Pieve di Crespiano, Prota, Piagneto. Essa si sviluppa lungo la parte bassa del versante in destra idrografica del Torrente Taverone con i principali centri abitati di Crespiano e Pieve di Crespiano posti lungo la SP n.75 – Diramazione Strada Provinciale Massese.

U.T.O.E. di Montale: costituita dai centri di La Villa, La Greta, Montale, Catognano. Quest'area è l'U.T.O.E. più ad ovest, a confine con il comune di Licciana Nardi, e i principali centri abitati si trovano lungo il versante in sinistra idrografica del Torrente Taponecco.

Per tali aree infatti pur riscontrando la presenza di assetti geologico-geotecnici complessi che richiederebbero sostanzialmente studi con approfondimenti di Livello 3 (**Analisi numeriche di risposta sismica locale**) sono stati comunque prodotte cartografie di MS di Livello 2 estesi, rispetto al perimetro del territorio urbanizzato, ad un “congruo intorno” scelto sulla base degli aspetti geomorfologici, geologici e geometrico-strutturali che possono produrre fenomeni di amplificazione sismica locale.

I fattori di amplificazioni per effetti litostratigrafici riportati in tali stralci cartografici devono, quindi, essere presi in via del tutto indicativa in quanto possibili modificazioni delle amplificazioni devono essere attese a causa di effetti bidimensionali e topografici e/o a causa della presenza di instabilità di versante.

Di seguito si riportano le aree interessate dallo studio di MS di Livello 2 (vedi **Fig. 3**).

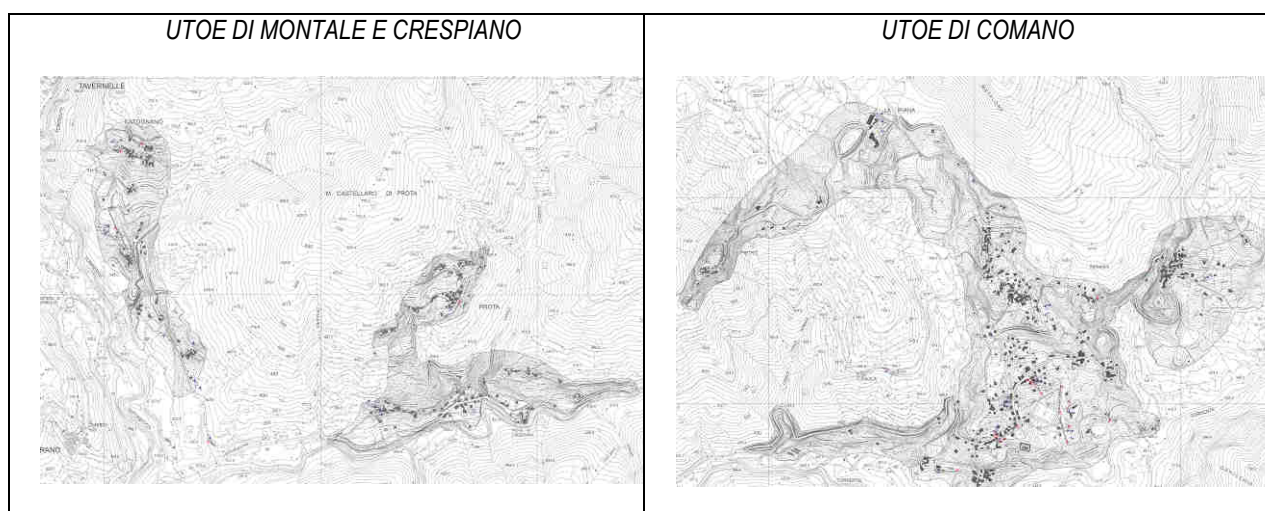


Fig. 3 – aree del territorio comunale interessate dallo Studio di MS di Livello 2.

5 – INDAGINI EFFETTUATE NELL'AMBITO DELLO STUDIO

La cartografia MOPS realizzata nell'ambito dello studio di MS di Livello 1 deriva da una ricostruzione 3D del modello geologico del sottosuolo del territorio comunale che si è basata non soltanto su di una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti ma anche su un'apposita campagna di indagini geofisiche mirata alla definizione delle geometrie dei corpi sepolti e alla individuazione di eventuali contrasti di impedenza sismica e possibili fenomeni di risonanza.

Tale campagna di indagini ha adottato metodologie di sismica sia passiva (misure di vibrazioni ambientali a stazione singola HVSR) che attiva (stese sismiche a rifrazione SR).

Complessivamente il dataset di indagini utilizzato per lo studio di Livello 1 è consistito in n°79 indagini di tipo puntuale così suddivise:

- ☐ n.2 Sondaggi a carotaggio continuo
- ☐ n.2 Prove sismiche tipo down-hole
- ☐ n.1 Prova penetrometrica statica
- ☐ n.46 Prove penetrometriche dinamiche
- ☐ n.28 Misure HVSR

e n°23 indagini di tipo lineare così suddivise:

- ☐ n.1 profilo di sismica a riflessione;
- ☐ n.21 stese di sismica a rifrazione;
- ☐ n.1 prova sismica tipo MASW.

La gran mole di dati disponibili e la verificata congruenza tra sezioni geologico-tecniche e cartografia MOPS emersa in fase di controllo dello studio indica certamente una buona robustezza del modello geologico ricostruito.

Le nuove indagini si sono concentrate principalmente nell'UTOE di Comano nell'area del Campo Sportivo dove, dall'esame delle sezioni geologiche ricostruite, erano presumibilmente possibili profondità del substrato sismico superiori a 30 metri.

In quest'area sono stati realizzati **n.2 nuovi profili di sismica a rifrazione SR con onde P e SH** di cui uno della lunghezza di 120m e l'altro della lunghezza di 144m con energizzazioni esterne a grande distanza in modo da consentire di indagare fino alla profondità d'interesse.

In aggiunta alle rifrazioni sono state condotte **n. 10 nuove misure di vibrazioni ambientali a stazione singola HVSR** che hanno fornito quasi sempre ottimi risultati.

Per le nuove indagini è stata seguita una **numerazione successiva** a quella utilizzata nello Studio di Primo livello in modo da assicurare che ogni singola indagine risulti identificata in modo univoco.

Nella seguente tabella riassuntiva si riportano le denominazioni delle indagini eseguite:

MS_2Liv_COMANO – STESE SISMICHE A RIFRAZIONE CON ONDE P e SH (Tot.n.2)		
SIGLA	LOCALITA'	DATA
SR_8	<i>Comano Capoluogo (Campo sportivo)</i>	<i>29 Luglio 2019</i>
SR_9	<i>Comano Capoluogo (Campo sportivo)</i>	<i>29 Luglio 2019</i>
MS_2Liv_COMANO – MISURE HVSR (Tot.n.10)		
SIGLA	LOCALITA'	DATA
HVSR_29	<i>Crespiano Basso (campo a valle diramazione per Montale)</i>	<i>02 Febbraio 2020</i>
HVSR_30	<i>Crespiano Vecchio (a valle nucleo abitato)</i>	<i>02 Febbraio 2020</i>
HVSR_31	<i>Casa Pelati (lungo il crinale)</i>	<i>02 Febbraio 2020</i>
HVSR_32	<i>Casa Pelati (a sud-ovest nucleo abitato)</i>	<i>02 Febbraio 2020</i>
HVSR_33	<i>Comano capoluogo (ad ovest del campo sportivo)</i>	<i>02 Febbraio 2020</i>
HVSR_34	<i>Comano capoluogo (presso il campo sportivo)</i>	<i>02 Febbraio 2020</i>
HVSR_35	<i>Comano capoluogo (presso il centro del Cavallo)</i>	<i>02 Febbraio 2020</i>
HVSR_36	<i>Comano capoluogo (a nord del centro del cavallo)</i>	<i>29 Febbraio 2020</i>
HVSR_37	<i>Comano capoluogo (ad ovest del centro del cavallo)</i>	<i>29 Febbraio 2020</i>
HVSR_38	<i>Comano capoluogo (a sud del campo sportivo)</i>	<i>29 Febbraio 2020</i>

Tabella n.1 – Tabella riepilogativa delle indagini condotte ex-novo nell'ambito dello Studio di MS di Livello 2.

5.1 – SISMICA A RIFRAZIONE CON ONDE P E SH

Le indagini geofisiche di sismica a rifrazione con onde P e SH consentono di ottenere dettagliate informazioni sulle geometrie sepolte del substrato geologico specie in presenza di buoni contrasti di impedenza sismica e target di investigazione entro i 30-40 m dal piano campagna.

Tale metodologia è particolarmente adatta in quelle situazioni in cui il contesto microzonazione ico risulta spiccatamente bidimensionale.

Le **n.2 stese sismiche a rifrazione** (vedi **Figg. 4-5**) effettuate nell'ambito dello studio di MS di Livello 2 sono state eseguite in pratica una di seguito all'altra in modo da consentire di ottenere un'unica sezione della lunghezza di circa 264m con **lo scopo di individuare zone con profondità del substrato sismico superiori a 30 metri**.

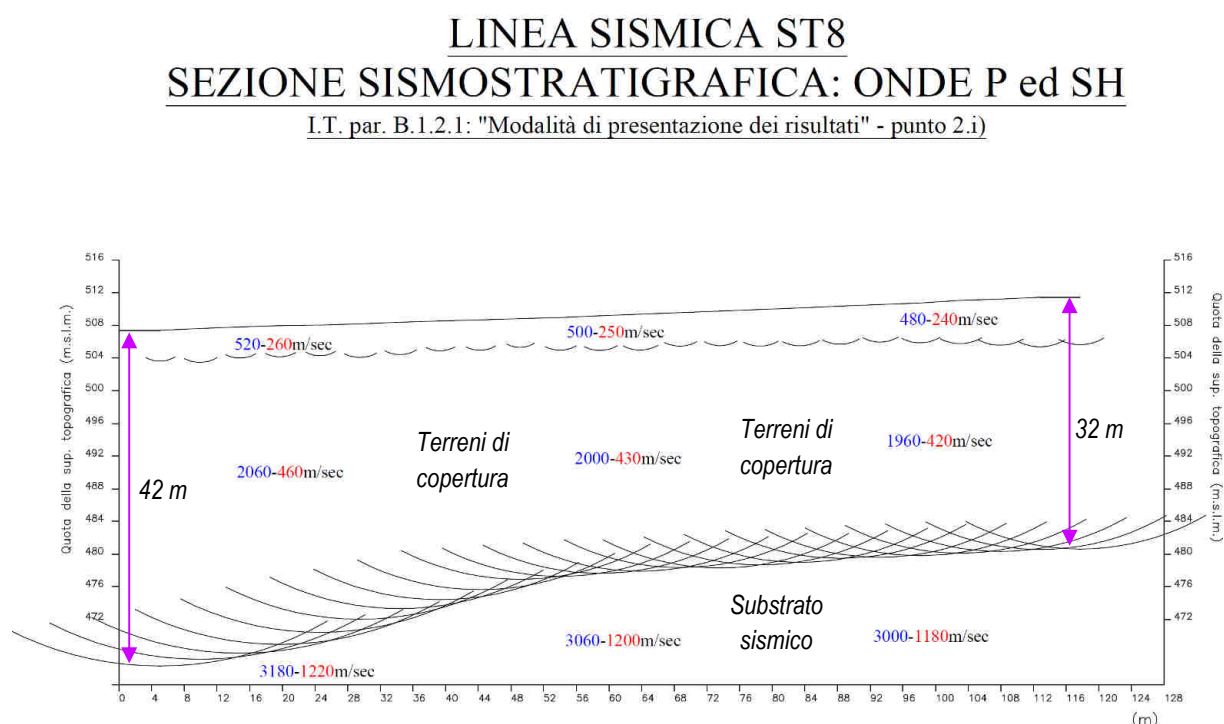


Fig. 4 – Sezione microzonazione ico **ST8** eseguita lungo Via Tana a valle del Campo Sportivo.

La Sezione **ST8** ha consentito di individuare, per tutta la sua lunghezza, una profondità del substrato sismico superiore a 30 metri.

Inoltre è stata messa in evidenza una forte impedenza sismica tra il substrato e le coperture, confermata anche dalle elevate ampiezze ottenute nelle misure di rumore.

La Sezione **ST9** ha consentito di individuare il substrato sismico ad una profondità compresa tra 32 e 25 metri individuando la zona in cui si verifica il passaggio dai 30 metri.

Salendo verso l'alto si è notata una diminuzione nella velocità del substrato sismico.

LINEA SISMICA ST9

SEZIONE SIMOSTRATIGRAFICA: ONDE P ed SH

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

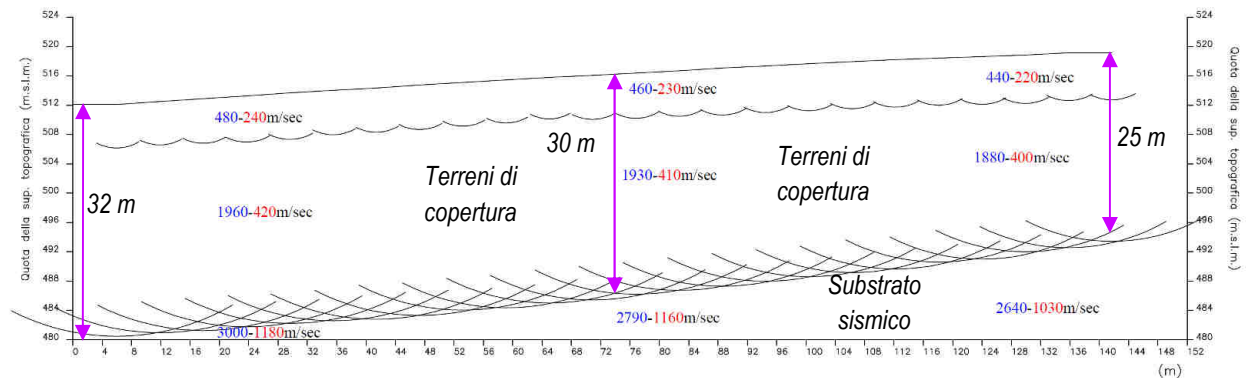


Fig. 5 – Sezione microzonazione sismica **ST9** eseguita lungo Via Tana all'altezza del Campo Sportivo.

5.2 – MISURE DI RUMORE HVSR

Le misure passive a stazione singola (**HVSR**) rappresentano non solo un valido strumento a basso costo che permette di valutare la presenza di fenomeni di risonanza potenzialmente responsabili di locali amplificazioni del moto sismico ma anche una tipologia di indagine che consente di definire un modello geologico di sottosuolo semplificato se opportunamente tarata tramite indagini geognostiche dirette e/o sismiche.

Sulla base di quanto indicato dal Prof. Dario Albarello nelle dispense “*Indagini geofisiche dspeditive a supporto della Microzonazione Sismica di livello 1*” le misure di rumore infatti forniscono una stima diretta della **frequenza di risonanza** ν_0 delle coperture.

La frequenza di risonanza delle coperture a sua volta dipende dal loro **spessore** H e dalla **velocità** **“media”** V_s delle onde S nelle coperture stesse secondo le seguenti correlazioni:

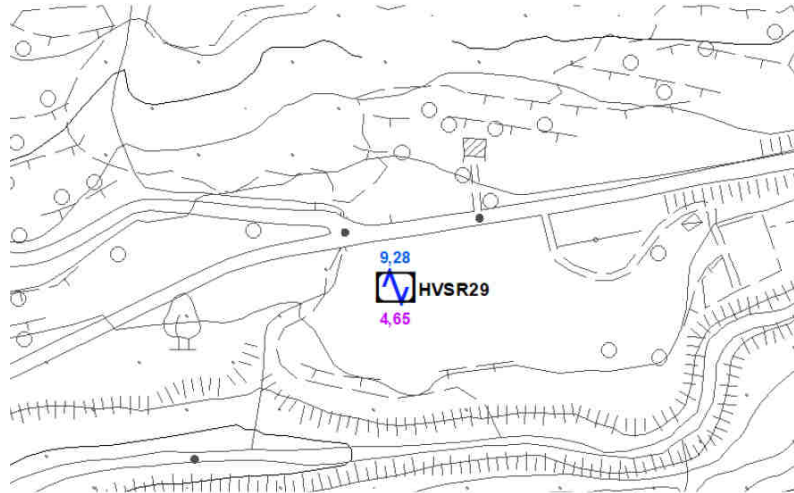
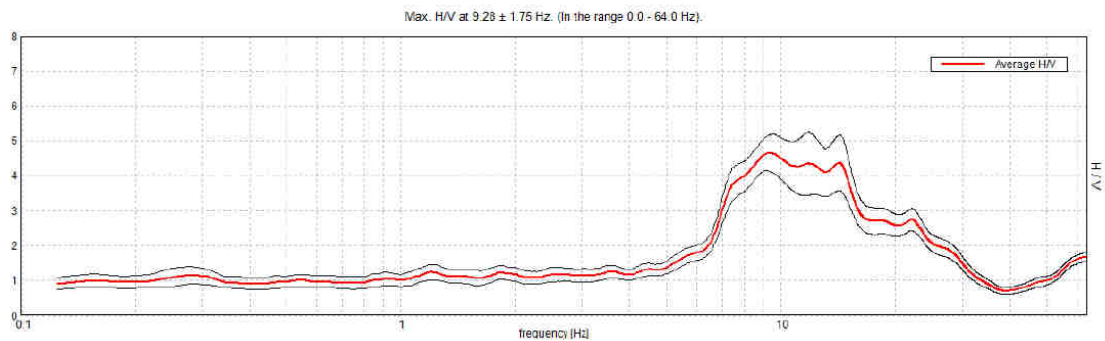
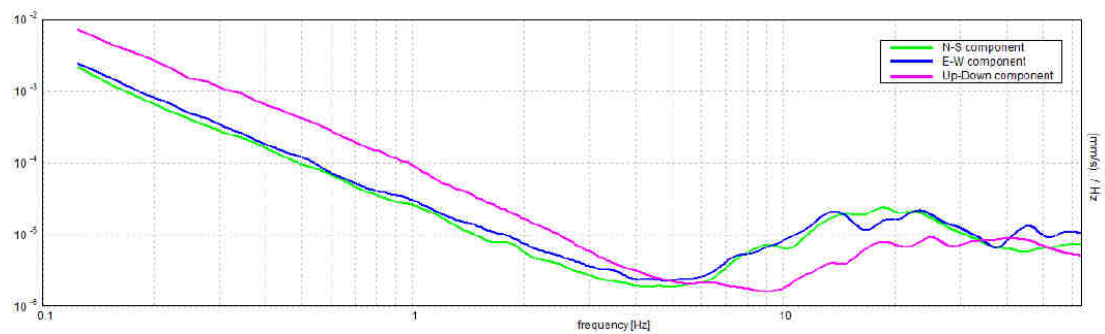
$$\nu_0 = \frac{\hat{V}_s}{4H}$$

$$\hat{V}_s = \nu_0 4H$$

$$H = \frac{\hat{V}_s}{\nu_0 4}$$

Conoscendo la **velocità media** V_s delle coperture è quindi possibile definirne in maniera approssimata lo **spessore** H .

Di seguito per ogni nuova misura HVSR realizzata si riportano gli spettri delle tre componenti del moto ottenute dalle misure condotte sono di seguito riportate (vedi **Figg. Da 6 a 15**).

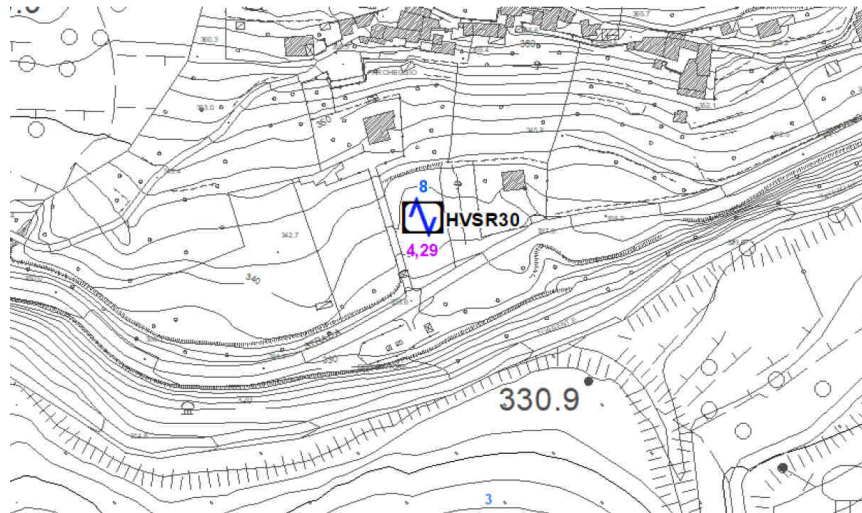
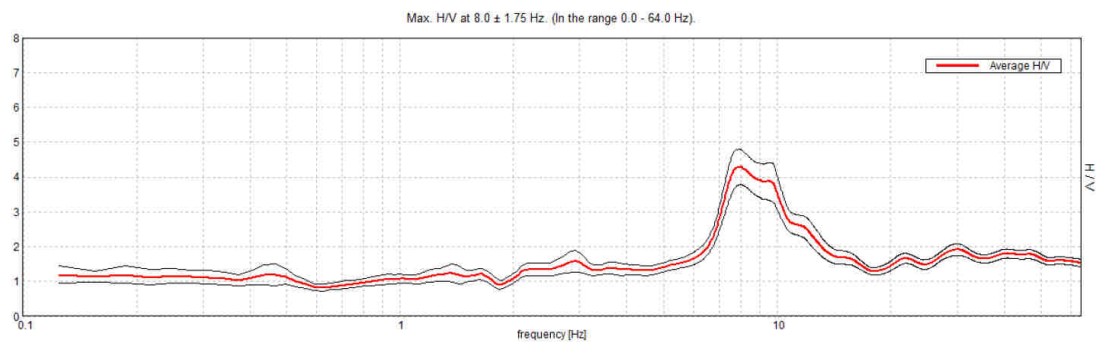
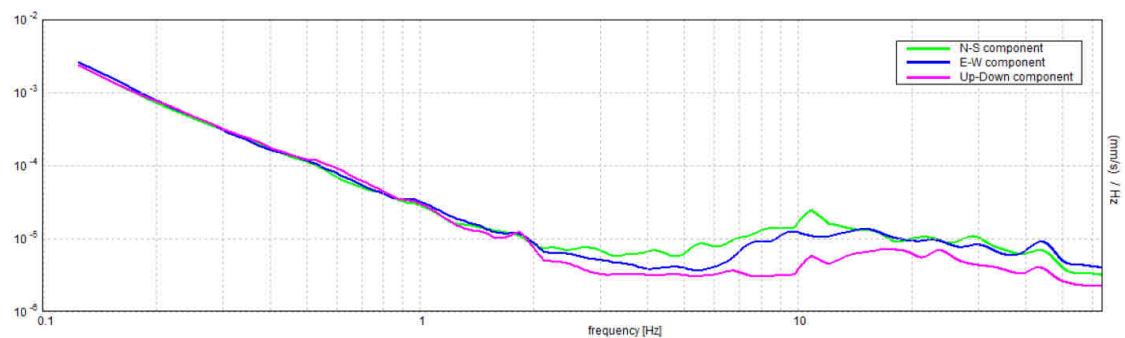
MISURA HVSR29**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO****SINGLE COMPONENT SPECTRA**

Max. H/V at 9.28 \pm 1.75 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Fig. 6 – Curve e spettri delle tre componenti del moto della misura **HVSR29** eseguita nel terrazzo alluvionale a valle della Diramazione per La Greta-Montale.

Nella seguente tabella si riportano i risultati ottenuti dal processo di inversione.

LITOTIPI	Zona	Vs medie coperture	Misura di rumore	Inversione
ZONA MOPS 2006 Alluvioni terrazzate GWtf di spessore compreso tra 10 e 20m Sopra substrato sismico	Diramazione per La Greta-Montale (spessore atteso prossimo a 10m)	393 m/sec	9.3hz	10.6m (coerente con quanto atteso)

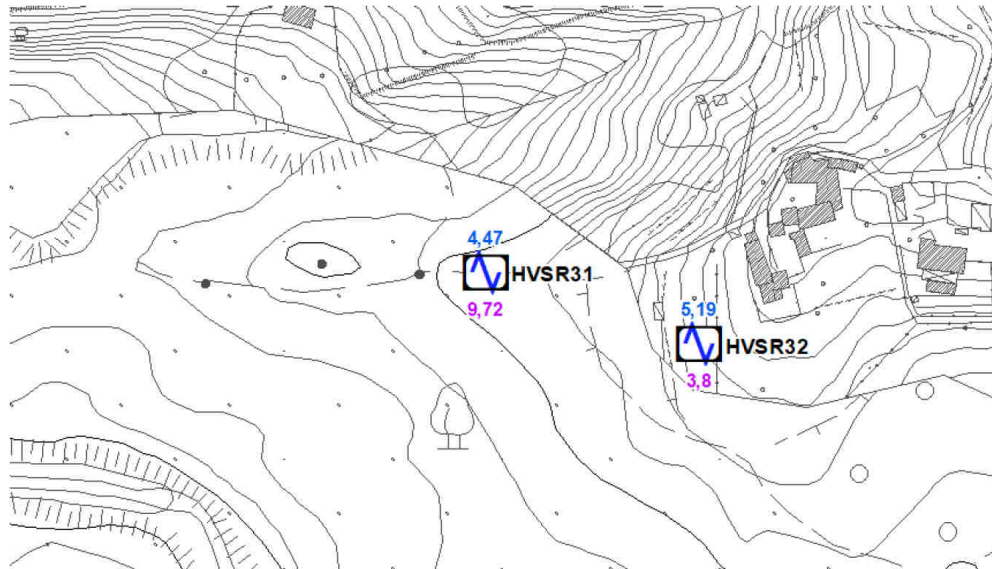
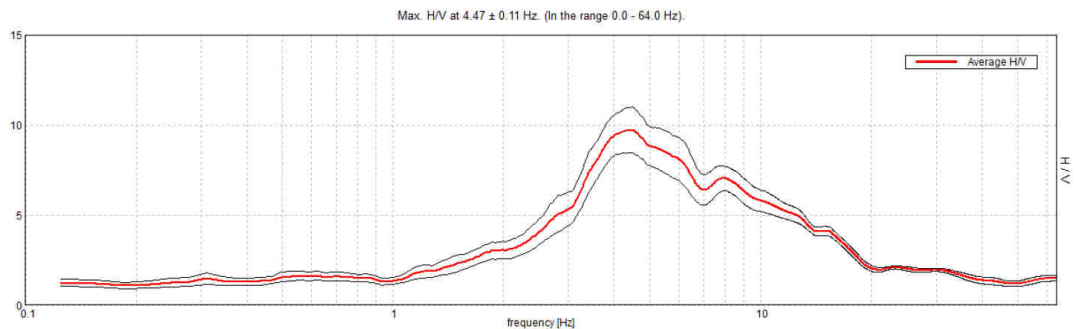
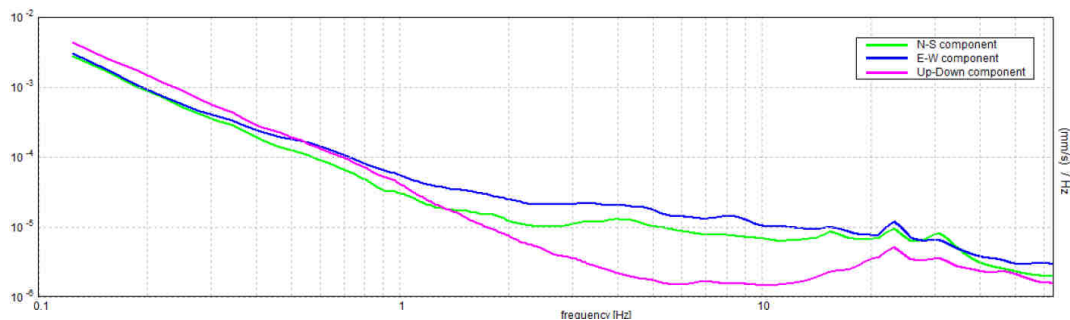
MISURA HVSR30**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO****SINGLE COMPONENT SPECTRA**

Max. H/V at 8.0 ± 1.75 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Fig. 7 – Curve e spettri delle tre componenti del moto della misura **HVSR30** eseguita nel terrazzo alluvionale a valle della frazione di Crespiano Vecchio.

Nella seguente tabella si riportano i risultati ottenuti dal processo di inversione.

LITOTIPI	Zona	Vs medie coperture	Misura di rumore	Inversione
ZONA MOPS 2006 Alluvioni terrazzate GWtf di spessore compreso tra 10 e 20m Sopra substrato sismico	Crespiano Vecchio (spessore atteso prossimo a 15m)	395 m/sec	8.0	12.3m (coerente con quanto atteso)

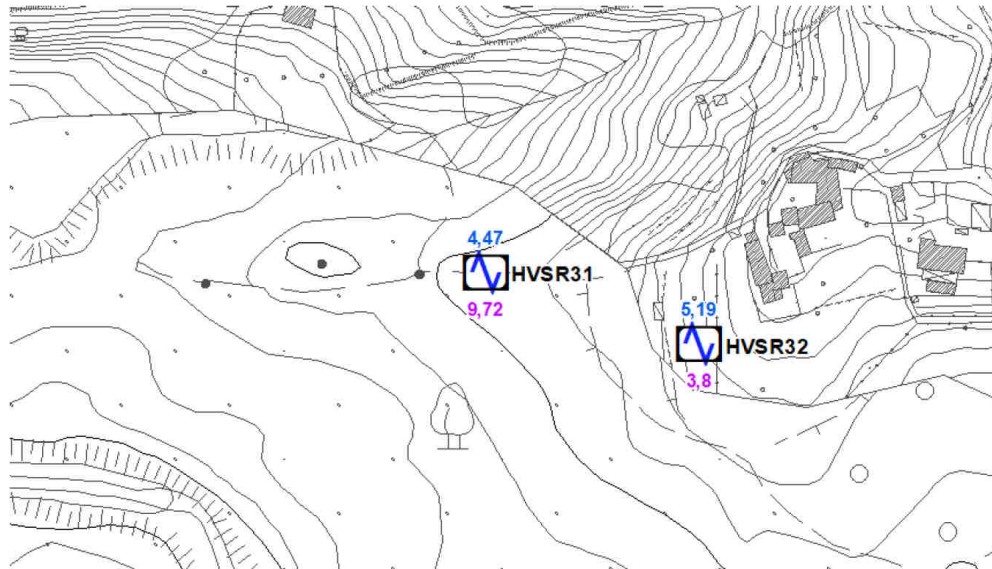
MISURA HVSR31**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO****SINGLE COMPONENT SPECTRA**

Max. H/V at 4.47 ± 0.11 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

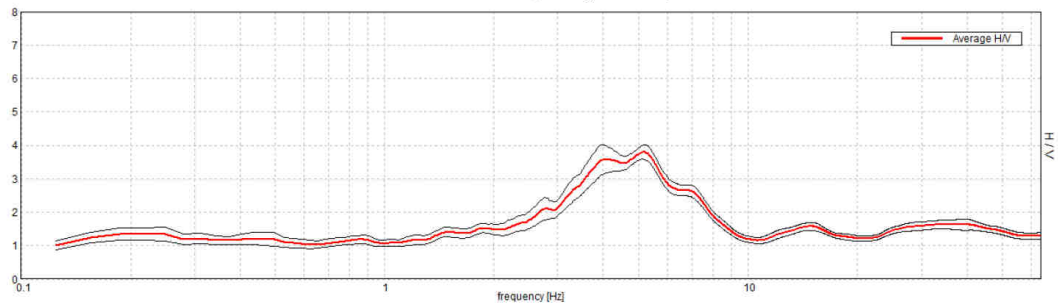
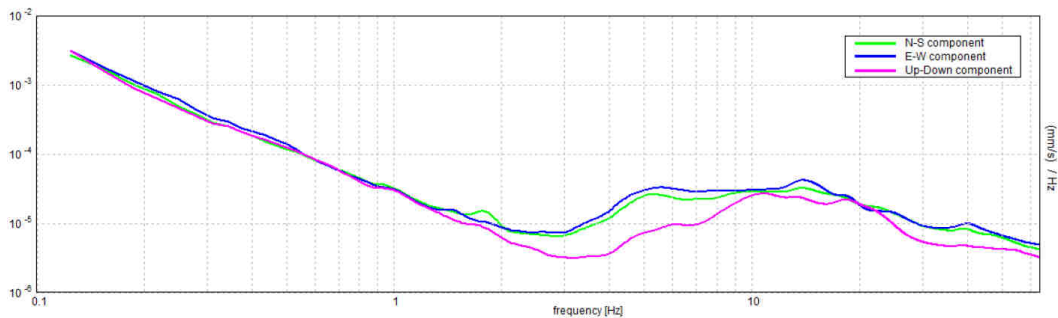
Fig. 8 – Curve e spettri delle tre componenti del moto della misura **HVSR31** eseguita sui depositi di conoide alluvionale ad ovest di Casa di Pelati.

Nella seguente tabella si riportano i risultati ottenuti dal processo di inversione.

LITOTIPI	Zona	Vs medie coperture	Misura di rumore	Inversione
ZONA MOPS 2007 Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico	Ad ovest di Casa Pelati (spessore atteso prossimo a 25m)	387 m/sec	4.47	21.6m (coerente con quanto atteso)

MISURA HVSR32**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**

Max. H/V at 5.19 ± 0.78 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**SINGLE COMPONENT SPECTRA**

Max. H/V at 5.19 ± 0.78 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Fig. 9 – Curve e spettri delle tre componenti del moto della misura **HVSR32** eseguita sui depositi di conoide alluvionale ad ovest di Casa di Pelati.

Nella seguente tabella si riportano i risultati ottenuti dal processo di inversione.

LITOTIPI	Zona	Vs medie coperture	Misura di rumore	Inversione
ZONA MOPS 2007 Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico	Ad ovest di Casa Pelati (spessore atteso prossimo a 25m)	387 m/sec	5.19	18.6m (inferiore a quanto atteso)

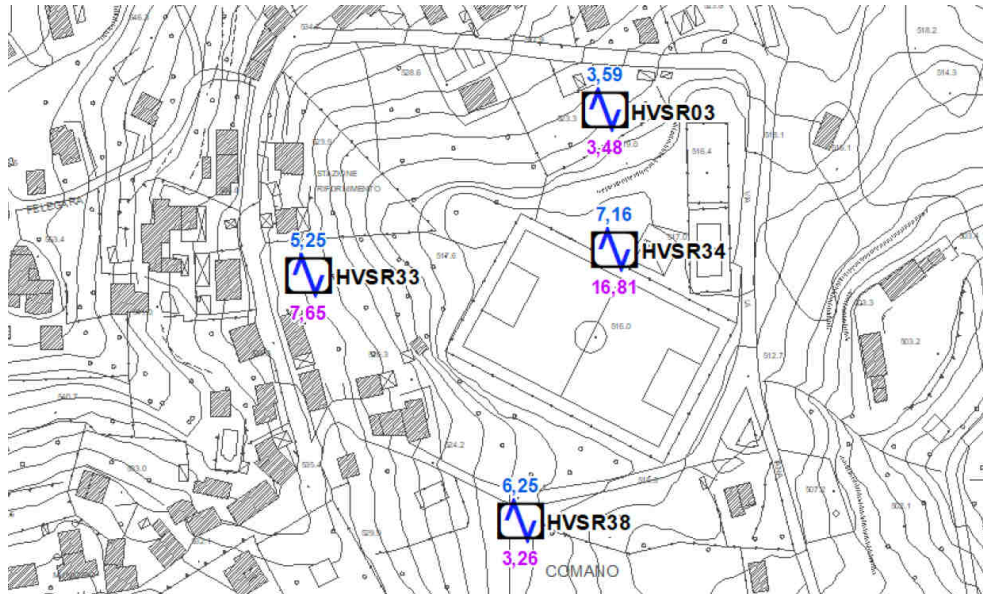
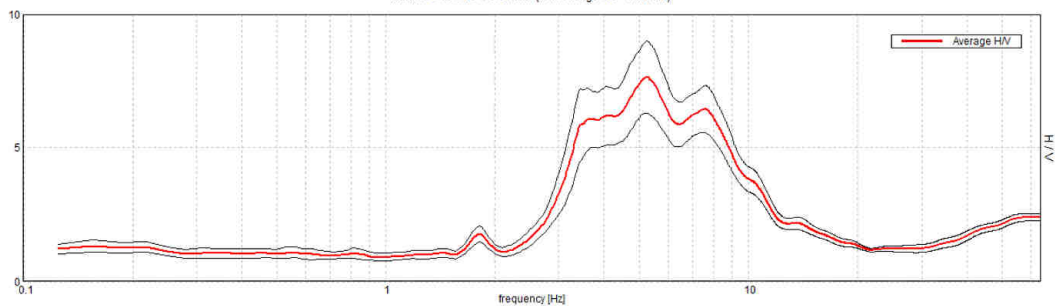
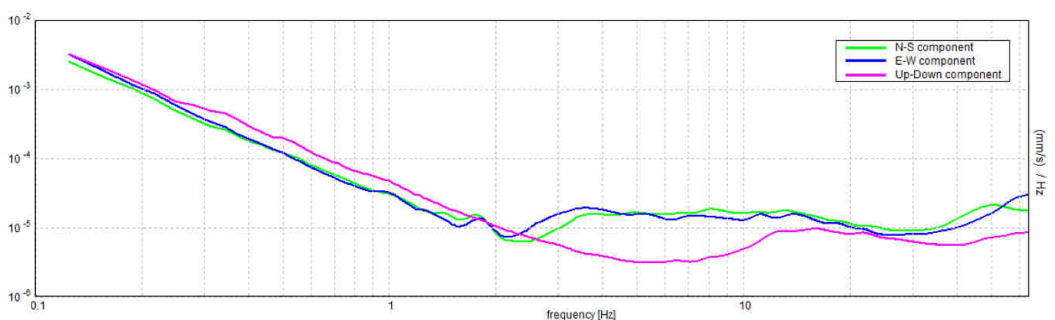
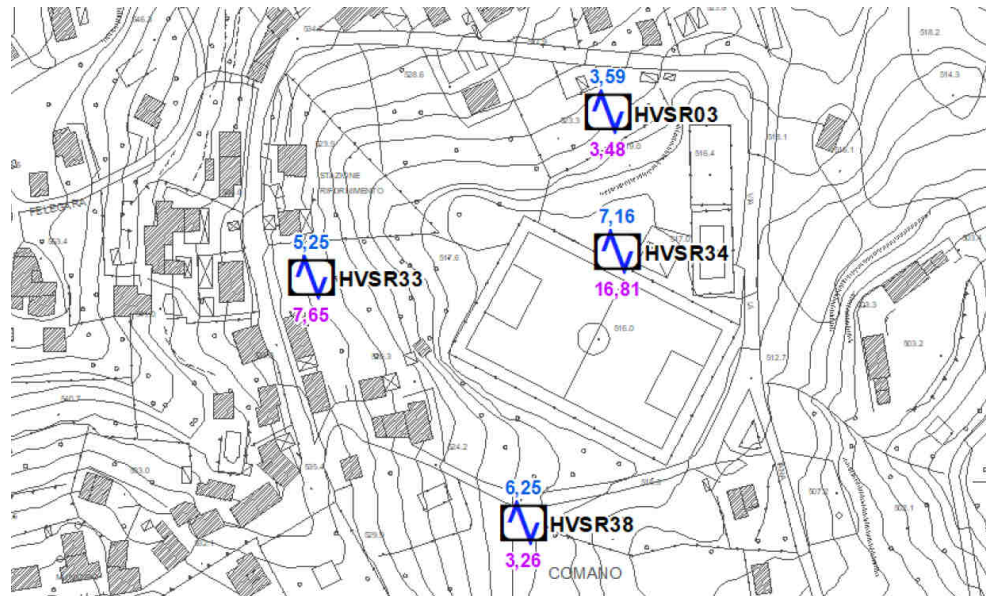
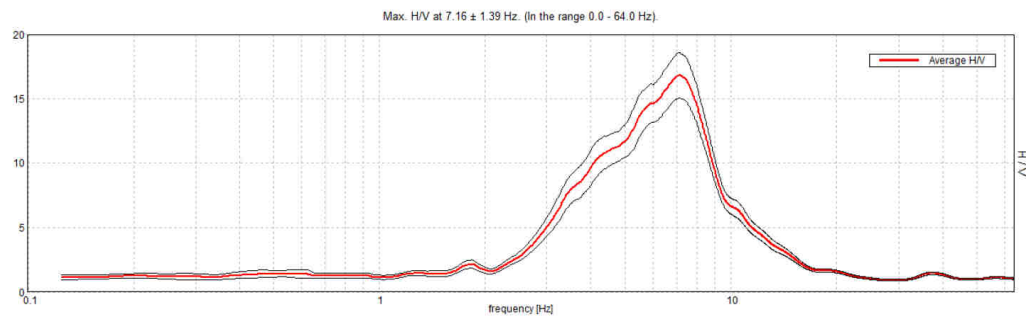
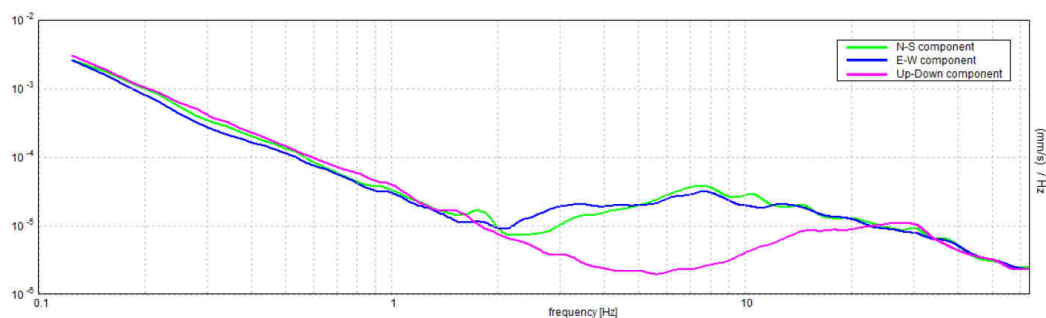
MISURA HVSR33**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**Max. H/V at 5.25 ± 0.93 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).**SINGLE COMPONENT SPECTRA**Max. H/V at 5.25 ± 0.93 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Fig. 10 – Curve e spettri delle tre componenti del moto della misura **HVSR33** eseguita sui depositi di conoide alluvionale in località Felegara ad ovest del Campo Sportivo.

Nella seguente tabella si riportano i risultati ottenuti dal processo di inversione.

LITOTIPI	Zona	Vs medie coperture	Misura di rumore	Inversione
ZONA MOPS 2011 Detrito di versante GMfd e GCfd sopra Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico	Felegara (spessore atteso prossimo a 20m)	368 m/s(classe 300)	5.25	17.5m ok (coerente con quanto atteso)

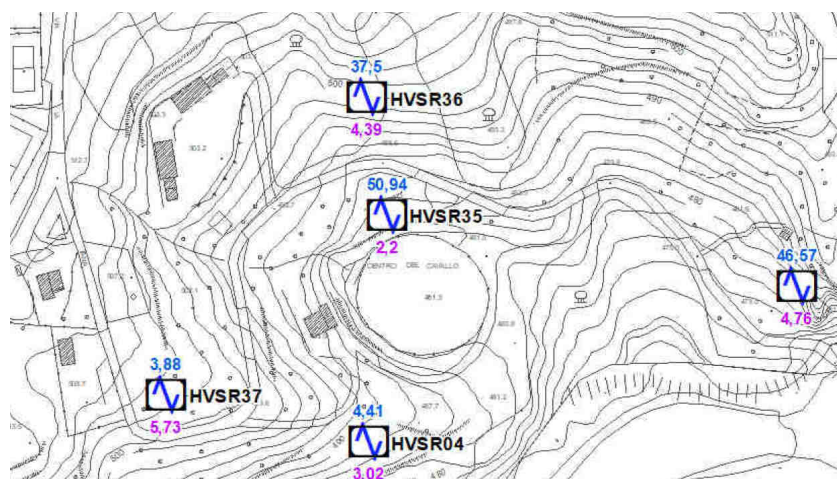
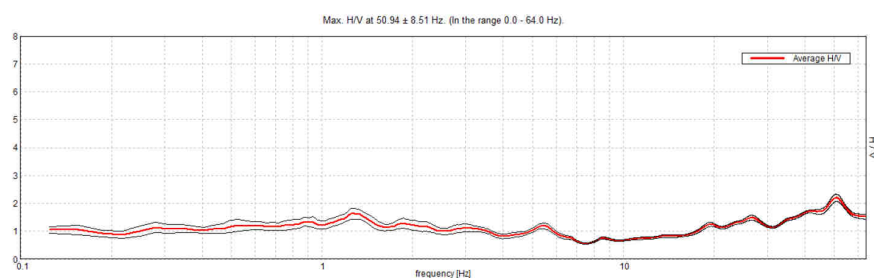
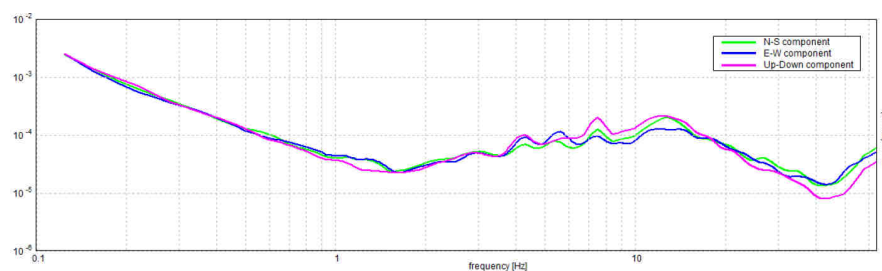
MISURA HVSR34**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO****SINGLE COMPONENT SPECTRA**

Max. H/V at 7.16 ± 1.39 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Fig. 11 – Curve e spettri delle tre componenti del moto della misura **HVSR34** eseguita sui depositi di conoide alluvionale in prossimità del Campo Sportivo.

Nella seguente tabella si riportano i risultati ottenuti dal processo di inversione.

LITOTIPI	Zona	Vs medie coperture	Misura di rumore	Inversione
ZONA MOPS 2011 Detrito di versante GMfd e GCfd sopra Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico	Felegara (spessore atteso prossimo a 22m)	368 m/s(classe 300)	5.25	17.5m (coerente con quanto atteso)

MISURA HVSR35**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO****SINGLE COMPONENT SPECTRA**

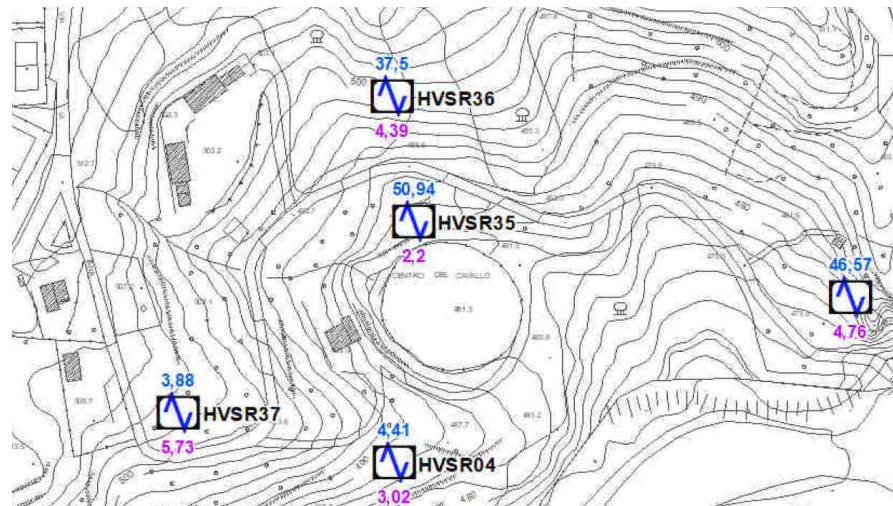
Max. H/V at 50.94 ± 8.51 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Fig. 12 – Curve e spettri delle tre componenti del moto della misura **HVSR35** eseguita all'interno dei corpi di frana attivi presenti in prossimità del Centro del Cavallo.

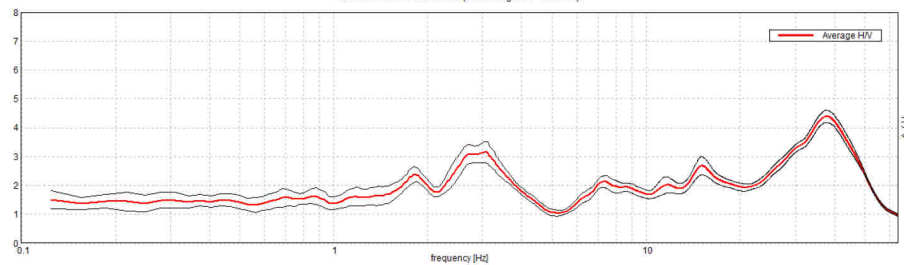
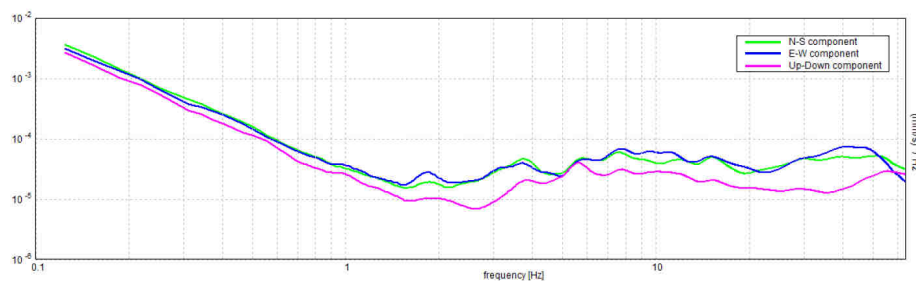
Nella seguente tabella si riportano i risultati ottenuti dal processo di inversione.

LITOTIPI	Zona	Vs medie coperture	Misura di rumore	Inversione
ZONA MOPS 2011 Detrito di versante GMfd e GCfd sopra Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico	Centro del Cavallo (spessore atteso prossimo a 18m)	285 m/s	50.94	1.4m (assolutamente non coerente con quanto atteso)

Una spiegazione di questo risultato potrebbe risiedere nel fatto che la frequenza di risonanza ottenuta potrebbe derivare dal forte contrasto esistente la copertura superficiale estremamente lenta (velocità di 140m/sec) rispetto a quella sottostante (velocità di 360m/sec) e che in questa zona il substrato presenta valori di V_s inferiori rispetto alle zone limitrofe.

MISURA HVSR36**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**

Max. H/V at 37.5 ± 0.63 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**SINGLE COMPONENT SPECTRA**

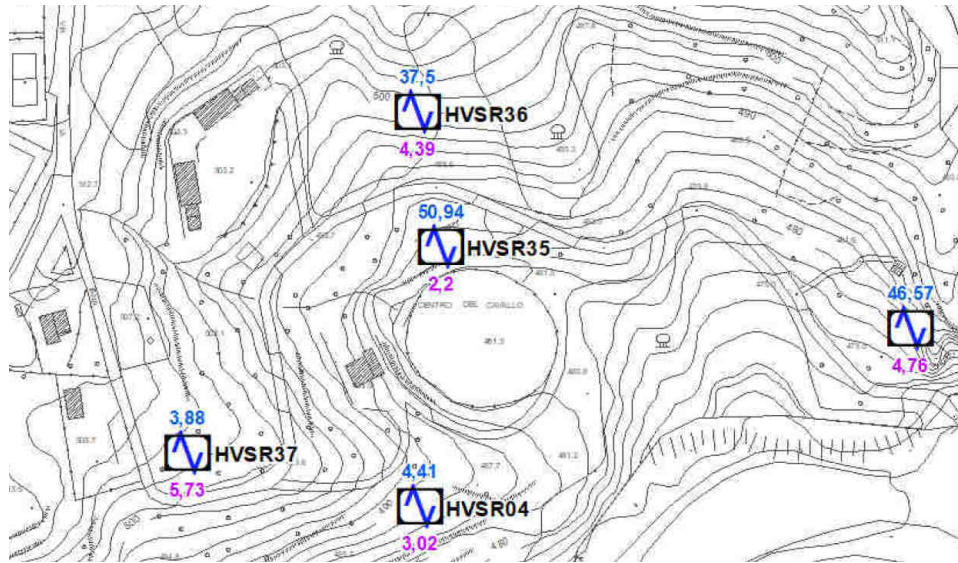
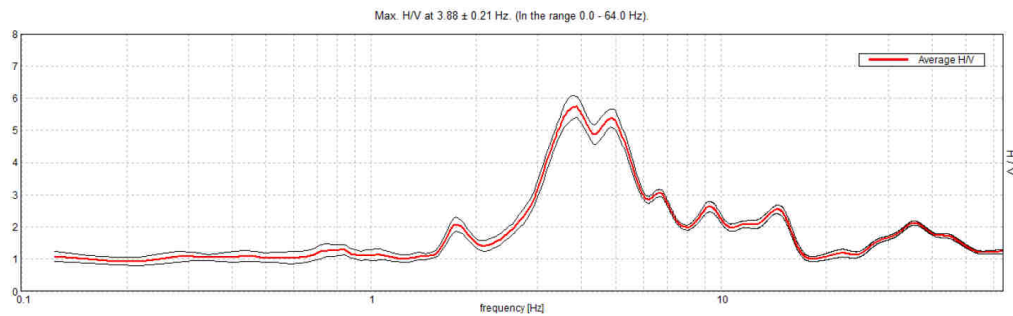
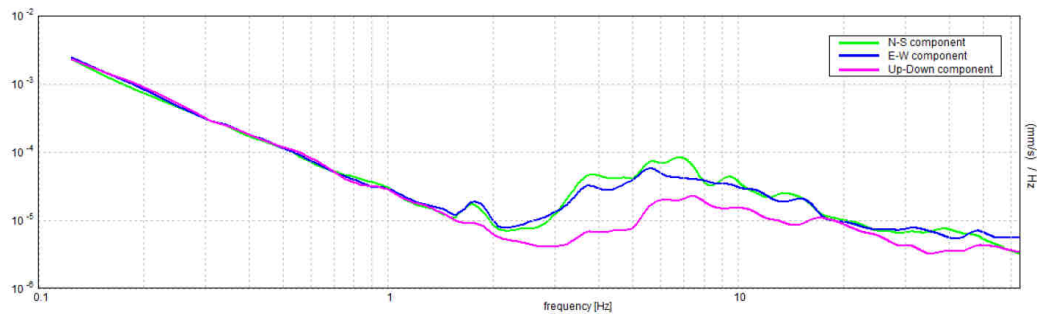
Max. H/V at 37.5 ± 0.63 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Fig. 13 – Curve e spettri delle tre componenti del moto della misura **HVSR36** eseguita all'interno dei corpi di frana attivi presenti in prossimità del Centro del Cavallo.

Nella seguente tabella si riportano i risultati ottenuti dal processo di inversione.

LITOTIPI	Zona	Vs medie coperture	Misura di rumore	Inversione
ZONA MOPS 2011 Detrito di versante GMfd e GCfd sopra Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico	Centro del Cavallo (spessore atteso prossimo a 16m)	285 m/s	37.5	1.9m (assolutamente non coerente con quanto atteso)

Anche per questa misura valgono le considerazioni fatte in precedenza.

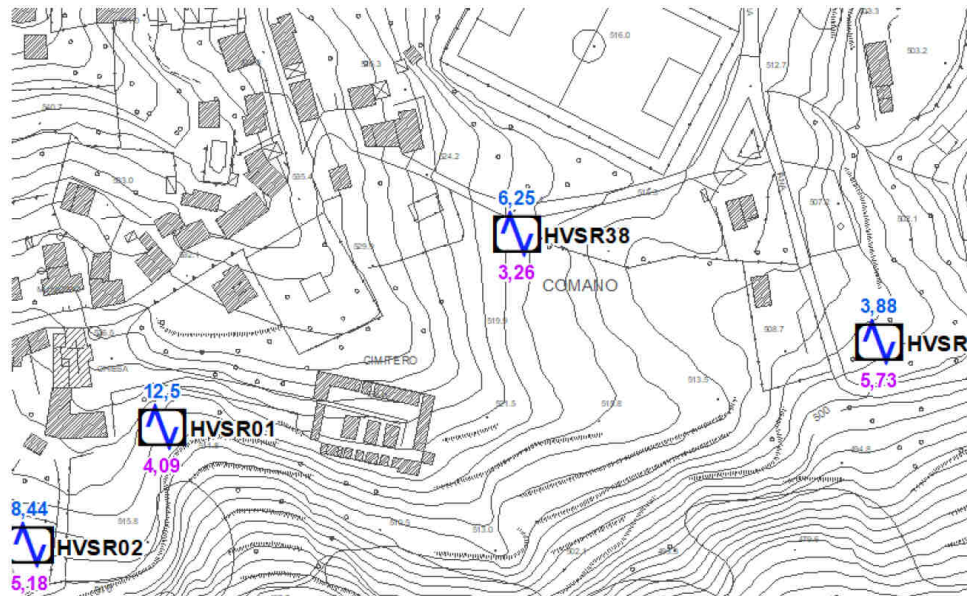
MISURA HVSR37**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO****SINGLE COMPONENT SPECTRA**

Max. H/V at 3.88 ± 0.21 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

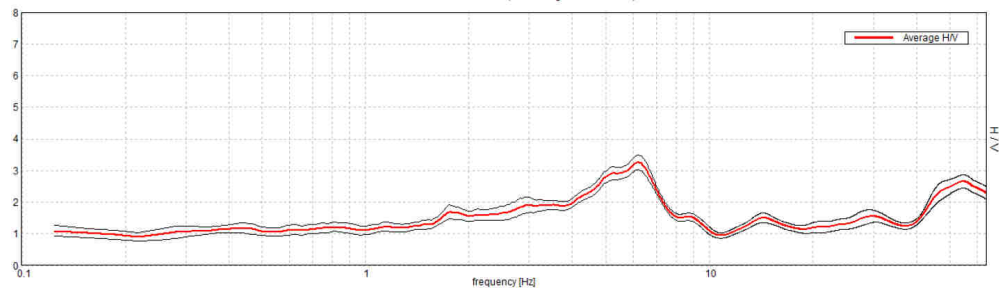
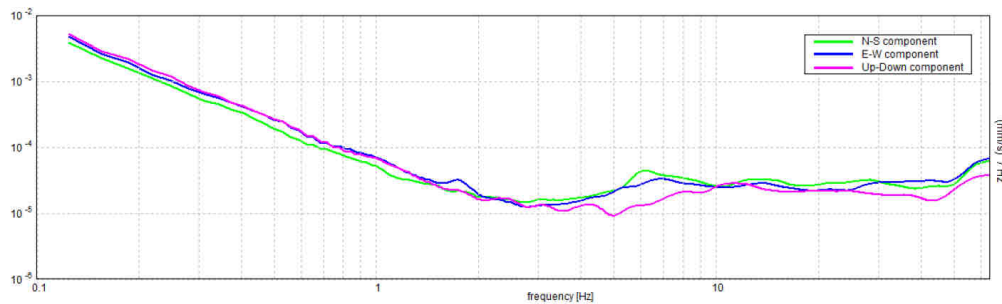
Fig. 14 – Curve e spettri delle tre componenti del moto della misura **HVSR37** eseguita sui depositi di conoide alluvionale lungo Via della Tana a valle del Campo Sportivo.

Nella seguente tabella si riportano i risultati ottenuti dal processo di inversione.

LITOTIPI	Zona	Vs medie coperture	Misura di rumore	Inversione
ZONA MOPS 2011 Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico	Via della Tana (spessore atteso superiore a 30m)	440 m/s	3.88	28.4m (coerente con quanto atteso)

MISURA HVSR38**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**

Max. H/V at 6.25 ± 17.4 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**SINGLE COMPONENT SPECTRA**

Max. H/V at 6.25 ± 17.4 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Fig. 15 – Curve e spettri delle tre componenti del moto della misura **HVSR38** eseguita sui depositi di conoide alluvionale a valle del Campo Sportivo.

Nella seguente tabella si riportano i risultati ottenuti dal processo di inversione.

LITOTIPI	Zona	Vs medie coperture	Misura di rumore	Inversione
ZONA MOPS 2011 Detrito di versante GMfd GCfd sopra Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico	A valle del Campo Sportivo (spessore atteso 25m)	395 m/s	6.25	15.8m (inferiore a quanto atteso)

6 – RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO DI SOTTOSUOLO

Le nuove verifiche hanno consentito di confermare la **validità delle sezioni geo-litologiche elaborate** nell'ambito dello studio di Livello 1.

Di seguito per ogni U.T.O.E. si riportano brevemente le Sezioni elaborate con una breve descrizione delle litologie e degli assetti individuati che sono stati utili per la revisione della Carta delle MOPS.

6.1 – U.T.O.E di Montale

La ricostruzione del modello geologico del sottosuolo per l'U.T.O.E. di Montale si è basata sull'analisi delle sezioni geologiche denominate Sez. 1-1' e Sez. 2-2'.

Come è possibile osservare dalle sezioni il substrato geologico presente in quest'area è rappresentato dalla formazione del Flysch di Ottone (OMT), caratterizzato da un assetto strutturale monoclinale immergente verso SW (giaciture di strato a icro zonazi rispetto al versante in sinistra del Torrente Taponecco) al di sopra del quale si trovano presenti depositi di versante (aa), con spessori massimi di 6-8 m, e depositi alluvionali terrazzati (bna), con spessori massimi di 15-18 m, con i primi che in parte si sovrappongono ai secondi in corrispondenza della zona di raccordo tra i versanti ed il fondovalle.

Nella **Sez. 1-1'** si nota l'elevato spessore dei depositi alluvionali terrazzati (bna) presenti nella zona di Montale, mentre nella frazione di Catognano il substrato roccioso risulta quasi sub affiorante (vedi Fig. 16).

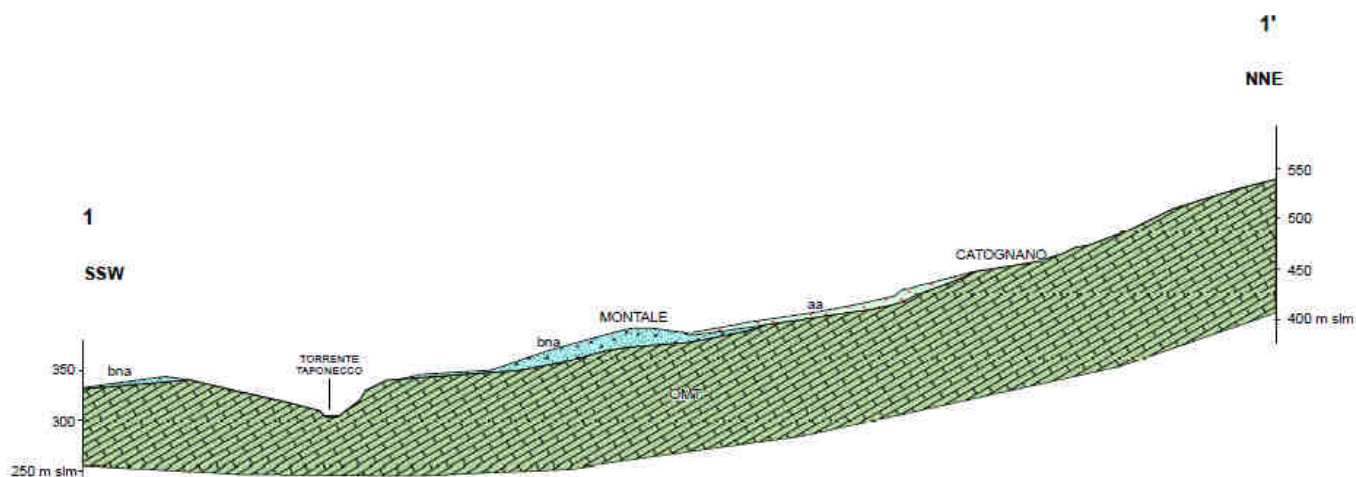


Fig. 16 – Sezione geologica 1-1' rappresentativa del modello del sottosuolo nell'area di Montale e Catognano

Nella **Sez. 2-2'** si rilevano spessori dei depositi alluvionali terrazzati (bna) superiori a 10m (vedi **Fig. 17**).

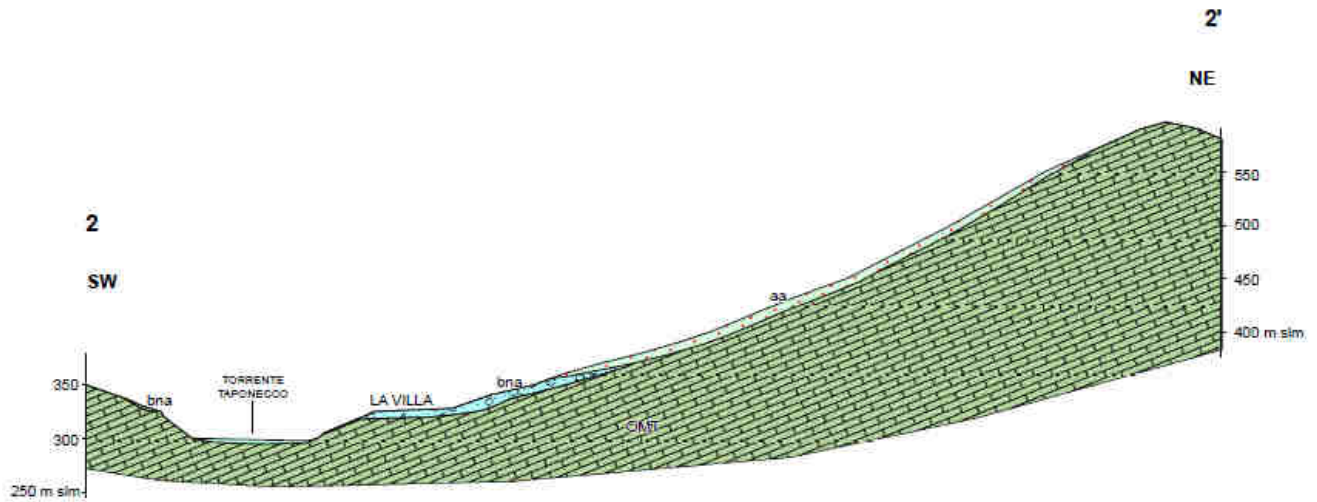


Fig. 17 – Sezione geologica 2-2' rappresentativa del modello del sottosuolo nell'area di La Villa

Lo spessore delle coperture detritiche, sulla base delle indagini disponibili, si ritiene che non superi gli 8m di spessore.

4.2 – U.T.O.E di Crespiano

Il substrato geologico è rappresentato dalla formazione del Flysch di Ottone (OMT), con un assetto monoclinale immergente verso SW, al di sopra del quale sono presenti depositi di versante (aa), con spessori massimi di 4-6 m, che in corrispondenza della zona di raccordo tra i versanti ed il fondovalle si sovrappongono ai depositi alluvionali terrazzati (bna), caratterizzati da spessori massimi di 10-12 m.

Nella **Sez. 3-3'** si nota l'elevato spessore dei depositi alluvionali terrazzati (bna) presenti a valle di Crespiano Vecchio mentre nella frazione di Capugnano il substrato roccioso risulta quasi sub affiorante (vedi Fig. 18).

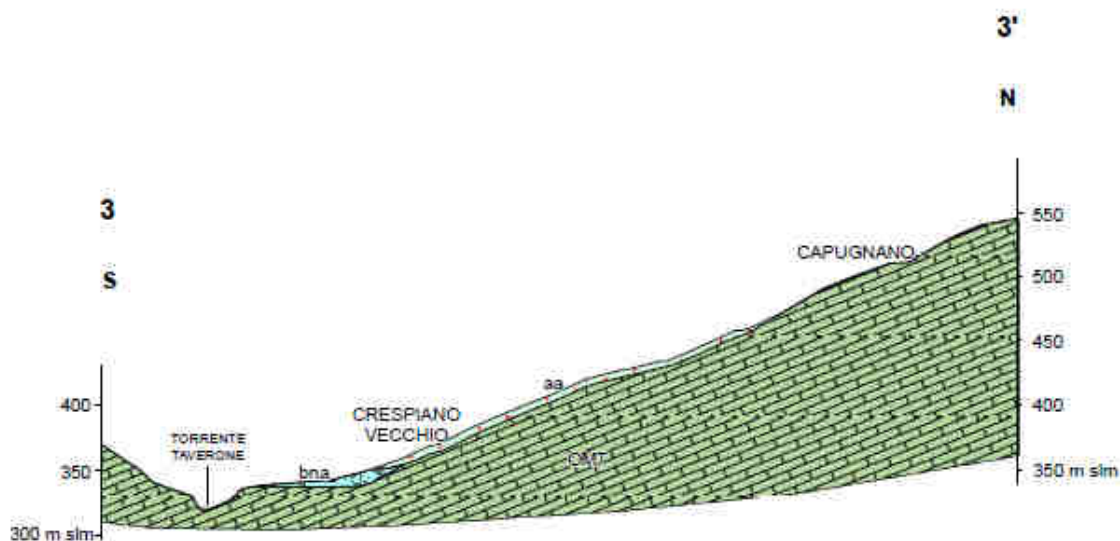


Fig. 18 – Sezione geologica 3-3' rappresentativa del modello del sottosuolo nell'area di Crespiano Vecchio e Capugnano

Nella **Sez. 4-4'** si notano gli esigui spessori delle alluvioni terrazzate (bna) nell'area di Crespiano Nuovo e l'elevato spessore del corpo di frana quiescente (a1qa), circa 15-20m, in corrispondenza dell'abitato di Prota (vedi Fig. 19).

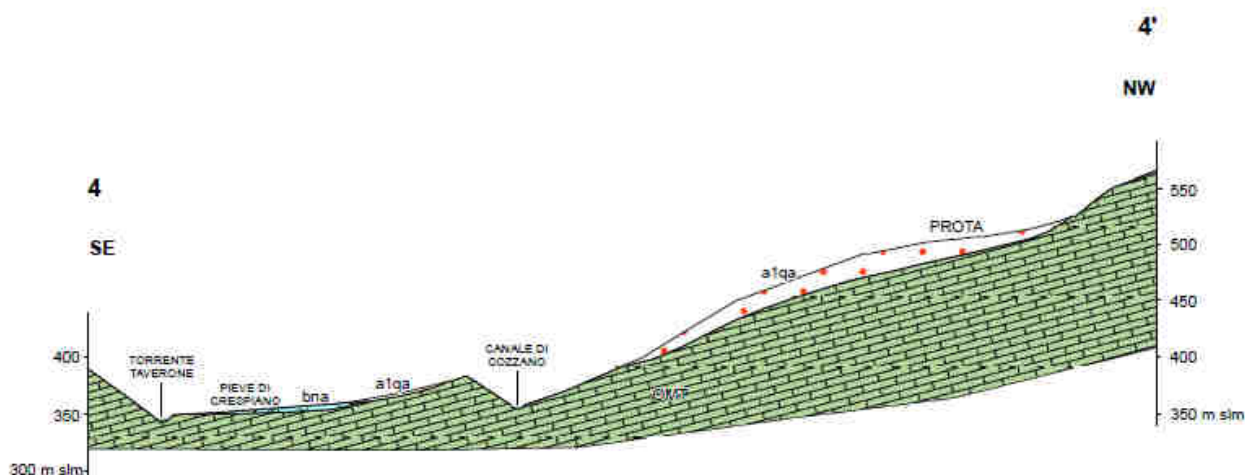


Fig. 19 – Sezione geologica 4-4' rappresentativa del modello del sottosuolo nell'area di Crespiano Nuovo e Prota

4.3 . U.T.O.E di Comano

Come è possibile osservare dalle sezioni realizzate l'area di Comano capoluogo si trova in corrispondenza di una depressione tettonica caratterizzata da un substrato roccioso rappresentato in parte dall'Unità tettonica di Ottone ed in parte dall'Unità tettonica di Canetolo, delimitata verso Est da un'esteso alto strutturale dove affiora la formazione del Macigno.

In quest'area sono presenti i depositi di colata detritica e depositi alluvionali della Conoide di Comano (bnb).

Nella **Sez. 5-5'** si nota l'elevato spessore di questi depositi che a valle del Campo Sportivo raggiungono anche valori prossimi a 38 metri.

Gli spessori rimangono elevati (circa 15-20m) anche in corrispondenza delle frazioni di Piano e Summocomano posizionate nell'area prossimale della conoide (vedi **Fig. 20**).

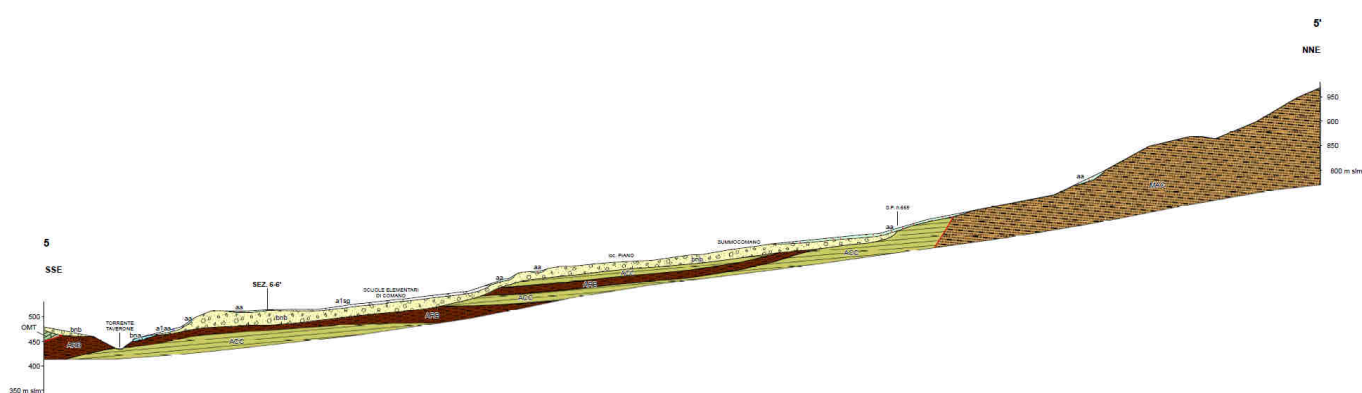


Fig. 20 – Sezione geologica 5-5' tracciata in direzione SSE-NNW rappresentativa del modello del sottosuolo nell'area delle Scuole Elementari di Comano capoluogo, Piano e Summocomano

Nella **Sez. 6-6'** si nota l'elevato spessore della conoide alluvionale nella zona di Casa Pelati (circa 25-30m) e nella zona del Centro del cavallo.

Lo spessore di questi depositi diminuisce leggermente nell'area del Municipio di Comano in quanto si assiste ad una risalita del substrato roccioso (vedi **Fig. 21**).

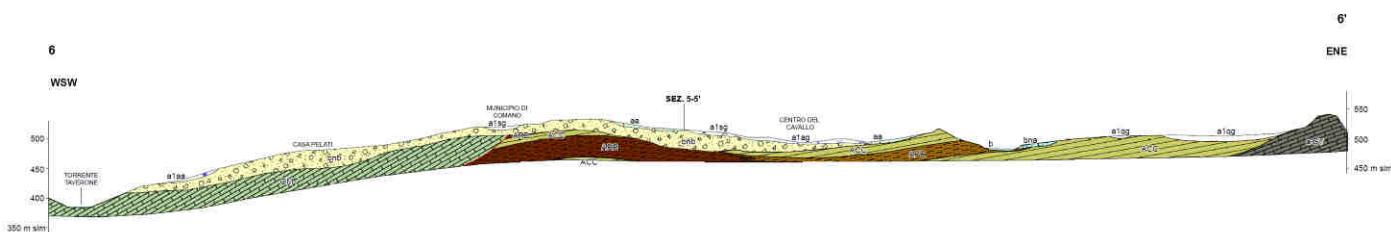


Fig. 21 – Sezione geologica 6-6' tracciata in direzione WSW-ENE rappresentativa dell'area distale della conoide alluvionale di Comano passante per la frazione di Casa Pelati, la zona del Municipio di Comano ed il Centro del cavallo.

5 – MODIFICHE APPORTATE ALLA CARTOGRAFIA MOPS

Come già accennato nel capitolo introduttivo il processo di controllo **dello studio di MS di Livello 1**, mirato a valutarne l'attendibilità e soprattutto la sua applicabilità ai fini degli approfondimenti di Livello 2, ha messo in evidenza come il **modello geologico ricostruito** risulti sostanzialmente **corretto ed in accordo con i nuovi dati raccolti**.

Il modello geologico ricostruito lungo le sezioni è stato analizzato allo scopo di definire le microzone omogenee dal punto di vista del comportamento sismico, riportate nella carta delle MOPS.

Di seguito si elencano le **principali modifiche introdotte nella revisione della cartografia MOPS**:

- 1) nella Carta MOPS realizzata nel primo livello erano state create due microzone distinte una per il **substrato rigido lapideo** affiorante con inclinazione maggiore di 15° (Tipo_z: **2001**) ed una per il **substrato rigido con alternanze litologiche** affiorante con inclinazione maggiore di 15° (Tipo_z: **2002**); in questa nuova versione le due microzone sono state accorpate in una microzona unica (Tipo_z: **2001**);
- 2) il nuovo studio ha permesso di verificare che l'originaria microzona (Tipo_z: **2003**), comprendente i depositi di versante di spessore inferiore a 6m al di sopra di substrato rigido, sottostimava troppo la potenza delle coperture detritiche; in questa revisione tale microzona è stata suddivisa in due microzone distinte in funzione del diverso spessore delle coperture; in particolare nella microzona (Tipo_z: **2002**) sono state inserite le coperture con spessore inferiore di 8m, mentre nella microzona (Tipo_z: **2003**) sono state inserite le coperture con spessore compreso tra 8 e 20m;
- 3) l'originaria microzona (Tipo_z: **2005**), comprendente le alluvioni terrazzate di spessore inferiore a 20m al di sopra di substrato rigido è stata suddivisa in due microzone distinte in funzione del diverso spessore; in particolare nella microzona (Tipo_z: **2005**) sono state inserite le alluvioni terrazzate con spessore inferiore a 10m, mentre nella microzona (Tipo_z: **2006**) sono state inserite le alluvioni terrazzate con spessore compreso tra 10 e 20m;
- 4) infine sono state create due microzone in cui la **profondità del substrato roccioso supera 30m**; queste sono la microzona (Tipo_z: **2008**) in cui lo spessore della conoide alluvionale risulta maggiore di 30m e la microzona (Tipo_z: **2012**) dove lo spessore combinato del detrito di versante e dei depositi di conoide risulta maggiore di 30 metri.

A seguito di queste modifiche nella **Nuova Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)**, redatta nell'ambito di questo approfondimento di Livello 2, si è proceduto ad una riorganizzazione dei codici assegnati alle varie microzone, il tutto come riportato nello specifico capitolo descrittivo dell'elaborato in oggetto.

7 – ELABORATI CARTOGRAFICI

Tutti gli elaborati cartografici prodotti sono stati realizzati utilizzando come cartografia di base le Sezioni scala 1:10.000 della Carta Tecnica Regionale della Regione Toscana sulle quali sono stati sovrapposti, in corrispondenza dei principali nuclei abitati, i fogli CTR-2K scala 1:2.000 (anno 2008).

Per i layout sono state utilizzate le legende e le vestiture riportate negli “*Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica*” (versione 4.1, novembre 2018).

La scala di rappresentazione scelta è **1:5.000** ad eccezione della Carta delle Indagini che è stata prodotta in scala **1:2.500** suddividendo le UTOE di Montale e Crespiano dall'UTOE di Comano.

7.1– LA CARTA DELLE INDAGINI

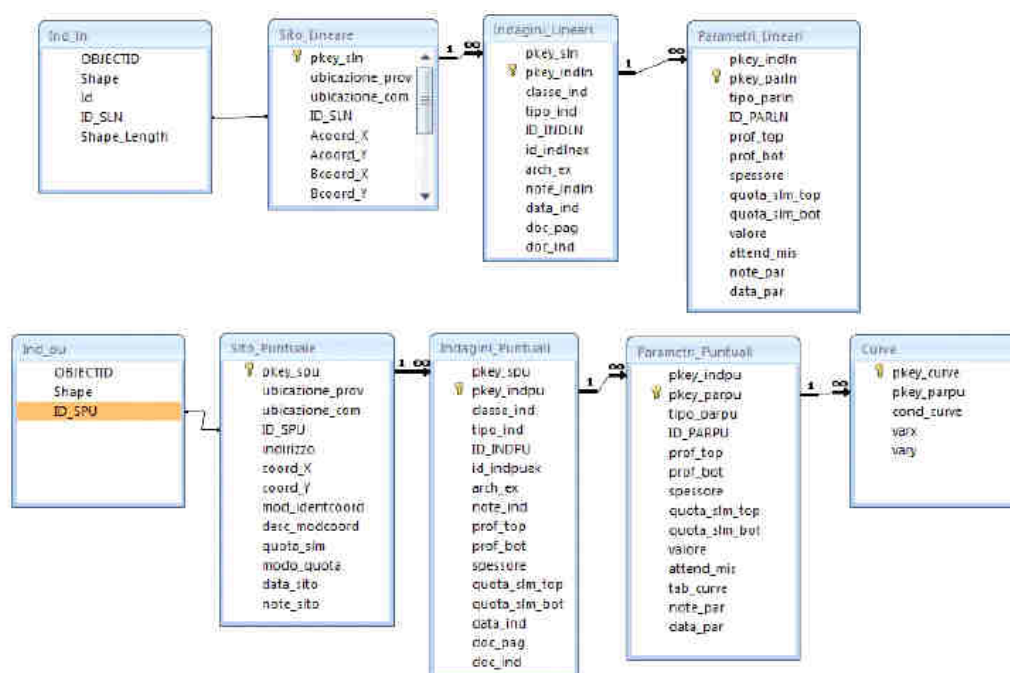
Nell'ambito dello studio di Ms di Livello 2, la **carta delle indagini** precedentemente elaborata per il livello 1 è stata **aggiornata** integrandola **con le indagini realizzate ex-novo**.

Le indagini sono state suddivise in **indagini di tipo puntuale** e **di tipo lineare** e graficamente rappresentate, rispettivamente, attraverso lo **shapefile puntuale “Ind_pu”** e lo shapefile lineare **“Ind_In”**.

Tutte le informazioni generali relative alle indagini ed i parametri acquisiti sono stati archiviati all'interno di un'apposita **banca dati** strutturata in tabelle progettate per archiviare i dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri delle indagini (database realizzato in formato **.mdb**).

Per l'implementazione della banca dati è stato utilizzato il software **“Soft_MS” v4.1.1**.

Le relazioni con gli shapefile “Ind_pu” e “Ind_In” sono state stabilite attraverso i campi ID_SLN (Tabella Sito_Lineare) e ID_SPU (Tabella Sito_Puntuale).



7.2 LA CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

La Carta Geologico-Tecnica (CGT) è rimasta pressoché la stessa del primo livello con l'aggiunta, per i terreni di copertura, della loro origine.

Terreni di copertura



Terreni contenenti resti di attività antropica (RI) di altra origine (zz)



Ghiaie pulite con granulometria ben assortita miscela di ghiaia e sabbia (GW) di terrazzo fluviale (tf)



Ghiaie pulite con granulometria poco assortita miscela di ghiaia e sabbia (GP) di origine argine/barre/canali (es)



Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (GM) di origine da falda detritica (fd) e/o conoide alluvionale (ca)



Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla (GC) di falda detritica (fd)

7.3– LA CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

Nella **Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)** sono riportati tutti quegli elementi predisponenti alle amplificazioni e alle instabilità sismiche.

Nella Carta delle MOPS il territorio comunale è quindi suddiviso nelle seguenti microzone:

- **zone stabili;**
- **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali;**
- **zone di attenzione (ZA) per le instabilità.**

Sono inoltre riportate le **forme di superficie e sepolte**, le **tracce delle sezioni geo-litologiche** e l'**ubicazione delle misure di rumore ambientale**.

Per ciascuna zona (stabile, suscettibile di amplificazione locale o di attenzione per instabilità) è riportato il codice del tipo di area ("Tipo_i" e "Tipo_z").

In legenda per ogni microzona stabile o suscettibile di amplificazione locale è riportato, oltre che il simbolo e il codice, anche una descrizione sintetica della successione litostrigrafica tipo.

Sono inoltre riportate le **colonne litostratigrafiche sintetiche rappresentative di ciascuna delle microzone individuate**.

Le **Zone di Attenzione (ZA)** per le principali instabilità individuate corrispondono alle seguenti tipologie:

- ☐ **zone di attenzione per instabilità di versante (ZA_{FR})**
- ☐ **zone di attenzione per Faglie Attive e Capaci (ZA_{FAC})**
- ☐ **zone di attenzione per Sovrapposizione di instabilità (ZA_{ID})**

Queste zone corrispondono a quelle aree dove a seguito di un sisma **possono verificarsi fenomeni di deformazione permanente dei terreni**.

Allo scopo di **conservare** le informazioni sulla litostratigrafia della corrispondente microzona, per la rappresentazione delle ZA è stata utilizzata come simbologia un retino nero e colore di fondo della zona stabile suscettibile di amplificazione.

Per quanto riguarda l'**individuazione delle Zone di Attenzione per instabilità di versante (ZA_{FR})** si è fatto riferimento alle **informazioni riportate nella Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione Sismica (CGT_MS)** ed a **dati pregressi o raccolti ex novo** durante questo secondo livello di approfondimento e **valutazioni sulla effettiva pericolosità dei movimenti franosi** riportati.

In particolare, come già proposto nello studio di MS di livello 1 redatto, anche in questo secondo livello di approfondimento si è scelto di inserire tutte le frane cartografate sul territorio come zone di instabilità di versante in condizioni dinamiche, nell'ipotesi in cui per tutte possano essere verificate le condizioni sismiche necessarie per l'attivazione del fenomeno franoso.

In accordo a quanto riportato nelle Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC) (Commissione Tecnica per la micro zonazione sismica – Versione 1.0 – Marzo 2017)

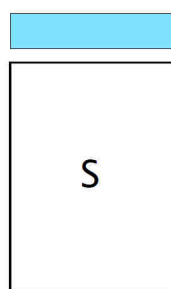
Di seguito si riportano le microzone individuate nella Carta MOPS aggiornata a seguito dello studio svolto.

7.3.1 – ZONE STABILI

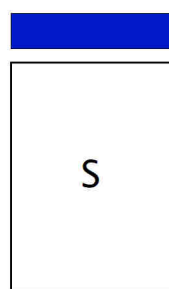
Le zone stabili corrispondono alle **aree dove il substrato roccioso, con caratteristiche di bedrock sismico, risulta affiorante o sub-affiorante** (i.e. spessore max della copertura detritica di circa 1-2 m) **in contesti morfologici pianeggianti o poco inclinati** (i.e. pendii con inclinazione inferiore a circa 15°).

Dal punto di vista geotecnico il substrato roccioso affiorante/sub-affiorante presente nell'area indagata è stato classificato come di tipo **lapideo stratificato (LPS)** (Tipo_z = 1011) e di tipo **alternanze litologiche stratificato (ALS)** (Tipo_z: 1041).

Zone Stabili



Substrato geologico rigido di tipo lapideo stratificato (LPS) affiorante con morfologia pianeggiante o poco inclinata <15° Tipo_z: 1011



Substrato geologico rigido di tipo alternanze litologiche stratificato (ALS) affiorante con morfologia pianeggiante o poco inclinata <15° Tipo_z: 1041

Le zone stabili hanno **estensioni piuttosto limitate** e si trovano in corrispondenza della **sommità dei crinali montuosi**.

36

7.2.2 – ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE LOCALE

Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono codificate in modo progressivo sulla base della successione litostratigrafica tipo (schema del codice **Tipo_z = 20xy** con xy che va da **01** a **14** vedi Fig. 24).

Appartengono a queste zone tutte le aree con:

- substrato geologico rigido con pendenze $>15^\circ$.
- presenza di terreni di copertura

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

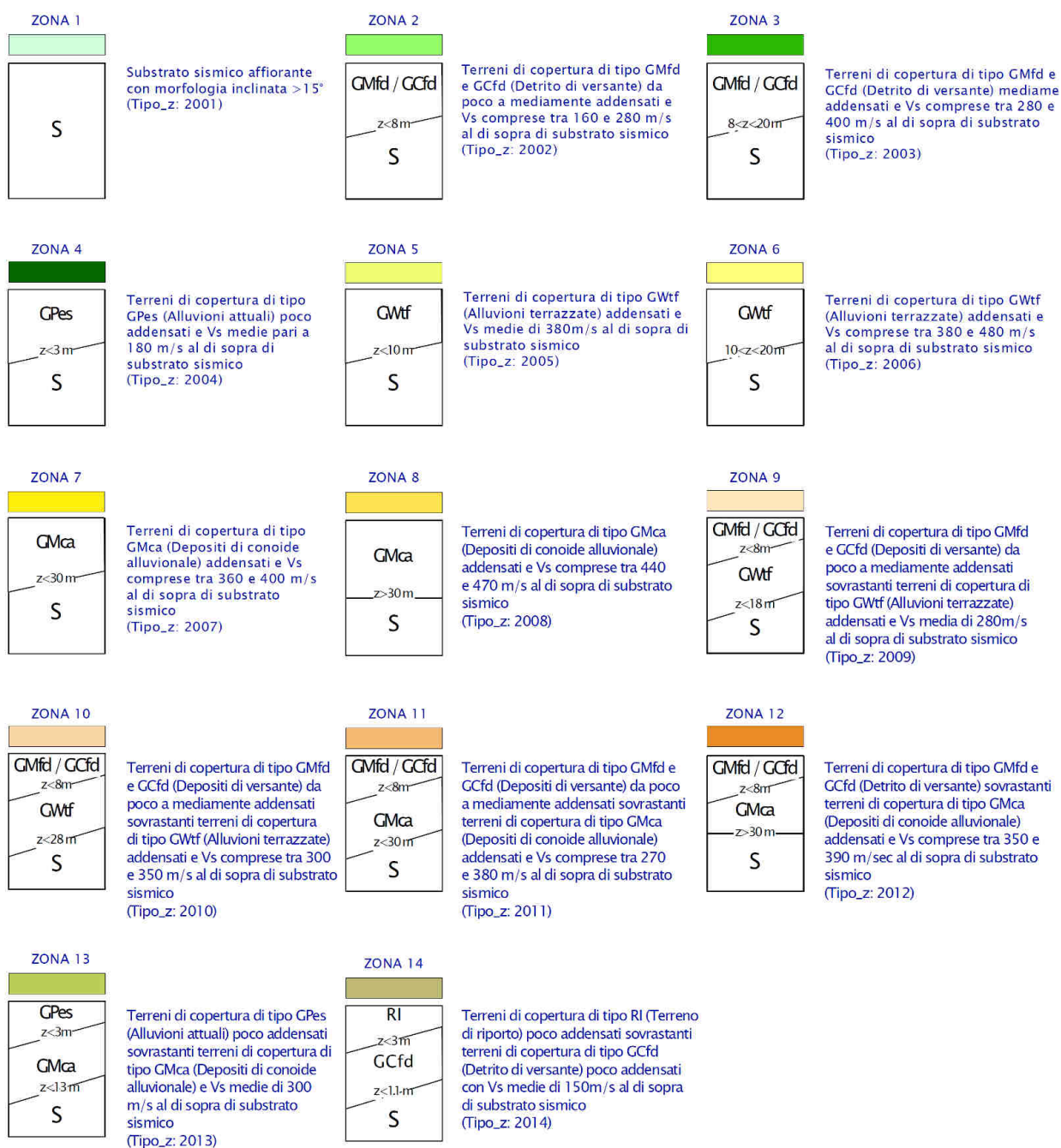


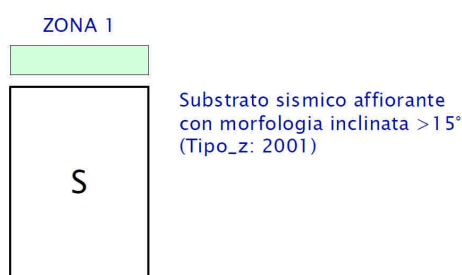
Fig. 24 – Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali presenti nella Nuova Carta delle MOPS di Comano.

ZONA 1 – Tipo z: 2001

Detrito di versante GMfd e GCfd con spessore inferiore a 8m.

Questa microzona si caratterizza per la presenza, al di sopra di un substrato sismico posto a profondità z maggiori di 30 m, di depositi alluvionali grossolani (Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie – Gwca e/o Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia – Gpca) moderatamente addensati e con spessori inferiori a 10 m, sovrastanti depositi ghiaiosi in matrice limoso-argillosa molto addensati (Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo – Gmca e/o Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla – Gcca

Zona 1: SUBSTRATO SISMICO LAPIDEO STRATIFICATO AFFIORANTE CON INCLINAZIONE $> 15^\circ$
(Tipo_z:2001)



Corrisponde alle aree dove è presente il substrato roccioso lapideo stratificato affiorante o sub-affiorante, intendendo per sub-affiorante la presenza di una copertura detritica di spessore inferiore a 3.0 metri.

Nella parte ad ovest della cartografia questa zona corrisponde alle aree in cui affiora la formazione del Flysch di Ottone.

La zona risulta estesa in maniera diffusa a nord della frazione di Prota e a monte della Strada principale che sale verso Comano Capoluogo.

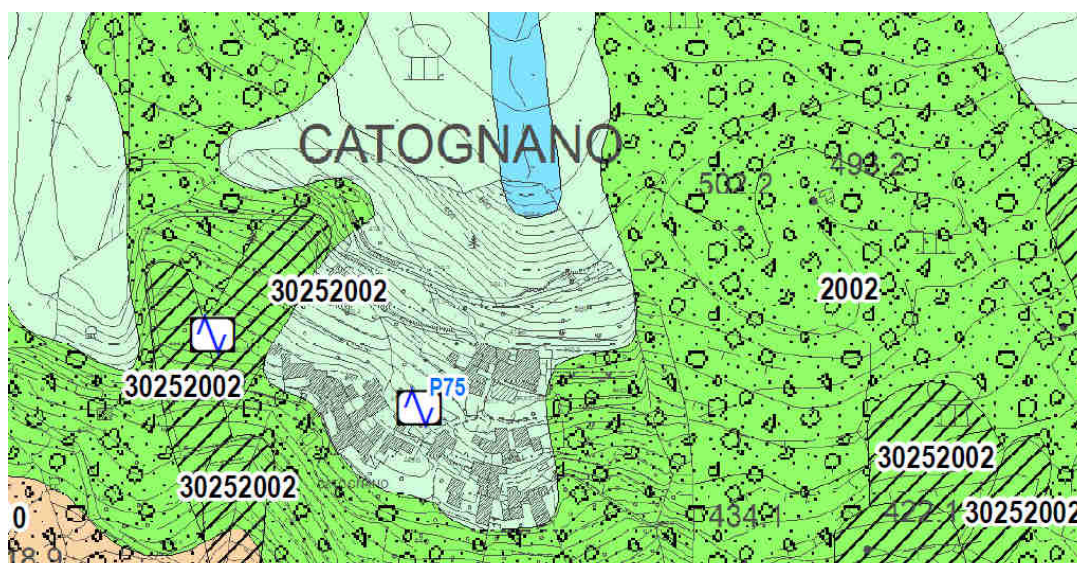


Fig. 25 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da substrato rigido lapideo stratificato affiorante (Flysch di Ottone) con inclinazione maggiore di 15° nella frazione di Catognano.

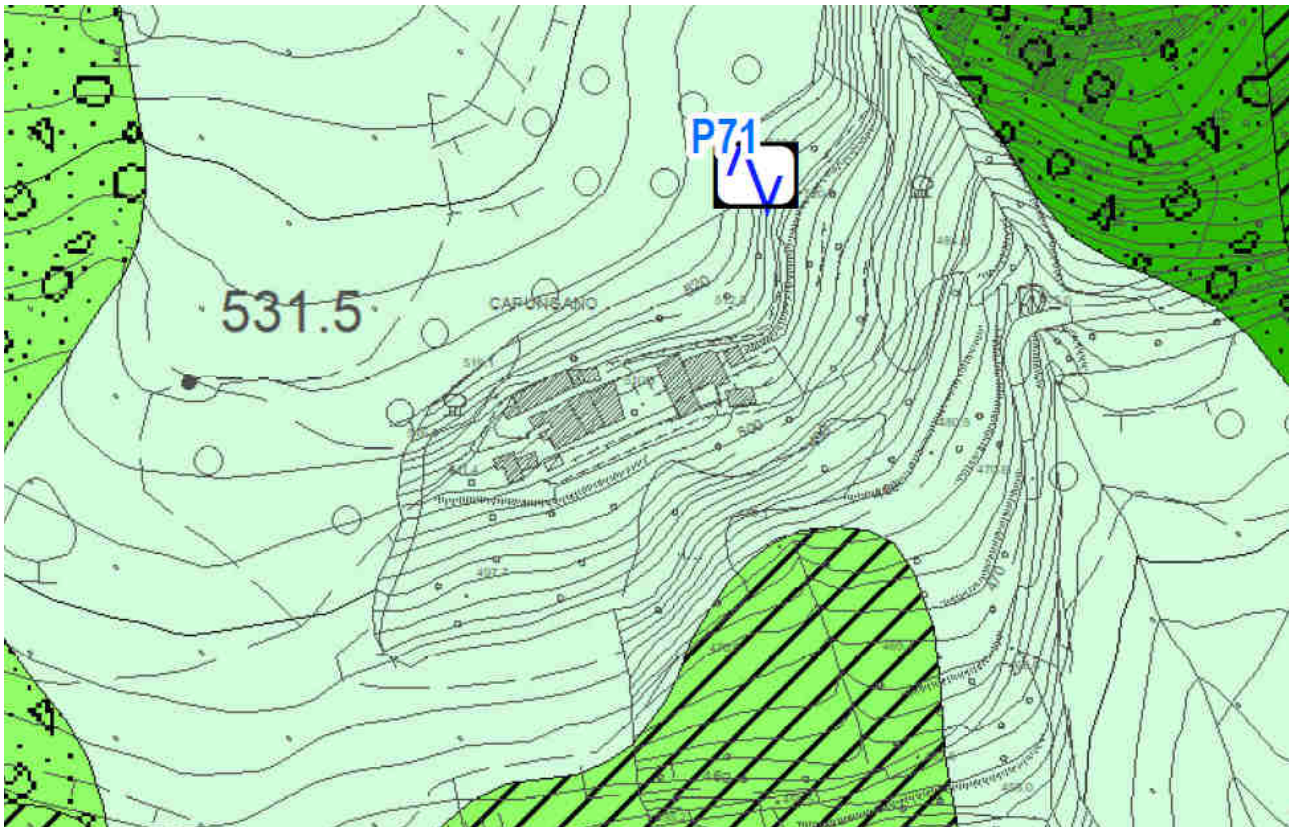


Fig. 26 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da substrato rigido lapideo stratificato affiorante (Flysch di Ottone) con inclinazione maggiore di 15° nella frazione di Capungano.

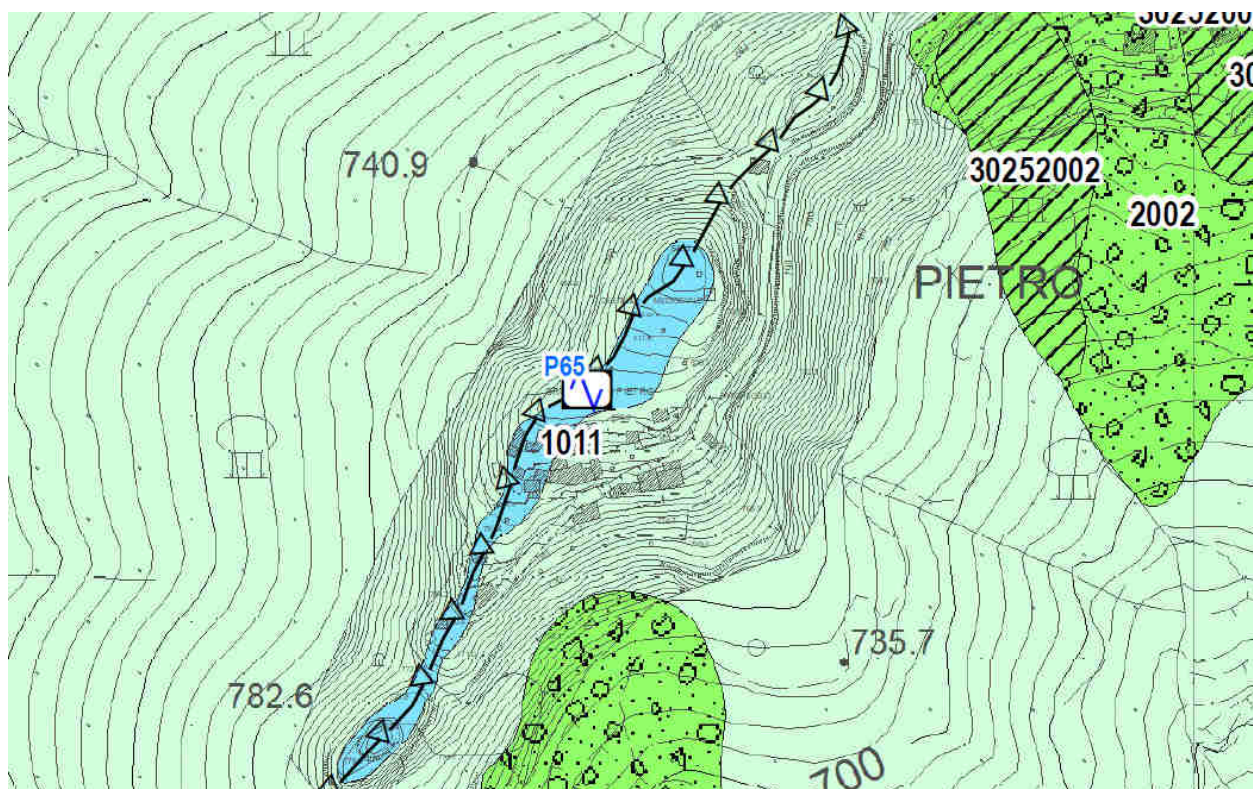


Fig. 27 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da substrato rigido lapideo stratificato affiorante (Flysch di Ottone) con inclinazione maggiore di 15° nella frazione di Groppo San Pietro.

Nella zona ad est di Comano Capoluogo questa zona corrispondente principalmente agli affioramenti di arenaria “*Macigno*” ed in misura minore a quelli delle formazioni dell’Unità di Canetolo.

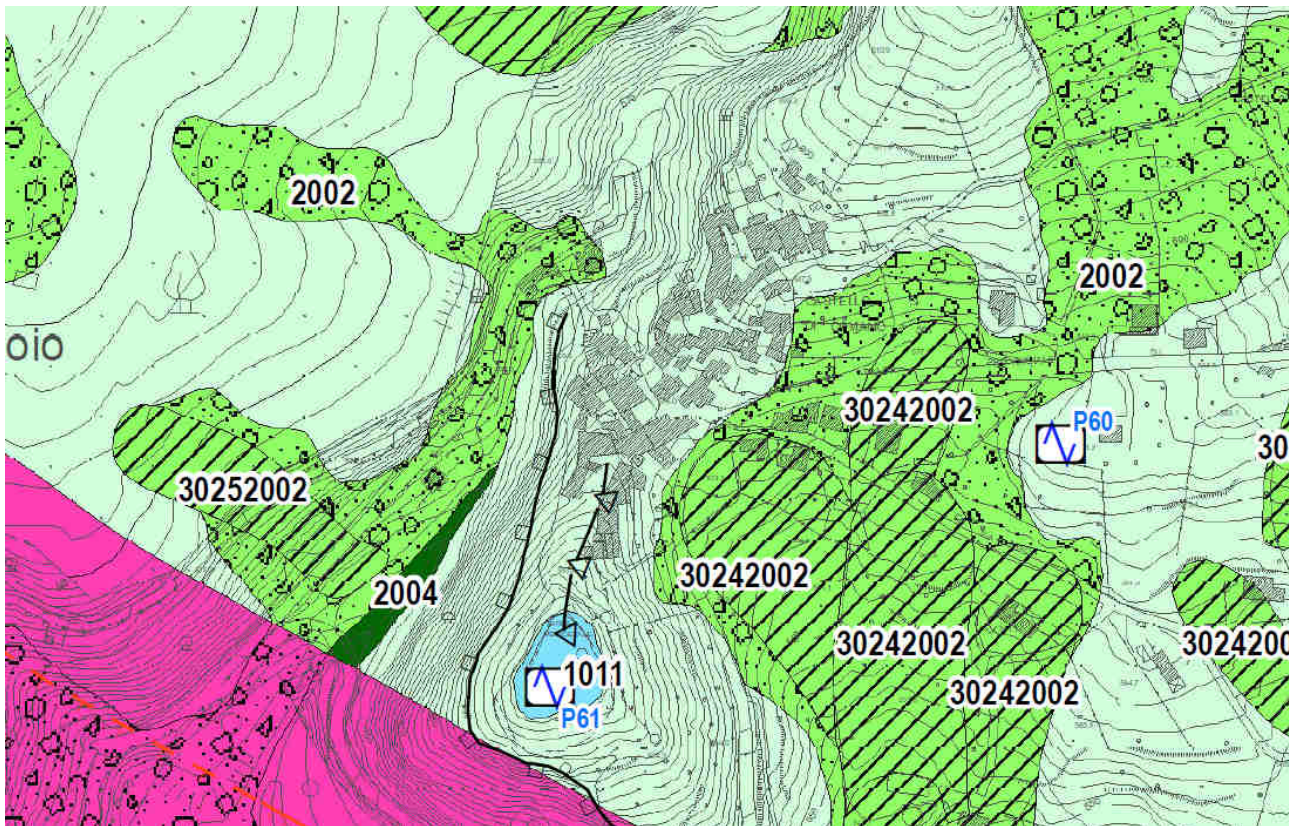
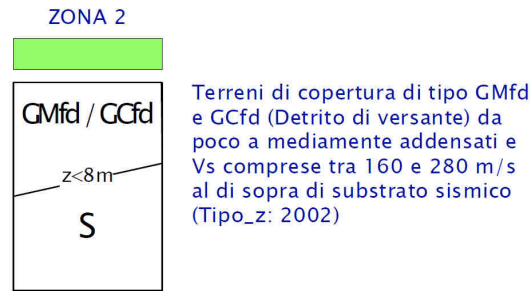


Fig. 28 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da substrato rigido lapideo stratificato affiorante (*Macigno*) con inclinazione maggiore di 15° nella frazione di Castello di Comano.

Zona 3: DETRITO DI COPERTURA CON SPESSORE INFERIORE A 8m AL DI SOPRA DI SUBSTRATO SISMICO (Tipo_z:2002)



Nella cartografia sopra al colore è riportato anche il figurato relativo alla falda detritica.

Queste zone sono ben rappresentate in tutta la cartografia e sono caratteristiche delle aree a monte ad est delle frazioni di Catognano La Greta, La Villa e a valle della frazione di Canola.

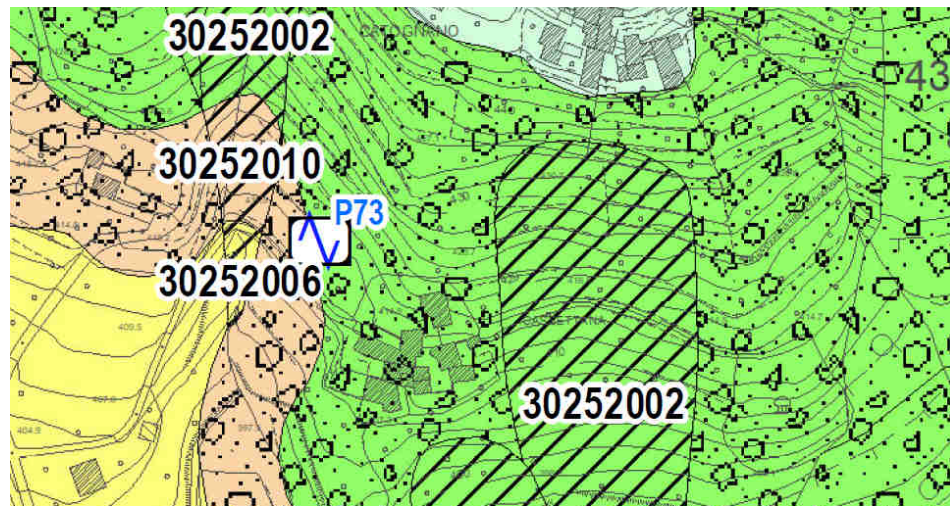


Fig. 29 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi di versante (aa) al di sopra del substrato rigido (Flys di Ottone) nella frazione di Cassettana a valle di Catognano.

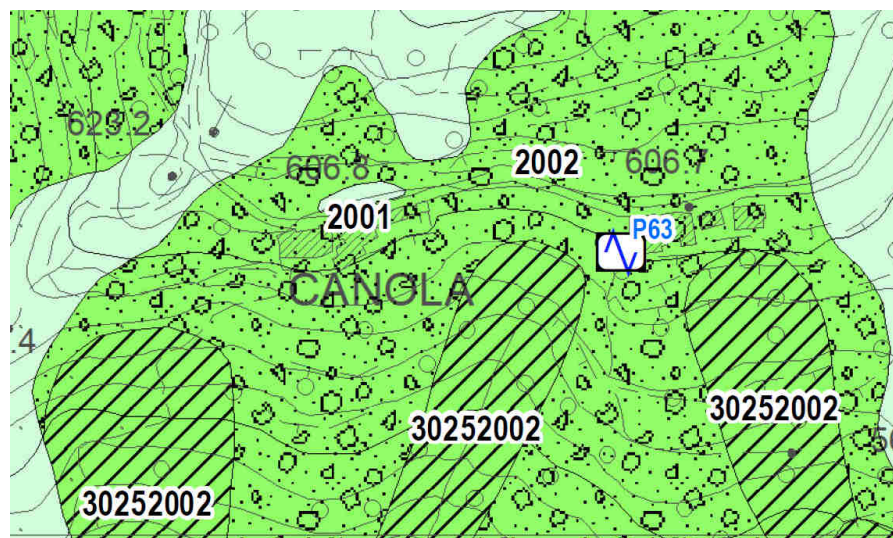


Fig. 30 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi di versante (aa) al di sopra del substrato rigido (Flys di Ottone) a valle della frazione di Canola.

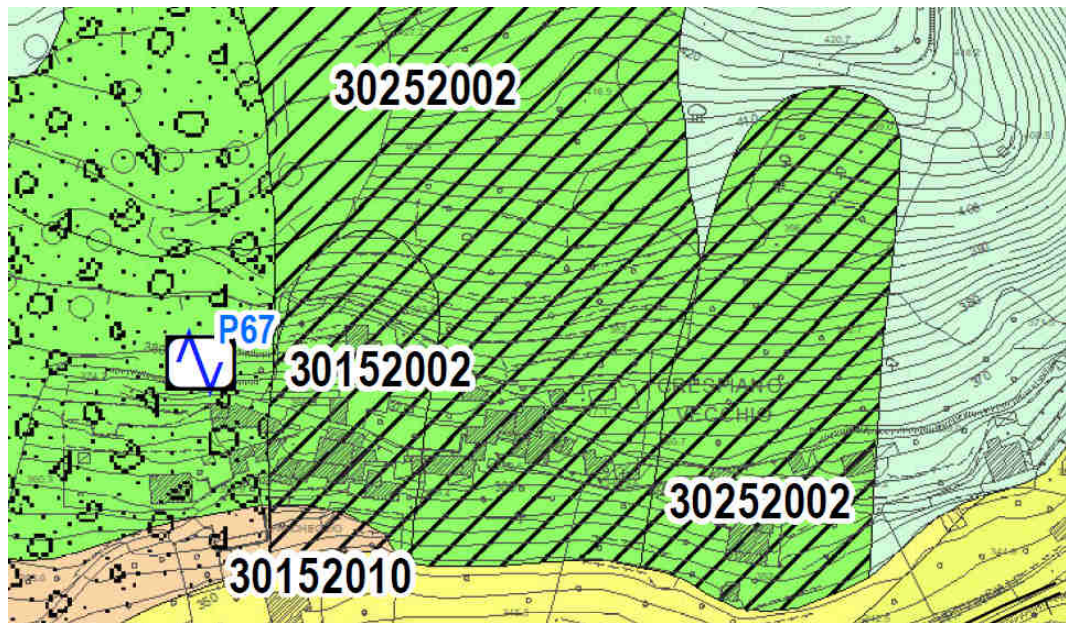


Fig. 31 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi di versante (aa) al di sopra del substrato rigido (Flysch di Ottone) in corrispondenza della frazione di Crespiano Vecchio.

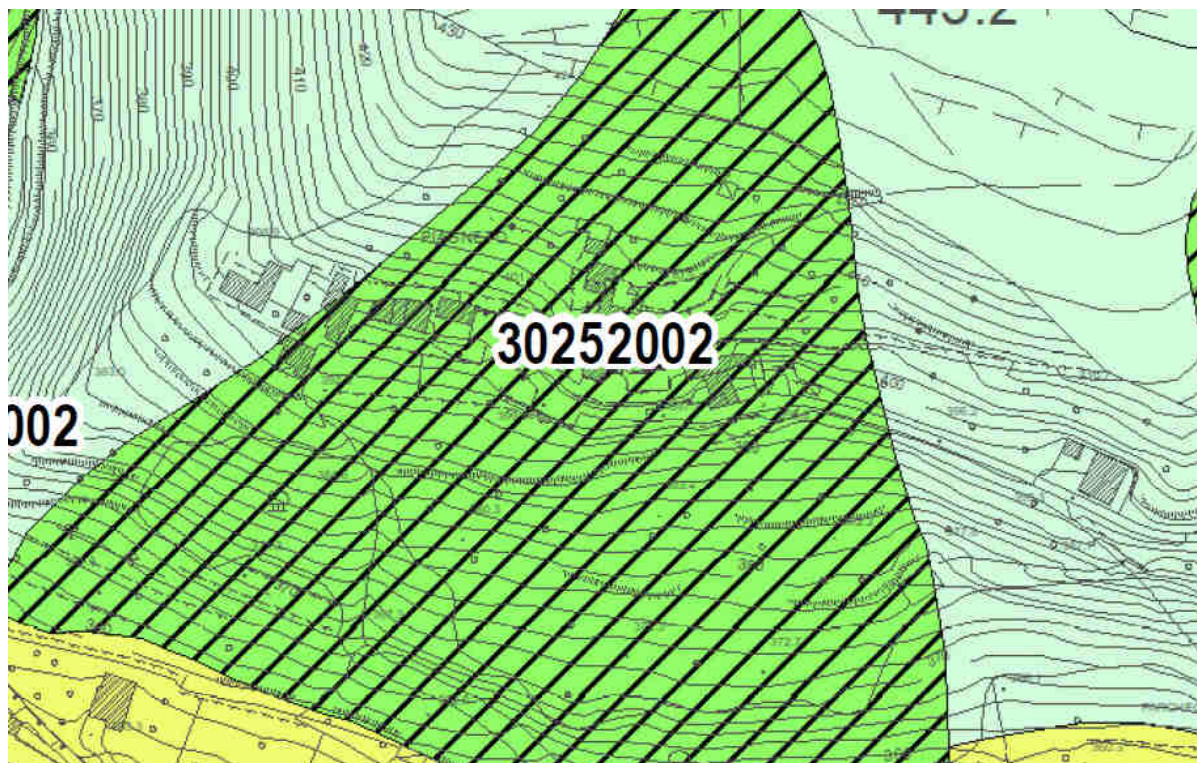
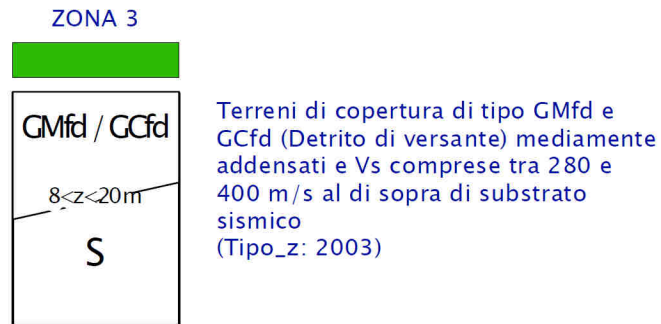


Fig. 32 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi di versante (aa) al di sopra del substrato rigido (Flysch di Ottone) in corrispondenza della frazione di Piagneto.

Zona 4: DETRITO DI COPERTURA CON SPESSORE COMPRESO TRA 8m E 20m AL DI SOPRA DI SUBSTRATO SISMICO (Tipo_z:2003)



Nella cartografia sopra al colore è riportato anche il figurato relativo alla falda detritica.

Questa zona si ritrova unicamente in corrispondenza ed a valle della frazione di Prota.

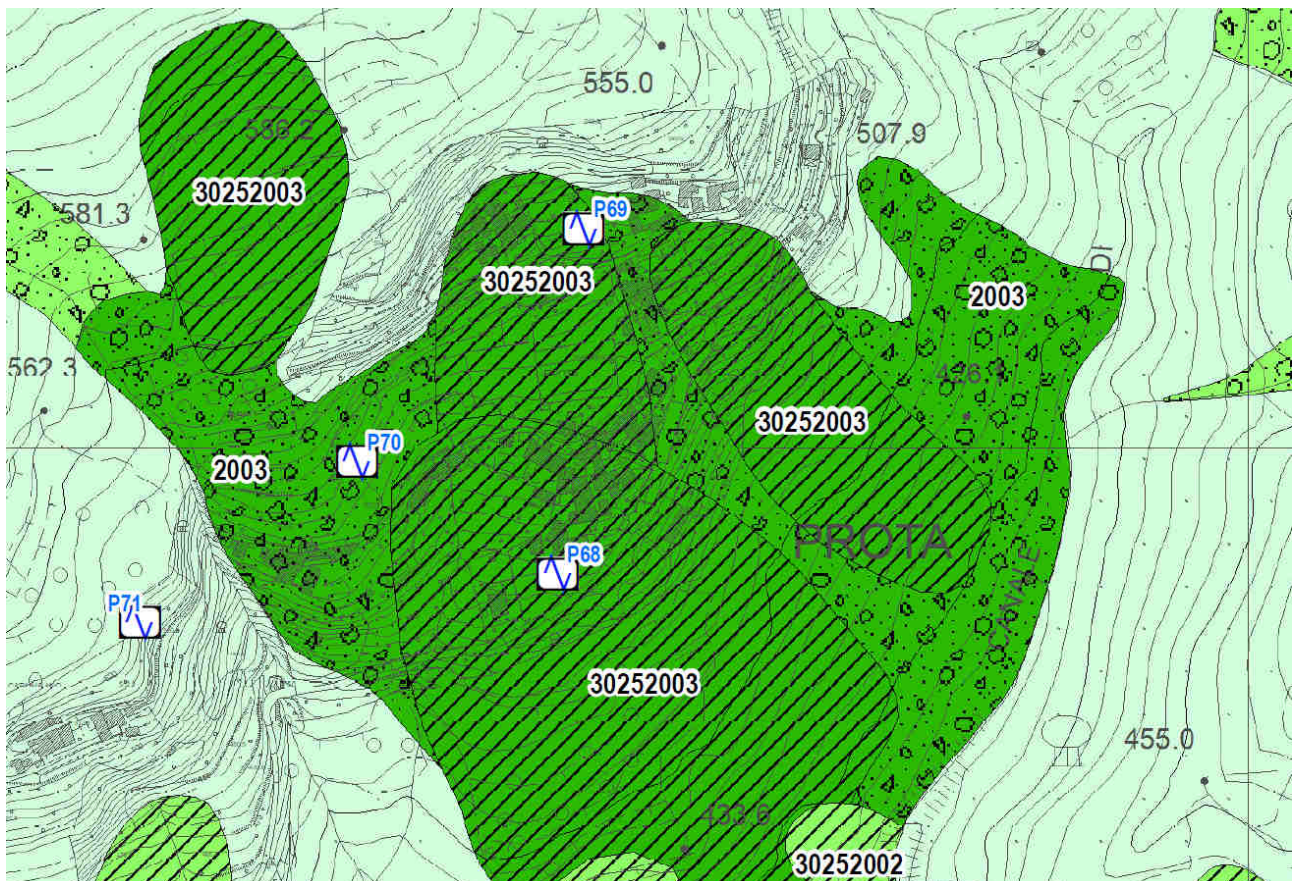
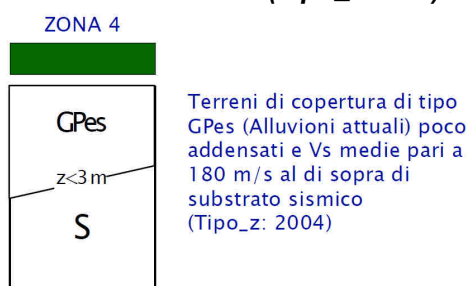


Fig. 33 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi di versante (aa) di spessore compreso tra 8 e 20m al di sopra del substrato rigido (Flysch di Ottone) in corrispondenza della frazione di Prota.

**Zona 4: DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI DI SPESSORE INFERIORE A 3m AL DI SOPRA
DI SUBSTRATO SISMICO (Tipo_z:2004)**



Corrisponde alle zone dove i depositi alluvionali attuali si trovano direttamente a contatto con il substrato roccioso; dai rilievi eseguiti risulta che i Torrenti principali si trovano in fase erosiva per cui lo spessore delle alluvioni attuali non dovrebbe essere maggiore di 3 metri.

Queste zone si trovano lungo i principali corsi d'acqua costituiti principalmente dal Torrente Taponecco e dal Torrente Taverone.

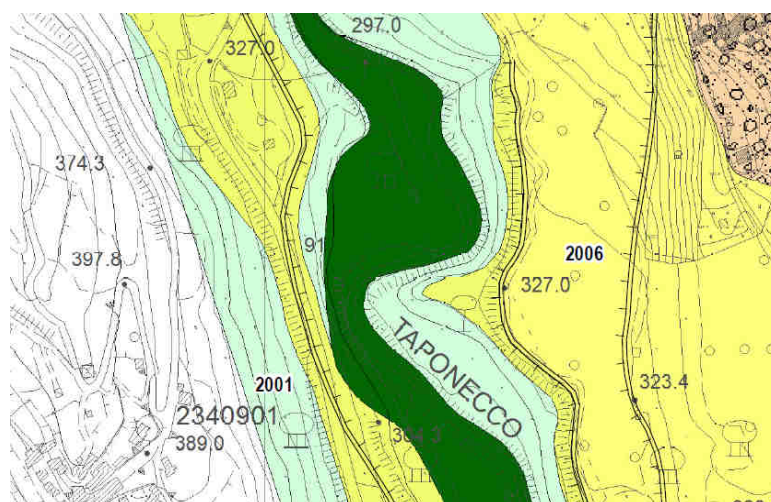


Fig. 34 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi alluvionali attuali (b) al di sopra del substrato rigido (Flysch di Ottone) all'interno dell'alveo del Torrente Taponecco a valle delle frazione di La Villa

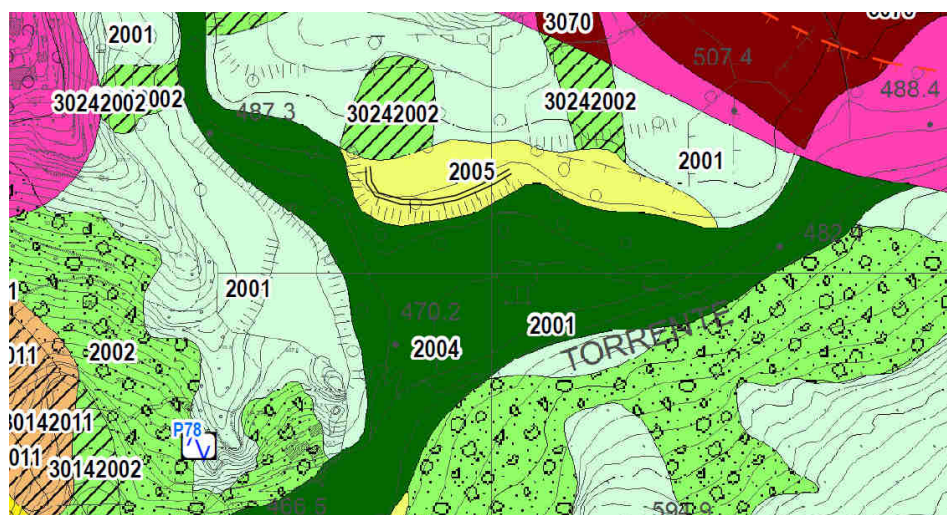
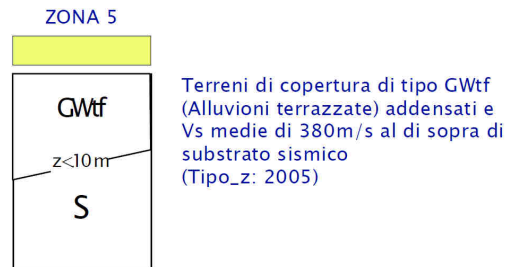


Fig. 35 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi alluvionali attuali (b) al di sopra del substrato rigido (Argille e calcari di Canetolo) all'interno dell'alveo del Torrente Taverone.

Zona 5: DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI DI SPESSORE INFERIORE A 10m AL DI SOPRA DI SUBSTRATO SISMICO (*Tipo_z:2005*)



Corrisponde alle zone dove sopra al substrato roccioso si trovano, direttamente a contatto, i depositi alluvionali terrazzati di spessore inferiore a 10 metri.

Questa microzona caratterizza tutti i terrazzi presenti lungo il corso del Torrente Taverone.

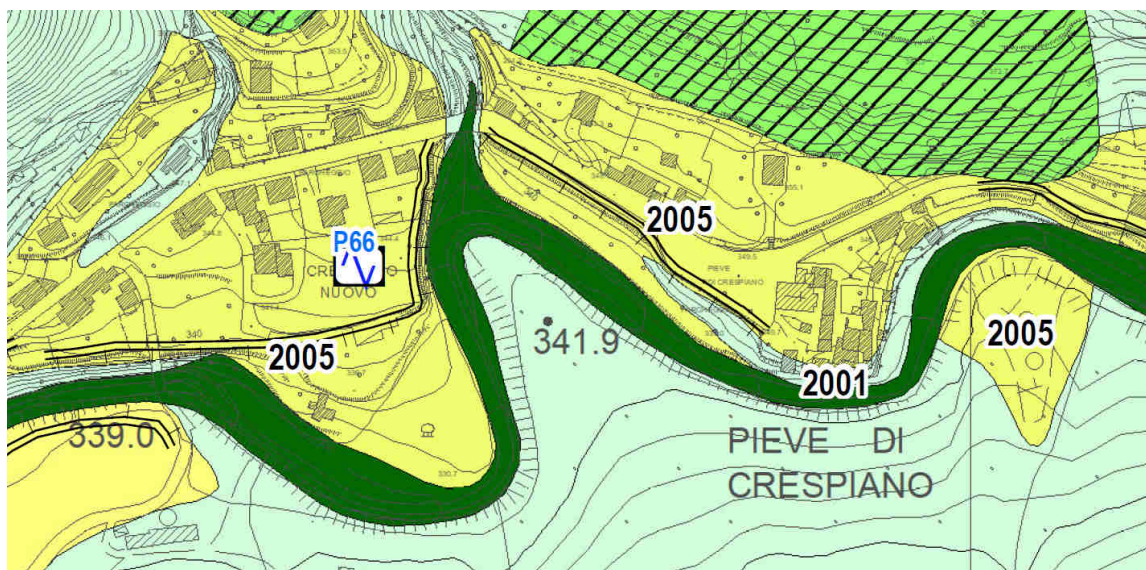


Fig. 36 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi alluvionali (bna) al di sopra del substrato rigido (Flysch di Ottone) in corrispondenza della frazione di Cespiano Nuovo e Pieve di Crespiano.

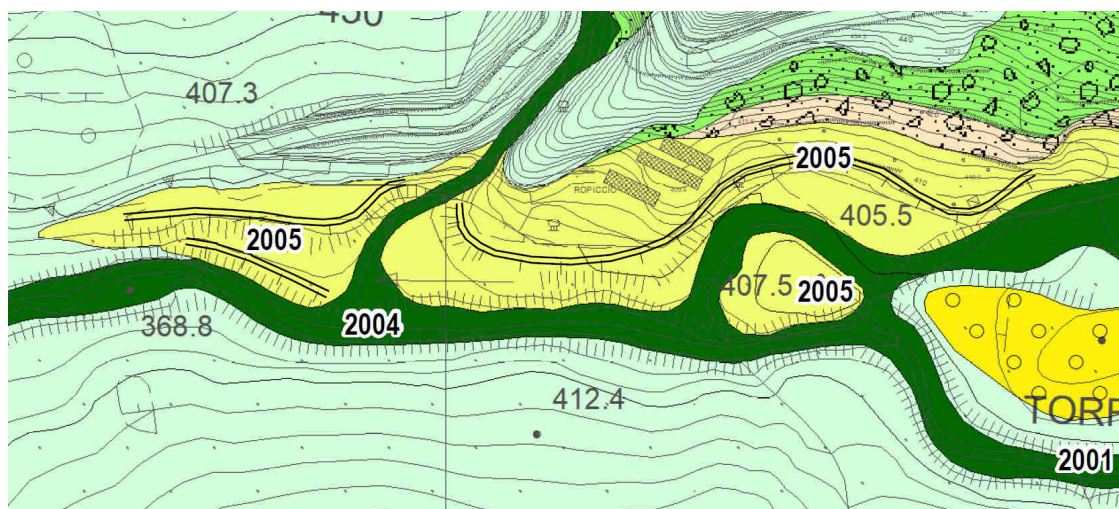
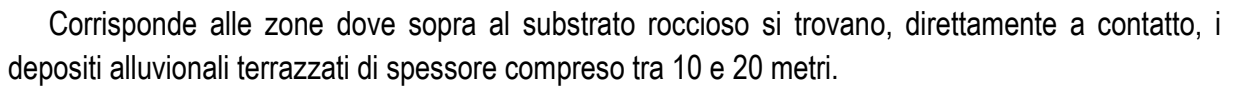
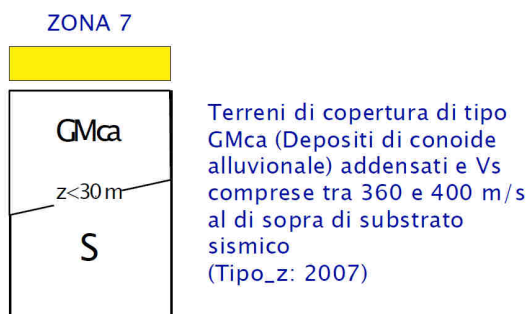


Fig. 37 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi alluvionali (bna) al di sopra del substrato rigido (Flysch di Ottone) in corrispondenza della località Ropiccio.

[illegible]

46

Zona 7: DEPOSITI DI CONOIDE ALLUVIONALE DI SPESSORE INFERIORE A 30m AL DI SOPRA DI SUBSTRATO SISMICO (Tipo_z:2007)



Corrisponde alle zone dove sopra al substrato roccioso si trovano, direttamente a contatto, i depositi della Conoide di Comano.

Nella cartografia sopra al colore è riportato anche il figurato relativo alla conoide alluvionale.

Sulla base delle numerose indagini presenti nella zona di Comano capoluogo risulta che gli spessori della conoide, soprattutto nell'area centrale, sono piuttosto rilevanti.

Queste zone interessano il nucleo storico di Comano, la frazione di Casa Pelati, di Piano, di Summocomano e la località La Costa.

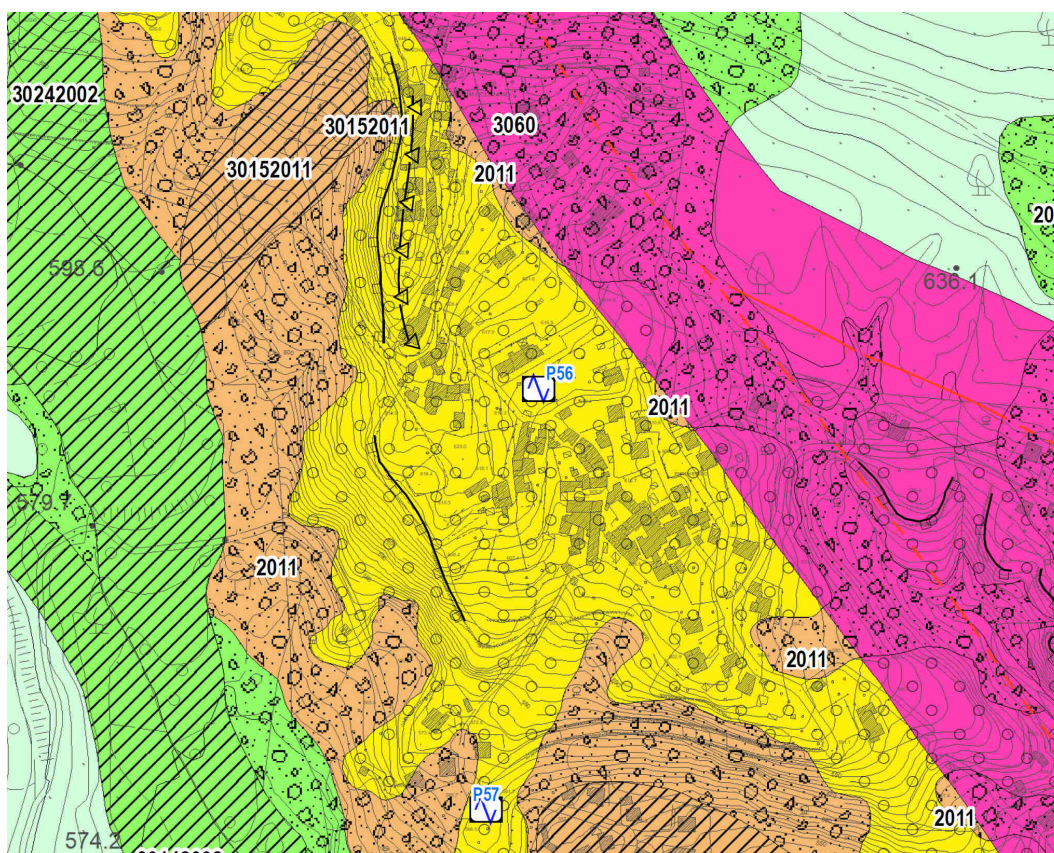


Fig. 39 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata dai depositi della conoide alluvionale (bnb) di spessore inferiore a 30m al di sopra del substrato rigido (Formazioni dell'Unità di Canetolo) in corrispondenza delle frazioni di Summocomano e Piano.

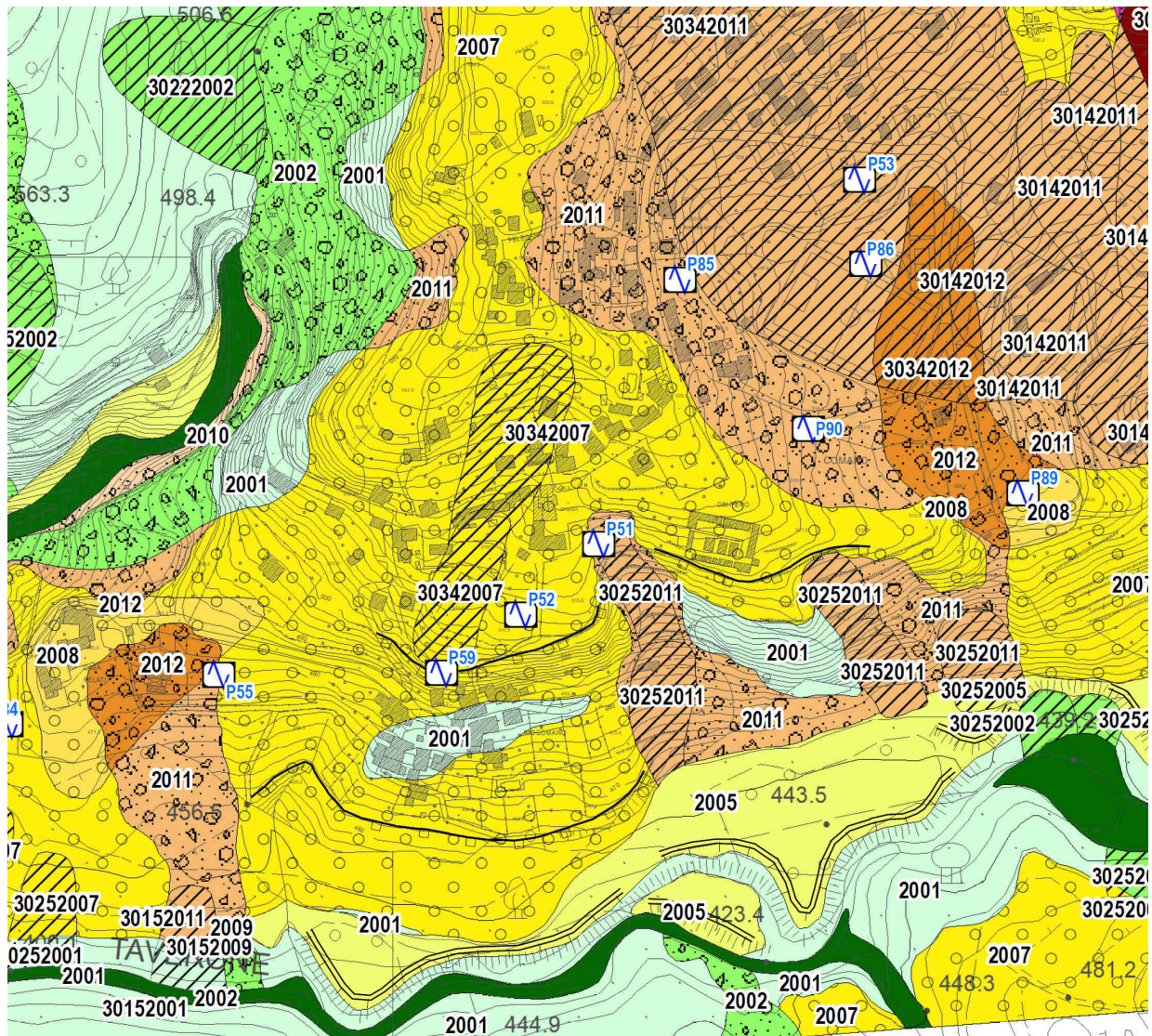


Fig. 40 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata dai depositi della conoide alluvionale (bnb) di spessore inferiore a 30 al di sopra del substrato rigido (Formazioni dell'Unità di Canetolo) in corrispondenza di Comano capoluogo e dai depositi della conoide alluvionale (bnb) di spessore inferiore a 30m al di sopra del substrato rigido (Formazione del Flysch di Ottone) in corrispondenza di Imocomano.

Zona 8: DEPOSITI DI CONOIDE ALLUVIONALE DI SPESSORE SUPERIORE A 30m AL DI SOPRA DI SUBSTRATO SISMICO (Tipo_z:2008)

ZONA 8	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <div style="background-color: yellow; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="margin-bottom: 5px;">GMca</div> <div style="border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;">$z > 30m$</div> <div style="margin-bottom: 5px;">S</div> </div>	Terreni di copertura di tipo GMca (Depositi di conoide alluvionale) addensati e Vs comprese tra 440 e 470 m/s al di sopra di substrato sismico (Tipo_z: 2008)

Queste zone risultano circoscritte all'area di Casa di Pelati e ad una piccola area a valle del campo sportivo.

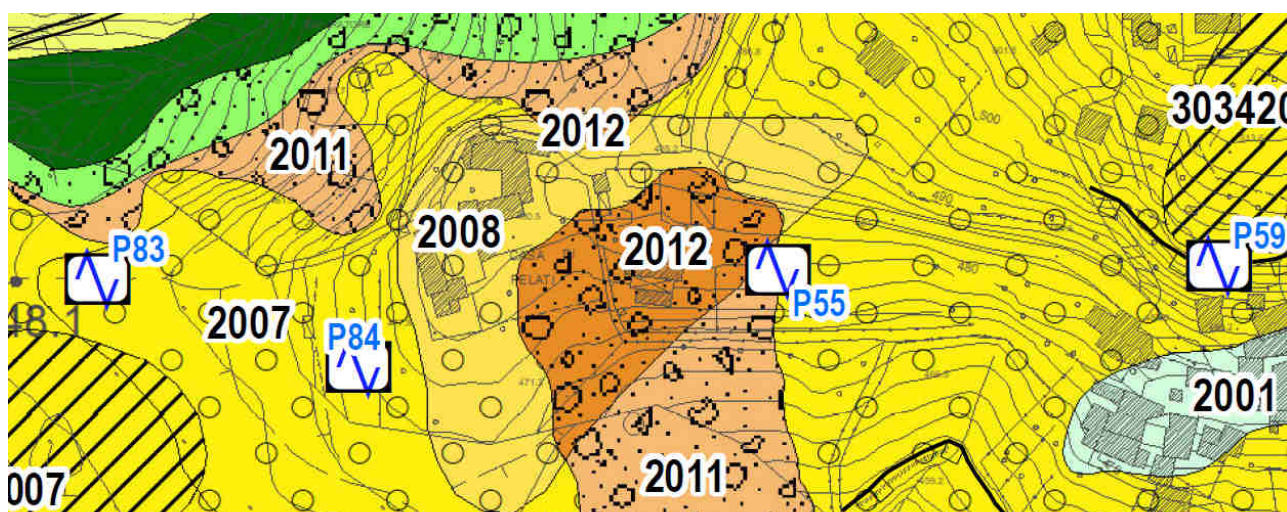


Fig. 41 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata dai depositi della conoide alluvionale (bnb) di spessore superiore a 30m al di sopra del substrato rigido (Formazione del Flysch di Ottone) in corrispondenza della frazione di Casa di Pelati.

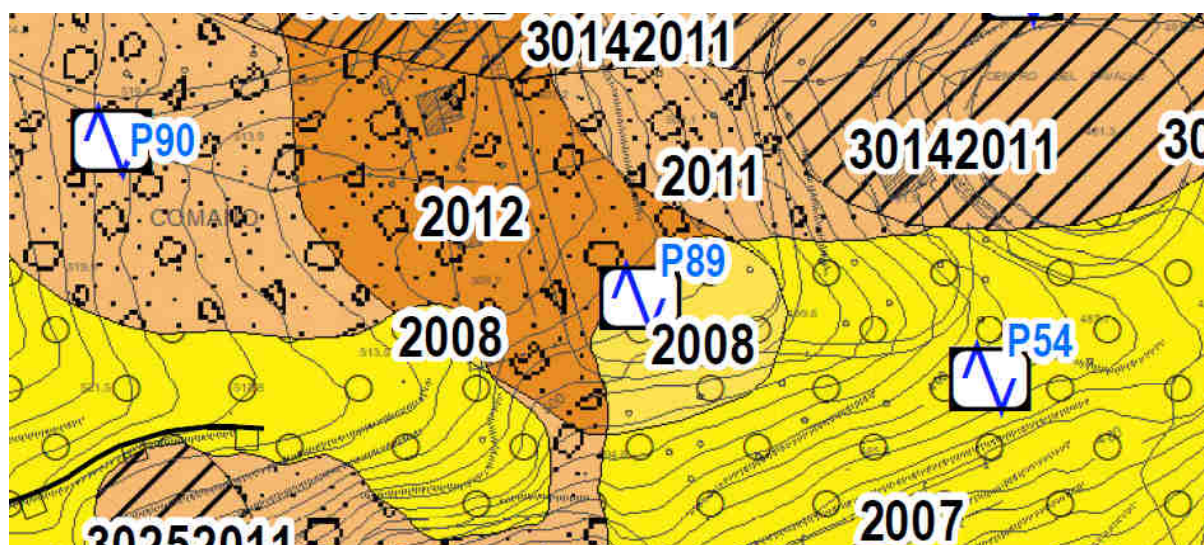
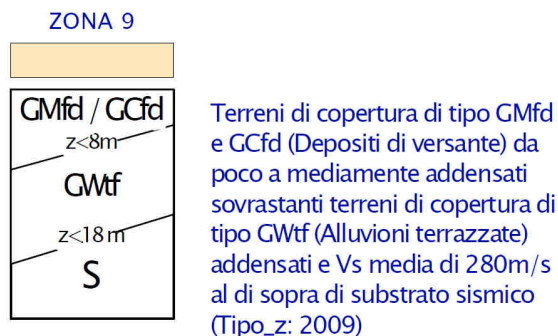


Fig. 42 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata dai depositi della conoide alluvionale (bnb) di spessore superiore a 30m al di sopra del substrato rigido (Formazione di Canetolo) a valle del Campo Sportivo.

Zona 9: DEPOSITI DI VERSANTE DI SPESSORE INFERIORE A 8m SOVRASTANTI DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI DI SPESSORE INFERIORE A 10m AL DI SOPRA DI SUBSTRATO SISMICO (Tipo_z:2009)



In queste zone i depositi di versante si sono depositi sopra i depositi alluvionali terrazzati che sovrastano il substrato roccioso.

Nella cartografia sopra al colore è riportato anche il figurato relativo alla falda detritica.

Queste zone corrispondono alle aree pedemontane in cui i depositi di versante giungono sin quasi al fondovalle andando a sovrapporsi alle zone terrazzate.

Nella carta questa microzona è rappresentata unicamente nell'area sotto riportata.

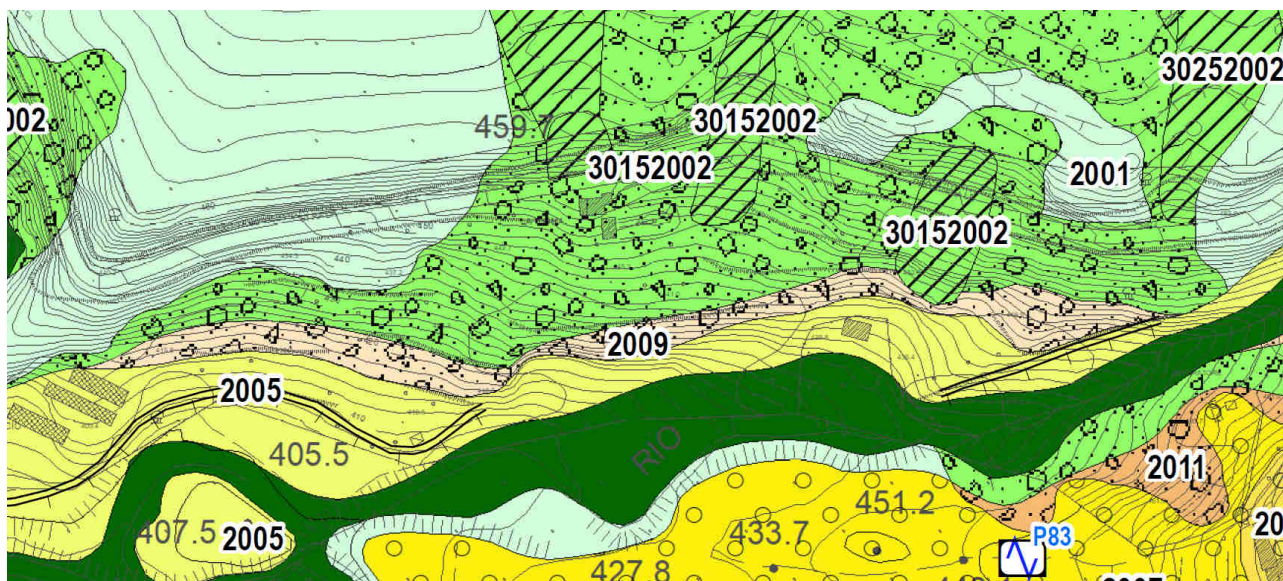
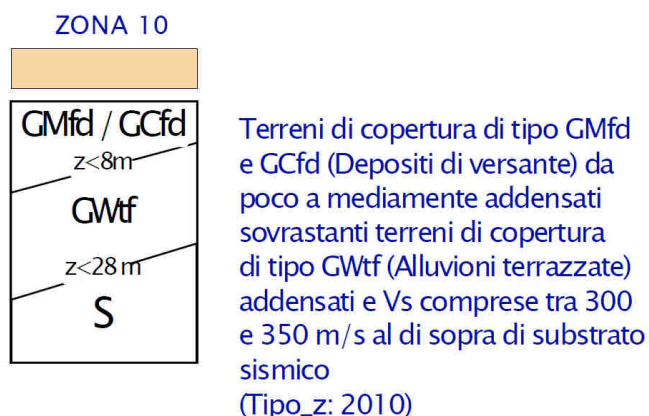


Fig. 43 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi di versante (aa) di spessore inferiore a 8m sovrastanti i depositi alluvionali terrazzati (bna) di spessore inferiore a 10m al di sopra del substrato rigido (Flysch di Ottone) in corrispondenza del fondovalle del Torrente Taverone.

Zona 10: DEPOSITI DI VERSANTE DI SPESSORE INFERIORE A 8m SOVRASTANTI DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI DI SPESSORE COMPRESO TRA 10m e 20m AL DI SOPRA DI SUBSTRATO SISMICO (Tipo_z:2010)



Queste zone corrispondono alle aree pedemontane in cui i depositi di versante giungono sin quasi al fondovalle andando a sovrapporsi alle zone terrazzate.

Nella carta questa microzona si ritrova a nord-est della frazione di Montale, in corrispondenza della frazione di La Villa e a valle della frazione di Crespiano Vecchio.

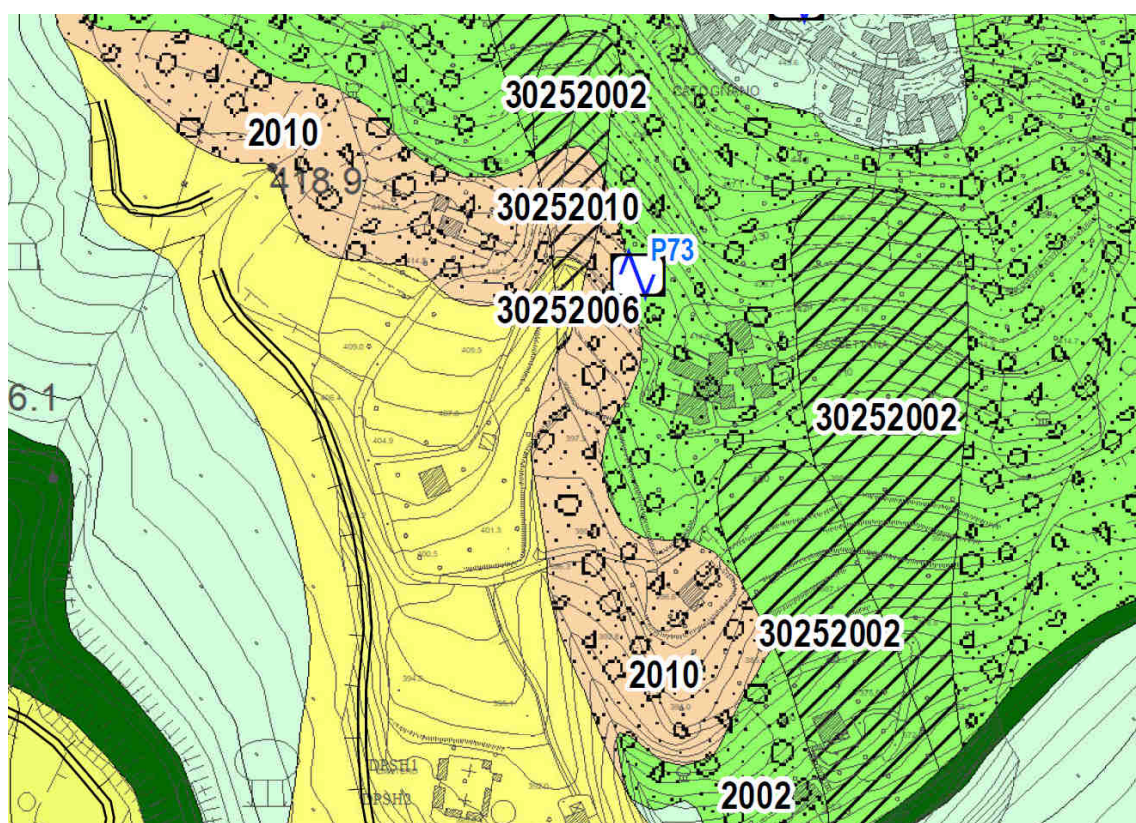


Fig. 44 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi di versante (aa) di spessore inferiore a 8m sovrastanti i depositi alluvionali terrazzati (bna) di spessore compreso tra 10 e 20m al di sopra del substrato rigido (Flysch di Ottone) a nord-est della frazione di Montale.

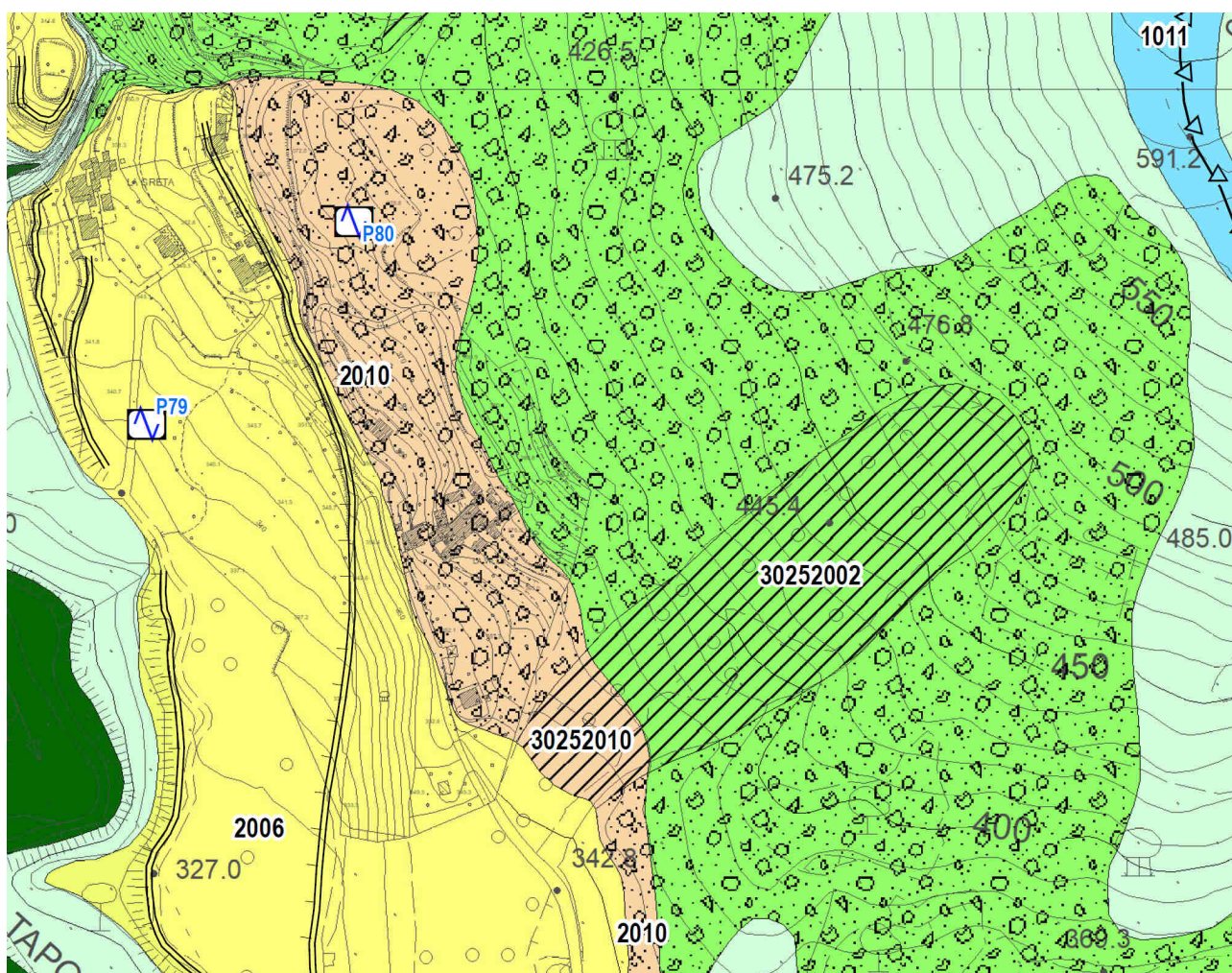


Fig. 45 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi di versante (aa) di spessore inferiore a 8m sovrastanti i depositi alluvionali terrazzati (bna) di spessore compreso tra 10 e 20m al di sopra del substrato rigido (Flysch di Ottone) in corrispondenza del fondovalle del Torrente Taponecco nella frazione di La Villa.

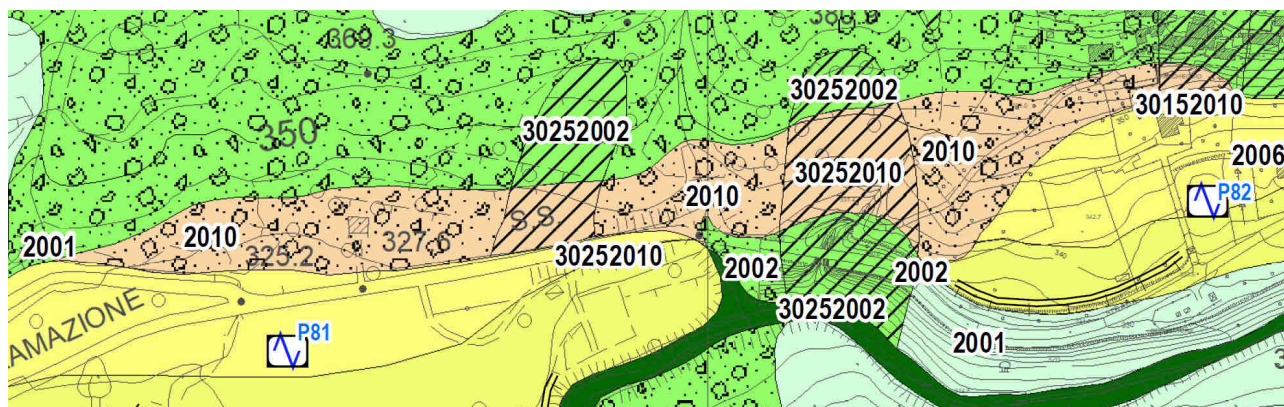
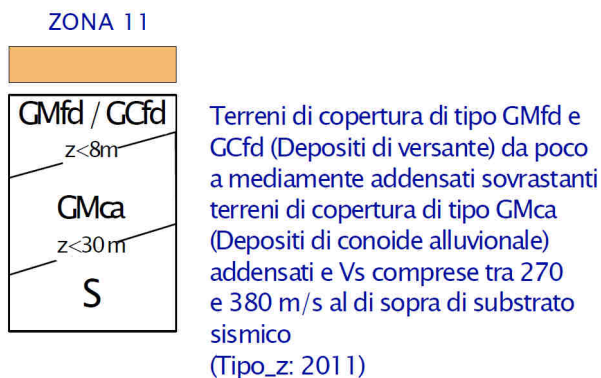


Fig. 46 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi di versante (aa) di spessore inferiore a 8m sovrastanti i depositi alluvionali terrazzati (bna) di spessore compreso tra 10 e 20m al di sopra del substrato rigido (Flysch di Ottone) in corrispondenza del fondovalle del Torrente Taverone a valle di Crespiano Vecchio.

***Zona 11: DEPOSITI DI VERSANTE DI SPESSORE INFERIORE A 8m SOVRASTANTI
DEPOSITI DELLA CONOIDE ALLUVIONALE DI SPESSORE INFERIORE A 22m AL DI
SOPRA DI SUBSTRATO RIGIDO (Tipo_z:2011)***



In queste zone i depositi di versante si sono depositi sopra i depositi della conoide alluvionale di Comano che sovrastano il substrato roccioso; nella cartografia sopra al colore è riportato anche il figurato relativo alla falda detritica.

Queste zone sono localizzate principalmente ai piedi dei rilievi che bordano la conoide e nella parte centrale della conoide stessa.

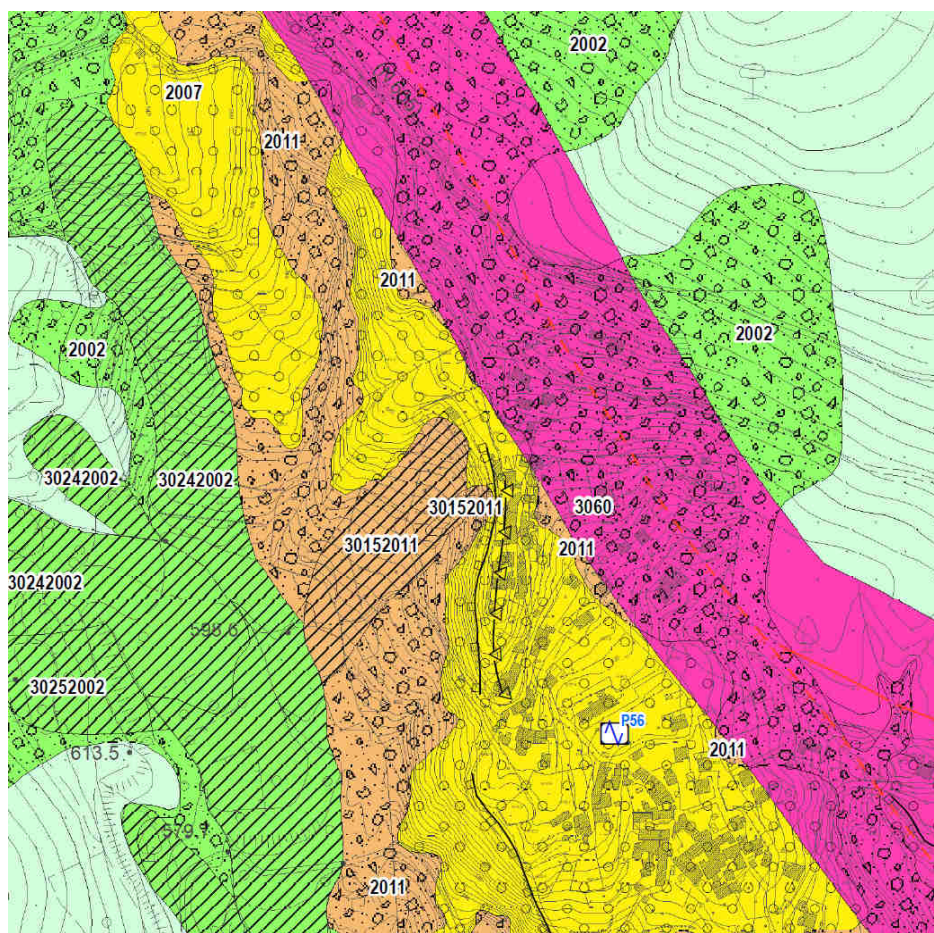


Fig. 47 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi di versante (aa) di spessore inferiore a 8m sovrastanti i depositi della conoide alluvionale (bnb) di spessore inferiore a 22m al di sopra del substrato rigido (Formazioni dell'Unità di Canetolo) a monte e lateralmente a Summocomano.

Nella parte centrale della conoide, per la presenza di zone instabili, il figurato relativo alla falda detritica è sostituito con il rigato dell'instabilità.

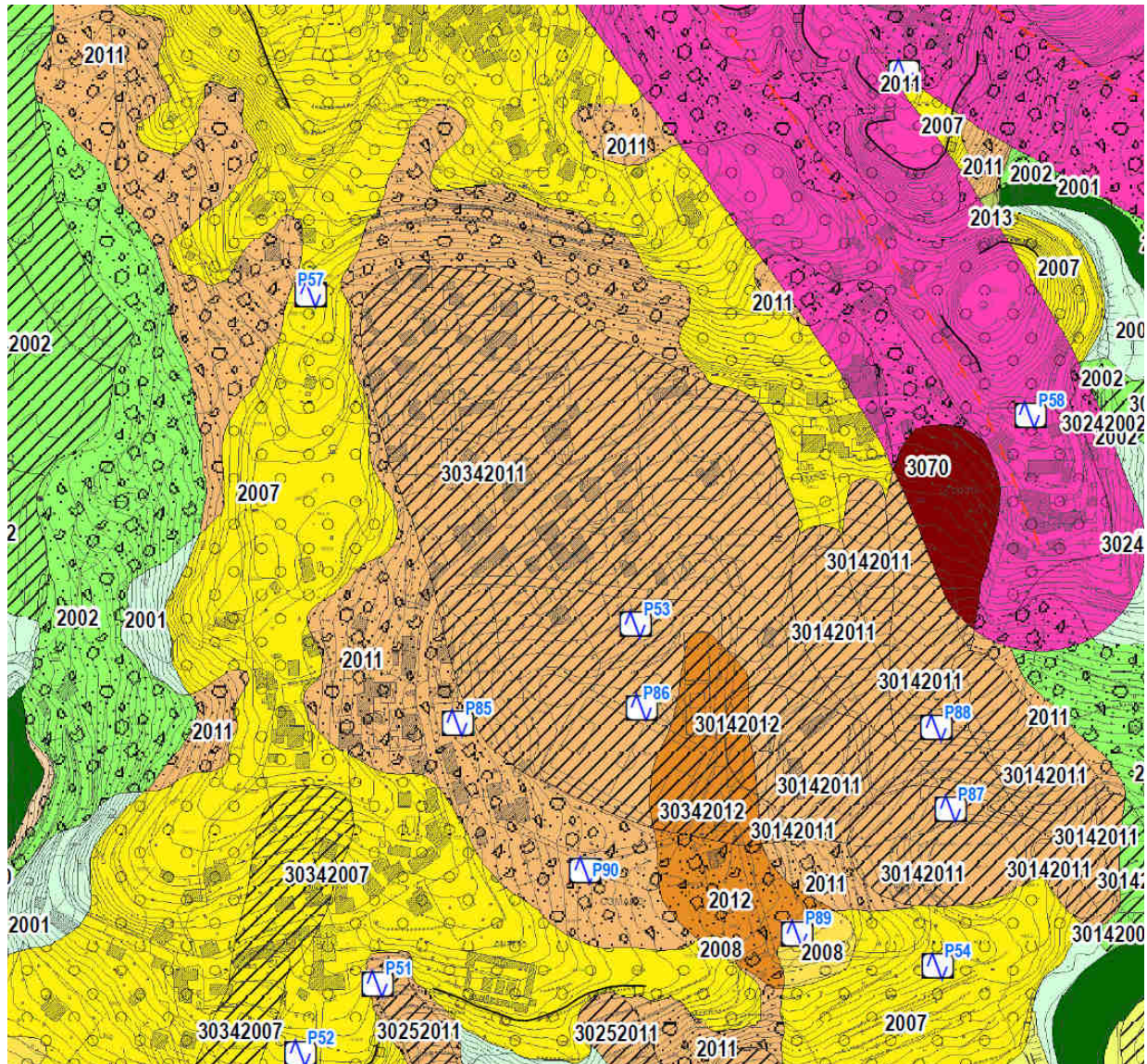
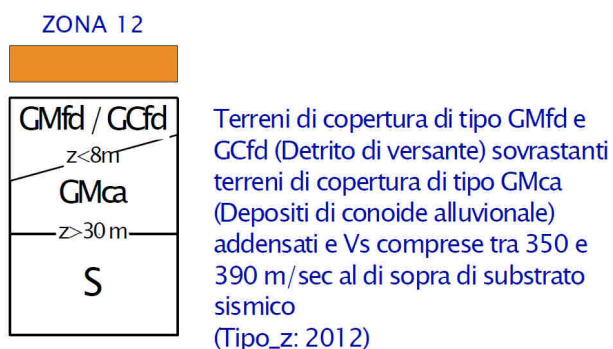


Fig. 48 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi di versante (aa) di spessore inferiore a 8m sovrastanti i depositi della conoide alluvionale (bnb) di spessore inferiore a 22m al di sopra del substrato rigido nell'area di Comano Capoluogo e del Campo Sportivo.

Zona 12: DEPOSITI DI VERSANTE DI SPESSORE INFERIORE A 8m SOVRASTANTI DEPOSITI DELLA CONOIDE ALLUVIONALE DI SPESSORE SUPERIORE A 22m AL DI SOPRA DI SUBSTRATO RIGIDO (**Tipo_z:2012**)



Queste zone risultano circoscritte all'area di Casa di Pelati e ad una piccola area a valle del campo sportivo.

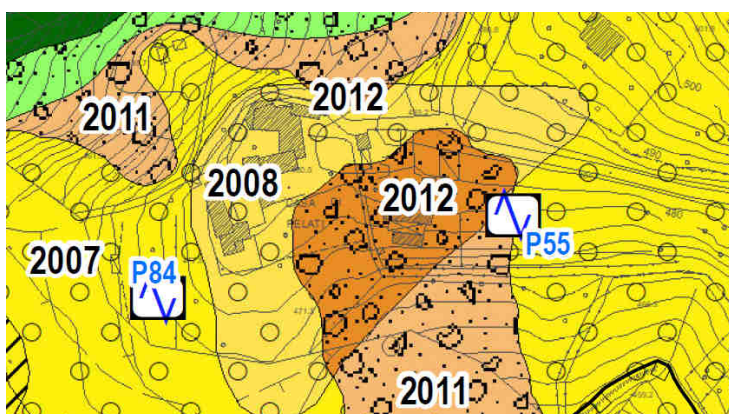


Fig. 49 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi di versante (aa) di spessore inferiore a 8m sovrastanti i depositi della conoide alluvionale (bnb) di spessore superiore a 22m al di sopra del substrato rigido nell'area di Casa di Pelati.

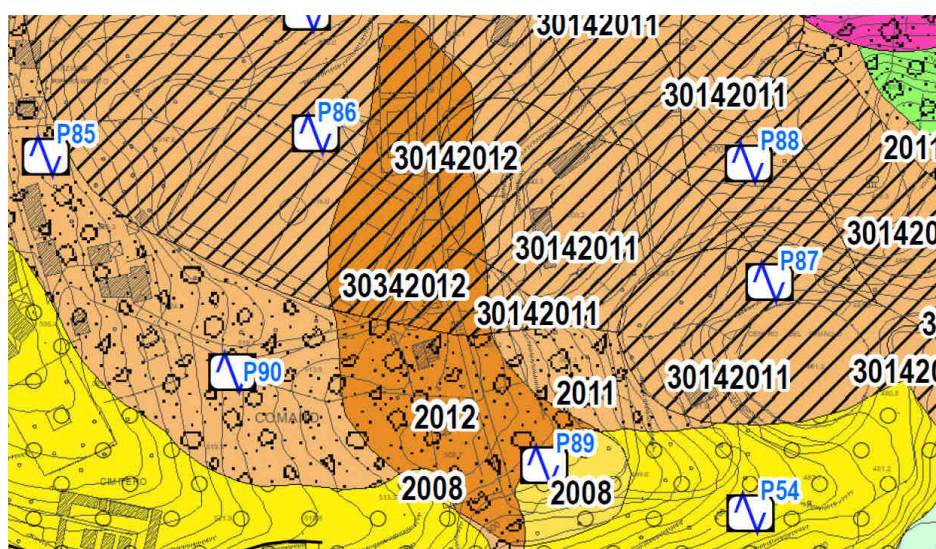
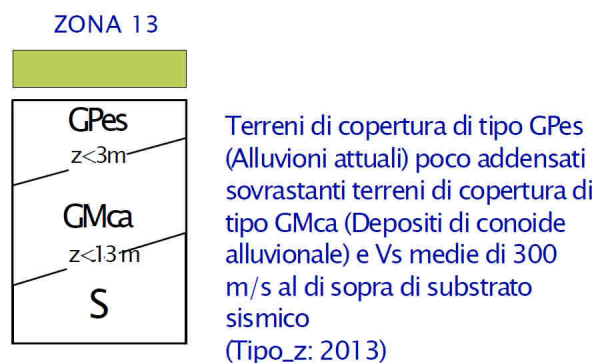


Fig. 50 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi di versante (aa) di spessore inferiore a 8m sovrastanti i depositi della conoide alluvionale (bnb) di spessore superiore a 22m al di sopra del substrato rigido nell'area del Campo Sportivo.

Zona 13: DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI DI SPESSORE INFERIORE A 3m SOVRASTANTI DEPOSITI DELLA CONOIDE ALLUVIONALE DI SPESSORE INFERIORE A 10m AL DI SOPRA DI SUBSTRATO RIGIDO (**Tipo_z:2013**)



Questa microzona risulta rappresenta unicamente lungo il corso di un affluente in destra idrografica del Torrente Taverone, a valle della frazione di Croce.

Nella Carta delle MOPS questa microzona risulta in gran parte nascosta dalla zona di attenzione delle faglie attive e capaci presenti in quest'area.

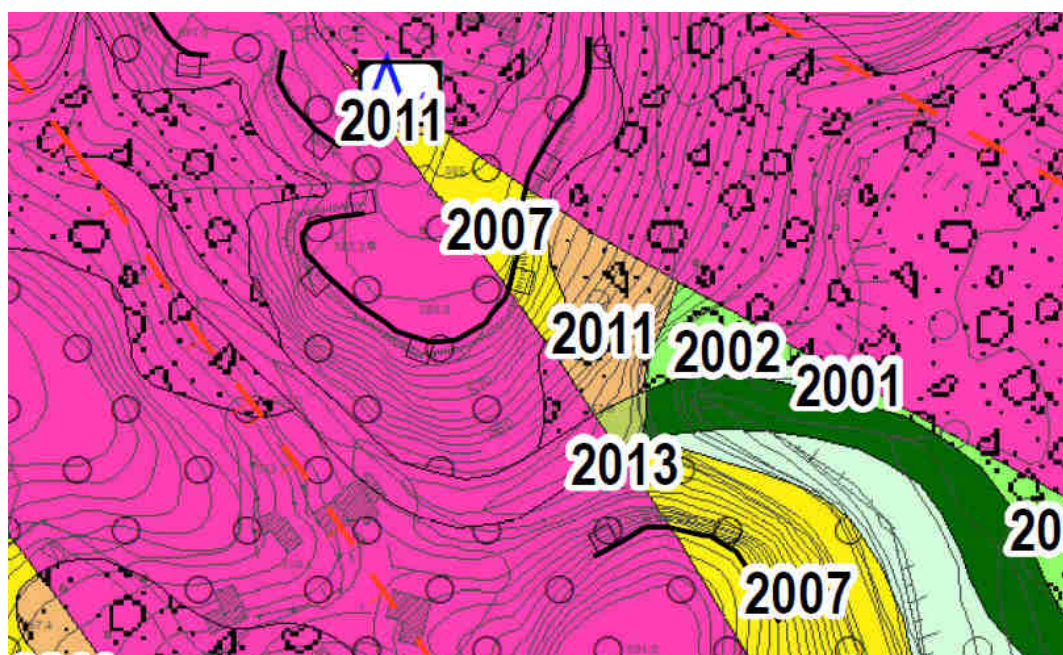
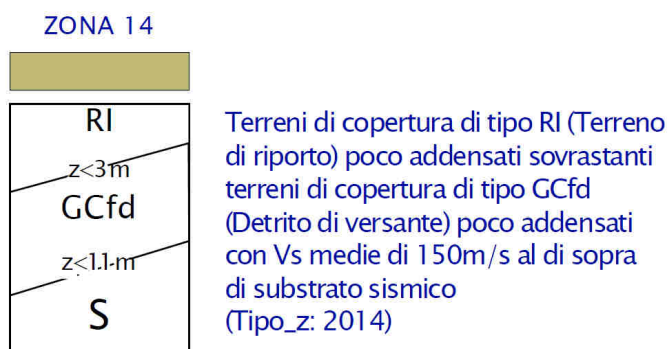


Fig. 51 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da alluvioni attuali (b) di spessore inferiore a 3m sovrastanti i depositi della conoide alluvionale (bnb) di spessore inferiore a 10m al di sopra del substrato rigido lungo il corso di un affluente del Torrente Taverone a valle della località Croce.

Zona 14: DEPOSITI ANTROPICI DI SPESSORE INFERIORE A 3m SOVRASTANTI DEPOSITI DI VERSANTE DI SPESSORE INFERIORE A 8m AL DI SOPRA DI SUBSTRATO RIGIDO (Tipo_z:2014)



Questa microzona risulta rappresenta unicamente lungo il corso di un affluente in destra idrografica del Torrente Taverone, a valle della frazione di Croce.

Corrisponde alla zona del Lago di Comano dove gli argini artificiali sono stati realizzati utilizzando materiale di riporto che è stato poggiato sul detrito di versante posto al di sopra del substrato roccioso.

Lo spessore del terreno detritico dovrebbe essere inferiore a 8 metri.

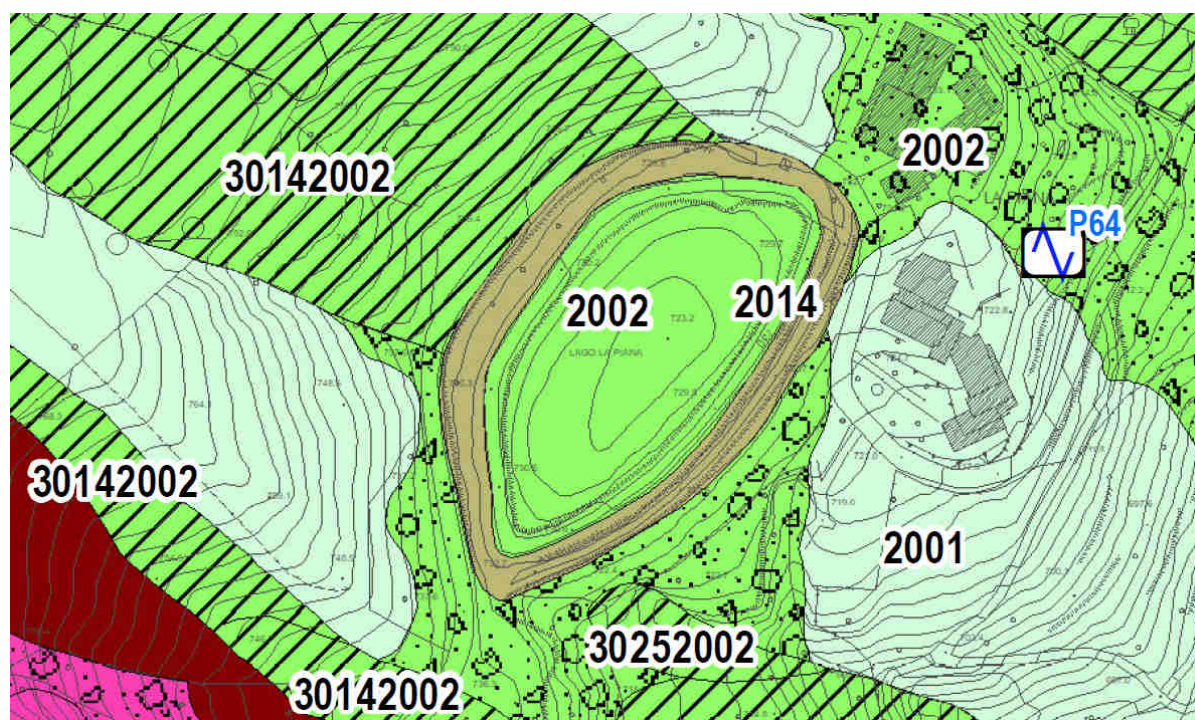


Fig. 52 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi antropici (h5) sovrastanti i depositi di versante (aa) al di sopra del substrato rigido (Argille e Calcari) in corrispondenza del rilevato artificiale del Lago di Comano, in località La Piana.

7.3.3 – ZONE DI ATTENZIONE PER LE INSTABILITÀ

Le tipologie di instabilità individuate nel territorio comunale sono rappresentate da **instabilità di versante (Z_{FR})**, **instabilità per faglie attive e capaci (Z_{FAC})** e instabilità per sovrapposizione di instabilità differenti (Z_{ID}).

Conseguentemente nella Carta delle MOPS sono state inserite le seguenti **Zone di Attenzione**.

Zone di attenzione (ZA) per le instabilità



Zone di Attenzione per Instabilità di versante (Z_{A_FR})



Zone di Attenzione per Faglie Attive e Capaci (Z_{A_FAC})



Zone di Attenzione per sovrapposizione di Instabilità Differenti (Z_{A_ID})

Le aree soggette alle instabilità di versante (Z_{FR}) e sono diffuse in maniera piuttosto omogenea in tutte le UTOE anche se nell'UTOE di Comano sono sicuramente maggiormente rappresentate.

Le instabilità per faglie attive e capaci (Z_{FAC}) si trovano invece localizzate solamente nell'UTOE di Comano in corrispondenza dell'area in cui sono presenti i contatti tettonici tra le Unità Liguri, Subliguri e della Falda Toscana.

Nelle zone in cui le Faglie intersecano le aree in frana sono state cartografate le instabilità per sovrapposizione di instabilità differenti (Z_{ID}).

Le **Zone di Attenzione per Instabilità di versante (Z_{FR})** sono state identificate con un codice numerico formato da 8 cifre delle quali le prime quattro descrivono la tipologia della zona suscettibile di instabilità e le ultime 4 la tipologia della zona stabile suscettibile di amplificazione corrispondente.

Zone di Attenzione per Instabilità di versante Z _{FR}	1 - crollo o ribaltamento	2 - scorrimento	3 - rotata	4 - complessa	5 - non definito
1 - attiva (FR_A)	301120xy	301220xy	301320xy	301420xy	301520xy
2 - quiescente (FR_Q)	302120xy	302220xy	302320xy	302420xy	302520xy
3 - inattiva (FR_I)	303120xy	303220xy	303320xy	303420xy	303520xy
4 - non definita (FR_ND)	304120xy	304220xy	304320xy	304420xy	304520xy

Le **Zone di Attenzione per altri tipi di instabilità** sono state identificate con i seguenti codici.

Zone di Attenzione per altri tipi di instabilità	Tipo_i
Z _{LIQ} Zona di attenzione per Liquefazione	305020xy
Z _{FAC} Zona di attenzione per Faglie Attive e Capaci	3060
Z _{ID} Zona di attenzione per sovrapposizione di Instabilità Differenti	3070
Z _{CD} Zona di attenzione per Cedimenti Differenziali/crollo di cavità/sinkhole	3080

ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITA' DI VERSANTE

Di seguito verranno forniti alcuni esempi relativi alle instabilità di versante maggiormente presenti.

FRANE QUIESCENTI

Tipo i: 30252002 - frane quiescenti con tipo di movimento non definito (3025)
su detrito di versante di spessore inferiore a 8m (2002)

Questo tipo d'instabilità risulta ampiamente rappresentata nell'UTOE di Crespiano ed infatti interessa le aree a valle di Catognano, tutto il nucleo abitato di Crespiano Vecchio, il nucleo abitato di Piagneto e le aree a valle di Canola.

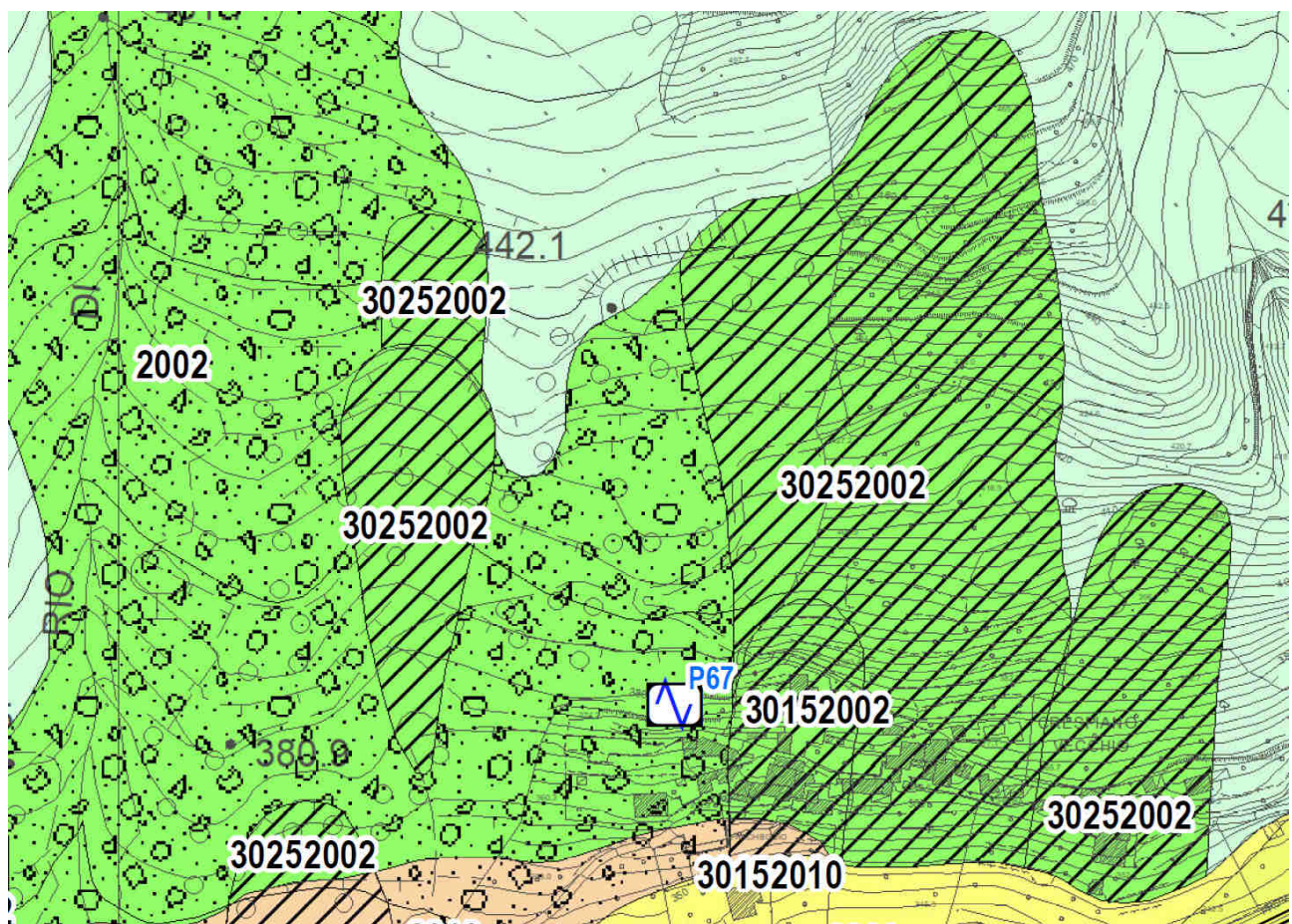


Fig. 53 – Esempio di frane quiescenti con tipo di movimento non definito (3025) su detrito di versante di spessore inferiore a 8m (2002) in corrispondenza del nucleo abitato di Crespiano Vecchio.

FRANE QUIESCENTI

Tipo i: 30252003 - frane quiescenti con tipo di movimento non definito (3025)
su detrito di versante di spessore compreso tra 8m e 20m (2003)

Questo tipo d'instabilità risulta rappresentata unicamente nella frazione di Prota.

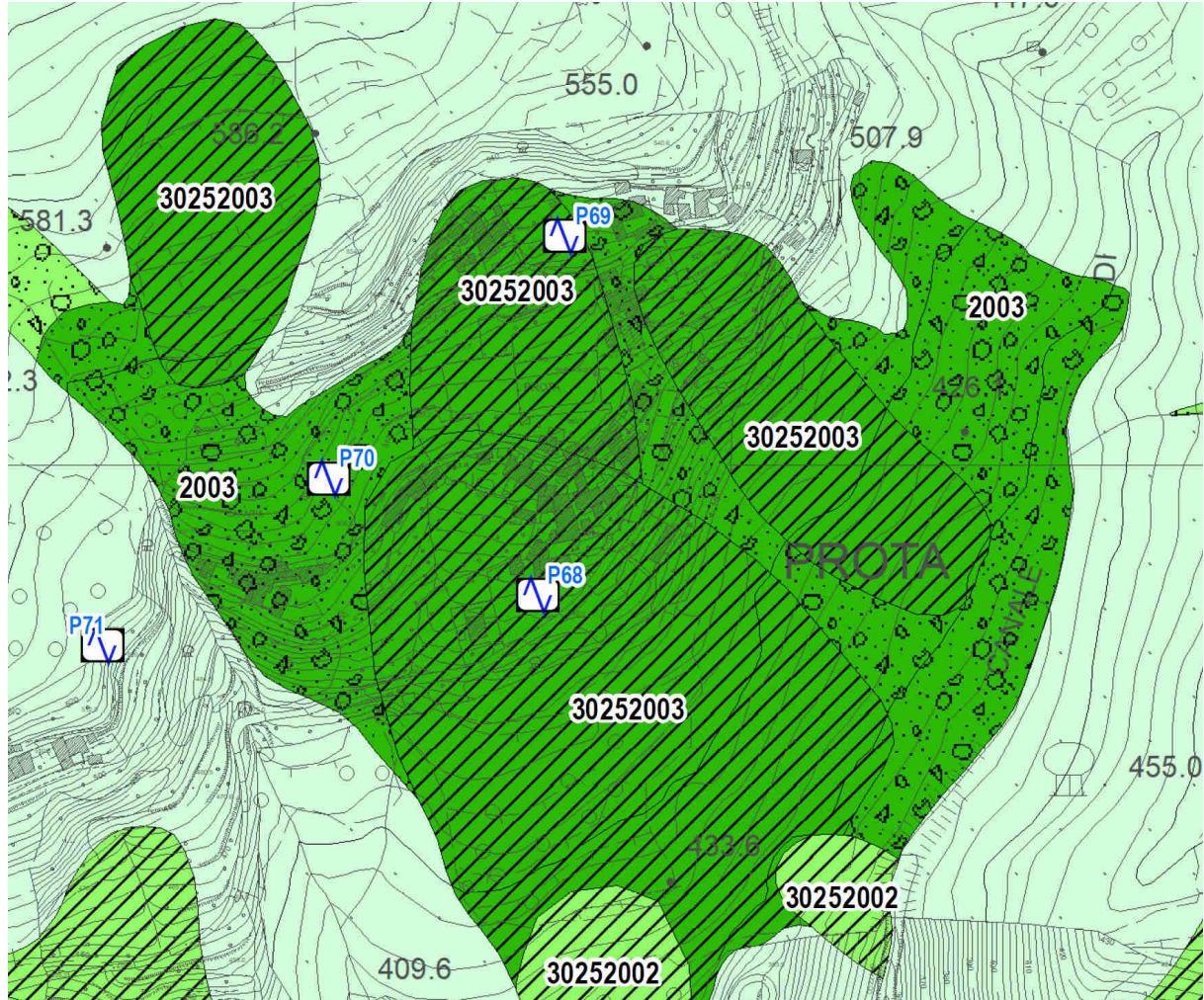


Fig. 54 – Esempio di frane quiescenti con tipo di movimento non definito (3025) su detrito di versante di spessore compreso tra 8 e 20m (2003) in corrispondenza della frazione di Prota.

FRANE QUIESCENTI

Tipo i: 30242002 - frane quiescenti con tipo di movimento complesso (**3024**)
*su detrito di versante di spessore inferiore a 8m (**2002**)*

Questo tipo d'instabilità risulta ampiamente rappresentata nell'area ad ovest di Summocomano e a valle della frazione di Comano Castello.

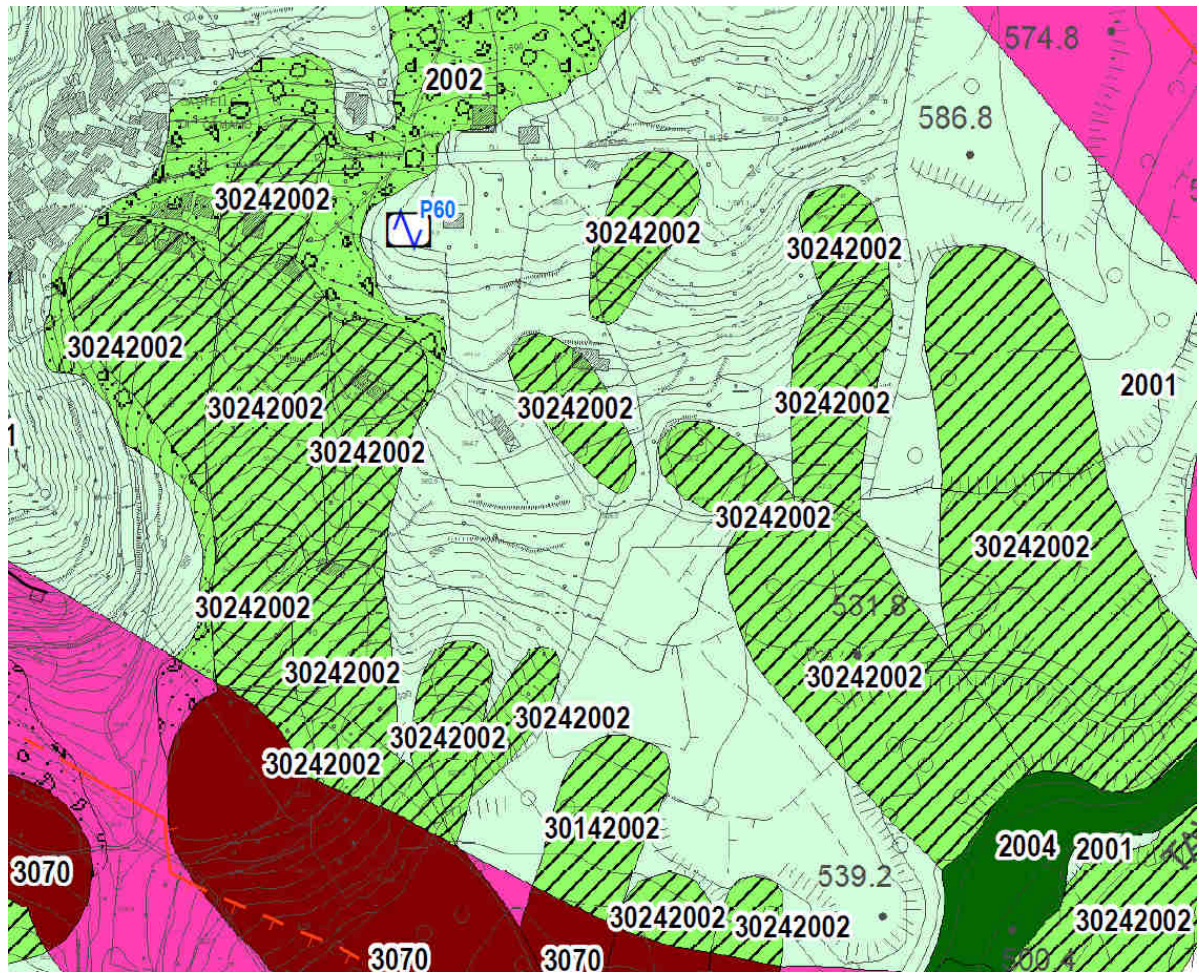


Fig. 55 – Esempio di frane quiescenti con tipo di movimento complesso (**3024**) su detrito di versante di spessore inferiore a 8m (**2002**) a valle della frazione di Comano Castello.

FRANE INATTIVE

Tipo i: 30342011 - frane inattive complesse (3034) su depositi di versante di spessore inferiore a 8m su conoide alluvionale di spessore inferiore a 22m (2011)

Questo tipo d'instabilità risulta microzona affiora ampiamente nell'UTOE di Comano nell'area delle Scuole Elementari e del Campo Sportivo.

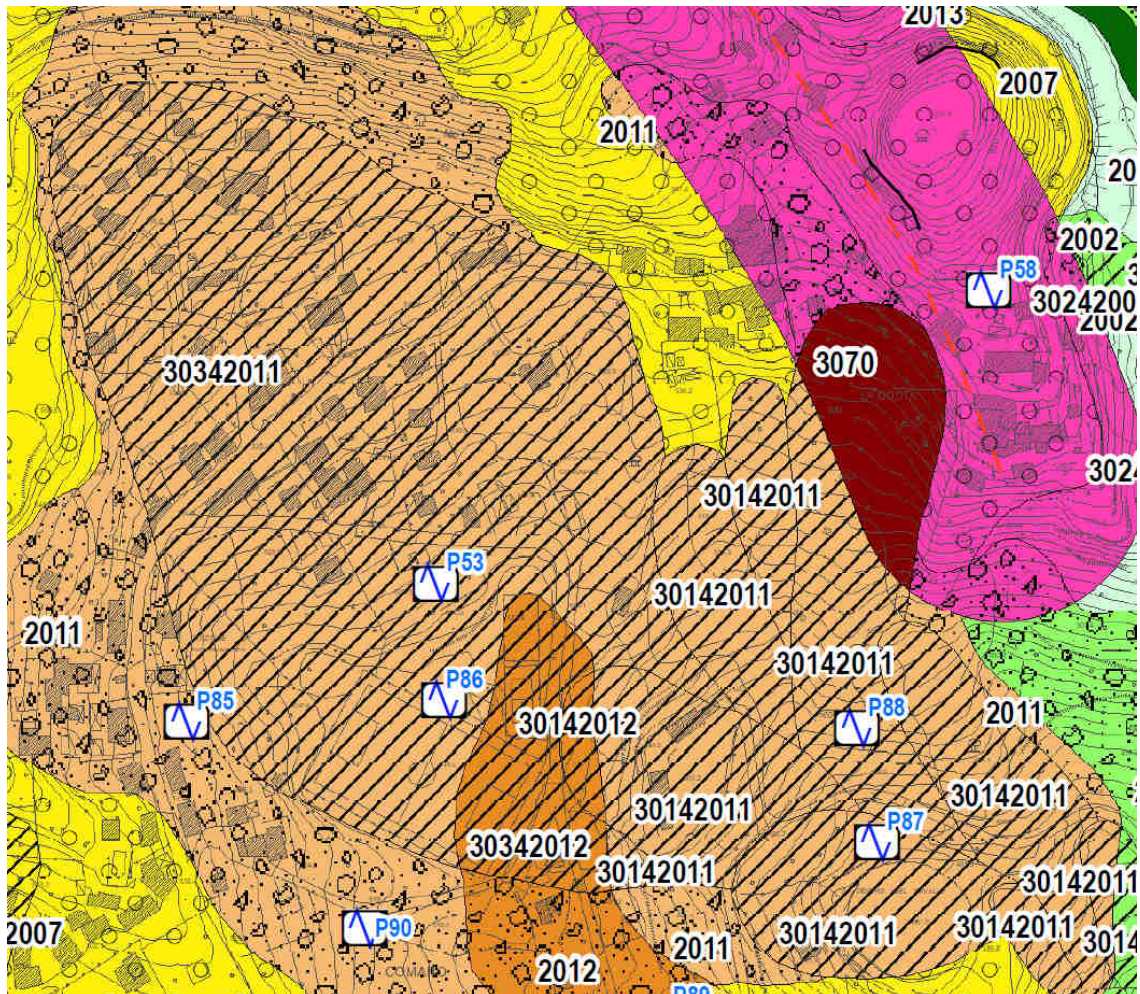


Fig. 56 – Esempio di frana inattiva complessa (3034) su detrito di versante di spessore inferiore a 8m su conoide alluvionale di spessore inferiore a 22m (2011) in corrispondenza dell'area delle Scuole di Comano e del Campo Sportivo.

FRANE ATTIVE

Tipo i: 30142002 - *frane attive complesse (3014) su depositi di versante di spessore inferiore a 8m (2002)*

Questo tipo d'instabilità risulta ampiamente rappresentato a monte della località La Piana nella parte alta dell'UTOE di Comano.

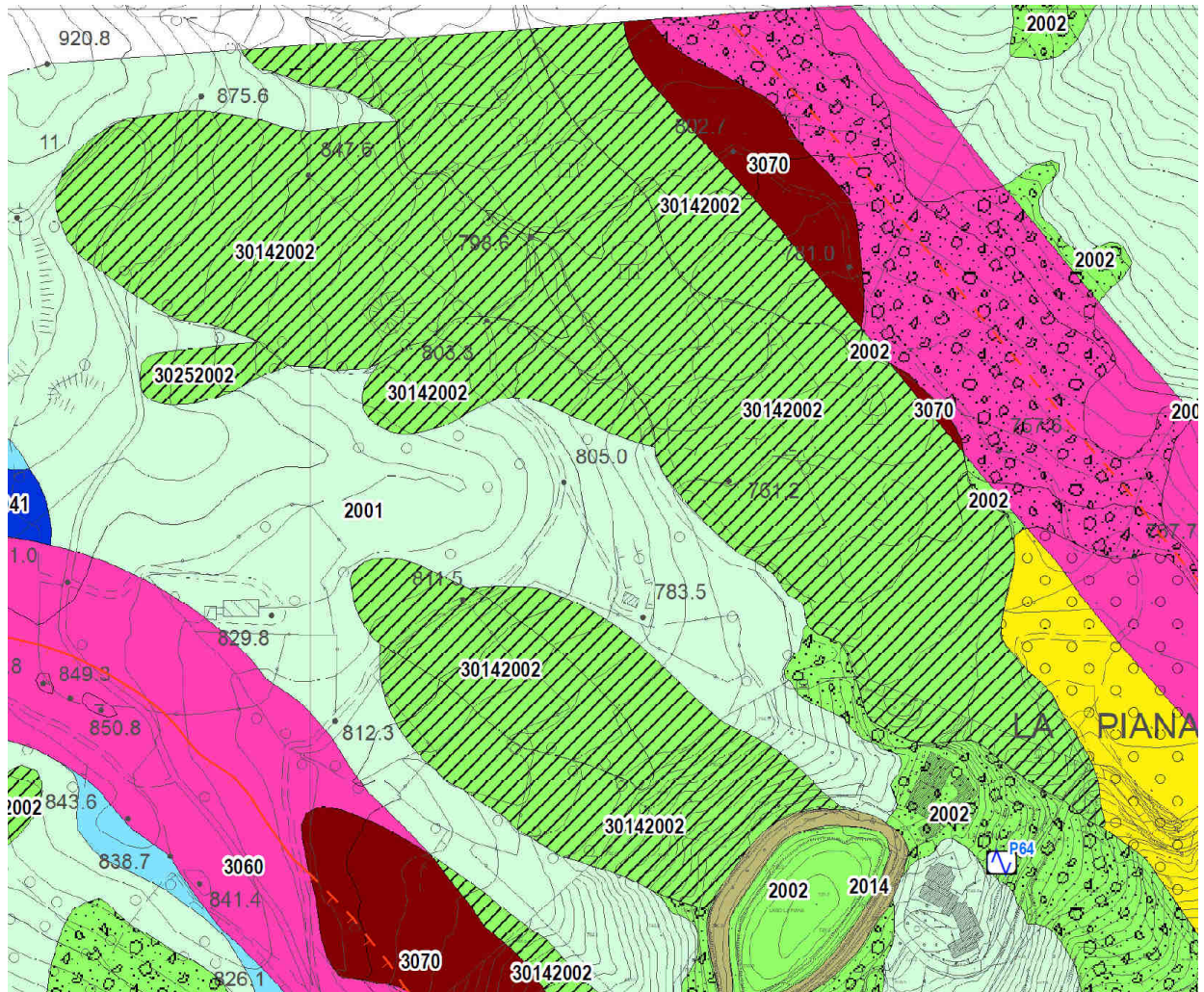


Fig. 57 – Esempio di frana attiva complessa (3014) su detrito di versante di spessore inferiore a 8m a monte della località La Piana.

FRANE ATTIVE

Tipo i: 30142011 - frane attive complesse (3014) su depositi di versante di spessore inferiore a 8m su conoide alluvionale di spessore inferiore a 22m (2011)

Questo tipo d'instabilità risulta rappresentato a monte dell'area del Centro del Cavallo.

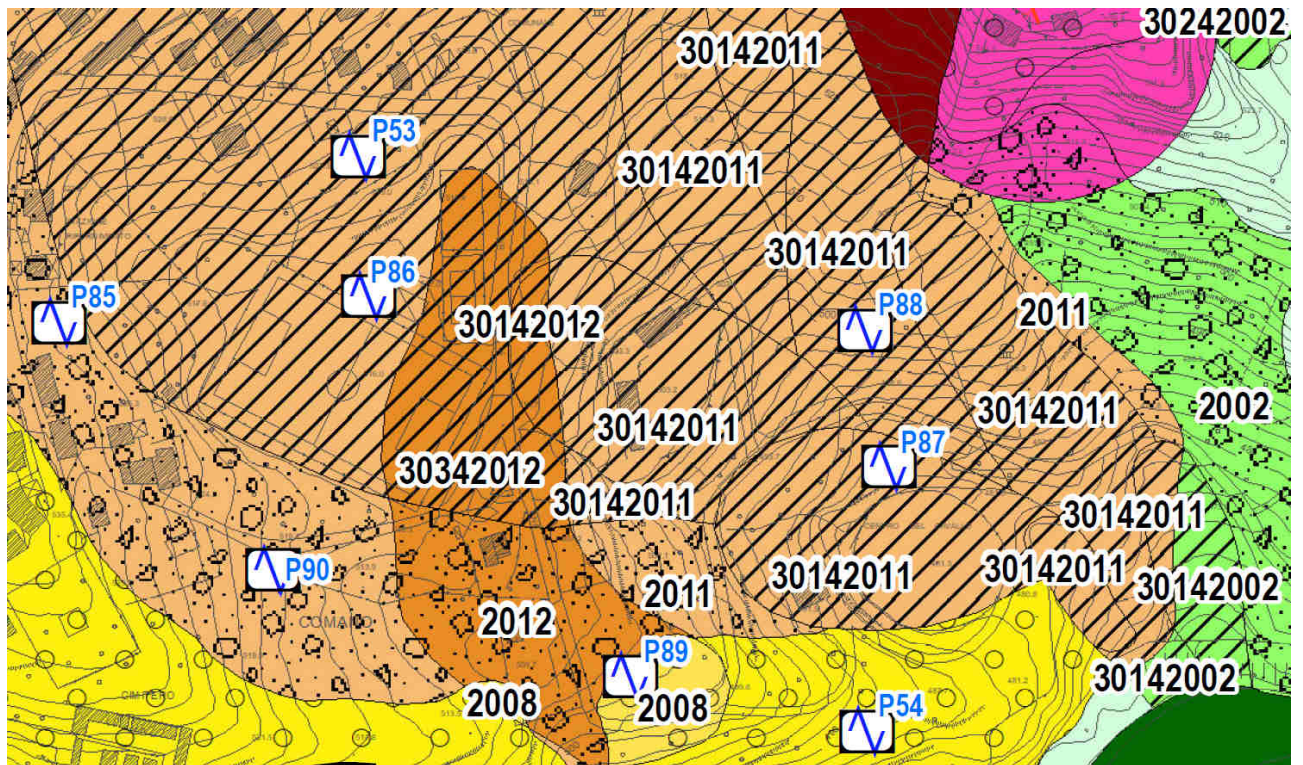


Fig. 58 – Esempio di frana attiva complessa (3014) su detrito di versante di spessore inferiore a 8m su conoide alluvionale di spessore inferiore a 22m (2011) a monte dell'area del Centro del Cavallo.

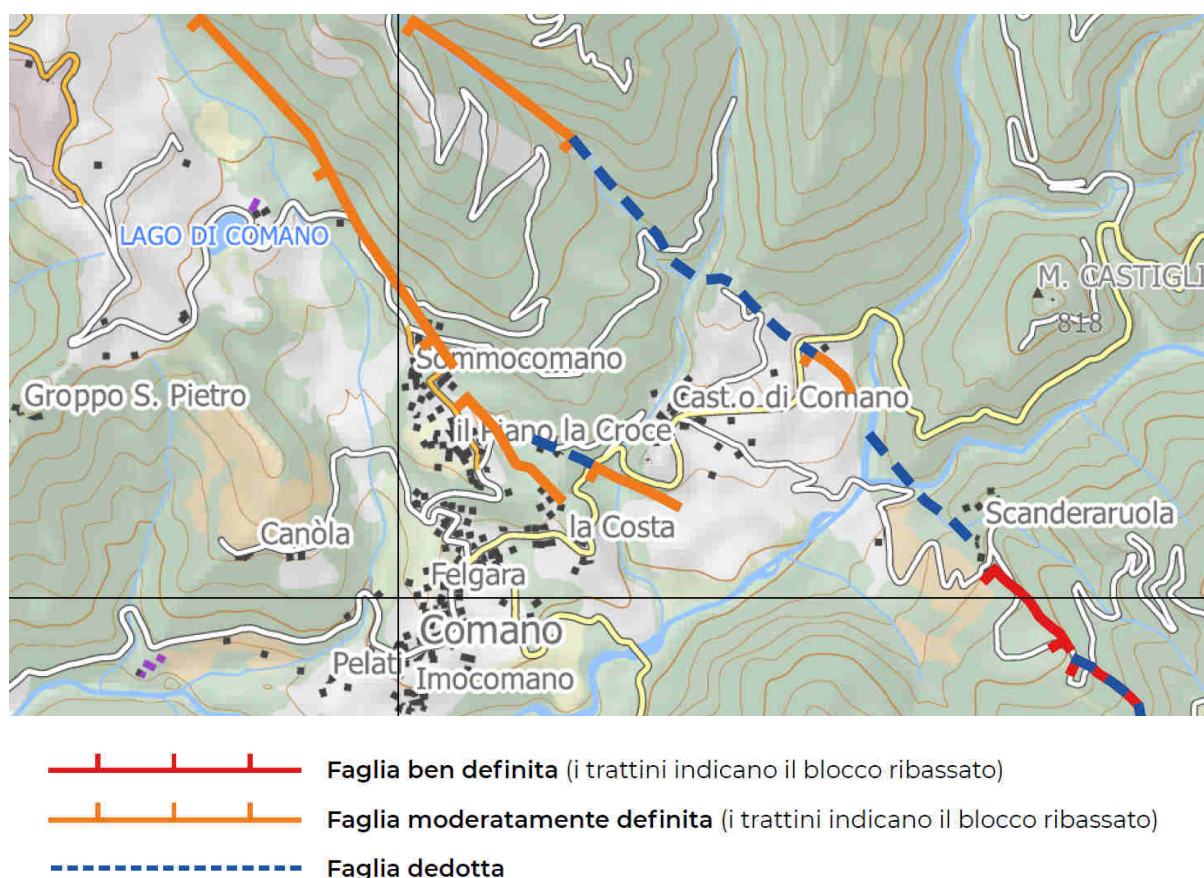


Consiglio Nazionale delle Ricerche
National Research Council of Italy



Istituto di Geoscienze e Georisorse
Institute of Geosciences and Earth Resources

In particolare l'area del Comune di Comano ricade nel "**Foglio 2 centro**"; nella **Fig. n.60** si riporta un estratto di tale cartografia.



65

A grande scala da questo studio emerge come nell'area siano presenti due subsistemi principali con direzione media N140 posti uno a nord (Faglia di Groppodalsio) e una a sud (Faglia di Compione-Comano). Queste mantengono, al netto della segmentazione, una certa linearità a grande scala e presentano una vasta zona di sovrapposizione (overlap/transfer zone) nella zona che va dalla valle del Torrente Caprio a nord a quella del Torrente Taponecco-Taverone a sud.

Per le dimensioni della Zona di Attenzione sono state seguite le indicazioni fornite nelle “*Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC)*” predisposte dal Dipartimento di Protezione Civile.

In questo caso vi sono studi di approfondimento che consentono di diminuire il buffer di 200+200m portandolo ad una dimensione minore.

La **Zona di Attenzione** viene quindi portata a 160,0 m (buffer 80,0 m + 80,0 m), coerente con il valore di ampiezza della zona di suscettibilità raccomandato, negli studi di Microzonazione Sismica di Livello 3, nel caso di una faglia certa e definita (piano di rottura principale e fenomeni cosismici ad essa collegati sono riconosciuti con certezza) ma anche con il valore minimo ammissibile proposto nel caso di una faglia incerta (gli elementi che compongono una faglia attiva e capace e i fenomeni cosismici collegati non sono cartografabili con certezza e/o dettaglio).

FAGLIA ATTIVA E CAPACE di COMPIONE-COMANO

Tipo i: 3060 - Faglia di Compione-Comano

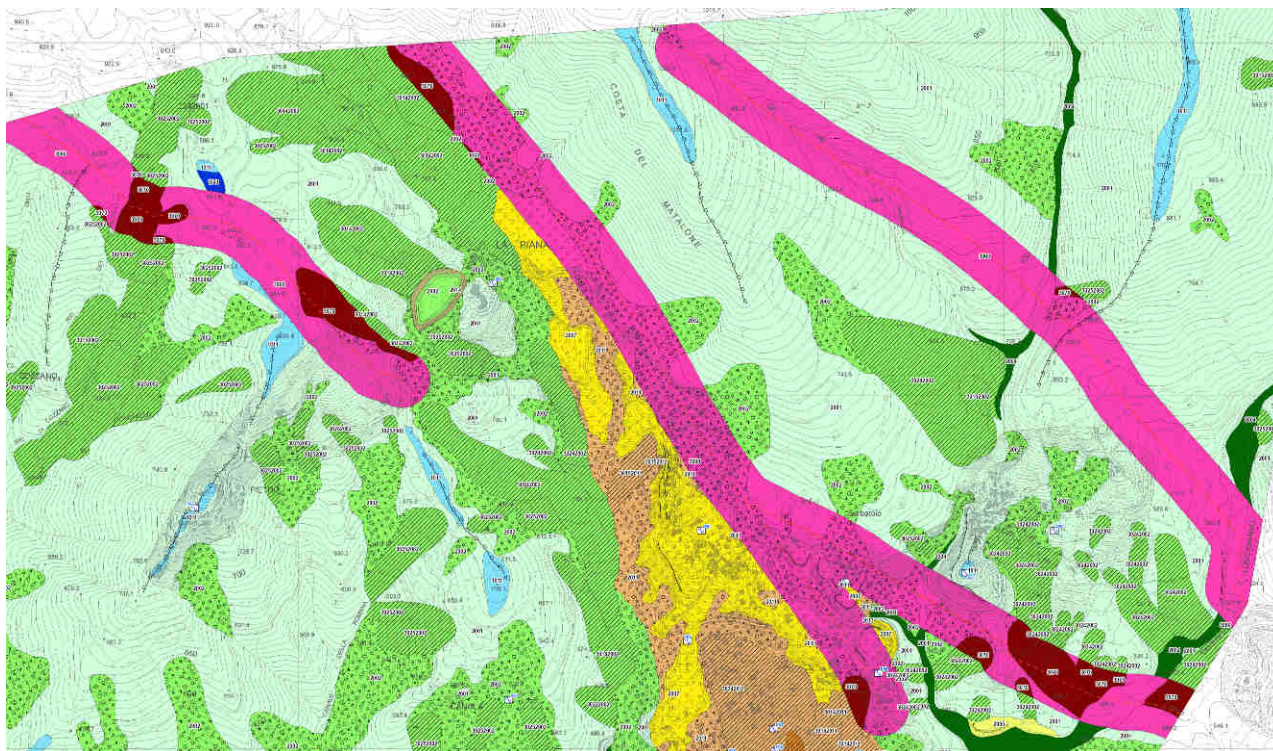


Fig. 61 – Faglia Attiva e Capace di Compione-Comano (3060).

ZONE DI ATTENZIONE PER SOVRAPPOSIZIONE DI INSTABILITA'

Laddove le zone di attenzione per instabilità di versante si sovrappongono alle zone di attenzione per faglie attive e capaci si hanno le *Zone di Attenzione per Sovrapposizione di instabilità*.

Tipo i: 3070 - Sovrapposizione tra instabilità di versante e la Faglia di Compione-Comano

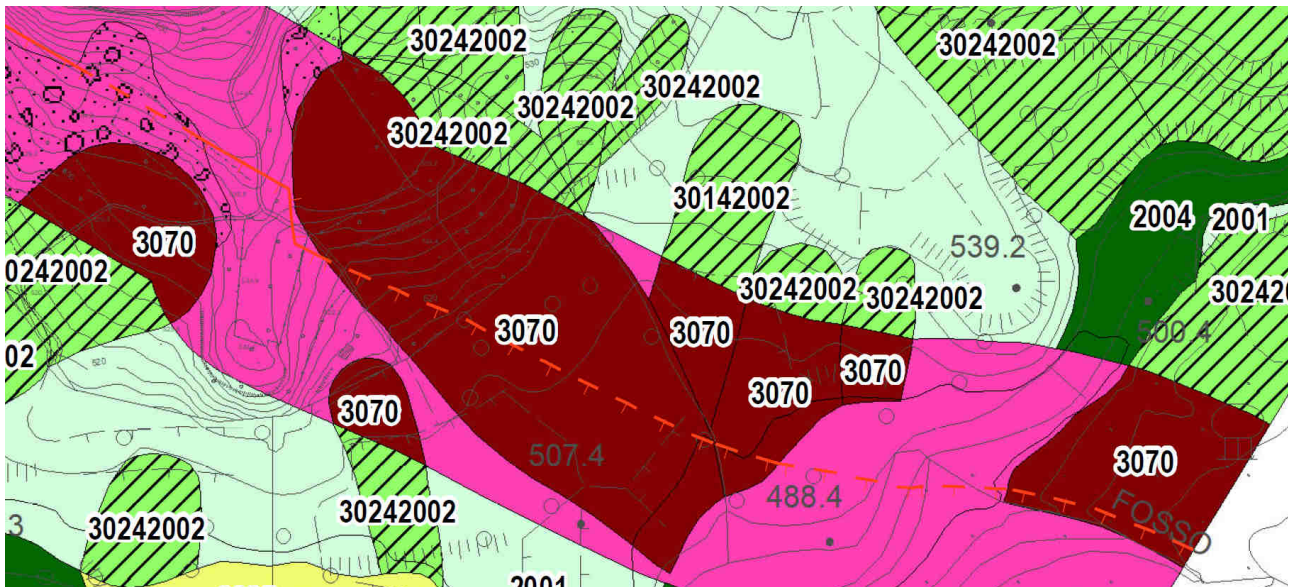


Fig. 62 – Sovrapposizione tra instabilità di versante e Faglia Attiva e Capace (3070).

Tipo i: 3070 - Sovrapposizione tra instabilità di versante e la Faglia di Monte Compione

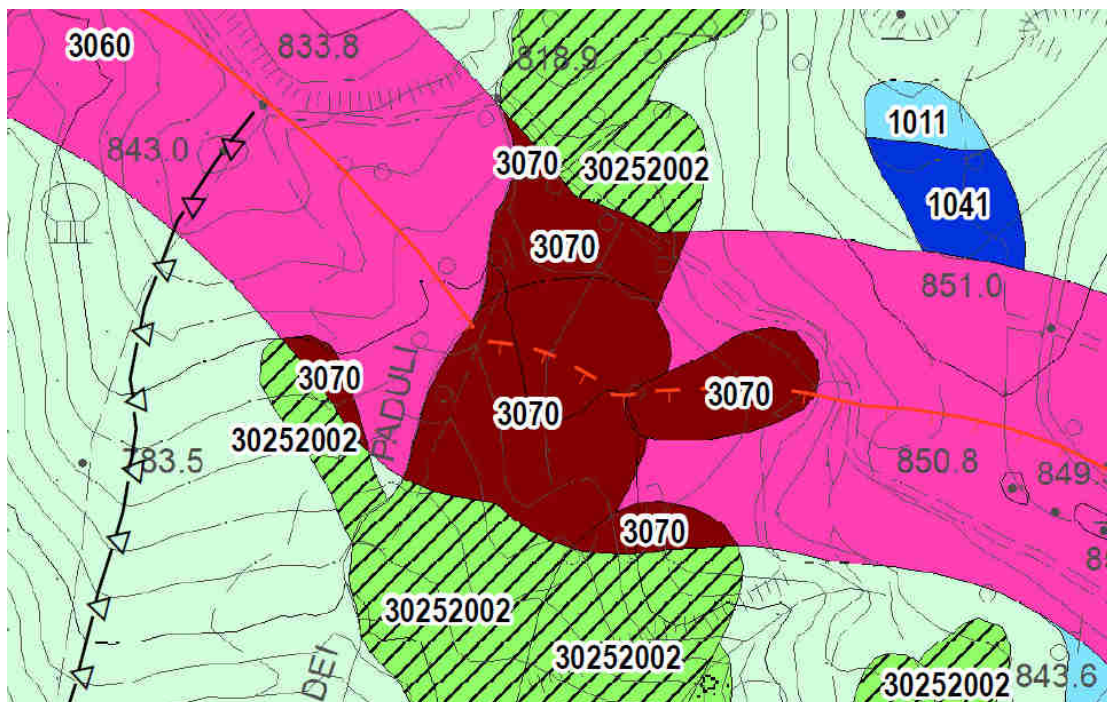


Fig. 63 – Sovrapposizione tra instabilità di versante e la Faglia Attiva e Capace (3070).

7.4 – CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA

Il territorio del **Comune di Comano** ricade all'interno della **macroarea** denominata “**Toscana Appenninica**” per la quale sono stati realizzati differenti abachi per la quantificazione dei fenomeni di amplificazione sismica in base all'input sismico locale.

In particolare gli abachi regionali disponibili per tale macroarea sono distinti in base all'entità dell'input sismico in funzione della pericolosità di base (valore di soglia di accelerazione di base per un tempo di ritorno di 475anni pari a 0.15g) e allo spessore dei terreni di copertura al di sopra del bedrock sismico (spessori maggiori o inferiori a 30m).

Nel caso in oggetto l'input sismico in funzione della pericolosità di base risulta **>0.15g** per cui di seguito si riportano gli **abachi regionali definiti per la macroarea “Toscana Appenninica”** in base ai quali è stato possibile quantificare i valori dei fattori di amplificazione litostratigrafica.

Toscana Appenninica (Substrato sismico > 30m)

Valore di a_g ($T_r=475$ anni) $\geq 0.15g$ FA $0.1 < T < 0.5$ s

		f_0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
V_{s30} (m/s)	<200	0.7	1.0								0.8
	300	1.1	1.5	1.9	2.1	2.1	1.8	2.0	2.0	2.2	1.6
	500	1.2	1.4	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7
	700	1.2	1.2	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6
	≥ 800	1.1	1.2		1.5	1.3	1.3			1.4	1.4

FA $0.4 < T < 0.8$ s

		f_0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
V_{s30} (m/s)	<200	1.1	1.4								1.2
	300	1.4	2.1	2.2	2.1	2.2	2.0	2.1	2.1	1.8	2.1
	500	1.3	1.9	2.0	1.7	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.8
	700	1.2	1.5	1.7	1.5	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5
	≥ 800	1.3	1.5		1.4	1.1	1.1			1.3	1.4

FA $0.7 < T < 1.1$ s

		f_0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
V_{s30} (m/s)	<200	1.4	2.6								1.4
	300	1.6	2.3	1.7	1.9	1.8	1.7	1.5	1.9	1.9	2.1
	500	1.4	2.0	1.5	1.3	1.5	1.6	1.3	1.3	1.3	1.7
	700	1.3	1.7	1.3	1.2	1.1	1.1	1.3	1.2	1.2	1.3
	≥ 800	1.6	2.2		1.1	1.0	1.0			1.2	1.3

CLASSI

velocità (m/s)	$V_s < 200$	
	300	$200 \leq V_s < 400$
	500	$400 \leq V_s < 600$
	700	$600 \leq V_s < 800$
	$V_s \geq 800$	

frequenza (Hz)	$f_0 < 1$	
	1.5	$1 \leq f_0 < 2$
	2.5	$2 \leq f_0 < 3$
	3.5	$3 \leq f_0 < 4$
	4.5	$4 \leq f_0 < 5$
	5.5	$5 \leq f_0 < 6$
	6.5	$6 \leq f_0 < 7$
	7.5	$7 \leq f_0 < 8$
	≥ 8	

Toscana Appenninica (Substrato sismico ≤ 30 m)Valore di a_g ($T_r=475$ anni) $\geq 0.15g$ FA $0.1 < T < 0.5$ s

		f_0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
V_{sA} (m/s)	<200	0.8	1.3	1.9	2.2	2.1	2.0	1.8	1.8	1.4	1.8
	300	0.6	1.3	1.9	2.0	2.0	1.8	1.7	1.6	1.4	1.9
	500		1.0	1.9	1.8	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.7
	700				1.8	1.4	1.5	1.5	1.5	1.3	1.4
	≥ 800									1.2	1.2

FA $0.4 < T < 0.8$ s

		f_0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
V_{sA} (m/s)	<200	1.2	2.1	2.2	1.9	1.4	1.2	1.2	1.1	1.0	1.7
	300	1.0	2.2	2.1	1.7	1.4	1.2	1.2	1.1	1.1	1.8
	500		2.0	1.9	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.3
	700				1.5	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1
	≥ 800									1.0	1.0

FA $0.7 < T < 1.1$ s

		f_0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
V_{sA} (m/s)	<200	1.9	2.3	1.6	1.3	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.3
	300	1.8	2.2	1.5	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.3
	500		2.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.1
	700				1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
	≥ 800									1.0	1.0

CLASSI

velocità (m/s)	$V_s < 200$	
	300	$200 \leq V_s < 400$
	500	$400 \leq V_s < 600$
	700	$600 \leq V_s < 800$
	$V_s \geq 800$	

frequenza (Hz)	$f_0 < 1$	
	1.5	$1 \leq f_0 < 2$
	2.5	$2 \leq f_0 < 3$
	3.5	$3 \leq f_0 < 4$
	4.5	$4 \leq f_0 < 5$
	5.5	$5 \leq f_0 < 6$
	6.5	$6 \leq f_0 < 7$
	7.5	$7 \leq f_0 < 8$
	≥ 8	

Fig. 64 – Abachi regionali per la stesura degli Studi di Microzonazione Sismica di 2° Livello del Comune di Comano.

In relazione alla successione litostratigrafica tipo di ogni microzona è stata individuata la profondità del bedrock sismico e quindi, sulla base dei dati disponibili, sono stati **calcolati i valori medi di Vs30 (o Vsh) e della frequenza di risonanza (f0) dei terreni di copertura.**

In base ai valori medi ottenuti per i parametri Vs30 (o Vsh) e f0 sono state quindi **definite le relative classi di appartenenza** (vedi tabella di seguito riportata), le quali sono state poi utilizzate come dati di ingresso per l'applicazione degli abachi.

CLASSI

velocità (m/s)	Vs<200	
	300	200≤Vs<400
	500	400≤Vs<600
	700	600≤Vs<800
	Vs≥800	

frequenza (Hz)	f0<1	
	1.5	1≤f0<2
	2.5	2≤f0<3
	3.5	3≤f0<4
	4.5	4≤f0<5
	5.5	5≤f0<6
	6.5	6≤f0<7
	7.5	7≤f0<8
	≥ 8	

Fig. 65 – Classi di appartenenza delle frequenze e delle velocità.

La seguente tabella riporta in sintesi i parametri di ingresso Vs30 (o Vsh) e f0 calcolati per ogni microzona, le relative classi di appartenenza ed i valori dei fattori di amplificazione Fha (0.1-0.5s), Fha (0.4-0.8s) e Fha (0.7-1.1s) stimati attraverso gli abachi regionali.

Per le microzone per le quali non erano disponibili valori di frequenza ma per le quali erano noti gli spessori delle coperture e le velocità, perché caratterizzate dal punto di vista microzonazione sismica da prospezioni sismiche, è stata eseguita l'inversione utilizzando la seguente relazione:

$$v_0 = \frac{\hat{V}_s}{4H}$$

In questo modo è stato possibile assegnare un valore di frequenza di risonanza a gran parte delle microzone presenti nella carta di MS.

Di seguito, per ogni UTOE, si riportano le tabelle utilizzate per la valutazione dei parametri d'ingresso Vs30 (o Vsh) e f0 per l'utilizzo degli abachi regionali.

UTOE DI MONTALE

MICROZONA	Bedrock sismico	Vs medie	F0 medie	FH 0.1-0.5	FH 0.4-0.8	FH 0.7-1.1
2002 Detrito di versante GMfd e GCfd spessore massimo fino a 8m sopra substrato sismico (Zona di Catognano) Indagini utilizzate L19, P49, P50, P74 e HVSR24-25	<30m	$Vs\ media = \frac{9}{3.0/160}$ = 160 m/s (classe <200)	19 (>8)	1.4	1.0	1.0
2002 Detrito di versante GMfd e GCfd spessore massimo fino a 8m sopra substrato sismico (Zona di Montale, La Greta, La Villa) Indagini utilizzate P44, L19	<30m	$Vs\ media = \frac{6}{3.0/160 + 3.0/250}$ = 195 m/s (classe <200)	8.1 (>8) da inversione con spessori e velocità	1.4	1.0	1.0
2004 Alluvioni attuali Gpes di spessore inferiore a 3m sopra substrato sismico (da indagini sugli stessi litotipi in altre aree)	<30	$Vs\ media = \frac{3}{3/180}$ = 180 m/s (classe <200)	15 (>8) da inversione con spessori e velocità	1.4	1.0	1.0
2006 Alluvioni terrazzate GWtf di spessore compreso tra 10 e 20m sopra substrato sismico (Zona di Montale) Indagini utilizzate L23, P46, P47, P48 e HVSR23	<30	$Vs\ media = \frac{15}{2/300 + 13/520}$ = 473 m/s (classe 500)	7.06 (7.5)	1.5	1.1	1.0
2006 Alluvioni terrazzate GWtf di spessore compreso tra 15 e 20m sopra substrato sismico (Zona di La Greta) Indagini utilizzate SR16, P40, P45, MW1 e HVSR28	<30	$Vs\ media = \frac{18}{5/280 + 13/463}$ = 392 m/s (classe 300)	4.97 (4.5)	2.0	1.4	1.1
2006 Alluvioni terrazzate GWtf di spessore compreso tra 10 e 15m sopra substrato sismico (Zona a valle di La Villa) Indagini utilizzate SR16, P40, P45, MW1 e HVSR28	<30	$Vs\ media = \frac{13}{4/280 + 9/463}$ = 385 m/s (classe 300)	7.4 (7.5) da inversione con spessori e velocità	1.6	1.1	1.0
2006 Alluvioni terrazzate GWtf di spessore compreso tra 10 e 20m sopra substrato sismico (Zona Diramazione per Montale) Indagini utilizzate MW1 e HVSR29	<30	$Vs\ media = \frac{11}{3/280 + 8/463}$ = 393 m/s (classe 300)	9.28 (>8)	1.4	1.1	1.0
2010 Detrito di versante GMfd e GCfd di spessore inferiore a 8m sopra Alluvioni terrazzate GWtf di spessore compreso tra 10 e 20m Sopra substrato sismico (Zona tra Catognano e Montale) Indagini utilizzate L19 e L23	<30	$Vs\ media = \frac{14}{3/180 + 11/520}$ = 370 m/s (classe 300)	6.6 (6.5) da inversione spessori e velocità	1.7	1.2	1.1
2010 Detrito di versante GMfd e GCfd di spessore inferiore a 8m sopra Alluvioni terrazzate GWtf di spessore compreso tra 10 e 20m Sopra substrato sismico (Zona a monte di La Greta e La Villa) Indagini utilizzate P42, P43 e HVSR27	<30	$Vs\ media = \frac{16}{4/180 + 12/463}$ = 332 m/s (classe 300)	5.63 (5.5)	1.8	1.2	1.1
2010 Detrito di versante GMfd e GCfd di spessore inferiore a 8m sopra Alluvioni terrazzate GWtf di spessore compreso tra 10 e 20m sopra substrato sismico (Zona Diramazione per La Villa) Indagini utilizzate HVSR29	<30	$Vs\ media = \frac{12}{2/180 + 10/463}$ = 367 m/s (classe 300)	7.6 (7.5) da inversione spessori e velocità	1.6	1.1	1.0

UTOE DI CRESPIANO

MICROZONA	Bedrock sismico	Vs medie	F0 medie	FH 0.1-0.5	FH 0.4-0.8	FH 0.7-1.1
2002 Detrito di versante GMfd e GCfd spessore massimo fino a 8m sopra substrato sismico (Zona di Crespiano Vecchio) Indagini utilizzate L15, P37, P38, P67 e HVSR18	<30	$Vs\ media = \frac{6}{2.0/160 + 4.0/420}$ = 272 m/s (classe 300)	27.5 (>8)	1.4	1.1	1.0
2002 Detrito di versante GMfd e GCfd spessore massimo fino a 8m sopra substrato sismico (Zona di Canola) Indagini utilizzate L9, P16 e HVSR14	<30	$Vs\ media = \frac{5}{2.0/180 + 3.0/420}$ = 274 m/s (classe 300)	27.82 (>8)	1.4	1.1	1.0
2003 Detrito di versante GMfd e GCfd spessore compreso tra 8 e 20m sopra substrato sismico (Zona di Prota) Indagini utilizzate L22 e HVSR19-20-21	<30	$Vs\ media = \frac{15}{3.0/190 + 12.0/430}$ = 343 m/s (classe 300)	4.78 (4.5)	2.0	1.4	1.1
2004 Alluvioni attuali Gpes di spessore inferiore a 3m sopra substrato sismico (da indagini sugli stessi litotipi in altre aree)	<30	$Vs\ media = \frac{3}{3/180}$ = 180 m/s (classe <200)	15 (>8) da inversione con spessori e velocità	1.4	1.0	1.0
2005 Alluvioni terrazzate GWtf di spessore inferiore a 10m Sopra substrato sismico (Crespiano Nuovo e terrazzi a monte) Indagini utilizzate L15 e HVSR17	<30	$Vs\ media = \frac{4}{1.0/250 + 3.0/460}$ = 380m/s (classe 300)	26.5 (>8)	1.4	1.1	1.0
2006 Alluvioni terrazzate GWtf di spessore compreso tra 10 e 20m sopra substrato sismico (Zona Diramazione per Montale) Indagini utilizzate MW1 e HVSR29	<30	$Vs\ media = \frac{11}{3/280 + 8/463}$ = 393 m/s (classe 300)	9.28 (>8)	1.4	1.1	1.0
2006 Alluvioni terrazzate GWtf di spessore compreso tra 10 e 20m sopra substrato sismico (Zona Crespiano Vecchio) Indagini utilizzate L15 e HVSR30	<30	$Vs\ media = \frac{13}{3/250 + 10/480}$ = 395 m/s (classe 300)	8.0 (7.5)	1.6	1.1	1.0
2010 Detrito di versante GMfd e GCfd di spessore inferiore a 8m sopra Alluvioni terrazzate GWtf di spessore inferiore a 20m sopra substrato sismico (Zona Crespiano Vecchio) Indagini utilizzate L15	<30	$Vs\ media = \frac{19}{3/180 + 10/500}$ = 354 m/s (classe 300)	6.8 (6.5) da inversione spessori e velocità	1.7	1.2	1.1

UTOE DI COMANO

MICROZONA	Bedrock sismico	Vs medie	F0 medie	FH 0.1-0.5	FH 0.4-0.8	FH 0.7-1.1
2002 Detrito di versante GMfd e GCfd spessore massimo fino a 8m sopra substrato sismico (La Piana) Indagini utilizzate P31, P32, P33 e HVSR15	<30	$Vs\ media = \frac{5}{5.0/185}$ = 185 m/s (classe <200)	13.38 (>8)	1.4	1.0	1.0
2002 Detrito di versante GMfd e GCfd spessore massimo fino a 8m sopra substrato sismico (Zona di Summocomano) Indagini utilizzate L12 e P29	<30	$Vs\ media = \frac{5}{5.0/160}$ = 185 m/s (classe <200)	9.2 (>8) da inversione con spessori e velocità	1.4	1.0	1.0
2002 Detrito di versante GMfd e GCfd spessore massimo fino a 8m sopra substrato sismico (Zona di Croce) Indagini utilizzate L11 e P28	<30	$Vs\ media = \frac{4}{4.0/185}$ = 185 m/s (classe <200)	11.5 (>8) da inversione con spessori e velocità	1.4	1.0	1.0
2002 Detrito di versante GMfd e GCfd spessore massimo fino a 8m sopra substrato sismico (Castello di Comano ovest) Indagini utilizzate L13	<30	$Vs\ media = \frac{3}{3.0/180}$ = 180 m/s (classe <200)	15 (>8) da inversione con spessori e velocità	1.4	1.0	1.0
2002 Detrito di versante GMfd e GCfd spessore massimo fino a 8m sopra substrato sismico (Castello di Comano est) Indagini utilizzate L14 e P34	<30	$Vs\ media = \frac{5}{5.0/230}$ = 230 m/s (classe 230)	11.5 (>8) da inversione con spessori e velocità	1.4	1.0	1.0
2002 Detrito di versante GMfd e GCfd spessore massimo fino a 8m sopra substrato sismico (Zona di La Tana) Indagini utilizzate HVSR9	<30	$Vs\ media = \frac{3}{3.0/190}$ = 190 m/s (classe <200)	46.57 (>8)	1.4	1.0	1.0
2004 Alluvioni attuali Gpes di spessore inferiore a 3m sopra substrato sismico (da indagini sugli stessi litotipi in altre aree)	<30	$Vs\ media = \frac{3}{3/180}$ = 180 m/s (classe <200)	15 (>8) da inversione con spessori e velocità	1.4	1.0	1.0
2007 Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 30m sopra substrato sismico (Zona Summocomano) Indagini utilizzate L5 e HVSR6	<30	$Vs\ media = \frac{8}{2/270 + 6/450}$ = 385 m/s (classe 300)	13,13 (>8)	1.4	1.1	1.0
2007 Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 30m sopra substrato sismico (Zona Piano) Indagini utilizzate L5	<30	$Vs\ media = \frac{13}{3/270 + 10/450}$ = 390 m/s (classe 300)	7.5 (7.5) da inversione con spessori e velocità	1.6	1.1	1.0
2007 Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 30m sopra substrato sismico (Zona Cabeva) Indagini utilizzate L21, P23 e HVSR7	<30	$Vs\ media = \frac{18}{3/250 + 15/430}$ = 383 m/s (classe 300)	3.59 (3.5)	2.0	1.7	1.2
2007 Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 30m sopra substrato sismico (Zona Croce) Indagini utilizzate L11 HVSR13	<30	$Vs\ media = \frac{13}{2/230 + 11/420}$ = 372 m/s (classe 300)	3.22 (3.5)	2.0	1.7	1.2
2007 Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 30m sopra substrato sismico (Zona La Costa) Indagini utilizzate HVSR8	<30	$Vs\ media = \frac{15}{3/250 + 12/430}$ = 375 m/s (classe 300)	7.44 (7.5)	1.6	1.1	1.0

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2 DEL COMUNE DI COMANO

2007 Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 30m sopra substrato sismico (Località Pianello) Indagini utilizzate L3, L4, P18, P19, P20, P21, P22	<30	$Vs_{media} = \frac{16}{\frac{3}{290} + \frac{13}{430}}$ = 370 m/s (classe 300)	5.8 (5.5) da inversione con spessori e velocità	1.8	1.2	1.1
2007 Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 30m sopra substrato sismico (Zona Municipio) Indagini utilizzate L3, L4, S2 e DHS2, P18, P19, P20, P21, P22	<30	$Vs_{media} = \frac{16}{\frac{4}{250} + \frac{12}{430}}$ = 364 m/s (classe 300)	5.7 (5.5) da inversione con spessori e profondità	1.8	1.2	1.1
2007 Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 30m sopra substrato sismico (Zona a valle del Centro del Cavallo) Indagini utilizzate L7 e HVSR4	<30	$Vs_{media} = \frac{20}{\frac{4}{290} + \frac{16}{430}}$ = 366 m/s (classe 300)	4.41 (4.5)	2.0	1.4	1.1
2007 Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 30m sopra substrato sismico (Zona di Imocomano) Indagini utilizzate L2 e HVSR1 , HVSR2 e HVSR10	<30	$Vs_{media} = \frac{13}{\frac{2}{290} + \frac{11}{400}}$ = 359 m/s (classe 300)	9.63 (>8)	1.4	1.1	1.0
2007 Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 30m sopra substrato sismico (Zona di Casa di Pelati) Indagini utilizzate L2, P15e HVSR5	<30	$Vs_{media} = \frac{18}{\frac{2}{180} + \frac{16}{450}}$ = 385 m/s (classe 300)	6.67 (6.5) poco affidabile 5.4 (5.5) da inversione con spessori e velocità	1.8	1.2	1.1
2007 Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 30m sopra substrato sismico (Zona ad ovest di Casa di Pelati) Indagini utilizzate L2 e HVSR32	<30	$Vs_{media} = \frac{24}{\frac{4}{170} + \frac{20}{520}}$ = 387 m/s (classe 300)	5.19 (5.5)	1.8	1.2	1.1
2007 Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 30m sopra substrato sismico (Zona ad ovest di Casa di Pelati) Indagini utilizzate L2 e HVSR31	<30	$Vs_{media} = \frac{24}{\frac{4}{170} + \frac{20}{520}}$ = 387 m/s (classe 300)	4.47 (4.5)	2.0	1.4	1.1
2007 Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 30m sopra substrato sismico (Zona ad ovest di Casa di Pelati) Indagini utilizzate HVSR31	<30	$Vs_{media} = \frac{16}{\frac{4}{170} + \frac{12}{520}}$ = 343 m/s (classe 300)	5.4 (5.5) da inversione con spessori e velocità	1.8	1.2	1.1
2008 Depositi di conoide Gmca di spessore superiore a 30m sopra substrato sismico (Zona di Casa Pelati) Indagini utilizzate L2	>30	$Vs_{media} = \frac{32}{\frac{2}{170} + \frac{30}{520}}$ = 461 m/s (classe 500)	3.6 (3.5) da inversione con spessori e velocità	1.9	1.7	1.3
2008 Depositi di conoide Gmca di spessore superiore a 30m Sopra substrato sismico (Zona lungo Via della Tana) Indagini utilizzate L27 e HVSR37	>30	$Vs_{media} = \frac{33}{\frac{2}{260} + \frac{31}{460}}$ = 440 m/s (classe 500)	3.88 (3.5)	1.9	1.7	1.3
2009 Detrito di versante GMfd e GCfd di spessore inferiore a 8m sopra Alluvioni terrazzate GWtf di spessore inferiore a 10m Sopra substrato sismico (Zona a valle di Canola)	<30	$Vs_{media} = \frac{7}{\frac{3}{180} + \frac{4}{500}}$ = 280 m/s (classe 300)	10 (>8.0) da inversione spessori e velocità	1.4	1.1	1.0
2011 Detrito di versante GMfd e GCfd di spessore inferiore a 8m sopra Depositi di conoide Gmca inferiori a 22m Sopra substrato sismico (Zona di Summocomano) Indagini utilizzate L12 e P29	<30	$Vs_{media} = \frac{13}{\frac{4}{150} + \frac{9}{430}}$ = 273 m/s (classe 300)	5.2 (5.5) da inversione spessori e velocità	1.8	1.2	1.1

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2 DEL COMUNE DI COMANO

2011 <i>Detrito di versante GMfd e GCfd di spessore inferiore a 8m sopra Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 22m Sopra substrato sismico (Zona di Cabeva) Indagini utilizzate L21</i>	<30	$Vs_{media} = \frac{20}{4/150 + 16/430}$ $=$ 313 m/s (classe 300)	3.9 (3.5) da inversione spessori e velocità	2.0	1.7	1.2
2011 <i>Detrito di versante GMfd e GCfd di spessore inferiore a 8m sopra Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 22m Sopra substrato sismico a (Croce) Indagini utilizzate L11 e HVSR13</i>	<30	$Vs_{media} = \frac{20}{5/150 + 15/430}$ $=$ 293 m/s (classe 300)	3.6 (3.5) da inversione spessori e velocità	2.0	1.7	1.2
2011 <i>Detrito di versante GMfd e GCfd di spessore inferiore a 8m sopra Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 22m Sopra substrato sismico (Zona Scuole di Comano) Indagini utilizzate L1, P1, P2, P3, P4, P5 e HVSR3</i>	<30	$Vs_{media} = \frac{20}{5/220 + 15/420}$ $=$ 342 m/s (classe 300)	3.59 (3.5)	2.0	1.7	1.2
2011 <i>Detrito di versante GMfd e GCfd di spessore inferiore a 8m sopra Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 22m Sopra substrato sismico (Zona Felegara) Indagini utilizzate L6 e HVSR33</i>	<30	$Vs_{media} = \frac{20}{5/220 + 15/420}$ $=$ 342 m/s (classe 300)	5.25 (5.5)	1.8	1.2	1.1
2011 <i>Detrito di versante GMfd e GCfd di spessore inferiore a 8m sopra Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 22m Sopra substrato sismico (Campo Sportivo) Indagini utilizzate L26, HVSR34</i>	<30	$Vs_{media} = \frac{18}{2/220 + 16/420}$ $=$ 381 m/s (classe 300)	7.16 (7.5) poco affidabile 5.3 (5.5) da inversione con spessori e velocità	1.8	1.2	1.1
2011 <i>Detrito di versante GMfd e GCfd di spessore inferiore a 8m sopra Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 22m Sopra substrato sismico (Zona a valle del Campo Sportivo) Indagini utilizzate L25 e HVSR38</i>	<30	$Vs_{media} = \frac{19}{2/220 + 17/430}$ $=$ 390 m/s (classe 300)	6.25 (6.5) poco affidabile 5.1 (5.5) da inversione con spessori e velocità	1.8	1.2	1.1
2011 <i>Detrito di versante GMfd e GCfd di spessore inferiore a 8m sopra Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 22m Sopra substrato sismico (Zona a monte Centro del cavallo) Indagini utilizzate L7, P8 e P9 HVSR35 e HVSR36</i>	<30	$Vs_{media} = \frac{18}{3/140 + 15/360}$ $=$ 285 m/s (classe 300)	50.94 e 37.5 inaffidabili 3.95 (3.5) da inversione spessori e velocità	2.0	1.7	1.2
2011 <i>Detrito di versante GMfd e GCfd di spessore inferiore a 8m sopra Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 22m Sopra substrato sismico (Zona a valle di Casa di Pelati) Indagini utilizzate L2, P15 e HVSR5</i>	<30	$Vs_{media} = \frac{22}{5/170 + 17/520}$ $=$ 354 m/s (classe 300)	4.0 (4.5) da inversione spessori e velocità	2.0	1.4	1.1
2012 <i>Detrito di versante GMfd GCfd di spessore inferiore a 8m sopra i Depositi di conoide Gmca di spessore superiore a 22m Sopra substrato sismico (Zona Casa di Pelati)</i>	>30	$Vs_{media} = \frac{32}{5/170 + 27/520}$ $=$ 393 m/s (classe 300)	3.4 (3.5) da inversione spessori e velocità	2.0	1.7	1.2
2012 <i>Detrito di versante GMfd GCfd di spessore inferiore a 8m sopra Depositi di conoide Gmca di spessore superiore a 22 sopra substrato sismico (Zona lungo Via della Tana) Indagini di riferimento L8, L26, L27 e P11</i>	>30	$Vs_{media} = \frac{32}{4/250 + 28/430}$ $=$ 394 m/s (classe 300)	3.1 (3.5) da inversione spessori e velocità	2.0	1.7	1.2

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2 DEL COMUNE DI COMANO

2013 Alluvioni attuali Gpes di spessore inferiore a 3m Sopra Depositi di conoide Gmca di spessore inferiore a 10m sopra substrato sismico (Zona tra Croce e La Costa)	<30	$V_s \text{ medie} = \frac{10}{3/180 + 7/430}$ = 304 m/s (classe 300)	7.6 (7.5) da inversione spessori e velocità	1.6	1.1	1.0
2014 Terreni di riporto RI sopra detrito di versante GCfd Sopra substrato sismico (Zona Lago La Piana)	<30	$V_s \text{ medie} = \frac{7}{3.0/130 + 4.0/110}$ = 154 m/s (classe <200)	5.5 (5.5) da inversione spessori e velocità	2.0	1.2	1.1

La seguente tabella invece è stata realizzata per verificare la bontà delle inversioni delle misure di rumore rispetto agli spessori attesi determinati in base alla geologia ed ai dati di sottosuolo.

TABELLA PER VERIFICARE LA BONTA' DELLE INVERSIONI DELLE MISURE DI RUMORE

ZONA MOPS E LITOTIPI	Zona	Vs medie coperture	Misura di rumore n.	Risultato	Inversione
2002 Detrito di versante GMfd e GCfd con spessore limitato inferiore a 8m sopra substrato sismico	Zona di Catognano (spessore atteso inferiore a 3m)	160 m/sec (classe <200m/sec)	HVSR25	19.0 Hz > 8 Hz	2.1m ok
2002 Detrito di versante GMfd e GCfd con spessore limitato inferiore a 8m sopra substrato sismico	Zona di Crespiano Vecchio (spessore atteso inferiore a 3m)	272 m/s (classe 300m/sec)	HVSR18	27.5 Hz > 8 Hz	2.5m ok
2002 Detrito di versante GMfd e GCfd con spessore limitato inferiore a 8m sopra substrato sismico	Zona di Canola (spessore atteso inferiore a 3m)	274 m/s (classe 300m/sec)	HVSR14	27.82 Hz > 8 Hz	2.5m ok
2002 Detrito di versante GMfd e GCfd con spessore inferiore a 8m sopra substrato sismico	Zona di La Piana (spessore atteso inferiore a 6m)	160 m/s (classe <200m/sec)	HVSR15	13.38 Hz > 8 Hz	3.0m ok
2002 Detrito di versante GMfd e GCfd con spessore limitato inferiore a 8m sopra substrato sismico	Zona di La Tana (spessore atteso inferiore a 3m)	190 m/s (classe <200m/sec)	HVSR09	46.57 Hz > 8 Hz	1.0m ok
2003 Detrito di versante GMfd e GCfd spessore compreso tra 8 e 20m sopra substrato sismico	Zona di Prota (spessore atteso prossimo a 15m)	343 m/s (classe 300m/sec)	HVSR19	4.78	17.9m ok
2003 Detrito di versante GMfd e GCfd spessore compreso tra 8 e 20m sopra substrato sismico	Zona di Prota (spessore atteso prossimo a 15m)	343 m/s (classe 300m/sec)	HVSR20	7.16	12.0m ok
2003 Detrito di versante GMfd e GCfd	Zona di Prota (spessore atteso	343 m/s (classe 300m/sec)	HVSR21	4.34	19.8m ok

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2 DEL COMUNE DI COMANO

<i>spessore compreso tra 8 e 20m sopra substrato sismico</i>	<i>prossimo a 15m)</i>				
2005 <i>Alluvioni terrazzate GWtf di spessore inferiore a 10m Sopra substrato sismico</i>	<i>Crespiano Nuovo e altri terrazzi più a monte (spessore atteso inferiore a 5m)</i>	380 m/sec(classe 300m/sec)	HVSR17	26.5	3.6m ok
2006 <i>Alluvioni terrazzate GWtf di spessore compreso tra 10 e 20m Sopra substrato sismico</i>	<i>Zona di Montale (spessore atteso prossimo a 15m)</i>	473 m/sec(classe 500m/sec)	HVSR23	7.06	16.7m ok
2006 <i>Alluvioni terrazzate GWtf di spessore compreso tra 10 e 20m Sopra substrato sismico</i>	<i>Zona di La Greta (spessore atteso prossimo a 20m)</i>	392 m/sec(classe 300m/sec)	HVSR28	4.97	19.7m ok
2006 <i>Alluvioni terrazzate GWtf di spessore compreso tra 10 e 20m Sopra substrato sismico</i>	<i>Diramazione per La Greta-Montale (spessore atteso prossimo a 10m)</i>	393 m/sec(classe 300m/sec)	HVSR29	9.3	10.6m ok
2006 <i>Alluvioni terrazzate GWtf di spessore compreso tra 10 e 20m Sopra substrato sismico</i>	<i>Crespiano Vecchio (spessore atteso prossimo a 15m)</i>	395 m/sec(classe 300m/sec)	HVSR30	8.0	12.3m ok
2007 <i>Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico</i>	<i>Zona Summocomano (spessore atteso prossimo a 7m)</i>	385 m/sec(classe 300m/sec)	HVSR06	13.13	7.3m ok
2007 <i>Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico</i>	<i>Zona Cabeva (spessore atteso prossimo a 22m)</i>	383 m/sec(classe 300m/sec)	HVSR07	3.59	26.7m ok
2007 <i>Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico</i>	<i>Zona La Costa (spessore atteso prossimo a 15m)</i>	375 m/sec(classe 300m/sec)	HVSR08	7.44	12.6 m ok
2007 <i>Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico</i>	<i>A valle Chiesa di Comano (spessore atteso prossimo a 12m)</i>	358 m/sec(classe 300m/sec)	HVSR01	8.44	10.65 m ok
2007 <i>Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico</i>	<i>A valle del Centro del Cavallo (spessore atteso prossimo a 25m)</i>	366 m/sec(classe 300m/sec)	HVSR04	4.41	20.7m ok
2007 <i>Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico</i>	<i>Imocomano (spessore atteso inferiore a 10m)</i>	359 m/sec(classe 300m/sec)	HVSR10	9.63	9.3m ok
2007 <i>Depositi di conoide Gmca</i>	<i>Casa Pelati (spessore atteso</i>	378 m/sec(classe 300m/sec)	HVSR05	6.84	13.8m basso

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2 DEL COMUNE DI COMANO

<i>Sopra substrato sismico</i>	<i>prossimo a 20m)</i>				
2007 <i>Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico</i>	<i>Ad ovest di Casa Pelati (spessore atteso prossimo a 25m)</i>	387 m/sec(classe 300m/sec)	HVSR32	5.19	18.6m basso
2007 <i>Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico</i>	<i>Ad ovest di Casa Pelati (spessore atteso prossimo a 25m)</i>	387 m/sec(classe 300m/sec)	HVSR31	4.47	21.6m ok
2008 <i>Depositi di conoide Gmca di spessore maggiore di 30m</i>	<i>A valle di via della Tana (spessore atteso superiore a 30m)</i>	440 m/sec(classe 500m/sec)	HVSR37	3.88	28.4m ok
2010 <i>Detrito di versante GMfd e GCfd di spessore inferiore a 8m Sopra Alluvioni terrazzate GWtf di spessore compreso tra 10 e 20m Sopra substrato sismico</i>	<i>Zona La Greta (spessore atteso prossimo a 15m)</i>	332 m/sec(classe 300m/sec)	HVSR27	5.63	14.8m ok
2011 <i>Detrito di versante GMfd e GCfd sopra Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico</i>	<i>Area di Croce (spessore atteso prossimo a 25m)</i>	285 m/s(classe 300)	HVSR13	3.22	22.0m ok
2011 <i>Detrito di versante GMfd e GCfd sopra Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico</i>	<i>Area Scuole di Comano (spessore atteso prossimo a 25m)</i>	342 m/s(classe 300)	HVSR03	3.59	23.8m ok
2011 <i>Detrito di versante GMfd e GCfd sopra Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico</i>	<i>Felegara (spessore atteso prossimo a 20m)</i>	368 m/s(classe 300)	HVSR33	5.25	17.5m ok
2011 <i>Detrito di versante GMfd e GCfd sopra Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico</i>	<i>Campo sportivo (spessore atteso prossimo a 22m)</i>	385 m/s(classe 300)	HVSR34	7.16	13.4m troppo basso
2011 <i>Detrito di versante GMfd e GCfd sopra Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico</i>	<i>A valle campo sportivo (spessore atteso prossimo a 25m)</i>	395 m/s(classe 300)	HVSR38	6.25	15.8m troppo basso
2011 <i>Detrito di versante GMfd e GCfd sopra Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico</i>	<i>A monte del Centro del cavallo (spessore atteso prossimo a 18m)</i>	285 m/s(classe 300)	HVSR35	50.94	1.4m inaffidabile
2011 <i>Detrito di versante GMfd e GCfd sopra Depositi di conoide Gmca Sopra substrato sismico</i>	<i>A valle campo sportivo (spessore atteso prossimo a 16m)</i>	285 m/s(classe 300)	HVSR36	37.50	1.9m inaffidabile

Alle **zone stabili** (Tipo_z = 1011 – 1041) è stato assegnato un valore del **fattore di amplificazione uguale a 1**.

In accordo a quanto previsto dagli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica e dalle Specifiche tecniche regionali (ottobre 2018) sono stati inseriti nella Banca Dati i fattori di amplificazione calcolati come intensità di Housner in microzonazione negli intervalli di integrazione 0.1-0.5s, 0.4-0.8s e 0.7-1.1s.

Per tutte le microzone è stato prodotto il layout grafico relativo al **Fattore a corto periodo (Fha_0105) eriodo (Fha_0510)**.

7.4.1 – ZONE STABILI

Per la Carta di Microzonazione con **Fattore a corto periodo (Fha_0105)**, alla **Zona 2001** (Tipo z: 2001) corrispondente alle aree di versante con inclinazione superiore a 15° e con bedrock sismico affiorante o sub-affiorante, così come indicato negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica, visto che per queste aree il fattore di amplificazione topografica risulta maggiore di quello di amplificazione stratigrafica, nel layout di stampa è stato associato a questa microzona un valore del **fattore di amplificazione topografica uguale a 1.2** contraddistinto con la scritta di colore azzurro per differenziarla dall'amplificazione di tipo stratigrafico.

Legenda

Zone Stabili

 FA = 1


Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali


Fattore di amplificazione di Housner

 FA - 1.1 - 1.2

 FA - 1.3 - 1.4

 FA - 1.5 - 1.6

 FA - 1.7 - 1.8

 FA - 1.9 - 2.0

Fattore di amplificazione topografica

 FA - 1.2

Fig. 66 – **Zone stabili e zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** per la Carta di Microzonazione Sismica con Fattore a corto periodo.

Per la Carta di Microzonazione con **Fattore a corto periodo (Fha_0105)** di seguito verranno indicati alcuni esempi delle diverse Microzone individuate.

ZONE STABILI

(Zone in cui affiora il substrato roccioso e con pendenza inferiore a 15°)



Le zone stabili hanno **estensioni piuttosto limitate** e si trovano in corrispondenza della **sommità dei crinali montuosi**.

Corrispondono alle **aree dove il substrato roccioso, con caratteristiche di bedrock sismico, risulta affiorante o sub-affiorante** (i.e. spessore max della copertura detritica di circa 1-2 m) **in contesti morfologici pianeggianti o poco inclinati** (i.e. pendii con inclinazione inferiore a circa 15°).

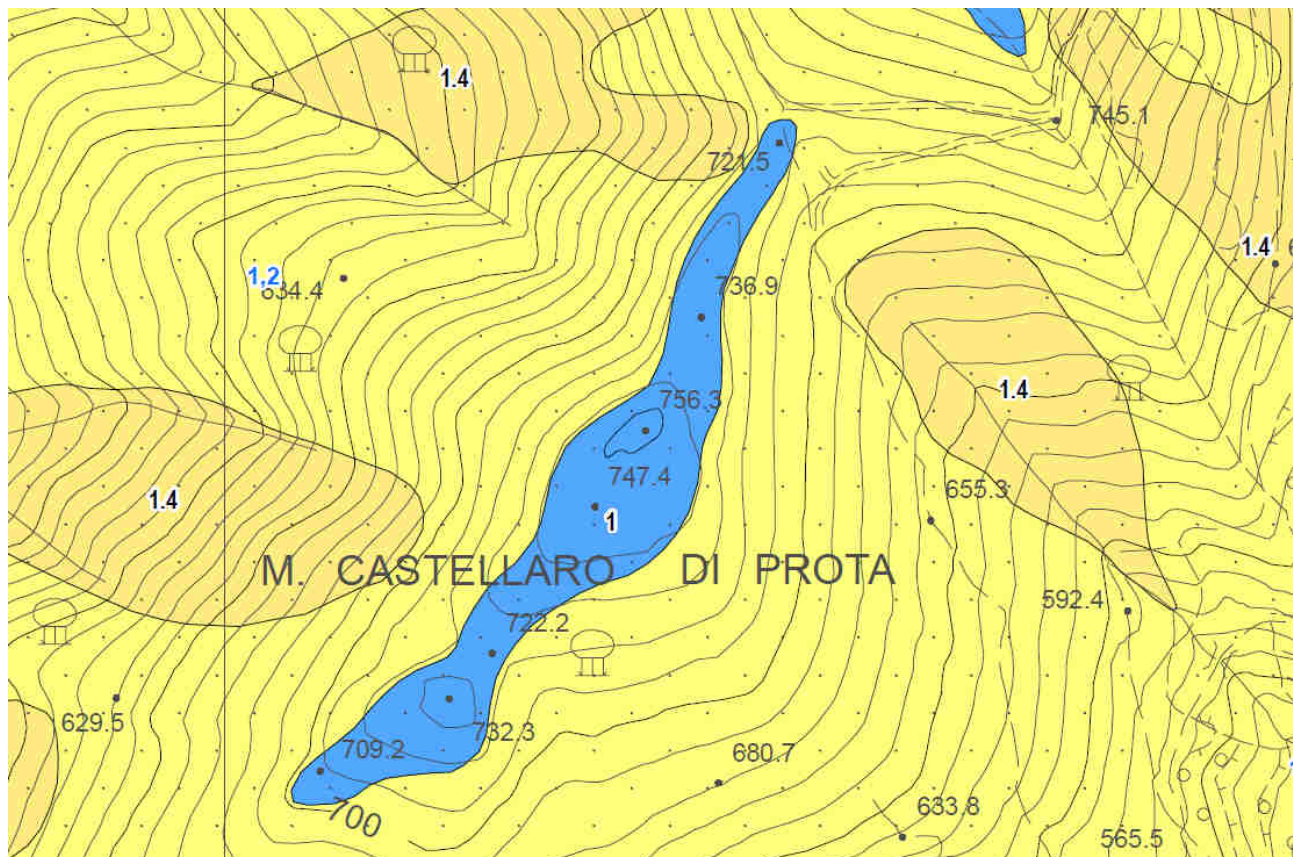


Fig. 67 – Esempio di zona stabile in cui il Fattore di Amplificazione risulta pari a uno.

7.4.2 – ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE PER EFFETTI TOPOGRAFICI

(Zone in cui affiora il substrato roccioso e con pendenza superiore a 15°)

Fattore di amplificazione topografica



Corrisponde alle aree dove è presente il substrato roccioso affiorante o sub-affiorante, intendendo per sub-affiorante la presenza di una copertura detritica di spessore inferiore a 3.0 metri.

Nella parte ad ovest della cartografia questa zona corrisponde alle aree in cui affiora la formazione del Flysch di Ottone.

La zona risulta estesa in maniera diffusa a nord della frazione di Prota e a monte della Strada principale che sale verso Comano Capoluogo.

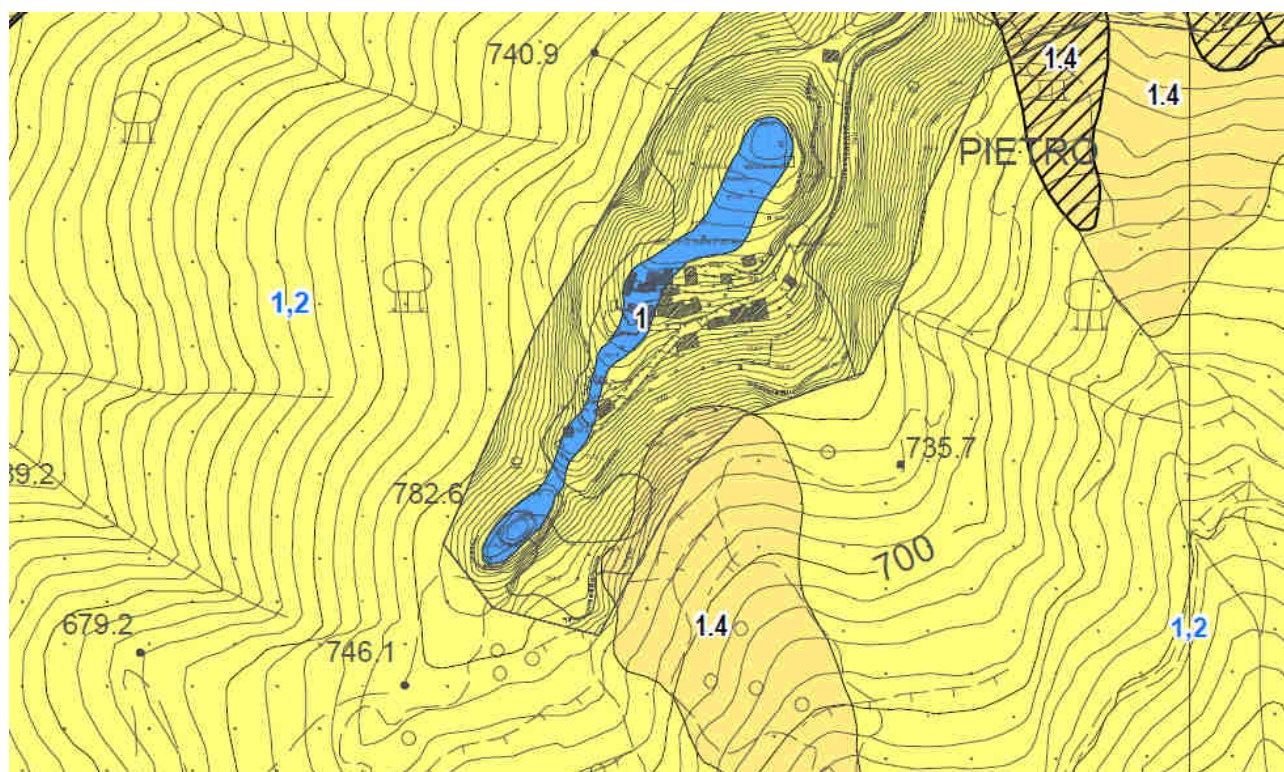


Fig. 68 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazione per effetti topografici caratterizzata da substrato rigido affiorante (Flysch di Ottone) con inclinazione maggiore di 15° in prossimità della frazione di Groppo San Pietro.

7.4.3 - ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE PER EFFETTI STRATIGRAFICI

(Detrito di copertura con spessore inferiore a 8m al di sopra di substrato sismico con **frequenza di risonanza (f_0) > 8hz** e **velocità comprese tra 200 e 400m/sec**)

Fattore di amplificazione di Housner

 FA - 1.3 - 1.4

Queste zone sono ben rappresentate in tutta la cartografia e sono caratteristiche delle aree a monte ad est delle frazioni di Catognano La Greta, La Villa e a valle della frazione di Canola.

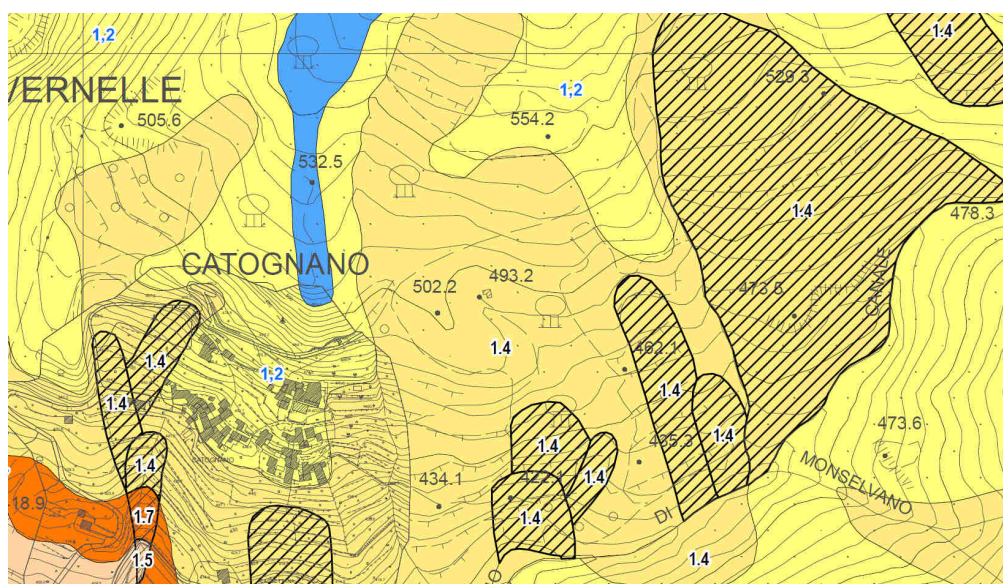


Fig. 69 – Zona stabile suscettibile di amplificazione caratterizzata da copertura detritica di spessore inferiore a 8m e con frequenza di risonanza (f_0) maggiore di 8hz su substrato rigido (Flysch di Ottone) ad est della frazione di Catognano.

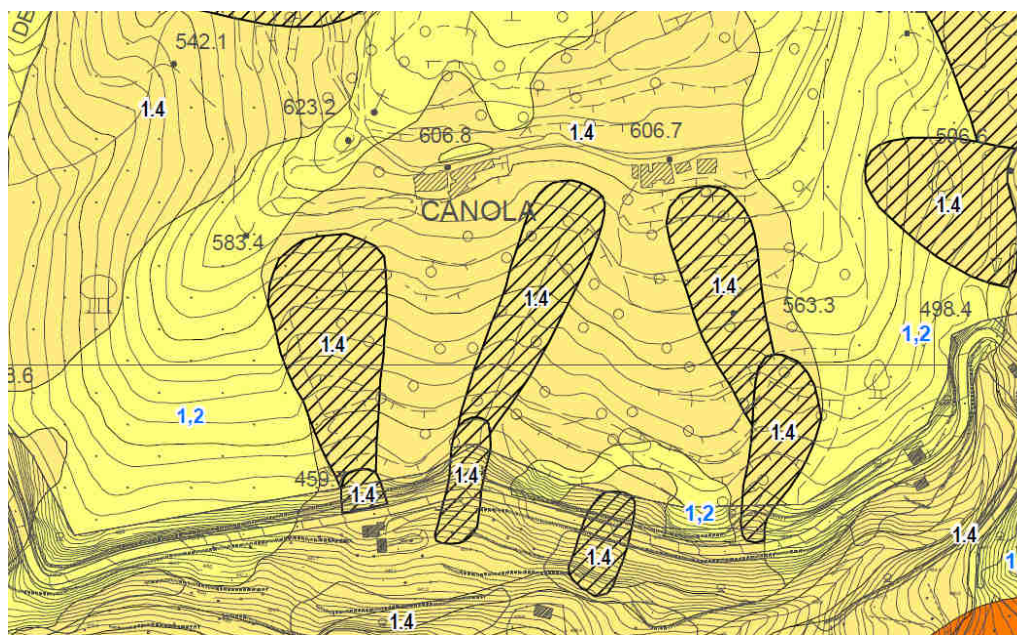


Fig. 70 – Zona stabile suscettibile di amplificazione caratterizzata da copertura detritica di spessore inferiore a 8m e con frequenza di risonanza (f_0) maggiore di 8hz su substrato rigido (Flysch di Ottone) nella frazione di Canola.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE

(Depositi alluvionali terrazzati con spessore inferiore a 8m al di sopra di substrato sismico con frequenza di risonanza (f_0) > 8hz e velocità comprese tra 300 e 500m/sec)

Fattore di amplificazione di Housner

FA - 1.3 - 1.4

Queste zone sono ben rappresentate lungo tutto il fondovalle del Torrente Taverone da Crespiano Nuovo fino a Comano.

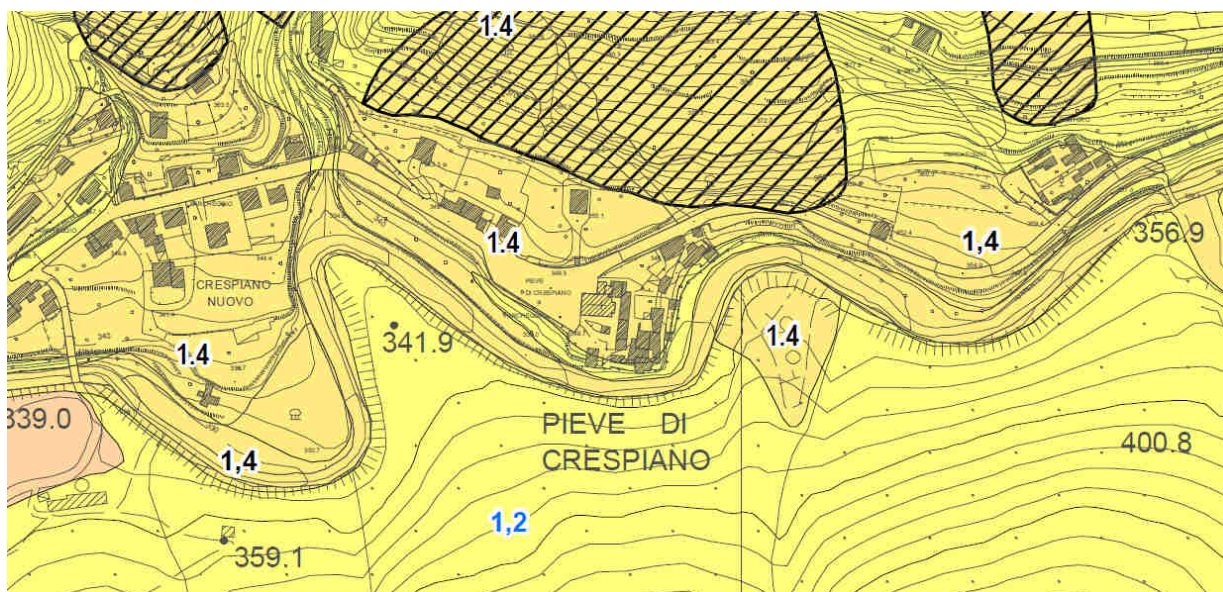


Fig. 71 – Zona stabile suscettibile di amplificazione caratterizzata da depositi alluvionali terrazzati di spessore inferiore a 8m e con frequenza di risonanza (f_0) maggiore di 8hz nella frazione di Crespiano Nuovo.

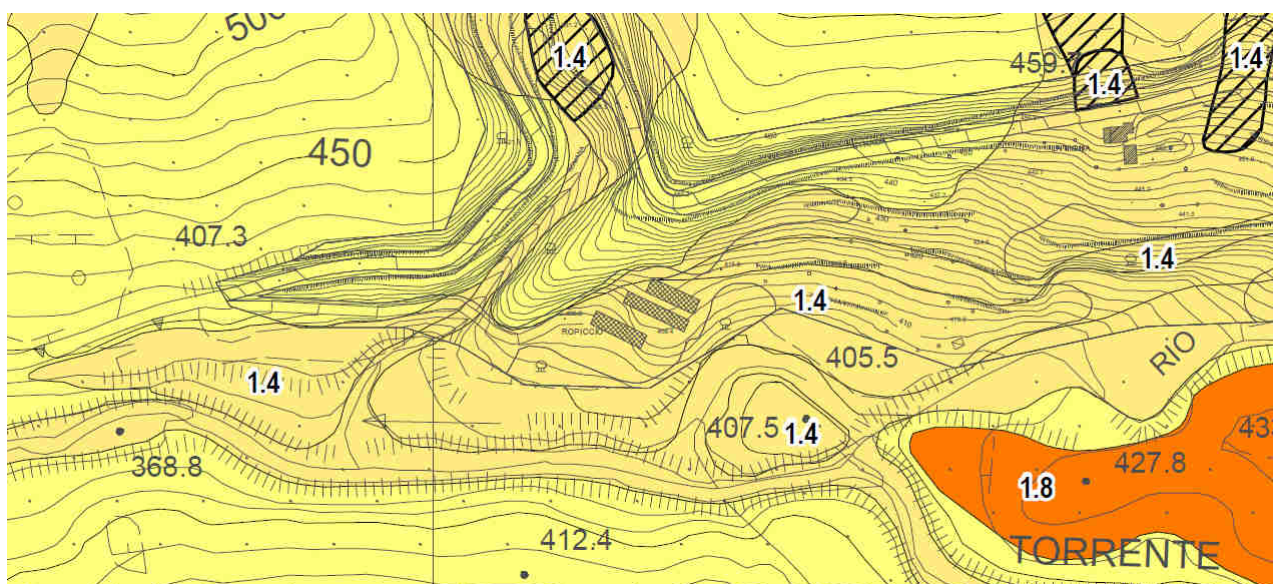


Fig. 72 – Zona stabile suscettibile di amplificazione caratterizzata da depositi alluvionali terrazzati di spessore inferiore a 8m e con frequenza di risonanza (f_0) maggiore di 8hz poco prima della frazione di Comano.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE

*(Depositi alluvionali terrazzati con spessori compresi tra 8m e 20m al di sopra di substrato sismico
con frequenza di risonanza $6\text{hz} < (f_0) < 8\text{hz}$ e velocità comprese tra 300 e 500m/sec)*

Fattore di amplificazione di Housner

 FA - 1.5 - 1.6

Queste zone sono caratteristiche della frazione di Montale e Crespiano Vecchio.

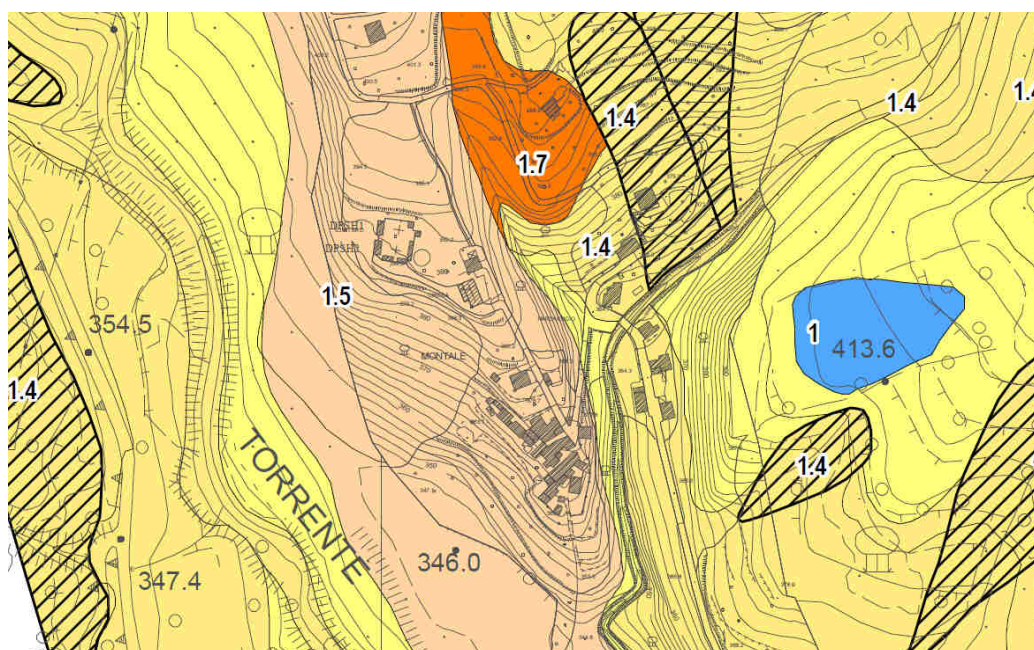


Fig. 73 – Zona stabile suscettibile di amplificazione caratterizzata da alluvioni terrazzate di spessore compreso tra 8 e 20m, con frequenza di risonanza (f_0) compresa 6 e 8hz nella frazione di Montale.

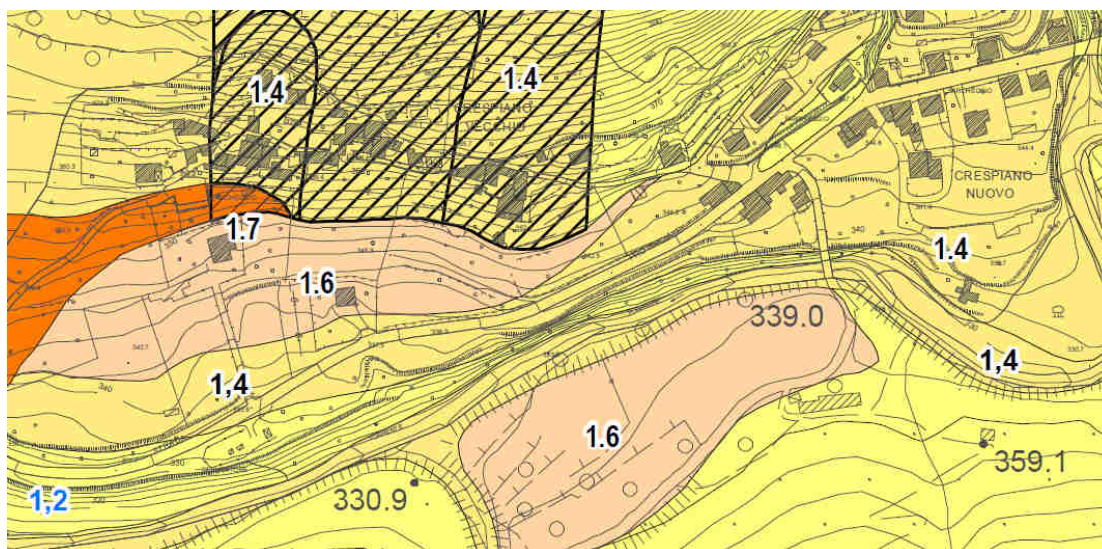


Fig. 74 – Zona stabile suscettibile di amplificazione caratterizzate da alluvioni terrazzate di spessore compreso tra 8 e 20m e con frequenza di risonanza (f_0) compresa 6 e 8hz nella frazione di Crespiano.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE

(Depositi di conoide alluvionale con spessori inferiori a 20m al di sopra di substrato sismico con frequenza di risonanza $6\text{hz} < (f_0) < 8\text{hz}$ e velocità comprese tra 300 e 500m/sec)

Fattore di amplificazione di Housner

 FA - 1.5 - 1.6

Questa zona si ritrova a valle della località Piano ed in località La Costa nell'UTOE di Comano Capoluogo.

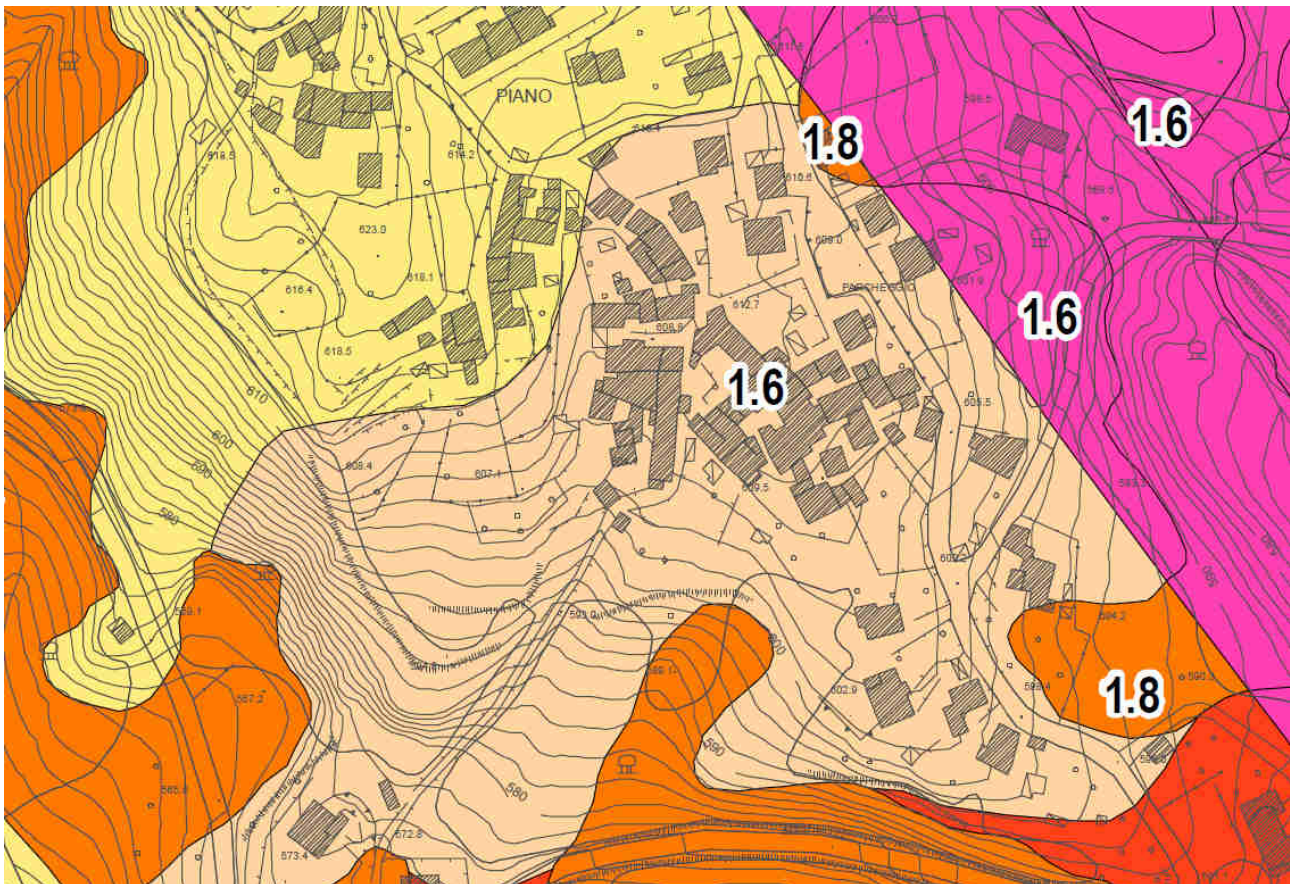


Fig. 75 – Zona stabile suscettibile di amplificazione caratterizzata da conoide alluvionale di spessore inferiore a 30m con frequenza di risonanza (f_0) compresa 6 e 8hz a valle della frazione di Piano.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE

(Detrito di versante di spessore inferiore a 8m sovrastante depositi alluvionali terrazzati di spessore compreso tra 10m e 20m al di sopra di substrato sismico con **frequenza di risonanza $5\text{hz} < (f_0) < 7\text{hz}$** e **velocità comprese tra 300 e 500m/sec**)

Fattore di amplificazione di Housner

 FA - 1.7 - 1.8

Queste zone sono caratteristiche della frazione di Montale, La Villa e Crespiano.

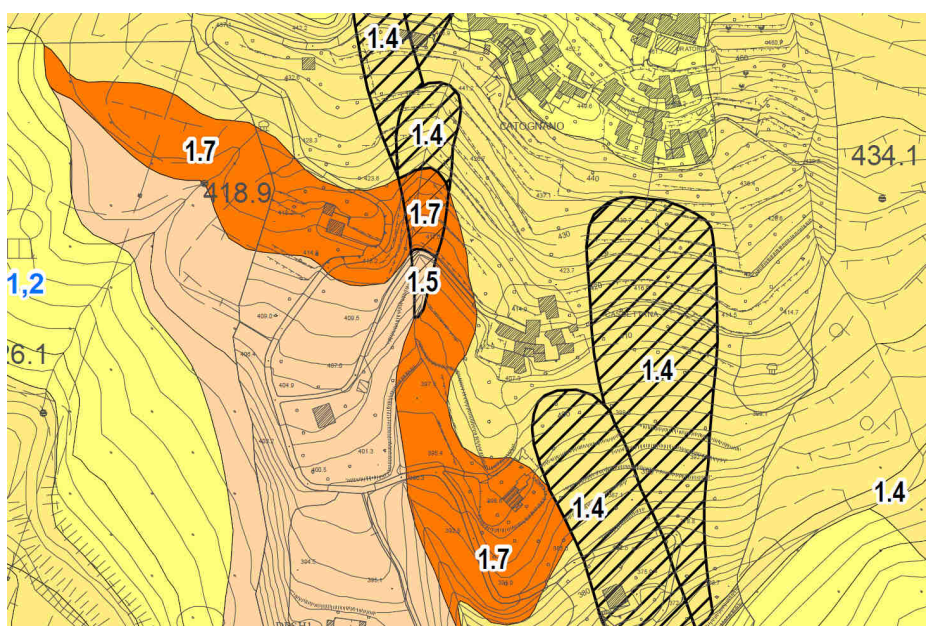


Fig. 76 – Zona stabile suscettibile di amplificazione caratterizzata da una copertura detritica di spessore inferiore a 8m su alluvioni terrazzate di spessore fino a 20m e frequenza di risonanza (f_0) compresa 5 e 7hz nella frazione di Montale.

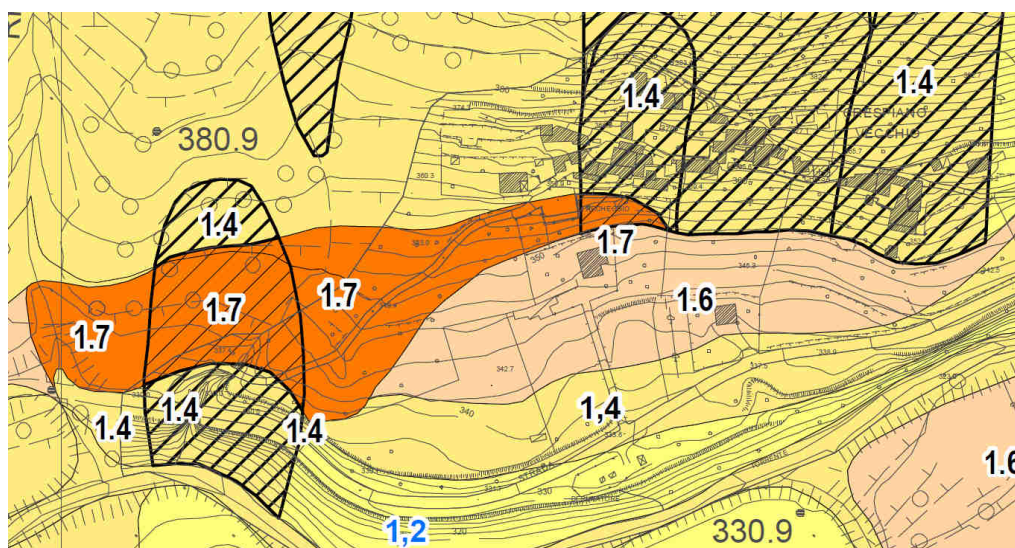


Fig. 77 – Zona stabile suscettibile di amplificazione caratterizzata da una copertura detritica di spessore inferiore a 8m su alluvioni terrazzate di spessore fino a 20m e frequenza di risonanza (f_0) compresa 5 e 7hz nella frazione di Crespiano.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE

(Depositi di conoide alluvionale con spessori inferiori a 30m al di sopra di substrato sismico e Detrito di copertura con spessore inferiore a 8m su depositi di conoide alluvionale con **frequenza di risonanza** $5\text{hz} < (f_0) < 7\text{hz}$ e **velocità comprese tra 300 e 500m/sec**)

Fattore di amplificazione di Housner

 FA - 1.7 - 1.8

Queste zone sono caratteristiche della frazione di Comano capoluogo e lateralmente alla frazione di Summocomano.

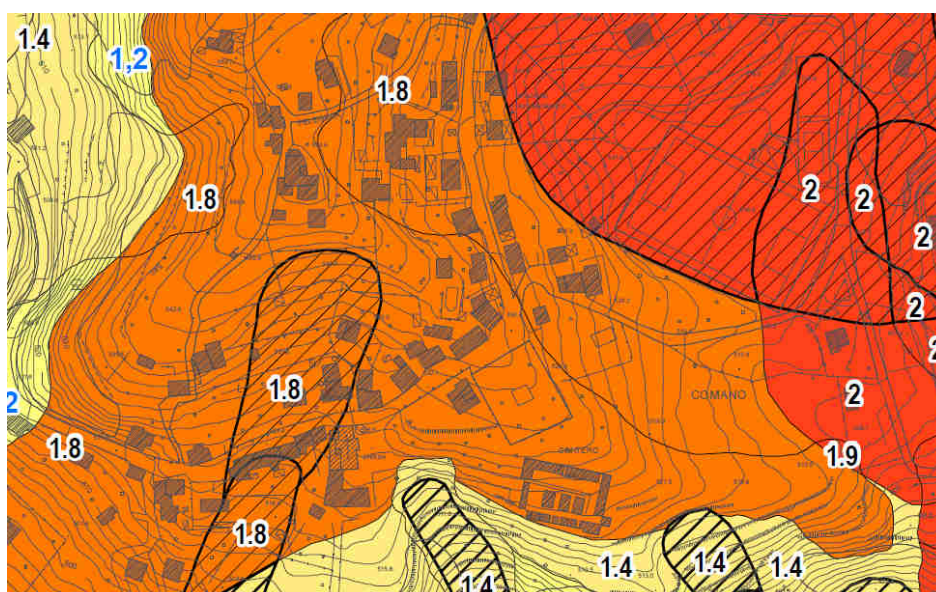


Fig. 78 – Zona stabile suscettibile di amplificazione caratterizzata da depositi di conoide alluvionale di spessore inferiore a 30m con frequenza di risonanza (f_0) compresa 5 e 7hz nella frazione di Comano capoluogo.

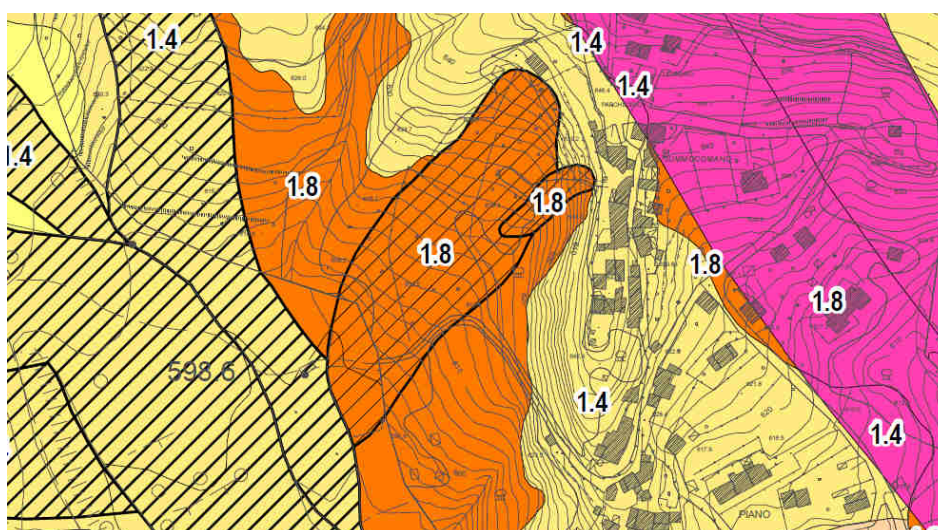


Fig. 79 – Zona stabile suscettibile di amplificazione caratterizzata da una copertura detritica di spessore inferiore a 8m su depositi di conoide alluvionale di spessore fino a 20m e con frequenza di risonanza (f_0) compresa 5 e 7hz nella frazione di Summocomano.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE

*(Detrito di versante di spessore compreso tra 8 e 20m al di sopra di substrato sismico con **frequenza di risonanza** $3\text{hz} < (f_0) < 5\text{hz}$ e **velocità** comprese tra 200 e 400m/sec)*

Fattore di amplificazione di Housner

 FA - 1.9 - 2.0

Questa zona si ritrova in corrispondenza della frazione di Prota.

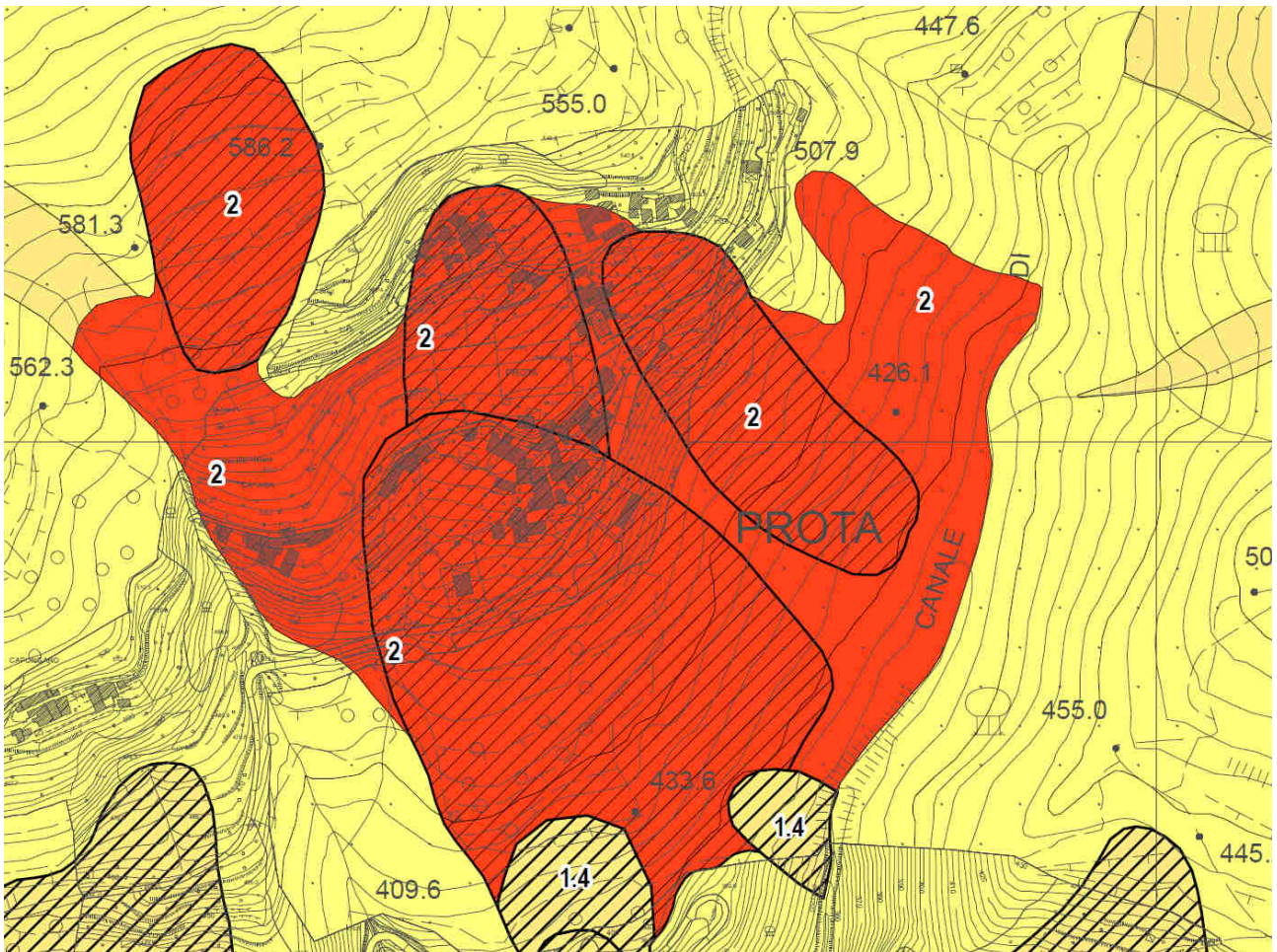


Fig. 80 – Zona stabile suscettibile di amplificazione caratterizzata da una copertura detritica di spessore compreso tra 8 e 20m su substrato rigido con frequenza di risonanza (**f₀**) compresa 3 e 5hz nella frazione di Prota.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE

(Depositi di conoide alluvionale di spessore superiore a 30m e detrito di versante di spessore inferiore a 8m su depositi di conoide alluvionale di spessore inferiore a 30m al di sopra di substrato sismico con frequenza di risonanza $3\text{hz} < (f_0) < 4\text{hz}$ e velocità comprese tra 300 e 500m/sec)

Fattore di amplificazione di Housner

 FA - 1.9 - 2.0

Questa zona si ritrova in corrispondenza del campo Sportivo di Comano, della zona del centro del cavallo e della zona di Casa di Pelati.

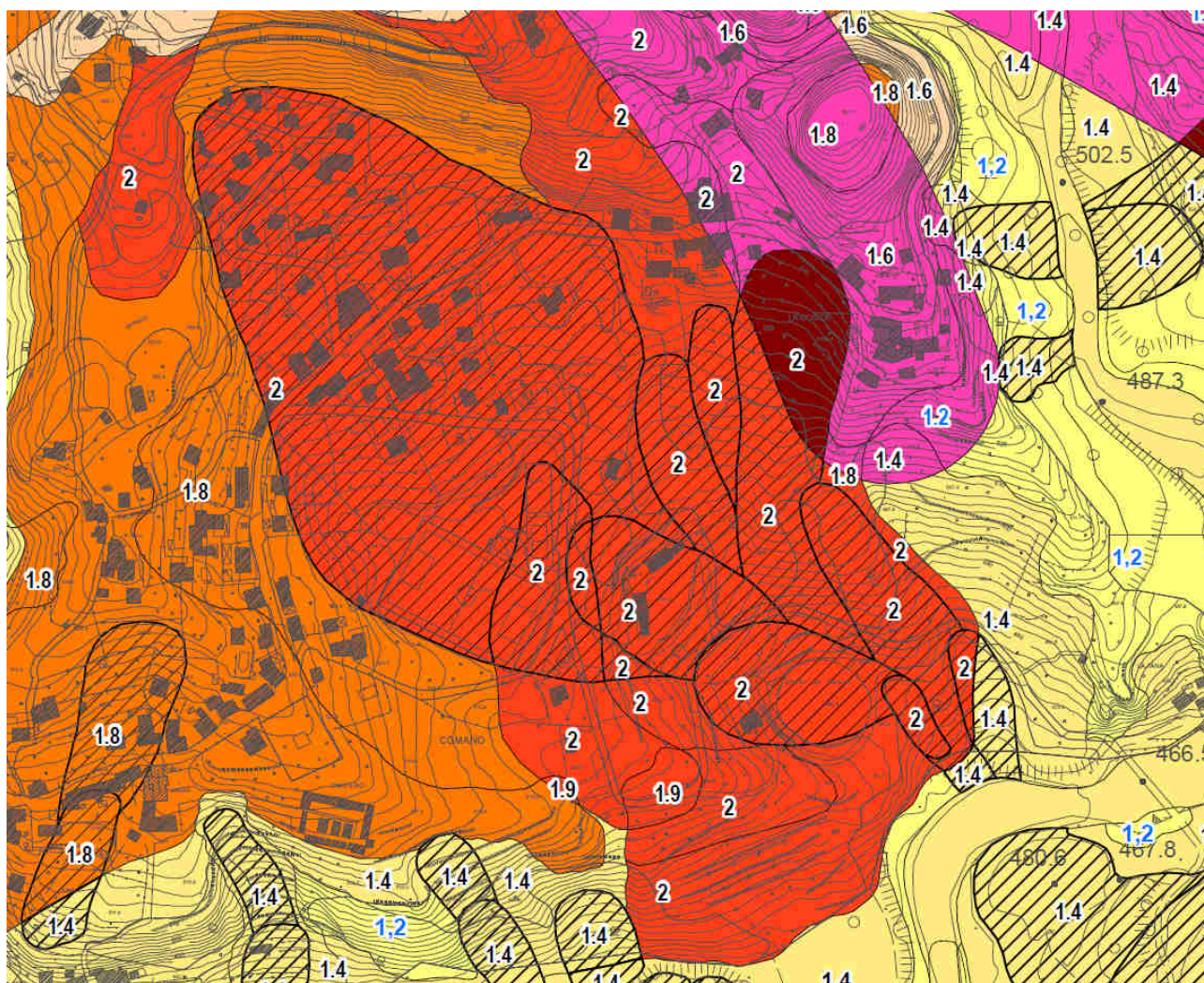


Fig. 81 – Zona stabile suscettibile di amplificazione caratterizzata da depositi di conoide alluvionale di spessore maggiore di 30m e da una copertura detritica di spessore inferiore a 8m su depositi di conoide alluvionale di spessore inferiore a 30m su substrato rigido con frequenza di risonanza (f_0) compresa 3 e 4hz nella zona del Campo Sportivo e del Centro del Cavallo.

90

7.4.4 – ZONE DI ATTENZIONE PER LE INSTABILITÀ

Le tipologie di instabilità individuate nel territorio comunale sono rappresentate da **instabilità di versante (ZA_{FR})**, **instabilità per faglie attive e capaci (ZA_{FAC})** e instabilità per **sovrapposizione di instabilità differenti (ZA_{ID})**.

Conseguentemente nella Carta della Microzonazione sono state inserite le seguenti **Zone di Attenzione**.

Zone di attenzione (ZA) per le instabilità



Zone di Attenzione per Instabilità di versante ZA_{FR}



Zone di attenzione per Faglie attive e capaci – ZA_{FAC}



Zone di attenzione per sovrapposizione di Instabilità Differenti – ZA_{ID}

Le aree soggette alle instabilità di versante (ZA_{FR}) sono diffuse in maniera piuttosto omogenea in tutte le UTOE anche se nell'UTOE di Comano sono sicuramente maggiormente rappresentate.

Nella cartografia è stato inserito un sovrasegno retinato che non copre il colore del parametro di amplificazione.

Le instabilità per faglie attive e capaci (ZA_{FAC}) si trovano invece localizzate solamente nell'UTOE di Comano in corrispondenza dell'area in cui sono presenti i contatti tettonici tra le Unità Liguri, Subliguri e della Falda Toscana.

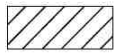
In questo caso è stato mantenuto il colore della zona di attenzione per cui per rappresentare il valore del parametro di amplificazione sono stati inseriti i valori stessi sopra il colore.

Nelle zone in cui le **faglie intersecano** le **aree in frana** sono state cartografate le instabilità per sovrapposizione di instabilità differenti (ZA_{ID}).

Anche in questo caso è stato mantenuto il colore della zona di attenzione per sovrapposizione di instabilità differenti per cui per rappresentare il valore del parametro di amplificazione sono stati inseriti i valori stessi sopra il colore.

Di seguito si riportano alcuni esempi.

ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITA' DI VERSANTE



Zone di Attenzione per Instabilità di versante ZA_{FR}

Come si nota nell'immagine sotto riportata nella cartografia è stato inserito un sovrasegno retinato che non copre il colore del parametro di amplificazione.

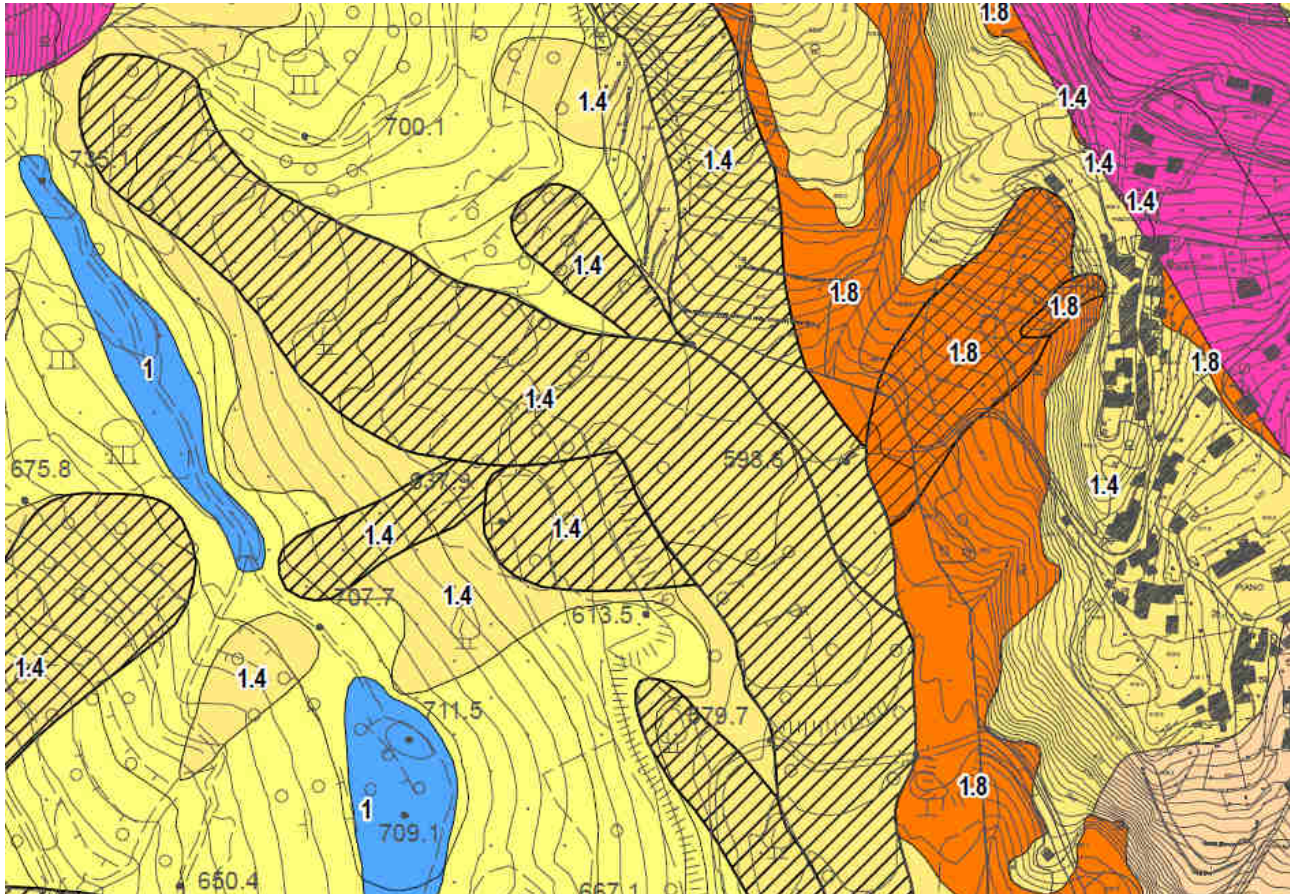


Fig. 83 - Esempio di zone di attenzione per instabilità di versante ad ovest della frazione di Summocomano.

ZONE DI ATTENZIONE PER FAGLIE ATTIVE E CAPACI**Zone di attenzione per Faglie attive e capaci – ZA_{FAC}**

Come si nota nell'immagine sotto riportata in questo caso è stato mantenuto il colore della zona di attenzione per cui per rappresentare il valore del parametro di amplificazione sono stati inseriti i valori stessi sopra il colore.

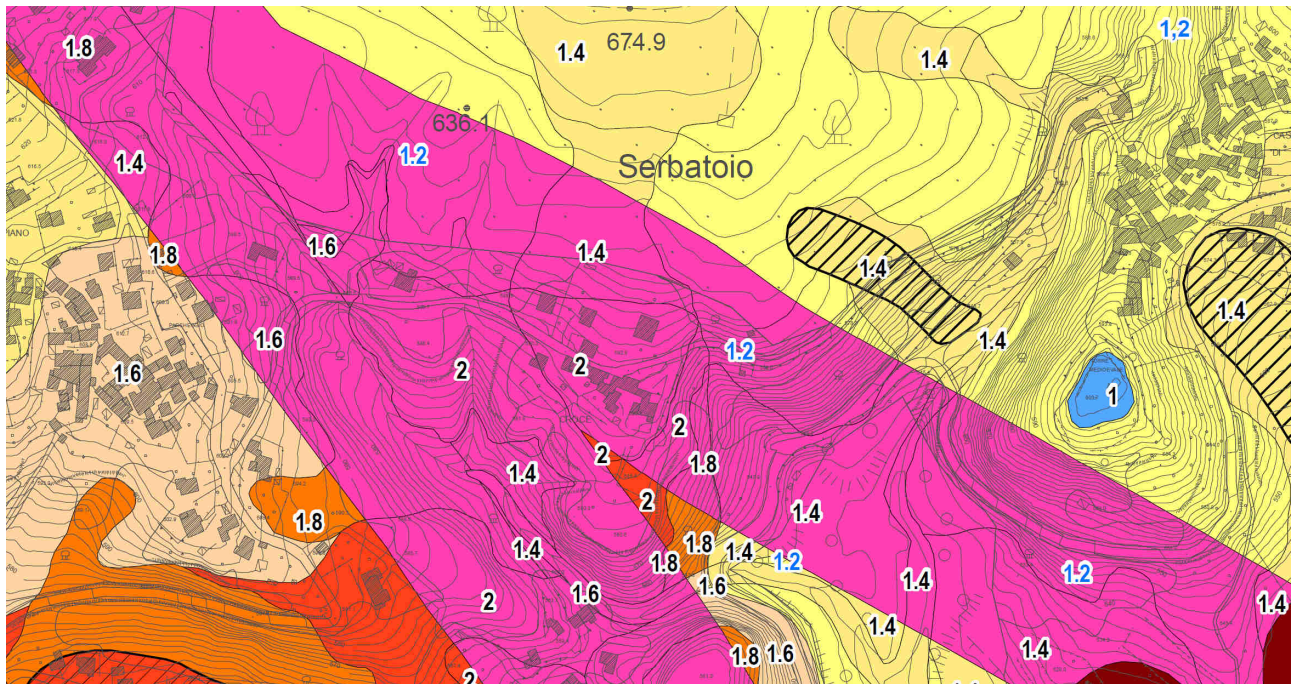


Fig. 84 - Esempio di zone di attenzione per Faglie Attive e capaci nella frazione di Croce.

ZONE DI ATTENZIONE PER SOVRAPPOSIZIONE DI INSTABILITA' DIFFERENTI

 **Zone di attenzione per sovrapposizione di Instabilità Differenti – ZA_{ID}**

Come si nota nell'immagine sotto riportata Nelle zone in cui le **faglie intersecano** le **aree in frana** sono state cartografate le instabilità per sovrapposizione di instabilità differenti (ZA_{ID}).

Anche in questo caso è stato mantenuto il colore della zona di attenzione per cui per rappresentare il valore del parametro di amplificazione sono stati inseriti i valori stessi sopra il colore.

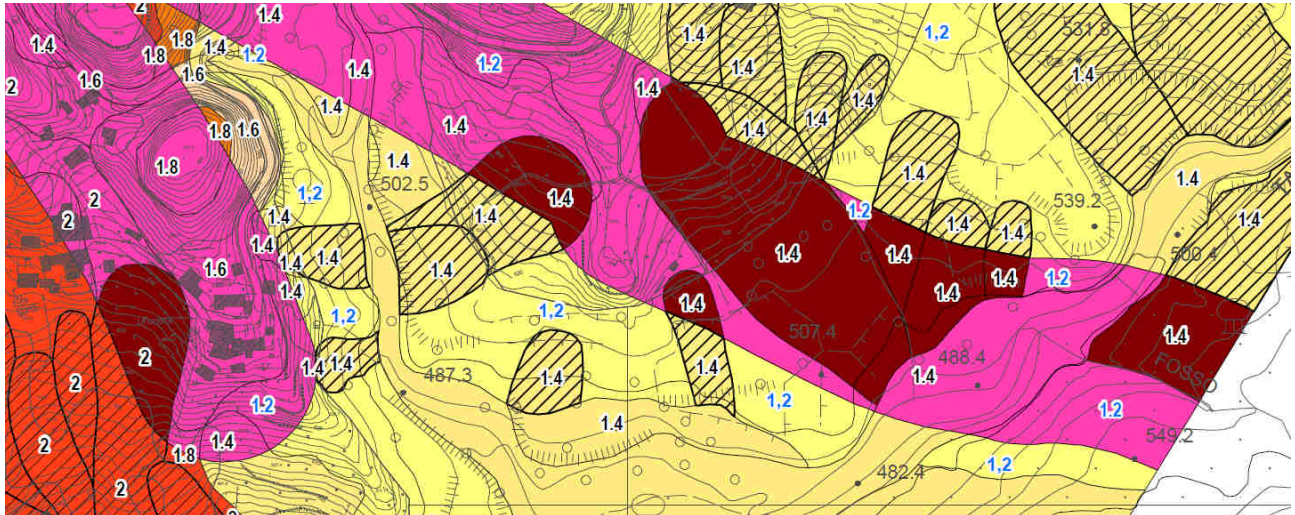


Fig. 85 - Esempio di zone di attenzione per Sovrapposizione di instabilità differenti ad est della località La Costa e a valle della frazione di Castello di Comano.

7.5 – CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI TERRENI

La Carta delle Frequenze di Risonanza del Terreno è stata elaborata utilizzando un dataset di misure HVSR costituito da 38 HVSR.

Ciascuna misura è rappresentata da un cerchio.

Per indicare nella stessa carta il valore della frequenza e quello dell'ampiezza è stata utilizzata la legenda di seguito riportata, nella quale il range di frequenza viene indicato dal colore del cerchio mentre il valore dell'ampiezza dalla sua dimensione.

Legenda

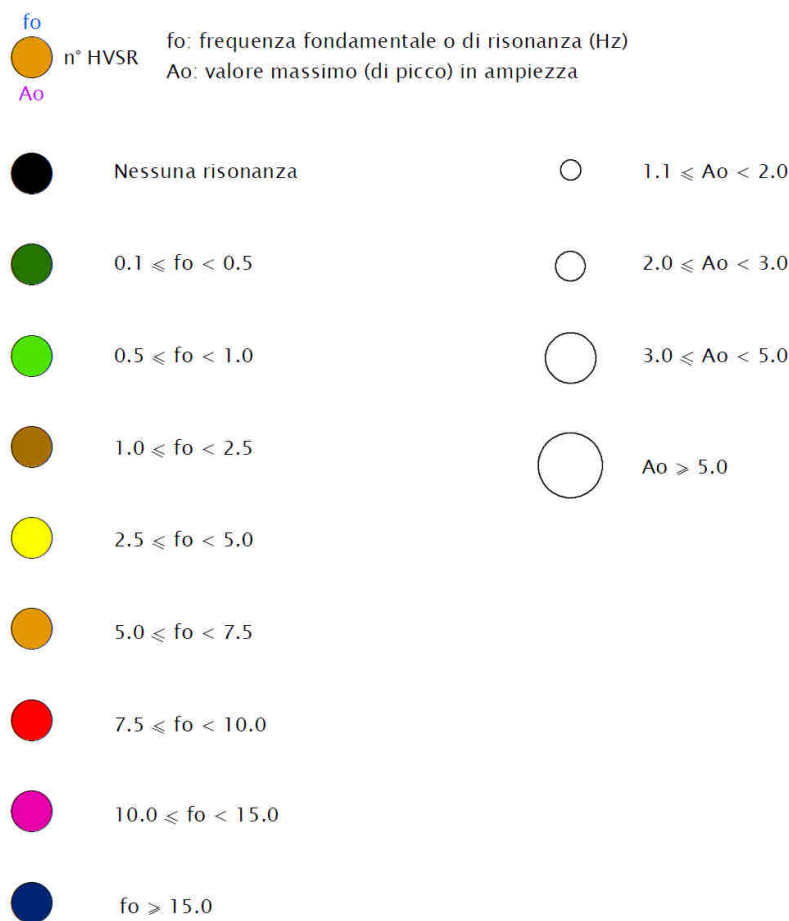


Fig. 86 – Legenda della “Carta delle frequenze fondamentali dei depositi”.

9 – CONCLUSIONI

Lo studio svolto ha permesso di definire, per buona parte del Comune di Comano, l'entità delle modificazioni del moto sismico indotte dalle specifiche caratteristiche litostratigrafiche locali, in assenza di effetti topografici, effetti 2D e di eventuali aggravii del moto dovuti a deformazioni permanenti.

I fattori di amplificazione devono essere presi in via del tutto indicativa in quanto possibili modificazioni delle amplificazioni sono possibili a causa di effetti bidimensionali e topografici e/o a causa alla presenza di instabilità di versante.

In generale si ricorda comunque che è fatto assoluto divieto di utilizzo dei fattori di amplificazione derivati dagli abachi regionali di secondo livello in attività connesse alla determinazione dell'azione sismica a corredo della progettazione edilizia.

Nell'ambito di questo studio sono stati acquisiti nuovi dati geognostici, rappresentati da n. 10 misure di vibrazioni ambientali a stazione singola HVSR e n. 2 profili di sismica a rifrazione SR con onde P e SH, che hanno implementato i già numerosi dati disponibili nell'area presa in esame.

Si evidenzia che a seguito del processo di controllo della Cartografia MOPS eseguito nello studio di MS di Livello 1 è stata riscontrata la necessità di procedere ad alcune suddivisioni che hanno portato alla redazione di una **Nuova** Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

La Carta delle indagini precedentemente elaborata per il livello 1 è stata aggiornata ed integrata con

In accordo a quanto previsto dagli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica e dalle Specifiche tecniche regionali (ottobre 2018) sono stati inseriti nella Banca Dati i fattori di amplificazione calcolati come intensità di Housner in microzonazione negli intervalli di integrazione 0.1-0.5s, 0.4-0.8s e 0.7-1.1s.

Per tutte le microzone è stato prodotto il layout grafico relativo al **Fattore a corto periodo (Fha_0105) eriodo (Fha_0510)**.