

COMUNE DI FELTRE
Provincia di Belluno

P.I.
2017-A

elaborato

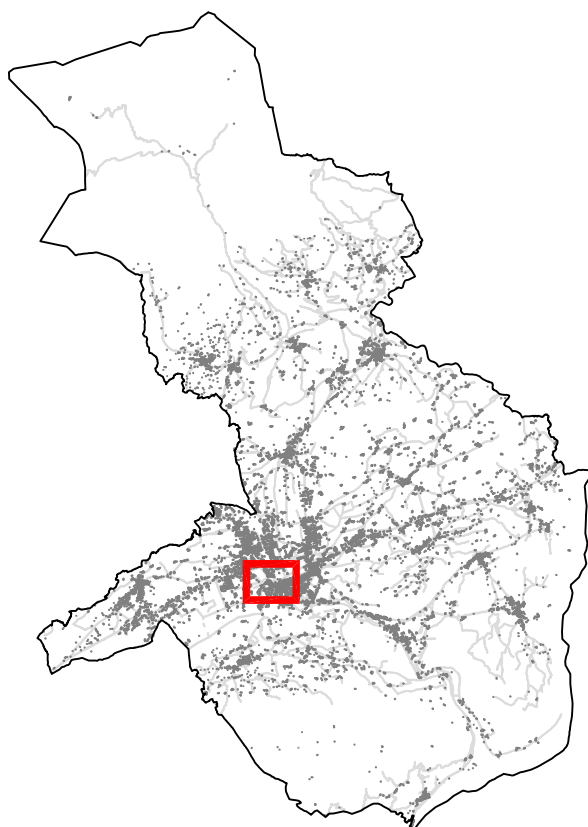
A.T.O.
09

ambiti

scala

Valutazione di Compatibilità Sismica

ASt/06 - Testata urbana di accesso e sosta per il Centro
Storico, con funzioni terziarie a Piazzale della Lana



UFFICIO ASSOCIATO URBANISTICA
comuni di Feltre, Alano, Quero Vas,
Seren del Grappa e Sovramonte

UNITA' DI PROGETTO
PIANIFICAZIONE DEL
TERRITORIO
arch. Oliviero Dall'Asen

UFFICIO PIANIFICAZIONE
arch. Michela Rossato

TECNICO di SETTORE
dott. geol. Giuseppe De Biasi
dott. geol. Sergio Bartolomei



CITTA' DI FELTRE

IL SINDACO
Paolo Perenzin

L'ASSESSORE ALL'URBANISTICA
Luciano Perco

IL SEGRETARIO
Daniela De Carli

ADOTTATO

con deliberazione di n° del

Il Presidente

Il Segretario

APPROVATO

con deliberazione di n° del

Il Presidente

Il Segretario

Feltre, li

COMUNE DI FELTRE**Unità di Progetto Pianificazione del Territorio****Ufficio Pianificazione****Piano degli Interventi 2017 - A**

**“variante al Piano degli interventi vigente per
l’Area strategica (ASt/06): Testata urbana di
accesso e sosta per il Centro Storico, con funzioni
terziarie a Piazzale della Lana**

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' SISMICA

PROGETTAZIONE			IL PROGETTISTA
Rev.	Redatto	Data	Dott. Geol. Giuseppe De Biasi Via Canevoi 64 - 32014 Ponte nelle Alpi (BL) Cell. 3391742330 e-mail: debiasigeologo@gmail.com 
	Dott. Geol. Giuseppe De Biasi	17/03/17	
sismica	Dott. Geol. Sergio Bartolomei	15/03/17	
			Data: 17/03/17

Indice degli argomenti

Premessa.	Pag. 03
Descrizione geomorfologica e geologica.	Pag. 04
Idrogeologia.	Pag. 05
Stratigrafie individuate.	Pag. 07
Stato dell'arte sulla sismicità locale.	Pag. 07
Indagine geofisica MASW, ESAC ed HVSR.	Pag. 10

Allegati

--2 di 23

1. . Corografia e inazioni stratigrafiche A3
2. . estratti classificazione PAT approvato. A3

Premessa.

La seguente relazione ottempera la legislazione vigente per quanto riguarda la compatibilità sismica di un ambito cittadino del comune di Feltre sul quale si interviene urbanisticamente con un piano degli interventi (PI) secondo la normativa regionale e di Piano di Assetto del Territorio approvato.

L'area riguarda in senso lato il Piazzale della Lana come da elaborati del piano di intervento.

Non essendo disponibile una compatibilità sismica a livello comunale è necessario integrare la documentazione seguendo le indicazioni della delibera della Giunta n. 3308 del 04.11.2008 "Applicazioni delle nuove norme tecniche sulle costruzioni in zona sismica".

In questo senso si produce uno studio per migliorare la conoscenza delle componenti che determinano la pericolosità sismica locale in termini di microzonazione, fornendo in particolare informazioni e dati sulle condizioni geologiche e morfologiche, tenendo conto in linea generale sia della sismicità di base (distanza dalle sorgenti sismogenetiche, energia, frequenza e tipo di terremoti attesi), sia delle caratteristiche geologiche locali.

Per la valutazione di compatibilità le informazioni e dati derivano da:

- conoscenze bibliografiche generali di indirizzo geologico e geomorfologico
- dati provenienti dagli elaborati del PAT comunale – carta delle invarianti
- informazioni derivanti da studi e perizie effettuate dallo scrivente in area cittadina, in particolare sulla vicina area della Via delle Fornere Pazze (2014) e sull'area ex Macello^{-3 di 23} ora stazione dei Carabinieri (2007)
- altri dati e informazioni agli atti su scavi, sondaggi e stratigrafie fornite dall'Ente
- rilievo sismico in sito realizzato in collaborazione con lo Studio PWave del dott Bartolomei Sergio di Feltre.

Descrizione geomorfologica e geologica

L'area di Fornere Pazze, è situata in una zona fortemente urbanizzata nel nucleo abitativo di Feltre, ove i caratteri geomorfologici superficiali sono stati fortemente oblitterati dall'azione antropica.

Ad ogni modo ci troviamo su una superficie topograficamente sub-pianeggiante, in un'area che fa parte di un conoide alluvionale stabilizzato che ha preso origine dalle divagazioni dal Torrente Colmeda.

L'intera zona è caratterizzata dalla presenza di numerosi rilievi paralleli orientati indicativamente in direzione SO-NE.

Questa particolare conformazione è legata alla tettonica alpina, in quanto i rilievi sono costituiti da rocce terziarie ripiegate dalle forze che hanno originato le Alpi Bellunesi.

Al di sopra di questi rilievi sono stati in seguito depositati materiali morenici durante l'ultimo periodo glaciale, che in quest'area è terminato circa 15.000 anni fa.

In seguito al ritiro dei ghiacciai, i depositi morenici sono stati rimaneggiati dagli agenti atmosferici fino a livellare le depressioni esistenti tra i vari rilievi, o comunque a rendere più uniforme la topografia.

In questa zona il substrato roccioso è costituito da un'unità litologica di età eocenica denominata Scaglia rossa.

Si tratta di una formazione rocciosa costituita da marne rosso-violacee a scaglie minute con globigerine e globorotalie; calcari più o meno argillosi, di colore rosso o rosa, più raramente biancastro, fittamente stratificati, spesso a tipica frattura scagliosa, con frequenti noduli e letti di selce rosso-ocra nei livelli inferiori e medi, con ricche microfaune a foraminiferi, con --4 di 23 echinidi e talora con rare ammoniti.

Lo spessore totale della formazione è variabile, e può raggiungere complessivamente valori di 85-100 metri.

Gli strati sono disposti con pendenza generale verso Nord-Ovest, con inclinazione variabile tra 20°- 40° gradi.

Nei luoghi dove il substrato non è direttamente visibile, come già accennato in precedenza, affiorano i depositi alluvionali.

Questi depositi si localizzano sul fondo delle valli ed in particolare in corrispondenza delle ampie conche, in cui confluiscono i principali corsi d'acqua.

Essi assumono spessori notevoli soprattutto dove l'azione torrentizia si è poco sviluppata e dove si è attuata, con maggiore intensità la deposizione.

I depositi, spesso terrazzati, sono in prevalenza costituiti da ghiaie, più o meno grossolane, e subordinatamente da ghiaiette, sabbie e , localmente, anche da limi; le alluvioni risultano spesso regolarmente stratificate, talora con tipica stratificazione incrociata.

La loro granulometria può essere gradata; non mancano tasche o sacche in cui si sono depositati sedimenti limosi.

L'area si trova in una zona ove il drenaggio risulta buono nonostante l'urbanizzazione, anche in ragione di una leggera pendenza verso sud.

Quindi, la caratteristica saliente del sito, dal punto di vista geomorfologico, è la presenza di una ampia zona sub-pianeggiante, stabile e senza difficoltà di, di origine alluvionale e che presenta caratteristiche relativamente omogenee in profondità.

Infine possiamo dire che i terreni superficiali si presentano in genere asciutti o a moderata umidità.

Il rilevamento di superficie unitamente ai dati di scavi realizzati nelle vicinanze o di affioramenti naturali ha permesso di individuare:

- la natura dei depositi quaternari;
- la variabilità laterale dei terreni di copertura pur in uno schema ripetitivo e a base grossolana
- l'assenza di una falda freatica superficiale entro i tre metri da piano di campagna.

In definitiva, come già accennato, la stratigrafia individuata è piuttosto semplice; per l'aspetto grafico e i dettagli si rimanda alla cartografia allegata.

Geomorfologia e Relazione sullo stato dei terreni anche ai fini idrogeologici.

La stratigrafia localmente è perciò molto semplice e dipende strettamente dalla geomorfologia dell'area che si descrive come un conoide alluvionale stabilizzato che ha preso origine principalmente dalle divagazioni del torrente Colmeda.

Si tratta di un materasso alluvionale quaternario che al suo interno possiede una certa complessità deposizionale determinata dalle diverse fasi di crescita del conoide citato. --5 di 23

Certamente la situazione generale è più articolata, come ben descritto dalle ricerche più recenti raccolte e compendiate nel testo geologico del PAT, essendosi formata nel corso degli ultimi 100 millenni e modellata da 4 eventi glaciali.

La struttura geologica basale indica che il substrato roccioso ha un andamento irregolare in quanto il conoide alluvionale si è formato tagliando trasversalmente una struttura a sinclinale con un fianco rovesciato, pertanto soprattutto nella zona centrale dell'abitato nuovo è teoricamente possibile la presenza del substrato roccioso anche a piccola profondità.

Nel caso in questione, Piazzale della Lana, si evidenzia che le propaggini occidentali del monte Telva, in roccia calcarea rossa, si immergono verso ovest a poca distanza dalla stazione ferroviaria.

Ci si trova evidentemente in una "stretta" nella quale, in assenza di riscontri oggettivi, si deve presupporre un substrato roccioso non troppo profondo, indicativamente entro i 20 metri.

La struttura del deposito in profondità è probabilmente costituita da depositi fluvio – glaciali anche molto fini, mentre superiormente, all'incirca per una decina di metri, abbiamo depositi alluvionali schietti.

Si tratta infatti di ghiaie grossolane sabbiose ben stratificate strutturate in vari cicli a gradazione positiva che terminano spesso e negli ultimi decimetri, con terreni limosi fini e anche vegetali.

Occorre evidenziare che tali cicli deposizionali si alternano sia in altezza che longitudinalmente, creando una serie di strati permeabili che, intersecandosi, vanno a formare una struttura idrogeologica con un regime complicato e di difficile previsione.

Indicativamente il livello di falda si può assumere che segua il pelo libero del torrente Colmeda e dei vari affluenti minori, quindi nel sito di progetto ad una quota compresa tra 264 e 266 slm, tuttavia spesso questi strati acquiferi possiedono carico idraulico maggiore essendo in collegamento con il corso d'acqua da quote più alte, ingenerando quindi piccole falde artesiane locali.

D'altronde si tratta di un torrente disperdente e quindi la sua falda di subalveo tende ad abbassarsi allontanandosi dell'asse alimentatore.

Certamente si tratta di situazioni in buona parte limite, in quanto anche l'innalzamento della falda freatica in seguito a maggiori portate del sistema idrico del Colmeda ha bisogno di tempo per verificarsi, cosa che nel regime climatologici attuale non è frequente.

Maggiore è la problematica della difficoltà di deflusso superficiale durante gli eventi meteorici maggiori.

--6 di 23

Riassumendo i tratti descritti si può descrivere la zona di progetto PI di piazzale della Lana come strutturato in un materasso alluvionale multistrato inghiaia, sabbia grossolana e livelli limosi.

La permeabilità dei terreni è alta, tra 10-3 – 10-5 m/sec nei terreni granulari.

La falda acquifera si pone tra i 3 e i 5 di profondità con possibili oscillazioni di 1 - 1,5 metri, tenendo conto della possibilità di risorgiva localizzata.

Il substrato roccioso si trova verosimilmente entro i 20 metri di profondità ed è costituito da rocce stratificate della serie calcarea locale Scaglia Rossa –Biancone, anche se in ambiente di formazione glaciale recente non sono escluse profondità maggiori dovute a sovra escavazione. In ogni caso dal punto di vista sismico l'area può essere soggetta a amplificazione e soprattutto a riflessioni multiple a causa della forma irregolare del fondo roccioso.

Stratigrafia individuata (area ex Macello)

La stratigrafia è molto semplice e dipende strettamente dalla geomorfologia dell'area che fa parte di un conoide alluvionale stabilizzato che ha preso origine dalle divagazioni del torrente Colmeda.

Si tratta infatti di ghiaie grossolane sabbiose ben stratificate strutturate in vari cicli a gradazione positiva che terminano nell'ultimo metro, con terreni limosi fini e vegetali.

La stratigrafia naturale tipo riscontrata in tutta l'area del cantiere e limitrofe può essere descritta come segue:

da 0,00 a 0,50 m :	terreno vegetale e limi argillosi.
da 0,50 a 1,00 m	ghiaie e sabbie con limo terroso
da 1,00 a 1,80 m	ghiaia e sabbia a stratificazione incrociata
da 1,80 a 3,00 m	ghiaia e sabbia compatta stratificata

Stratigrafia tipo individuata - zona Fornere Pазze

Dalla visione diretta delle trincee esplorative eseguite sul sedime oggetto di intervento, è stato possibile determinare la stratigrafia dell'area.

0,00 - 0,10 m:	terreno vegetale, soffice, di colore marrone scuro;	--7 di 23
0,10 - 0,70 m:	materiale di riporto, misto di ghiaie, sabbie e detriti;	
0,70 - 1,10÷1,20 m:	Ghiaie deb.te sabbioso limose con ciottoli e trovanti;	
1,10÷1,20 - 1,40÷1,50 m:	Ghiaie sabbioso limose;	
1,40÷1,50 - > 3,00 m:	Ghiaie sabbiose con ciottoli;	

Lo stato dell'arte sulla sismicità del territorio.

Un approccio iniziale è possibile utilizzando gli strumenti messi a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici che tuttavia fornisce solamente indicazioni generali.

Esso consiste nel descrivere il moto del suolo mediante accelerogrammi.

Lo spettro di risposta elastico è costituito da una forma spettrale di base riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5% e considerata indipendente dal livello di sismicità, moltiplicata per il valore della accelerazione massima convenzionale del terreno fondale "ag" che caratterizza il sito da verificare.

Nella formulazione dello spettro di risposta elastico, sia per la componente orizzontale che per quella verticale, assume importanza non solo il parametro "ag" ma anche "S", indicando quest'ultimo il fattore che tiene conto della categoria del suolo di fondazione in funzione alla velocità delle onde di taglio Vs nei primi trenta metri di profondità, e della componente di amplificazione topografica del sito.

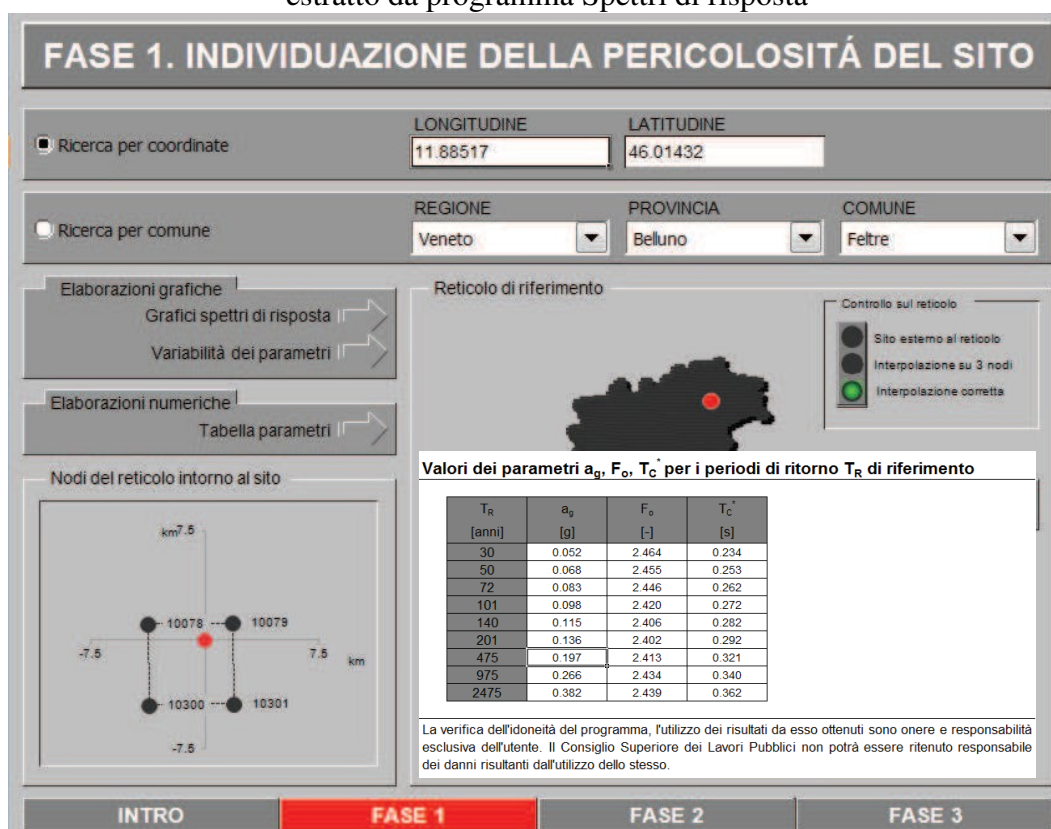
Utilizzando la "Mappa di pericolosità sismica del territorio Nazionale" (in stralcio allegata a seguire) espressa in termini di accelerazione massima al suolo (ag max) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi (Vs > 800 m/sec). Il valore di "ag", per il Comune di Feltre, in zona sismica "2", varia da 0,150g a 0.225g.

Utilizzando l'allegato 7 dell'OPCM 13.11.2010 n.3907, per un tempo di ritorno di 475 anni in condizioni di sottosuolo rigido e pianeggiante, per Feltre corrisponde $a_g = 0,220057g$.

Per quanto riguarda la pericolosità di base del sito di intervento, per l'area in esame, in riferimento ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ($T_r = 475$ anni), il calcolo eseguito con il programma "Spettri di risposta - ver. 1.0.3" del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, individua la pericolosità sismica del sito di intervento con un valore massimo di a_g riferito a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s,30} > 800$ m/s pari a 0,197g.

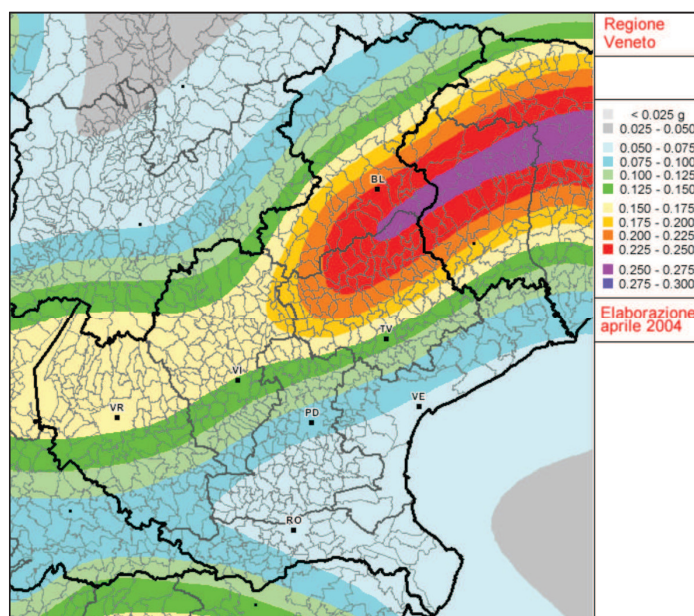
In fase di progettazione definitiva dei fabbricati è evidente che lo strutturista dovrà scegliere in parametro più appropriato anche considerando altri fattori quali la destinazione dell'opera, la vita media prevista, l'importanza strategica et c.

estratto da programma Spettri di risposta



--8 di 23

Estratto della mappa della pericolosità sismica della Regione del Veneto espressa in termini di accelerazione massima al suolo ($a_g \max$) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo



di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/sec)

Dal Catalogo Parametrico dei Terremoti (CPTI04) redatto dall' INGV; possiamo rilevare che i terremoti aventi epicentro entro un raggio di circa 30 km dal centro abitato di Feltre e con magnitudo $M_{aw} \geq 5$ sono i seguenti:

anno 1404 nel Bellunese con $M_{aw}=5.17$;
anno 1695 nell'Asolano con $M_{aw}=6.61$;
anno 1836 nel Bassanese con $M_{aw}=5.48$;
anno 1860 nel Valdobbiadense con $M_{aw}=5.17$;
anno 1873 nel Bellunese con $M_{aw}=5.03$;
anno 1887 nell'Asolano con $M_{aw}=5.17$;
anno 1894 nella zona di Fonzaso con $M_{aw}=5.03$;
anno 1895 nel Valdobbiadense con $M_{aw}=5.06$;
anno 1900 nel Valdobbiadense con $M_{aw}=5.22$;
anno 1943 nel Valdobbiadense con $M_{aw}=5.18$.

Quello con maggiore intensità negli ultimi 2000 anni, con epicentro entro i 30 km circa di raggio è avvenuto il 25.02.1695 nell'asolano (lat. $45^{\circ}48'$, long. $11^{\circ}57'$ poco ad Est della Chiesa di Crespignaga di Maser) con intensità epicentrale di 9.5 e magnitudo stimata $M_{aw}=6.61$.

Da questi dati si desume che vi è una sismicità attesa per terremoti di grado superiore a 5, determinando in tal modo una soglia di attenzione per quanto riguarda il fenomeno della liquefazione delle sabbie, in considerazione della presenza sul sito di progetto di materiali alluvionali e di terreni saturi per la presenza di una falda freatica a breve distanza dalla superficie. Occorre precisare in ogni caso che la granulometria individuata nei primi metri di terreno è troppo grossolana per manifestare questo tipo di fenomeno.

INDAGINE GEOFISICA
PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA
dell'area del Piano di Intervento:
Piazzale della Lana (Feltre), ex. "Liceo Dal Piaz", ex. Officina
secondo quanto previsto dal D.M. N°14 Gennaio 2008

Feltre, 18 Marzo 2017

QUESTO DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, REPLICATO O PUBBLICATO TUTTO O IN PARTE
SENZA IL CONSENSO SCRITTO DEL DOTT. GEOL. **SERGIO BARTOLOMEI** - LEGGE 22.4.41 n. 633 ART. 2575 E SEGG. C.C.

- 1. Introduzione;**
- 2. Metodologia di analisi;**
 - Generalità sulle tecniche di studio metodi: ESAC, ReMi, HVSR;
- 3. Profilo Sismico e calcolo del V_{s30} ;**
 - Profilo Sismico ReMi;
 - Analisi del rapporto spettrale HVSR;
 - Cenni sul periodo di vibrazione di edifici esistenti in c.a.;
- 4. Conclusioni;**

1. Introduzione:

Su richiesta del Dott. Geol. Giuseppe De Biasi, si è eseguita un'indagine Geofisica per la caratterizzazione sismica dei terreni e l'individuazione del parametro Vs30, come previsto delle nuove norme tecniche per le costruzioni DM 14 Gen. 2008, presso l'area oggetto di Piani d'Intervento sita tra Piazzale della Lana a Feltre (BL), ex. "Liceo Dal Piaz" ed ex. Officina.

La classificazione dei suoli avviene come previsto dalla normativa sulla base del parametro Vs30, questo rappresenta la velocità media di propagazione delle onde di taglio S entro i 30 m di profondità per un "volume significativo"¹, ed è calcolato mediante l'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{H_i}{V_i}}$$

Dove Hi e Vi indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato iesimo, per N strati presenti nei 30 m superiori.

L'acquisizione delle velocità delle onde di taglio può essere fatta secondo varie metodologie, prove in foro (down-hole, cross-hole), profili sismici a rifrazione con uso di geofoni orizzontali e energizzazione di onde SH, analisi delle onde superficiali di Rayleigh (SASW, MASW e Refraction Microtremor).

Nel presente sito per la valutazione del parametro **Vs30**, si sono eseguite delle misure del valore di propagazione delle onde di taglio nel terreno, richiesto dalla normativa, misurando la velocità di propagazione delle onde di superficie tramite degli stendimenti sismici opportunamente disposti.

L'area di studio è fortemente urbanizzata e la diffusa presenza di sotto servizi, interrati e strutture sepolte, ha fortemente condizionato i punti dove procedere con le misure, e la tecnica di misura utilizzata.

Per lo studio, pertanto, si sono utilizzate due metodologie differenti a seconda della zona di indagine.

Per la determinazione della classe sismica, si sono utilizzati il metodo attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) ed il metodo passivo ESAC (Extended Spatial Autocorrelation (OHORI ET AL, 2002, OKADA, 2003).

Il primo (MASW) prevede l'energizzazione del terreno tramite una grossa massa (metodo attivo), il secondo, il profilo sismico ESAC, prevede l'acquisizione delle microvibrazioni dell'area (metodo passivo).

Il vantaggio del metodo ESAC è che permette di utilizzare degli stendimenti sismici di geofoni con una geometria non lineare, che ne facilita l'uso in ambito urbano.

Nel nostro caso si è usata una forma ad L, con i due assi orientati circa NNE-SSW, all'interno della zona di studio.

Lo studio inoltre è stato integrato da un punto di misura a stazione singola ed acquisizione delle componenti verticali ed orizzontali dello spettro vibrazionale, tecnica HVSR o tecnica di Nakamura.

La planimetria in allegato evidenzia in dettaglio la posizione e conformazione degli stendimenti sismici utilizzati.

2. Metodologia di analisi

Per l'acquisizione dei dati sismici si è utilizzato un sismografo OYO DAS-1 con 48 canali ed acquisizione a 24 bit del segnale e si sono utilizzati dei geofoni verticali marca Sensor con frequenza di risonanza di 8 Hz, e per l'energizzazione del terreno si è usata una apposita mazza di 8 Kg.

Il profilo MASW è stato acquisito con uno stendimento lineare basato su 24 geofoni verticali con una spaziatura intergeofonica di 3.0 m, per uno sviluppo totale di 69 m.

Per l'acquisizione dei dati si è provveduto ad energizzare il terreno alle distanze di 6, 9, 12 m dal primo geofono; in fase di elaborazione si sono scelti i sismogrammi che fornivano i migliori risultati.

Lo stendimento sismico ESAC prevede una disposizione di forma ad L, sulla base di 19 geofoni, spazati di 2.5 m per uno stendimento di 22.5 m per lato, per totali 45 m. --12 di 23

Il profilo sismico passivo acquisito con la tecnica E.S.A.C. (Extended Spatial Autocorrelation (OHORI ET AL, 2002, OKADA, 2003), prevede l'acquisizione delle micro vibrazioni dell'area durante alcune finestre temporali.

Dalla loro elaborazione si ottiene l'immagine dello spettro e delle velocità di fase dei segnali, questi tramite un software dedicato, permettono di calcolare il modello di distribuzione delle velocità Vs nel sottosuolo e su questo modello si è calcolato il valore medio Vs30 richiesto dalla normativa.

Per migliorare la risposta delle basse frequenze che caratterizzano i terreni più fondi si è provveduto ad acquisire anche un profilo con tecnica passiva ReMi, coincidente con il MASW.

Il profilo ReMi ha permesso di integrare l'analisi delle basse frequenze che differenziano i terreni più profondi.

In posizione centrale al profilo ESAC, ed in posizione abbastanza centrale rispetto all'area, si è provveduto ad acquisire anche un profilo a stazione singola HVSR (tecnica di Nakamura), che ha permesso di registrare la componente verticale e le due orizzontali delle microvibrazioni dell'area per il calcolo dei rapporti spettrali HVSR, per la determinazione del periodo di vibrazione proprio del terreno.

Questa terna di geofoni a bassa frequenza (HVSR) sono stati posizionati in modo da avere sempre le due componenti orizzontali allineate verso Nord-Sud ed Est-Ovest.

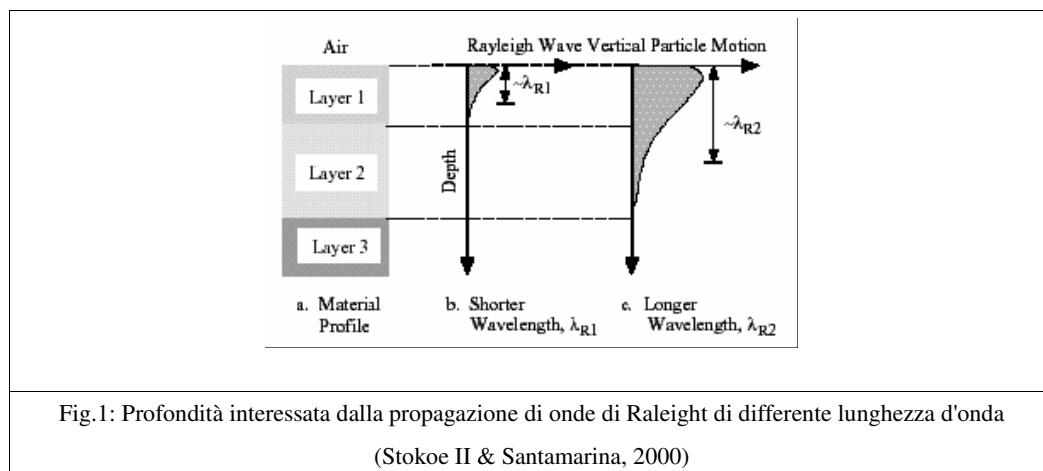
- Generalità sul metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Il metodo MASW è una tecnica non invasiva che permette la misura delle velocità delle onde di taglio nel terreno misurando la perturbazione dell'onda sismica sulla superficie del terreno. Il contributo maggiore della perturbazione è data dalle onde di Rayleigh, che si propagano con una velocità che è strettamente correlata con le caratteristiche elastiche della porzione di suolo dove si propagano le onde.

In un semispazio stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè le onde di differente lunghezza d'onda si propagano con velocità diverse di fase e di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980).

Questo significa che la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza.

Il fenomeno della dispersione è collegato al fatto che le onde con alta frequenza (corta lunghezza d'onda) viaggiano prevalentemente attraverso i terreni superficiali, mentre le onde di bassa frequenza (onda lunga) interessano strati più profondi durante la propagazione (Fig.1).



--13 di 23

L'elaborazione dei dati acquisiti consiste nell'effettuare l'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh mediante una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" (p - f) che analizza l'energia di propagazione del segnale lungo la linea sismica e la successiva rappresentazione su di un grafico p - f dello spettro di potenza.

I dati selezionati nell'immagine p - f vengono graficati in un diagramma velocità di fase-frequenza, da cui è possibile elaborare un primo modello monodimensionale, successivamente un processo di

inversione ad elementi finiti calcola la distribuzione delle velocità Vs nel sottosuolo che più si avvicina nei termini R.S.M. ai dati acquisiti.

Dall'analisi spettrale dell'impulso sismico trasmesso nel terreno ed acquisito dallo stendimento di geofoni, si ottiene l'immagine dello spettro e delle velocità di fase dei segnali, questi tramite un software dedicato, permettono di calcolare il modello di distribuzione delle velocità Vs nel sottosuolo e su questo modello si è calcolato il valore medio **Vs₃₀** richiesto dalla normativa.

- Generalità sui metodi: Refraction Microtremor (ReMi) ed E.S.A.C. (Extended Spatial Autocorrelation (OHORI ET AL, 2002, OKADA, 2003)

Le tecniche Refraction Microtremor (ReMi) (*Louie, 2001*) ed ESAC sono delle tecniche di misura passiva non invasiva ampiamente utilizzate negli USA, dove sono nate, proprio per l'analisi sismica dei terreni ed in particolare nel N.E.H.R.P. (**N**ational **E**arthquake **H**azard **R**eduction **P**rogram).

Il metodo prevede l'acquisizione dei microtremori presenti nell'area mediante un sismografo digitale ad alta dinamica, l'utilizzo di uno stendimento lineare (ReMi) o disposto ad L o a forma di triangolo (ESAC) con più geofoni con bassa frequenza di risonanza (4-14 Hz raccomandati) ed un tempo di acquisizione di diverse decine di secondi.

I microtremori dell'area sono costituiti per lo più dalle onde di superficie il cui contenuto in frequenza è compreso tra i 2 Hz ed i 35 Hz, variabile a seconda delle litologie presenti nell'area.

Il contributo maggiore della perturbazione è data dalle onde di Rayleigh, che si propagano^{--14 di 23} con una velocità che è strettamente correlata con le caratteristiche elastiche della porzione di suolo dove si propagano le onde.

L'elaborazione dei dati acquisiti, similmente alla tecnica MASW, prevede analisi della dispersione delle onde di Rayleigh mediante una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" (p-f) che analizza l'energia di propagazione del segnale lungo la linea sismica e la successiva rappresentazione su di un grafico p-f dello spettro di potenza.

I dati selezionati nell'immagine p-f vengono in seguito graficati in un diagramma velocità di fase - frequenza, da cui è possibile ottenere un primo modello monodimensionale, successivamente un processo di inversione permette di calcolare un modello verosimile della distribuzione delle velocità Vs nel sottosuolo, da cui viene ricavato il parametro VS30.

Nei profili passivi, l'acquisizione dei dati sismici, deve essere effettuata su più finestre temporali in modo da acquisire una immagine statisticamente significativa dello spettro di frequenze dei microtremori dell'area.

Il segnale dei "microtremori", infatti, è variabile nel tempo in quanto legato al rumore ambientale nel sottosuolo generato in parte da attività antropica ed in parte da cause naturali.

- **Analisi del rapporto spettrale HVSR o tecnica di Nakamura:**

Una stima delle frequenze proprie di vibrare dei terreni è possibile tramite la tecnica sismica passiva a stazione singola denominata HVSR (Horizontal to Vertical Signal Ratio: rapporto spettrale tra componenti orizzontali H e componenti verticali V; Nogoshi e Igarashi, 1979; Nakamura, 1989).

L'acquisizione dello spettro dei microtremori fatto con tecnica HVSR, prevede l'acquisizione delle microvibrazioni dell'area lungo tre assi ortogonali, della componente verticale e delle due orizzontali, mediante l'utilizzo di geofoni a bassa frequenza di risonanza e lunghi tempi di registrazione.

L'elaborazione spettrale dei microtremori tramite il metodo HVSR è stata fatta usando il software Geopsy ed applicando nell'elaborazione uno smoothing dei segnali secondo Konno & Ohmachi con una finestra di smoothing di 20 e l'uso di un cosine taper del 5%.

Questo tipo di elaborazione permette di valutare il rapporto tra la componente verticale e le due componenti orizzontali dei microtremori presenti nell'area e fornisce indicazioni sulle frequenze di risonanza del terreno e le possibili amplificazioni vibrazionali di strutture risonanti alle stesse frequenze.

3. Profili Sismici e calcolo del V_{s30}

L'acquisizione di numerosi profili energizzati e di diverse finestre temporali delle microvibrazioni dell'area si è dimostrata più che sufficiente per avere uno spettro significativo delle frequenze e delle vibrazioni dell'area, di queste si sono scelte quelle più idonee alla elaborazione con il miglior rapporto segnale/rumore e dalle quali si è calcolato lo spettro di dispersione (fase-frequenza) che ha evidenziato in entrambi i profili (MASW ed ESAC) una curva ben individuabile e continua nel range di frequenze tra circa 4 e 20 Hz; in seguito si sono scelte le terne velocità di fase, frequenza ed ampiezza più idonee all'analisi.

Lo spettro complessivo mostra una buona rappresentazione del campo a bassa frequenza che rappresenta i terreni più profondi e mostra valori di velocità fase-frequenza di valore medio basso, caratteristici di terreni detritico-ghiaiosi, in profondità i valori di velocità tendono ad aumentare.

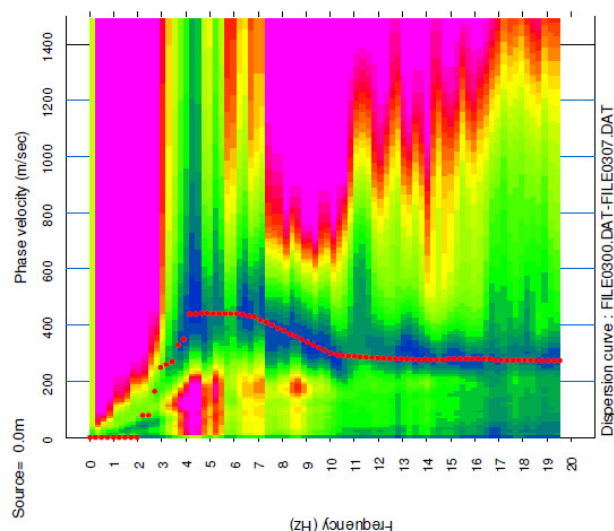
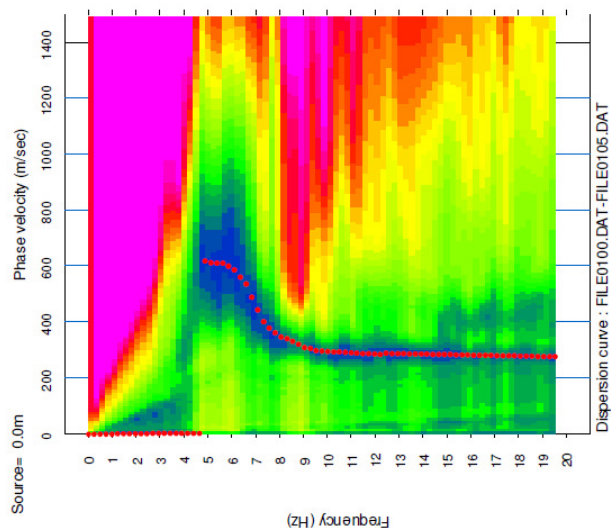
In particolare i profili elaborati mettono in evidenza un primo cambio di velocità nei due profili alla profondità di circa 14 m da p.c. ed uno più profondo a circa 25 m da p.c. Questo appare è più evidente nel profilo MASW1.

Le immagini degli spettri velocità di fase e frequenza (Fig.2 e 3) ed i valori campionati (Fig. 3 e 4) mostrano delle curve ben definite e riconoscibili, che si presentano abbastanza simili, pur se acquisite con tecniche differenti.

Dall'elaborazione delle curve campionate si genera un primo modello sismostratigrafico e tramite un processo di inversione e di modeling diretto, si ricava il modello sismico monodimensionale (1D)

(Fig. 5 e 6) le cui caratteristiche sismostratigrafiche sono quelle medie sulla lunghezza dello stendimento.

Su questo modello viene calcolato il valore del Vs30.



--16 di 23

Fig.2: Profilo sismico MASW1: Diagramma Velocità di Fase (m/sec) - Frequenza (Hz) dall'analisi dei sismogrammi e relativo picking degli opportuni valori frequenza/Vel.fase/ampiezza.

Fig.3: Diagramma Velocità di Fase (m/sec) - Frequenza (Hz) dall'analisi dei sismogrammi dei micro-rumori, profilo sismico ESAC1, e relativo picking.

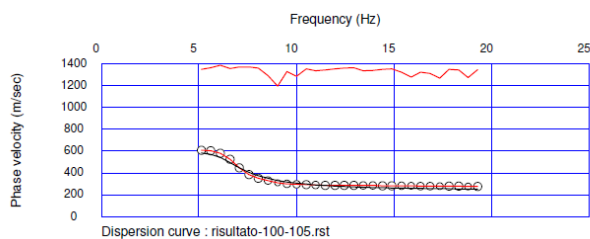


Fig.4: Curva di dispersione dei valori selezionati sul diagramma (Fig.2, MASW), velocità di fase (m/sec) - frequenza (Hz), il best fit calcolato (tratto nero), qualità misure (tratto rosso in alto).

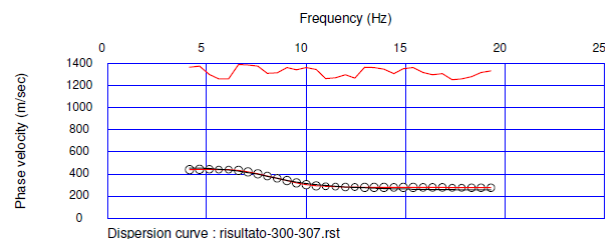


Fig.5: Curva di dispersione dei valori selezionati sul diagramma (Fig.3, ESAC), velocità di fase (m/sec) - frequenza (Hz), il best fit calcolato (tratto nero), qualità misure (tratto rosso in alto).

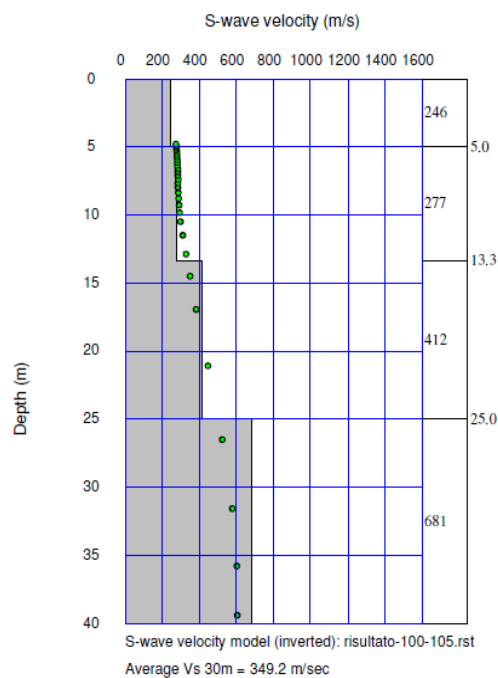


Fig.6: Profilo MASW-1 - Modello calcolato della distribuzione della velocità Vs nel sottosuolo e velocità apparente campionata (punti verdi), e rispettivo valore Vs 30m calcolato;

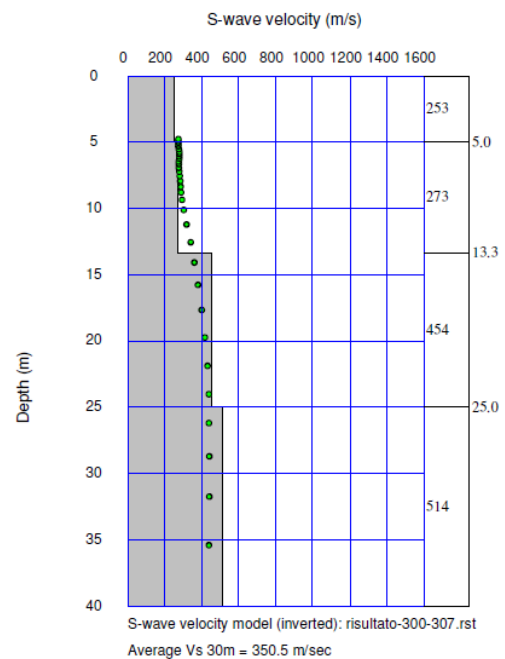


Fig.7: Profilo ESAC-1 - Modello calcolato della distribuzione della velocità Vs nel sottosuolo e velocità apparente campionata (punti verdi), e rispettivo valore Vs 30m calcolato;

--17 di 23

- Analisi del rapporto spettrale HVSR o tecnica di Nakamura:

Questo tipo di elaborazione permette di valutare il rapporto tra la componente verticale e le due componenti orizzontali dei microtremori presenti nell'area e fornisce indicazioni sulle frequenze di risonanza del terreno e le possibili amplificazioni vibrazionali di strutture risonanti alle stesse frequenze.

Il rapporto spettrale elaborato è visibile nelle curve HVSR riportate nel diagramma di Fig.9 che mostra un evidente picco alla frequenza di 4,7 Hz ($f_0 = 4,71 \pm 0,39$ Hz), con un rapporto di picco $A_0 = 6,5$.

Questo può essere correlato ad una risonanza del terreno data da un orizzonte stratigrafico in profondità.

Utilizzando per il calcolo la formula della risonanza e utilizzando come velocità la velocità media dei primi 15 m, trovata con la prova masw/esac,

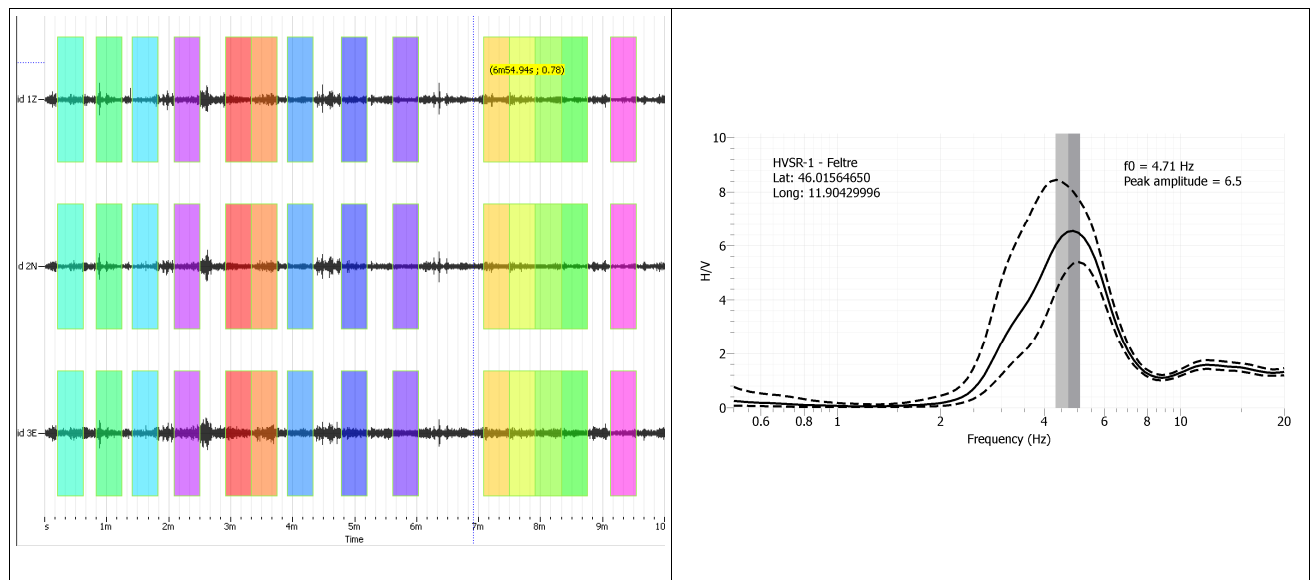
$$(f_0 = V_s / 4 \times h) \text{ da cui}$$

$$h = V_s / (4 \times f_0) = (260 \text{ m/s}) / (4 \times 4.71 \text{ Hz}) = 13.8 \text{ m}$$

si ottiene una profondità di circa 14 m.

Questo cambio si può individuare chiaramente anche nelle prove MASW ed ESAC dove si evidenzia un cambio nell'incremento delle velocità con la profondità, probabilmente legato ad un cambio litologico o ad un orizzonte più competente.

Il sito pertanto potrebbe evidenziare qualche dannosa amplificazione sismica qualora la struttura dovesse risuonare alla stessa frequenza.



--18 di 23

Fig.8:registrazione di rumore ambientale, intervalli di misura (dall'alto in basso, componenti verticale, NS e EW)

Fig.9: rapporti H/V con evidenziato il picco più/meno la deviazione standard

• Cenni sul periodo di vibrazione di edifici esistenti in c.a.

Esistono numerose formule semiempiriche per il calcolo del periodo proprio di una struttura in funzione della sua altezza e della sua tipologia.

Fermo restando che tali periodi possono essere misurati in modo semplice anche tramite indagini passive, tra le varie formule proposte considereremo, a titolo di esempio le relazioni proposte in alcune normative internazionali (ATC, 1978; CEN, 2003; NZSEE, 2006) e da vari autori per le succitate differenti modalità di progettazione [Hong e Hwang (2000) per il metodo FBD; Chopra e Goel (2000); Crowley e Pinho (2004) per il metodo DBD].

In particolare, i valori forniti dall'espressione di maggiore interesse per gli edifici europei (CEN, 2003) sono stati confrontati con i risultati di un'ampia analisi parametrica basata su simulazioni analisi

numeriche nonché con i risultati di vaste campagne di rilievo sperimentale del periodo fondamentale di edifici esistenti mediante analisi di vibrazione ambientale (Gallipoli et al., 2008; Navarro et al., 2004).

Nella Fig. 10 sono diagrammati i risultati ottenuti applicando le espressioni H-T fornite nei dei riferimenti più autorevoli sopra menzionati.

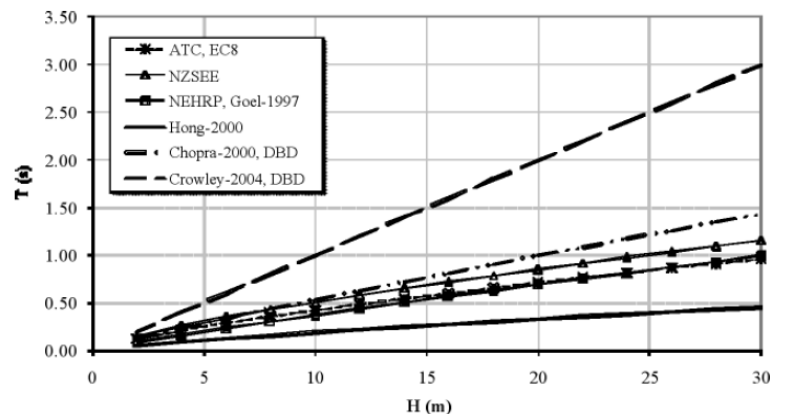


Fig.10: Relazioni semplificate periodo altezza per strutture intelaiate in c.a. fornite in letteratura.

Ai due estremi entro le quali si colloca la maggior parte delle formule sono quelle proposte da Chopra e Goel (2000) e Hong e Hwang (2000) per strutture in cemento armato:

--19 di 23

$$T = 0.0294 * A^{0.804} ; T = 0.067 * A^{0.9}$$

dove A è l'altezza della struttura in metri.

4. Conclusioni

L'analisi dei dati dei profili sismici ha evidenziato delle velocità delle onde di taglio medio basse, il cui valore come media di due prove è: **$V_{s30} = 350$ m/sec.**

L'analisi dei rapporti spettrali sulle tre componenti ha evidenziato un picco alla frequenza di $f_0=4,7$ Hz pari ad un periodo $T_0=0,21$ sec con un rapporto di ampiezza di $A_0=6,5$, molto probabilmente legata ad un cambio litologico posto a circa 13-14 m da p.c.; non si evidenziano altri picchi significativi.

Il picco, secondo quanto riportato dalla tabella allegata (Fig.10), apparirebbe interessare strutture di circa 3-4 m di altezza, tuttavia l'amplificazione evidenziata di $A_0=6.5$ appare di sicuro interesse; la documentazione tecnica pone il valore minimo di attenzione pari a $A_0 \geq 2$.

Il presente DM 14 Genn. 2008 nel *Cap.3.2 AZIONE SISMICA*, par. 3.2.2 *Categorie di suolo e Condizioni topografiche*, classifica questa velocità come:

“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.

In conclusione nell'area esaminata la media dei terreni fino a 30 m da p.c. rientra nella CATEGORIA C.

Feltre, 18 Marzo 2017

Dott. Geol. Sergio Bartolomei



Sergio Bartolomei

--20 di 23

Bibliografia

ATC, 1978: Tentative provisions for the development of seismic regulations for buildings, Report N. ATC3-06, Applied Technology Council, California.

BSSC, 2003. NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures (FEMA 450), 2003 Edition, Building Seismic Safety Council, Washington D.C.

CEN, 2003. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance, Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, Final Draft, Comité Européen de Normalisation, Brussels, December 2003.

Chopra A. K., Goel R. K., 2000. Building Period Formulas for Estimating Seismic Displacements. Earthquake Spectra - May 2000 - Volume 16, Issue 2, pp. 533-536.

Crowley, H., Pinho, R., 2004. Period-height relationship for existing European reinforced concrete buildings, Journal of Earthquake Engineering, Vol. 8, Special Issue 1, 93-119.

Gallipoli M., Mucciarelli M., Vona M., 2006, Stima di alcuni parametri principali degli edifici con metodi speditivi, GNGTS – 25° Convegno Nazionale, Roma 28-30 novembre 2006.

Masi, A., 2003. Seismic vulnerability assessment of gravity load designed R/C frames, Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 1, N. 3, 371-395.

Masi A., Vona M., 2008, Estimation of the period of vibration of existing RC building types based on experimental data and numerical results. In: Increasing Seismic Safety by combining Engineering Technology and Seismological Data, Springer book. WB/NATO Publishing Unit, 2008.

Mucciarelli M., Herak M., 2008, (Editors). Increasing Seismic Safety by combining Engineering Technology and Seismological Data, Springer book. WB/NATO Publishing Unit, 2008.

--21 di 23

Navarro M., F. Vidal, M. Feriche, T. Enomoto, F. J. Sánchez, I. Matsuda, 2004. Expected ground–RC building structures resonance phenomena in Granada city (Southern Spain), Proc. 13th World Conf. on Earthq. Engin., Vancouver, B.C., Canada, August 1- 6, 2004, Paper No. 3308.

NZSEE, 2006. Assessment and improvement of the Structural Performance of Buildings in Earthquakes, Recommendations of a NZSEE Study Group on Earthquake Risk Buildings, June 2006.

SAP2000, 1999. Three dimensional static and dynamic finite element analysis and design of structures, Computers and Structures Inc. Berkeley, California.

Posizione profili sismici MASW, ESAC e stazione singola HVSR



--22 di 23

Documentazione Fotografica



Profilo MASW1



Prova HVSr1 (Lat: 46.01564650-Long: 11.90429996)

Indicazioni conclusive.

L'ambito del PI cd Piazzale della Lana è stato indagato a questo livello di studio utilizzando sia dati stratigrafici locali, dello scrivente o disponibili presso l'Ente, integrato da apposita indagine sismica per la determinazione delle VS30 e della frequenza di risonanza locale.

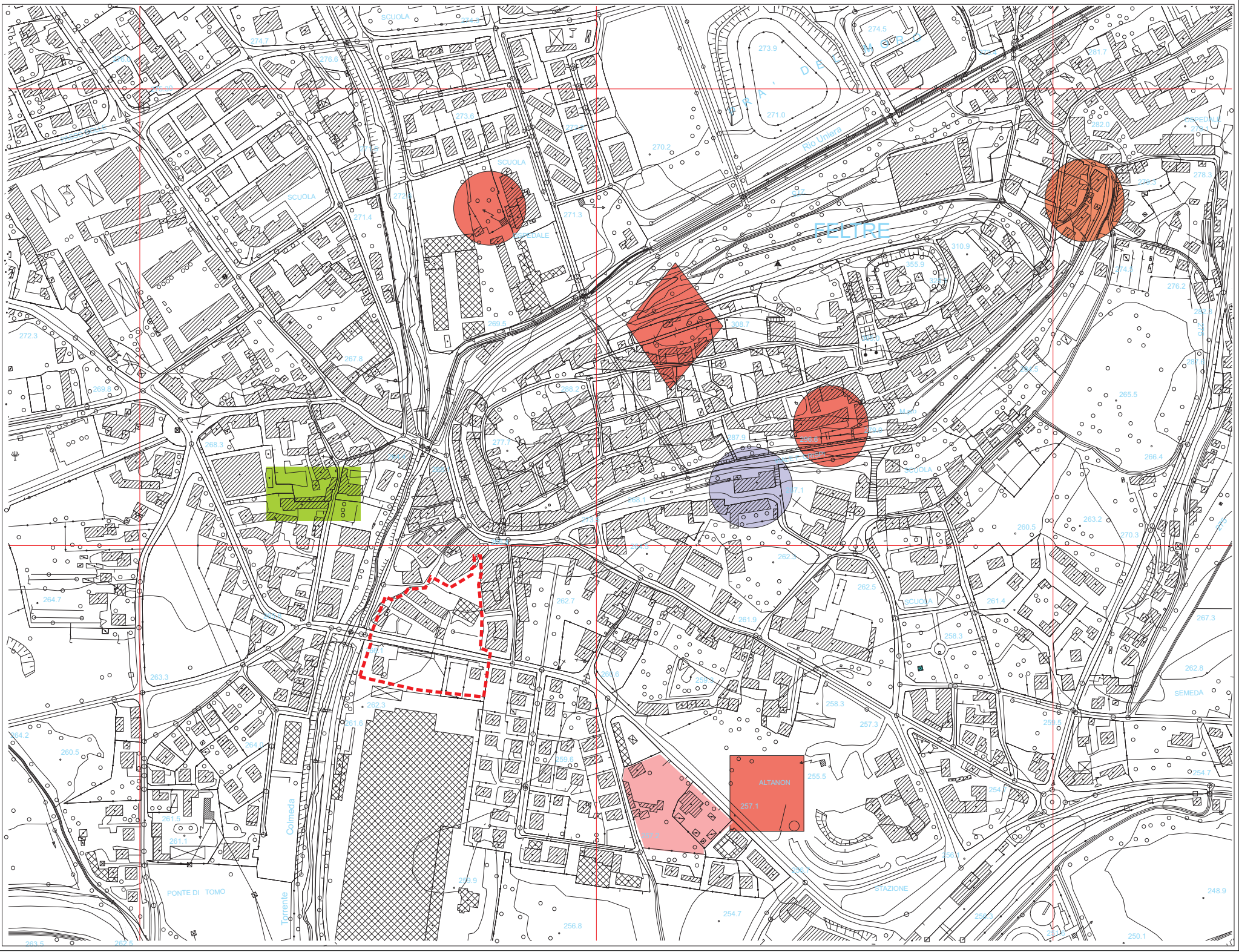
Sotto gli aspetti descritti dalla documentazione e tavole del Piano di Assetto del Territorio l'area del PI non presenta particolari problematiche legate ai terreni e alla geologia in genere, --23 di 23 trattandosi di substrati alluvionali prevalentemente grossolani e ben stabilizzati.

Infatti la classificazione in termini di penalità edificatorie esprime la migliore idoneità.

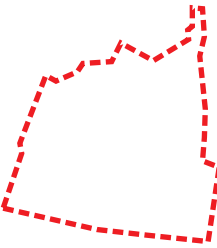
La necessaria indagine sismica individua una classificazione dei terreni in base alle NTC 2008 in categoria **C**, precisando la individuazione di Vs30 medio basse (350 m/s). È stato individuato un picco di frequenza dovuto ad un cambio litologico attorno ai 13-14 metri di profondità. Stando alla bibliografia disponibile tale picco di frequenza potrebbe interessare strutture in calcestruzzo di 3-4 metri di altezza. Si esprime perciò la compatibilità sismica per il PI in questione precisando che comunque in fase progettuale esecutiva venga valutata la frequenza di risonanza tipica degli edifici che si intendono realizzare dimostrandone la non similitudine con il picco di frequenza ottenuto.

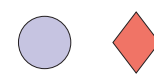
Ponte nelle Alpi, 17 marzo 2017

ESTRATTO DELLA C.T.R. ALLA SCALA 1:5000 ELEMENTO 062152 “FELTRE”

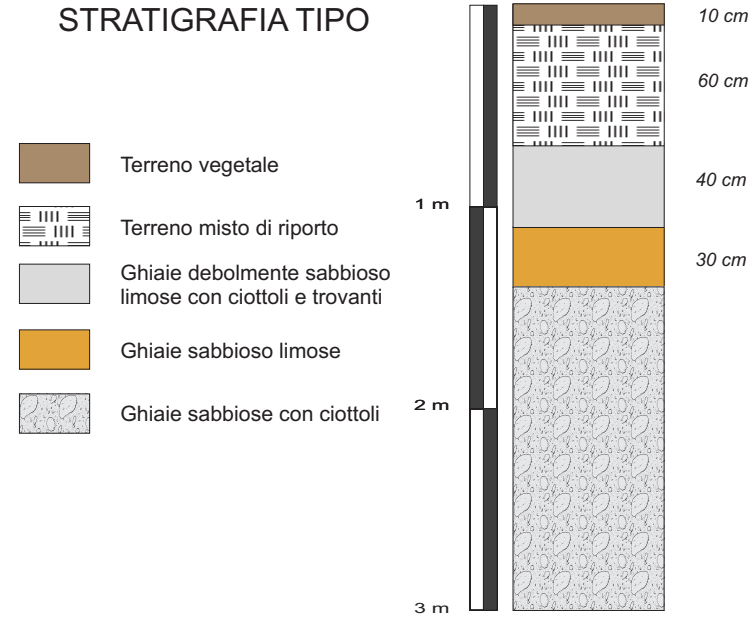


QUADRO D'UNIONE DELLE SEZIONI		
062154 FACEN	062151 PEDAVENA	062141 MONTE AVENA
062153 MUGNAI	062152 FELTRE	062142 FONZASO
083034 SEREN DEL GRAPPA	083031 PORCEN	083021 BALZAN

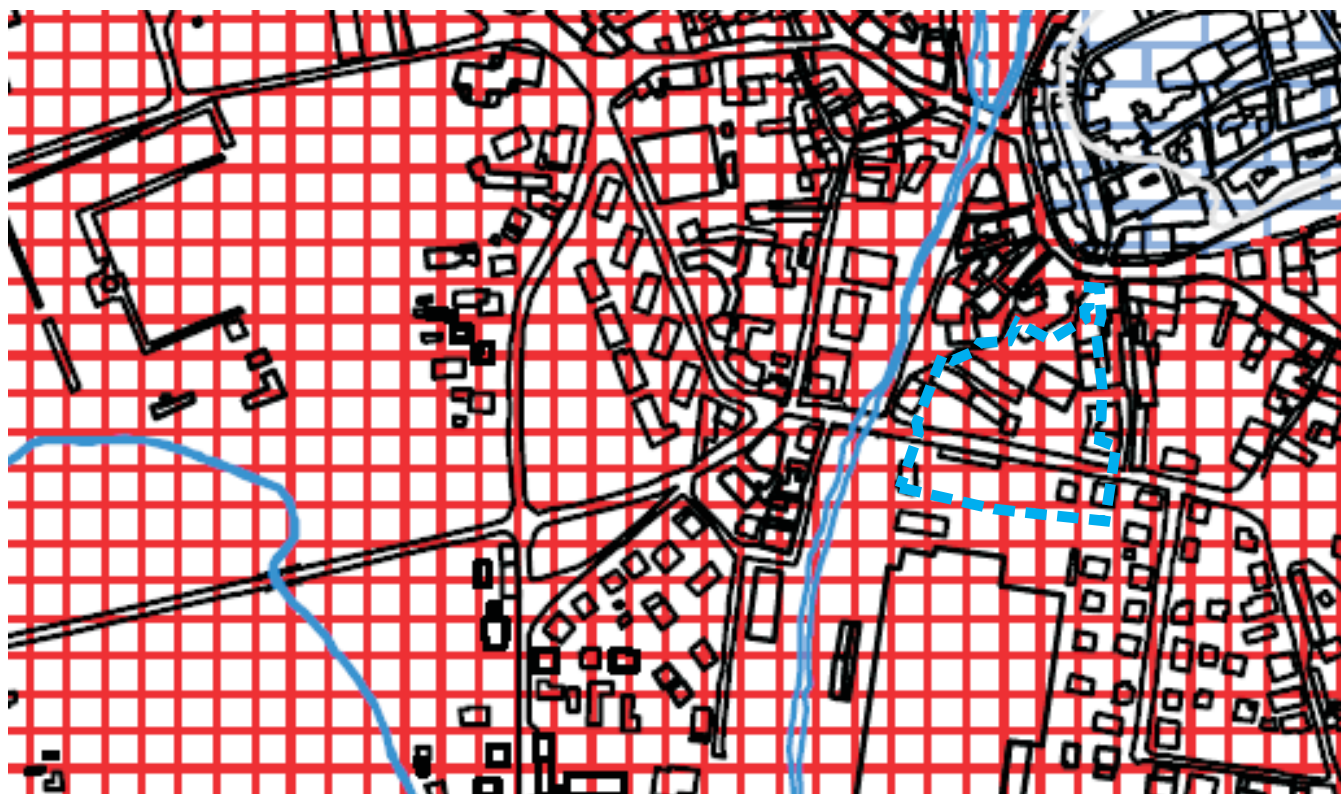
 ambito del PI, in colore le zone
che hanno fornito dati sul terreno

  altre aree indagate, dati
reperibili sul PAT

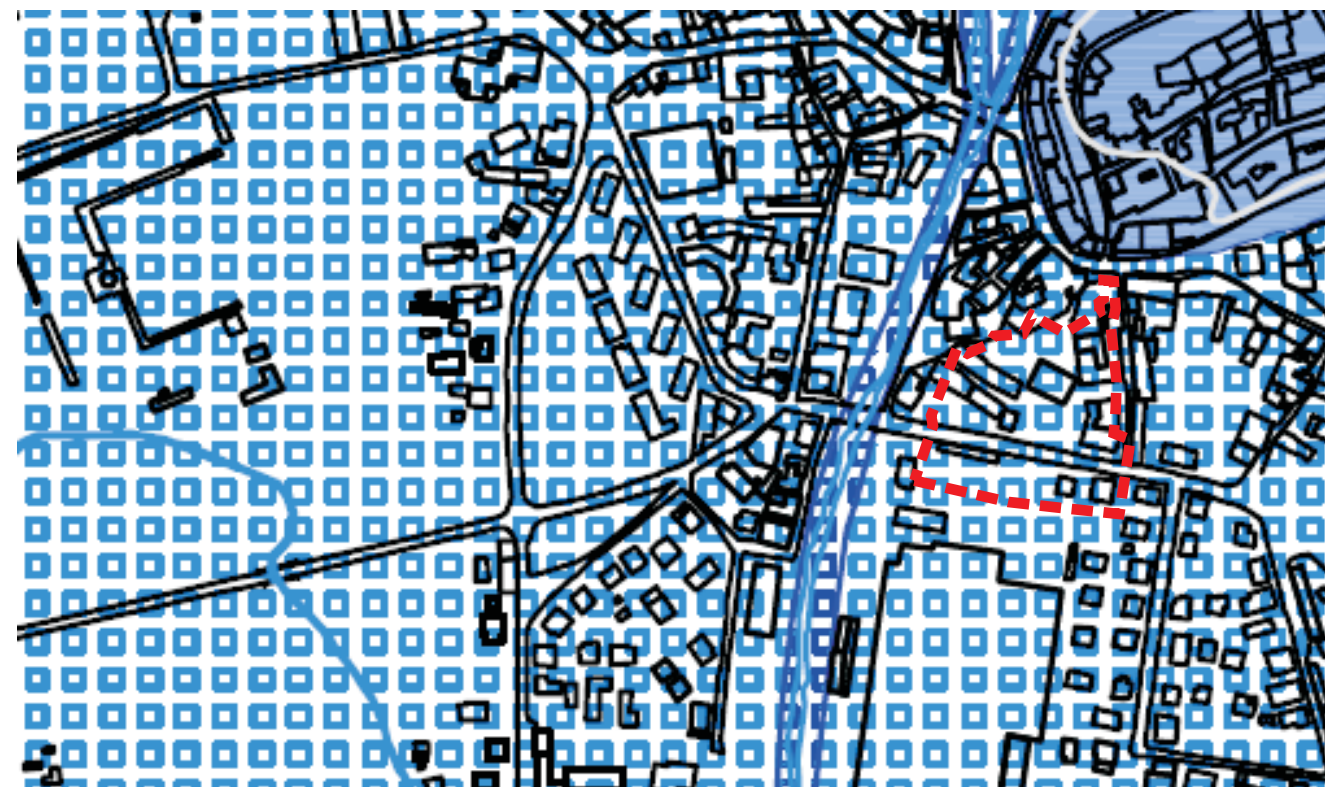
STRATIGRAFIA TIPO



Estratto cartografia PAT : idrogeologica



Estratto cartografia PAT : geomorfologica



Estratto cartografia PAT : geologica



Estratto cartografia PAT : delle penalità

