



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



REGIONE VENETO



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA DELLA MS

REGIONE VENETO

COMUNE DI CREAZZO



Regione	Soggetto realizzatore	Data
REGIONE VENETO	STUDIO H GEO www.hgeo.it Filippo Baratto, geologo Elena Parolo, urbanista Raffaella Checchinato, geologo	Novembre 2015

INDICE	
1 PREMESSA	1
2 NORMATIVA E INDIRIZZI DI LAVORO	1
2.1 NORMATIVA	1
2.2 INDIRIZZI DI LAVORO	2
3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL TERRITORIO	5
PROCEDURA DI 1° LIVELLO	6
4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E TETTONICO	6
4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	6
4.2 LITOLOGIA	8
4.2.1 LITOLOGIE PREQUATERNARIE.....	8
4.2.2 LITOLOGIE QUATERNARIE.....	9
4.3 ASSETTO TETTONICO	11
4.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	11
4.4.1 RETE IDRICA SUPERFICIALE	11
4.4.2 ASSETTO IDROGEOLOGICO	12
5 CARATTERIZZAZIONE SISMOGENETICA DEL TERRITORIO	13
5.1 SISMICITÀ STORICA DEL DISTRETTO	15
5.2 SISMICITÀ STRUMENTALE DEL DISTRETTO	16
5.3 NEOTETTONICA E SORGENTI SISMOGENETICHE.....	17
5.4 SISMICITÀ STORICA DEL TERRITORIO COMUNALE.....	17
5.5 PERICOLOSITÀ SISMICA DI RIFERIMENTO	18
5.5.1 PERICOLOSITÀ SISMICA BASE.....	18
5.5.2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	21
6 CARTA GEOLOGICO-TECNICA (CGT_MS)	22
7 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)	25
7.1 ELEMENTI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA.....	25
7.1.1 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	25
7.1.2 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	31
7.1 DEFINIZIONE DELLE ZONE STABILI ED INSTABILI SISMICAMENTE	33
7.1.1 ZONE STABILI NON SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA	33
7.1.2 ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA	33
7.1.3 ZONE INSTABILI PER AZIONE SISMICA	33
7.2 DESCRIZIONE DELLA CARTA MOPS	34
7.2.1 ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA	34
7.2.2 ZONE INSTABILI PER AZIONE SISMICA	34
8 LIVELLO D'ANALISI DI TIPO 2°	36
8.1 AMPLIFICAZIONE MORFOLOGICA	36
8.2 AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA	42
8.3 STRUMENTAZIONE E METODO DI MISURA.....	46
8.3.1 STRUMENTAZIONE	46
8.3.2 PROCEDURA.....	47
8.3.3 RISULTATI OTTENIBILI CON LA HVSR	49
9 RISULTATI DELLO STUDIO DI 2° LIVELLO	49
9.1 ACCELERAZIONE MASSIMA DEL SUOLO - PGA	50
9.2 RIGIDITÀ DEL SUOLO.....	51
9.3 STIMA DEL PERIODO DI RISONANZA FONDAMENTALE DEL TERRENO.....	52
9.4 AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA	52
9.5 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA - MS	54
9.5.1 STIMA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE ICMS	56
9.6 SOTTOSUOLO E FREQUENZE.....	59
9.7 FREQUENZA E STRUTTURE.....	60
10 PRESCRIZIONI	62
11 CONCLUSIONI	65

ELABORATI:

Schede: 1 ÷ 27

Allegati: H et S

Tavole: Carta delle Indagini
Carta geologico_tecnica
Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)
Carta di Microzonazione sismica (MS)

1 PREMESSA

La microzonazione sismica (MS), cioè la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico con i possibili effetti indotti dallo scuotimento, è uno strumento di prevenzione e riduzione del rischio sismico particolarmente efficace se realizzato e applicato già in fase di pianificazione urbanistica.

Essa costituisce, quindi, un supporto fondamentale agli strumenti di pianificazione urbanistica comunale per indirizzare le scelte urbanistiche verso quelle aree a minore pericolosità sismica.

L'Amministrazione comunale di Creazzo a seguito dell'entrata in vigore della DGR n. 1896/2014 e della DGR n. 598 del 21 aprile 2015 finalizzate a finanziare gli studi di microzonazione sismica comunale, ma anche gli interventi strutturali di rafforzamento locale o di miglioramento sismico relativo a costruzioni pubbliche e private, come da OCDPC 171/2014, ha incaricato il sottoscritto studio HgeO di redigere lo studio di **Microzonazione di 1° Livello** nonché l'**Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE)** dell'insediamento urbano in territorio comunale.

Gli accordi contrattuali con il Comune hanno previsto anche una estensione al 2° Livello, pur non necessario per le finalità di finanziamento e di conoscenza richieste dalle citate DGR 598/2015.

Di seguito si illustrano le modalità esecutive del lavoro ed i risultati.

2 NORMATIVA E INDIRIZZI DI LAVORO

2.1 NORMATIVA

Con la DGR 1896/2014 e la DGR n. 598/2015, che fanno capo alla OCDPC 171 del 19.06.2014, la Struttura regionale competente (Dipartimento LLPP - Sicurezza Urb. Polizia Locale e R.A.S.A. - Sezione Lavori Pubblici - Oss. Reg. Appalti - PO Edific. in zona sismica, opere in c.a. e carpenteria metallica), indica che, nell'ambito della redazione degli studi di microzonazione sismica, i Comuni devono necessariamente predisporre anche le analisi per le Condizioni Limite per l'Emergenza (CLE), di cui all'art. 18 dell'O.P.C.M. n.4007/12. Ciò al fine di incentivare e promuovere tutte le iniziative volte al miglioramento delle attività di emergenza a seguito di eventi sismici. Ma di ciò verrà detto in apposita Relazione illustrativa.

Con delibera della Giunta n. 1572 del 03.09.2012, la Regione Veneto ha, inoltre, di integrare la documentazione da allegare alla pianificazione urbanistica mediante lo studio di "Microzonazione sismica", il quale deve fornire un supporto sulle modalità costruttive degli interventi, in modo da garantire un'adeguata sicurezza degli insediamenti e delle infrastrutture.

Con le disposizioni normative ora citate viene chiesto di redigere da parte dei comuni finanziati, gli Elaborati di Microzonazione sismica di 1° Livello nonché le analisi per le Condizioni Limite per l'Emergenza (di seguito CLE).

2.2 INDIRIZZI DI LAVORO

La metodologia dello studio si basa sulle procedure illustrate nei manuali prodotti dal Dipartimento della Protezione Civile nazionale "Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica - parte I, II, III – Conferenza Stato e Regioni (2008)"; sull'Allegato "A" della DGRV 1572/2013; sul D.M. 14.01.208 "Norme tecniche per le Costruzioni"; nonché su quanto disposto dalla OCDPC 171/2014 e dalla DGR 598/2015

La normativa vigente in materia prevede l'analisi e la valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nella pianificazione del territorio. Vengono codificate a livello procedurale secondo 3 distinti livelli, con grado di dettaglio via via crescente. Si veda la **Tabella 1**, tratta dall'Allegato A della DGR 1572/2013.

PROCEDURA DI MICROZONAZIONE SISMICA								
SIGLA	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	Verifica di assoggettabilità	(soglia)	1°livello	(soglia)	2°livello	(soglia)	3°livello
P1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi				cartografia			Analisi stabilità
P1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti				cartografia			Analisi stabilità
P1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana				cartografia	Analisi di stabilità	Fs prossimo a 1	Analisi stabilità
P2a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi altamente compressibili, ecc.	zona 4 pga>0,100 zona 3 pga<0,100	pga di sito >0,125		raccolta dati - cartografia	ABITATI* PREV.URBAN.* Eventuale verifica	PREV.URBAN.*	Cedimenti
P2b	Zona con depositi granulari fini saturi	zona 4 pga>0,100 zona 3 pga<0,100	pga di sito >0,125		raccolta dati - cartografia	ABITATI* PREV.URBAN.* Eventuale verifica	PREV.URBAN.*	Liquefazione
P2c	Zona caratterizzata da coltri di terreno di riporto o che hanno subito riempimenti antropici	zona 4 pga>0,100 zona 3 pga<0,100	pga di sito >0,125		raccolta dati - cartografia	ABITATI* PREV.URBAN.*	PREV.URBAN.*	Cedimenti
P3a	Linea di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di cava, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc...)				H=10 m; a>15°	Effetti topografici		
P3b	Zona di cresta e/o cocuzzolo: appuntita - arrotondata				h=1/3H; a e a2>15°	Effetti topografici		
P4a	Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi				Vs30<800m/s; C<0,25 Vs30<800m/s; C<0,25	Effetti litologici	h/l>0,65/Cv<1	Effetti lito-geometrici
P4b	Zona di fondovalle stretta (C>0,25) od in presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale				Vs30<800m/s- C>0,25	Effetti litologici		Effetti lito-geometrici
P4c	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deliziosa-lacustre				Vs30<800m/s	Effetti litologici		
P4d	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)				Vs30<800m/s	Effetti litologici		
P4e	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale				Vs30<800m/s	Effetti litologici		
P5a	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse				cartografia	Comportamenti differenziali		
P5b	Zona ove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole				cartografia			Comportamenti differenziali

ABITATI* = centri abitati esistenti
PREV.URBAN.* = esistenza di previsioni urbanistiche espansive

Tabella 1: Schema procedurale associato ai 3 livelli di studio di microzonazione per differenti scenari di pericolosità sismica locale. (tratta da Allegato A DGR 1572/2013 Regione Veneto).

Scendendo, ora, nel particolare della procedura adottata, si riportano le metodologie ed i risultati attesi per i tre diversi Livelli di studio:

Il **Livello 1°** consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento. E' un'analisi delle condizioni geologiche, geomorfologiche e morfologiche in chiave sismica e fornisce indicazioni sugli approfondimenti necessari. Si tratta anche di un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette la zonazione del territorio in termini dei diversi effetti prodotti dall'azione sismica, desunti sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, (quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

In pratica, lo studio consiste nell'analisi e rielaborazione in chiave sismica dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi del PAT (carta geologica, carta geomorfologica, carta idrogeologica, ecc.) e di altri studi geologici I.S. esistenti e si realizza con la redazione di una Relazione tecnica e di cartografie tematiche quali: *Carta delle indagini*, *Carta geologico-tecnica*, e *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)* dove viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo come da **Tabella 2**, in grado di determinare gli effetti sismici locali.

Questo 1° Livello si applica all'intero territorio comunale od all'ambito di applicazione dello specifico strumento urbanistico.

In particolare, nella MOPS sono state riportate anche le aree soggette ad instabilità o quanto meno di attenzione (ZA), amplificazione e/o con comportamenti differenziali, dove si rendono necessari i successivi livelli di approfondimento. Soprattutto, in relazione alle previsioni urbanistiche di tipo espansivo e di incremento del carico urbanistico, che possono interessare le seguenti zone con i relativi effetti:

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
P1 a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità per frana
P1 b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
P1 c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
P2 a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi altamente compressibili, ecc.	Instabilità per cedimenti e/o liquefazioni
P2 b	Zona con depositi granulari fini saturi	
P2 c	Zona caratterizzate da coltri di terreni di riporto o che hanno subito riempimenti antropici	
P3 a	Linea di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc..)	Amplificazioni topografiche
P3 b	Zona di cresta e/o cocuzzolo: appuntita – arrotondata	
P4 a	Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
P4 b	Zona di fondovalle stretta ($C > 0.25$) od in presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale .	
P4 c	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide delizioso - lacustre	
P4 d	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loess)	
P4 e	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
P5 a	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali
P5 b	Zona ove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole	

Tabella 2: Scenari di pericolosità sismica ed effetti (tratta Allegato A - DGR 1572/2013 Regione Veneto).

Il **Livello 2°** si applica in sede di P.I. a tutte le parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica individuati nella precedente fase e per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche del territorio od incremento dei carichi urbanistici e per il territorio compreso nel perimetro del “centro abitato” così come previsti dalla normativa vigente.

E' richiesto e ritenuto sufficiente nelle aree prive di particolari complicazioni, nelle quali sono attesi solo effetti di amplificazione (P3, P4c, P4d, P4e; P1c, P2, P4a). Esso permette la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione, di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici. Per questi tipi di valutazioni si eseguono indagini geofisiche e geognostiche ed una stima dei Fattori di amplificazione tramite formule ed abachi messi a disposizione dal Dipartimento nazionale di Protezione Civile.

Il **Livello 3°** è obbligatorio in fase di progettazione sia quando il 2° livello dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione topografiche e litologiche (P4b); sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità dei versanti (zone P1, della Tabella 2), e dei cedimenti e/o liquefazioni (zone P2) e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse. Oppure, dove sono previsti opere ed edifici di rilevante interesse

pubblico. Per questo tipo di analisi sono richieste indagini in sito e in laboratorio ed elaborazioni più approfondite.

Per quanto riguarda le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (zone P5 della Tabella 2) non viene richiesta la valutazione quantitativa a livelli di approfondimento maggiore dello scenario inerente, in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

Le procedure fanno riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) e possono essere implementate considerando altri periodi di ritorno.

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL TERRITORIO

Il Comune di Creazzo - Codice ISTAT 024036, Coordinate geografiche medie 45°31'58",44 N e 11°28'46",20 E - è ubicato nella porzione mediana della Provincia di Vicenza. Esso confina rispettivamente con i Comuni di: Vicenza, Sovizzo, Monteviale, Altavilla Vicentina. La superficie è di 10,51 Km² di cui 5,53 nella zona collinare e i restanti 4,98 in pianura.

Il territorio comunale è inserito nei Fogli nr. 50 IV SO "Vicenza" e 49 I SE "Arzignano" della cartografia IGM a scala 1:25.000. Nella Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000, è inserito nelle Sezioni nr. 125020 – 125060 – 125070. Si veda la **Scheda 1** per l'inquadramento.

L'insediamento maggiore del Comune, oltre al capoluogo è la località di Olmo a SudEst del capoluogo, mentre esistono altri nuclei abitativi significativi quali: Campignardi, Fusine, Rivella, san Marco, Spessa, Valscura e Vigne.

Dal punto di vista altimetrico il territorio comunale presenta una altitudine media della porzione di pianura è di 34 m s.l.m. e una degradazione uniforme verso SE. La quota per la zona collinare oscilla tra 100 e 200 m s.l.m., con punte di altitudine anche fino a 220 m s.l.m.

PROCEDURA DI 1° LIVELLO

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E TETTONICO

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio comunale può essere diviso in due unità morfologiche, che nello specifico sono la 1) *zona collinare* e la 2) *zona di pianura* a Sud della prima.

1. Per quanto riguarda i rilievi collinari, si tratta di un'area con asse a direzione NordOvest-SudEst a morfologia ondulata e talora capricciosa a causa dei disturbi tettonici, ma soprattutto, delle morfologie tipicamente carsiche. La presenza di fenomeni carsici porta immediatamente a verificare in sito sia zone più o meno vaste occupate da "doline" o da raggruppamenti di queste. I rilievi Berici sono caratterizzati da formazioni rocciose con età compresa tra il Cretacico superiore e l'Oligocene. Seguono poi nella successione stratigrafica depositi sciolti del Quaternario.

L'area collinare ha andamento monoclinale con debole immersione generale verso SudEst, come del resto buona parte dei Monti Lessini orientali. Tale monotona disposizione strutturale è, però interessata anche da dislocazioni tettoniche, che determinano l'assetto idrografico, la morfologia e le condizioni di stabilità dell'area collinare.

La successione stratigrafica berica, qui, è costituita da formazioni sedimentarie calcaree organogene quali le *Calcareniti di Castelgomberto* (Oligocene, tra circa 36 e 24 milioni di anni fa), le *Arenarie di Sant'Urbano*, passanti a marne e calcari marnosi (*Marne di M. Costi*), e da *Vulcaniti terziarie* (Eocene inferiore e medio, tra circa 55 e 40 milioni di anni fa), parzialmente mascherate a ridosso dei rilievi dai depositi quaternari, con spessori talvolta metrici. Uno di questi elementi vulcanici è riscontrabile al confine NordOvest con il Comune di Monteviale. All'interno del complesso arenaceo e sopra i depositi vulcanici si trova, localmente, un livello di finissima sabbia silicea (Saldame) di origine eolica.

Nello specifico, nell'Eocene Medio il fondo marino sprofonda di nuovo dando così luogo a sedimentazione calcarea con elevata componente argilloso-marnosa, spesso fissile e di color grigio-giallastro. Contemporaneamente a questa fase ebbe inizio in superficie e sul fondo marino una abbondante attività eruttiva, che si protrasse fino all'Eocene Superiore. In tale intervallo si depositano arenarie tufacee conosciute localmente con il nome di Pietra di Nanto, i *Calcari a Nummuliti Eocene medio*) e le *Marne di Priabona* (Eocene superiore, tra circa 40 e 36 milioni di anni fa) - **Scheda 2**.

Verso la fine dell'Eocene Superiore, l'ambiente marino subisce profondi cambiamenti dovuti all'estinzione di molti organismi che con i loro gusci avevano contribuito alla formazione dei sedimenti. Dopo questa grossa estinzione si forma una lunga barriera costituita da coralli e alghe, che si erge per alcuni metri rispetto al fondale. Questa scogliera da origine ad una laguna, compresa tra essa e le terre emerse occidentali; la laguna, corrispondente alla zona

compresa tra Vicenza, Montecchio maggiore, Valdagno e Malo, resta in comunicazione con il mare aperto attraverso dei canali che interrompono saltuariamente la barriera (**Scheda 3**).

La laguna è un ambiente a bassa energia, dove la sedimentazione è costituita da materiali organici e minerali, quali coralli e alghe, da medie a fini. In tale ambiente si depositano le *Calcareniti di Castelgomberto*. Si tratta di calcari, calcareniti e calcari nulliporici, talora riccamente fossiliferi, a stratificazione medio-elevata ($h = 0.20 \div > 1.0$ m), spesso irregolare o mal distinta, talora in strati sottili o in banchi. Al loro interno sono localmente presenti intercalazioni marnose, marnoso-arenacee o siltose, talora anche di spessore elevato, comunque in prevalenza inferiore al metro.

Questa tipologia di ambiente si protrae anche per buona parte dell'Oligocene quando riprende l'attività vulcanica che termina con l'emersione del fondale marino nell'Oligocene Superiore. Con l'emersione del fondale inizia anche la sua erosione da parte degli agenti atmosferici, fino a quando nel Miocene inferiore il mare rientra nell'area berica. A questo periodo corrisponde una deposizione di materiali prevalentemente sabbiosi di origine eolica (saldame) (**Scheda 4**).

Successivamente, circa 6 milioni di anni fa, si ha l'innalzamento dell'area berica dovuto a movimenti tettonici, che porta alla completa emersione dell'area, concludendone così la costruzione strutturale e litologica.

Da quel momento inizia sulle compagini rocciose il processo di alterazione che porta alla formazione di depositi superficiali sciolti. Questi depositi, rimossi e trasportati da parte delle acque superficiali e sotterranee, sia di origine glaciale che fluviale, porta alla costituzione delle coperture detritiche e alluvionali che ammantano i rilievi e colmano progressivamente le aree di pianura ad essi interposte.

2. La Pianura Padano-Atesina, che comprende il territorio meridionale di Creazzo, fa parte della porzione orientale della Pianura Padana. Nello specifico essa si trova tra la Pianura Veneto-Friulana formata dai megafan del Brenta, del Piave, del Tagliamento, di Cormor, del Torre, dell'Isonzo e di conoidi minori (Fontana *et al.*, in stampa), a NE, e la Pianura Padana a Sud e ad Ovest (MURST, 1997).

Lo strato più superficiale della Pianura Padano-Atesina si è formata nel corso dell'Olocene superiore grazie all'attività sedimentaria dell'Adige, del Tartaro e del Po (Castiglioni, 1999).

Gli studi pubblicati e le indagini geognostiche profonde consentono di affermare che gran parte del materasso alluvionale dell'area in esame è caratterizzato da sedimenti di origine marina (sabbie, marne ed argille del Quaternario antico-Calabrian ed Emiliano), poggianti a loro volta su formazioni terziarie.

Alla sommità di questa serie risultano invece esserci materiali di origine continentale risalenti al Pleistocene superiore. Solo dal Pleistocene medio si iniziarono a depositare i più antichi depositi continentali presenti in Pianura Padana, e ciò contemporaneamente alla fusione dei ghiacciai appartenenti alle prime glaciazioni (Donau e Günz). Le cause che portarono

all'instaurarsi di un ambiente continentale furono subsidenza, oscillazioni eustatiche e, da ultimo, i movimenti tettonici. In tal modo, lentamente, la Pianura Padana si riempì dei detriti trasportati dalle masse fluviali e fluvioglaciali.

La configurazione del territorio attualmente osservabile fu assunta alla fine della glaciazione rissiana, ma soprattutto dopo l'ultima glaciazione (Würm), quando la linea di costa arrivava alle latitudini della città di Ancona, a partire da 11500 anni BP, il livello marino si innalzò portandosi agli attuali livelli, facendo retrogradare l'intero sistema costiero ed inducendo un'aggradazione dei vari sistemi fluviali, almeno sino a 5÷6000 anni BP.

Come anticipato, è però con l'epoca Tardo Antica – Alto Medievale (in particolare tra 1500 e 1300 BP) che si assiste ad un significativo cambiamento sia climatico che di gestione antropica delle acque. Dal punto di vista idrografico, a seguito di lunghi periodi di piogge che determinarono serie di importanti rotte fluviali con inondazioni ed alluvionamenti di vasti territori, molti corsi d'acqua abbandonarono i loro antichi alvei pensili verso aree più depresse. Tra gli effetti di tali eventi alluvionali, molte tra le aree più depresse della pianura Padano-Atesina rimasero a lungo caratterizzate dalla presenza di specchi lacustri, che lentamente si trasformarono in bacini palustri.

4.2 LITOLOGIA

4.2.1 LITOLOGIE PREQUATERNARIE

La successione cronologica delle litologie prequaternarie che caratterizzano l'area collinare berica è riassunta nelle **Schede 2, 3 e 4**.

Nell'area di Creazzo tale successione è normale, ossia i terreni più antichi affiorano alla base dei rilievi mentre quelli più recenti affiorano alle quote maggiori. Gli strati hanno inclinazione che varia mediamente tra 10° e 30°, ma sempre monotonamente inclinati verso SudOvest.

I litotipi presenti nel territorio comunale iniziano cronologicamente dalle *Calcareniti di Castelgomberto*. Questa formazione è costituita da un complesso di litologie quali calcari e calcareniti nulliporici e coralliferi con intercalazioni di marne e calcari marnosi a Nummuliti, di colore da biancastro a giallastro, stratificazione variabile.

Le Calcareniti di Castelgomberto affiorano nella parte medio-bassa dei rilievi collinari di Creazzo e data la loro stratificazione e compattezza costituiscono le significative scarpate che cingono i rilievi di Creazzo.

La zona dei Berici come già spiegato è stata oggetto tra l'Eocene medio e l'Oligocene superiore di più fasi di attività vulcanica che hanno dato origine a litotipi di origine eruttiva, i quali si sono imposti nelle formazioni esistenti. Si tratta di tufi, breccie basaltiche, vulcanoclastiti e marne tufacee, di colore da grigiastro a giallo o violetto, indicate genericamente con il nome di Vulcaniti. Esse affiorano o subaffiorano con modalità casuale all'interno dei Berici, in funzione dei punti di manifestazione dell'attività vulcanica ed hanno un'estensione limitata rispetto alle formazioni

sedimentarie. Nell'area di Creazzo si può rinvenire una area interessata da Vulcaniti in corrispondenza del lembo NNW al confine con il Comune di Monteviale.

All'interno del complesso arenaceo e sopra i depositi vulcanici si trova, localmente, un livello di finissima sabbia finissima silicea (*Saldame*). In Creazzo è riscontrabile nella parte NordEst del territorio delimitato da via Sabbioni. Il deposito è in genere potente un paio di metri e le sabbie mostrano caratteristiche e strutture proprie dei depositi eolici e di spiaggia e marcano il passaggio tra condizioni continentali e il progressivo instaurarsi di un ambiente marino di mare basso caratterizzato da depositi calcareo arenacei dell'unità stratigrafica conosciuta con il nome di "*Arenarie di S. Urbano*".

Alle "*Arenarie di S. Urbano*" fanno seguito le "*Marne argillose di Monte Costi*", sedimenti di mare aperto che testimoniano il progressivo approfondimento del bacino. Queste ultime occupano l'intera parte sommitale del rilievo di Creazzo e sono caratterizzate da diffusa dissoluzione della componente calcarea che dà luogo a forme più o meno ampie di doline o gruppi di doline, segnale superficiale di un più ampio fenomeno che interessa tutto il complesso collinare carbonatico: il carsismo.

4.2.2 LITOLOGIE QUATERNARIE

La parte pianeggiante caratterizza tutta l'area tra i rilievi collinari ed il confine meridionale ed orientale.

A raccordare i rilievi con la pianura a meridione si hanno i depositi detritici con litologie prevalentemente grossolane e poco mature. Esistono, però, anche raccordi repentini, molto più acclivi legati alla litologica del substrato ed alla diversa resistenza all'erosione delle varie formazioni che lo costituiscono.

La parte pianeggiante si trova, invece, a quote variabili tra circa 44 e 34 metri sul livello medio del mare. Esiste una limitata zona compresa tra il Torrente Valdiezza limitrofa al confine comunale occidentale, mentre la maggiore caratterizza tutta l'area tra i rilievi collinari ed il confine meridionale. Mentre la prima risulta poco urbanizzata (solo poche case sparse), la seconda, vista la presenza di importanti infrastrutture stradali etc, è, invece, intensamente urbanizzata soprattutto nella porzione Sud e SudEst.

Dal punto di vista stratigrafico l'area pianeggiante del Comune di Creazzo è costituita dal rimaneggiamento fluviale dei prodotti di disfacimento delle Prealpi ed Alpi Venete. Le azioni che hanno dato luogo e forma ai sedimenti quaternari sono molteplici e diversificate (azione glaciale e fluvioglaciale, divagazione fluviale, etc.).

Le litologie sciolte che prevalgono a Creazzo sono:

I *Depositi di conoide e di versante* della zona in esame sono caratterizzati da elementi grossolani quali ciottoli e ghiaie, immersi in matrice prevalentemente sabbiosa. La granulometria dei depositi è, normalmente, legata all'energia di trasporto delle acque, che nel caso degli scaricatori glaciali nel passato e dei torrenti attuali, in uscita dalla zona pedemontana, è elevata, grazie anche alla

pendenza topografica. Interessano la fascia che va dai piedi dei rilievi sino alle vie "Battaglione Vicenza" e "Carpeneda".

I depositi di raccordo tra rilievi e pianura (*Depositi di versante*), ma anche tra rilievi e aree poco acclivi come la fascia che cinge il complesso collinare e "separa" le calcareniti dalle marne soprastanti, sono costituiti dall'accumulo dei materiali di alterazione delle rocce calcaree e dei prodotti vulcanici che formano l'ossatura dei rilievi. Si tratta di accumuli eterogenei dovuti allo smantellamento e alla denudazione dei rilievi soprastanti e al conseguente trasporto di materiali lungo i versanti da parte delle acque dilavanti o del ruscellamento concentrato.

Si tratta di materiali con cenni di stratificazione per una distribuzione in lenti o livelli delle frazioni costituenti, in cui tende comunque a prevalere la frazione fine argilloso-limosa, a consistenza da bassa a media; percentualmente variabile è la presenza di elementi litoidi da minuti a grossolani, con un grado variabile di arrotondamento.

Il passaggio dalla zona di conoide/pedemontana alla pianura aperta è caratterizzato da un'interdigitazione dei depositi di conoide con quelli alluvionali.

A valle, dove peraltro maggiore è stata l'urbanizzazione, l'area comunale è caratterizzata da una forte variabilità litostratigrafia, occupata soprattutto da *Depositi alluvionali* di natura limoso-argillosa e, verso i rilievi, sabbioso-limosa. La granulometria minore è causata dalla minore energia di trasporto delle acque fluviali che solcano zone a minor gradiente topografico.

Indicativamente questi depositi caratterizzano la zona che dalle vie "Battaglione Vicenza" e , poi, "Carpeneda" va sino al confine meridionale.

Si tratta di depositi di tipo alluvionale dove il materiale fine limo-argilloso ingloba clasti calcarei di dimensioni anche centimetriche.

I *Depositi eluviali* sono terreni di origine residuale, prodotti dagli effetti dell'alterazione e della dissoluzione carsica sulle rocce marnoso-calcaree affioranti e dal progressivo accumulo dei prodotti residuali insolubili di composizione non carbonatica. Caratterizzano le aree dolinali.

Sono coperture di origine eluviale e/o colluviale comunemente indicate con il termine di "terra rossa". In realtà, le terre rosse possono presentarsi con caratteristiche sia di depositi eluviali che colluviali, vale a dire sia come prodotto di alterazione e disfacimento della roccia in posto che come accumulo di materiali rimossi dalla loro posizione originaria e ridepositati in corrispondenza di aree morfologicamente più depresse.

La composizione chimico-mineralogica delle terre rosse ricalca molto da vicino quella del residuo insolubile delle rocce da cui si sono originate, essendo caratterizzata da una notevole abbondanza di idrossidi di ferro ed alluminio, di minerali argillosi (soprattutto illite e caolinite) e da componenti minori quali quarzo, feldspati, pirosseni, ecc.

La granulometria delle terre rosse presenta di norma un ampio intervallo di variazione, poiché dipende spesso dalle caratteristiche genetiche ed evolutive dei singoli depositi. In linea di massima si tratta, nella maggior parte dei casi, di terreni composti da particelle delle dimensioni del limo e/o delle sabbie fini, con una discreta presenza di frazione argillosa: si va dalle sabbie limose ai limi

sabbioso-argillosi, con variazioni sensibili ed imprevedibili anche nell'ambito di uno stesso deposito.

Infine, distribuite un lungo tutto il perimetro del rilievo collinare di Creazzo e soprattutto alle testate delle vallecole sono presenti piccole *forme gravitative*.

Più estesa risulta l'area interessata da movimento gravitativo lento lungo la via Pozzetto. Si tratta di movimento tipo Il *creep* è un movimento superficiale di deformazione plastica del terreno che può verificarsi anche su pendenze limitate. La lentezza di questo tipo di processo ed inoltre la mancanza di evidenti superfici di taglio o nicchie di distacco determina aspetti non appariscenti del fenomeno e quindi anche la sua delimitazione diventa difficile. Il suo lento ma continuo avanzamento provoca ondulazioni nel terreno e, di conseguenza, lesioni e "spanciamenti" nei muretti di contenimento, cedimenti lungo le strade o lesioni sui fabbricati che hanno fondazioni superficiali

4.3 ASSETTO TETTONICO

Come già detto precedentemente, a causa del corrugamento locale della crosta terrestre avvenuto ai margini e nell'ultima fase dell'orogenesi alpina, l'area berica emerse dando luogo ad un'anticlinale alta qualche centinaio di metri sul livello del mare.

L'area collinare ha andamento monoclinale con debole immersione generale verso SudEst, come del resto buona parte dei Monti Lessini orientali. Tale monotona disposizione strutturale è, però interessata anche da dislocazioni tettoniche, che determinano l'assetto idrografico, la morfologia e le condizioni di stabilità dell'area collinare.

Tra le più importanti dislocazioni c'è da segnalare la "Linea Schio-Vicenza" che corre in prossimità del limite Est dei rilievi collinari e che con il suo andamento NW-SE ha abbassato tutto il settore orientale, attualmente sepolto sotto il materasso alluvionale, determinando una brusca terminazione dei rilievi in corrispondenza anche del territorio di Creazzo.

Sempre di tipologia "scledense" è la "Linea Recoaro-Valdagno" che si sviluppa quasi interamente nei Lessini. Esiste poi un quadro fessurativo a direzione N-S che interseca il sistema scledense e che, per Creazzo, corrisponde alla valle de Torrente Valdiezza - **Scheda 5**.

Da non trascurare, poi, i fenomeni di Neotettonica quaternaria che inducono a locali cambiamenti morfologici ed idraulici, come le deviazioni fluviali.

4.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

4.4.1 RETE IDRICA SUPERFICIALE

Il territorio comunale di Creazzo appartiene al sistema idrografico del Bacino del Bacchiglione.

L'area comunale è caratterizzata da numerosi corsi d'acqua e da una rete secondaria di canali e scoli consorziali e non, oltre che da fossati interpoderali. Questi sono maggiormente visibili e

presenti nella porzione SudOvest e nella porzione est, mentre il restante territorio di pianura risulta completamente urbanizzato e il convogliamento delle acque meteoriche è affidato alla rete fognaria.

I principali corsi d'acqua hanno una direzione generale da Nord a Sud e sono collegati tra loro da una serie di rogge o scoli a prevalente direzione longitudinale. Le aste che interessano il Comune sono: *Fiume Retrone, Rio Donestra, Spino Pisocche, Scolo Piazzon, Roggia Poletto, Roggia Valscura e Roggia Casalina*.

Il territorio comunale di Creazzo è interessato inoltre da emergenze idriche puntuali distribuite sia nell'area collinare (sorgenti), sia in quella di pianura (risorgive).

Nel primo caso si tratta di sorgenti classificabili "per limite di permeabilità sovrainposta", distribuite di norma ai piedi delle pareti più acclivi. Sono dotate generalmente di portate molto basse.

Nel caso delle risorgive, si tratta di sorgenti localizzate nella porzione di pianura derivanti dalla venuta a giorno della falda sotterranea che, ostacolata nel suo percorso dalla presenza di terreni sempre più fini e poco conduttivi, trova sfogo al contatto tra questi diversi terreni, dando origine ad un'ampia fascia di emergenze caratterizzante la zona dell'alta-media pianura veneta. L'ubicazione di tali emergenze è contenuta in **Scheda 6**.

4.4.2 ASSETTO IDROGEOLOGICO

L'aspetto peculiare del territorio di Creazzo è la "fascia delle risorgive", testimone di un complesso quadro idrogeologico e con influenze sul territorio e sulla sua vivibilità umana. Il materasso quaternario sciolto che costituisce il sottosuolo della pianura passa da depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi a depositi ternari con percentuale di terreni fini (limi e argille) variabile. Tale variazione induce una geometria degli acquiferi diversificata tra monte e valle.

Infatti, nei depositi di conoide ghiaioso-sabbiosi si riscontra un unico acquifero indifferenziato alimentato sia dalle precipitazioni che qui trovano facile infiltrazione, sia dagli apporti laterali di monte (percorsi sotterranei nel sistema carsico/fratturato) e fluviale. Il tetto della falda oscilla tra -100 e -50 metri da piano campagna.

Man mano che si scende di quota, arrivando così ai terreni alluvionali medio-fini, il materasso ospita un sistema acquifero multifalde, ossia una falda superficiale libera e una serie di falde profonde sovrapposte, in pressione - **Scheda 7**.

In questo caso la tavola d'acqua si avvicina al piano campagna, fino a venire a giorno in corrispondenza di locali livelli relativamente impermeabili. Ciò dà luogo ad una linea di sorgenti chiamata "linea delle risorgive". Si tratta di un sistema idrico altamente delicato dal punto di vista qualitativo, dato che l'acqua emergente è ritenuta ottima e protetta anche dalle disposizioni regionali. Per una completa analisi delle risorgive nel vicentino si rimanda allo studio commissionato dalla AATO Bacchiglione¹.

¹ Modena P., Zangheri P., Tutela e valorizzazione delle risorgive della Provincia di Vicenza - 2005

Situazione diversa esiste, invece, nel complesso calcareo-arenaceo e arenaceo-marnoso dei rilievi. Qui la circolazione idrica avviene per percolazione degli apporti idrici esterni verso il livello di base sia mediante porosità, nei termini arenacei più discretizzati (es. il Saldame), sia mediante il quadro fessurativo e le giaciture stratigrafiche che le condizioni tettoniche hanno impostato per lo stesso complesso. Importanza non trascurabile per gli aspetti idrogeologici locali, ha poi, l'esistenza di un diffuso carsismo sia superficiale che sotterraneo. Nel primo caso, la presenza di terreni residuali fini della dissoluzione chimica riduce o annulla il deflusso idrico superficiale specie di tipo "concentrato" e, nelle zone di "dolina" impedisce o rallenta la percolazione dei quantitativi meteorici, dando luogo anche a dei locali e temporanei specchi d'acqua (lame). Nel secondo caso, la presenza di un reticolo carsico più o meno sviluppato porta a convogliare le acque in profondità verso la superficie di base e ad alimentare il materasso quaternario posto a Sud, vista anche la generale, seppur, debole, inclinazione verso questo quadrante.

Di norma la tavola d'acqua è, qui, profonda un centinaio e più di metri e, attraverso il sistemi carsico-fratturati dell'ammasso, costituisce la falda di base che alimenta la pianura.

Esistono, tuttavia delle distribuite deboli e concentrate soprattutto al cambiamento litologico. Un esempio è l'orizzonte generalizzato posto tra le calcareniti e i depositi sciolti di versante, magari per cambio topografico. Di queste si è fatto un censimento come specificato nel paragrafo successivo.

5 CARATTERIZZAZIONE SISMOGENETICA DEL TERRITORIO

La classificazione sismogenetica nazionale (ZS9) fa ricadere il Veneto nelle zone 905 e 906 (**Scheda 8**). La zona 905 comprende la fascia pedemontana tra Bassano del Grappa e il confine con il Friuli-Venezia Giulia; la zona 906 si estende lungo la fascia pedemontana da Bassano fino al Lago di Garda.

Il tipo di fagliazione, cui imputare i terremoti verificatisi in queste due aree, è quello di faglia inversa, dovuta a movimento compressivo legato alla convergenza tra placca adriatica ed europea, con profondità ipocentrale media stimata di 8 Km.

Il Comune di Creazzo ricade nella porzione sud-orientale della zona 906.

Altra fonte di dati per quanto riguarda le sorgenti sismogenetiche, ossia le strutture responsabili dei vari terremoti, è costituita dal **DISS** (Database of Individual Seismogenic Sources), redatto da ricercatori dell'INGV a partire dagli anni '90. In tale database sono individuate sorgenti individuali (IS), composite (CS) o dibattute (DS). Tale database, aggiornato ed evoluto nel tempo, costituisce uno strumento per lo sviluppo di modelli di pericolosità sismica ed è ritenuto a tutt'oggi il più avanzato archivio di sorgenti sismogenetiche in ambito europeo.

Le sorgenti individuali (IS) rappresentano una struttura certa o presunta, associata ad almeno un evento sismico significativo ($M > 5.5$) riportato nel database o riconosciuto tramite indagini paleosismologiche.

Le sorgenti composite (CS) invece rappresentano un'area di involuppo che può comprendere le località di più eventi significativi del passato o di possibili eventi in futuro.

Le sorgenti dibattute (DS) comprendono aree su cui non c'è ancora concordanza interpretativa.

La fascia pedemontana veneta ricade nelle IS101, IS102, IS 113, IS 124, IS 125 e IS127, mentre è compresa nelle CS007 e CS060 (**Scheda 9**).

In particolare la zona di Creazzo non ricade in nessuna di tali zone sismogenetiche ma si colloca a Sud della CS007 Thiene-Cornuda, che si estende da Schio a Cornuda, caratterizzata da Magnitudo Mw=6.6 e rappresenta un segmento di sovrascorrimento sudvergente, frammentato da elementi trasversali, coinvolto nella genesi degli eventi sismici maggiori fino a profondità modeste (7-9 km).

Il Comune di Creazzo è anche posto a NordEst della CS076 Adige Plain, caratterizzata da Magnitudo Mw=6.7, che comprende la fascia di comuni tra il basso veronese e il mantovano a partire dall'allineamento Ronco all'Adige-Belfiore fino a Goito-Rodigo. Tale fascia corrisponde ad una zona di deformazione tettonica appartenente presumibilmente al fronte più esterno dei sovrascorrimenti legati alla Linea delle Giudicarie: si tratta di una serie di sovrascorrimenti ad orientazione NE-SW, con profondità ipocentrali massime di 10 Km. Diverse ipotesi riconoscono in questa sorgente la fonte del meccanismo tettonico che ha dato origine al violento sisma del 3 gennaio 1117, oltre ad una numerosa serie di altri sismi a bassa magnitudo (**Scheda 10**).

Il Veneto in un recente studio² da parte dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS), che fornisce il Servizio di monitoraggio e allarme sismico alla Protezione Civile Regionale, è stato suddiviso in 9 "distretti sismici" sulla base di dati sismologici, elementi geologico-strutturali e informazioni relative alla cinematica e alla tettonica attiva (**Scheda 11**). Viene definito distretto sismico "un'area all'interno della quale si ritiene che i terremoti possano essere identificati da alcuni elementi sismogenetici comuni". I distretti sismici veneti sono i seguenti:

1	Giudicarie (G)	4	Pedemontana Nord (PN)	7	Alto Bellunese-Dolomiti (B)
2	Lessini-Schio (L)	5	Alpago-Cansiglio (A)	8	Pianura Veneta Est (PVE)
3	Pedemontana Sud (PS)	6	Claut (C)	9	Pianura Veneta Ovest (PVO)

Il territorio di Creazzo ricade nella parte centro-orientale del **distretto Lessini-Schio (L)**, che presenta forma grossomodo triangolare. Tale Distretto è delimitato ad Ovest dai fronti di accavallamento più esterni del sistema delle Giudicarie meridionali e ad Est dalla porzione più orientale del fascio dei lineamenti scledensi a direzione NW-SE. L'apice del Distretto è posizionato grossomodo tra Trento e Pergine Valsugana, mentre il limite meridionale è stato segnato nella pianura tra Rovigo e Mantova, dove la sismicità nota è minima (**Scheda 11**).

² Vedi: M. Sugam, L. Peruzza "Distretti sismici del Veneto" – Centro Ricerche sismologiche, Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale Cussignacco (UD) e Sgonico (Ts) - pubbl. su Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, Vol. 52 n.4 supplement, Dicembre 2011

Tale distretto comprende la Linea Schio-Vicenza (SCHV) e tutto il suo fascio di allineamenti trascorrenti, oltre che come elementi geomorfologici i Monti Lessini, i Monti Berici e i Colli Euganei.

L'assetto strutturale di tale distretto è dominato da faglie prevalentemente trascorrenti, con direzione NW-SE. Sono presenti tuttavia anche sovrascorrimenti ENE-WSW come il sovrascorrimento di Cima Marana e il klippen di Castel Malera. La fascia di lineamenti trascorrenti legati alla Linea Schio-Vicenza separa un settore orientale che presenta pieghe ad asse E-W correlate alla Linea della Valsugana e alla Flessura pedemontana da un settore occidentale meno disturbato, corrispondente ai Lessini e una fascia in destra Adige dominata da allineamenti NE-SW (giudicariensi) di faglie e pieghe. La Linea Schio-Vicenza presenta un'importante attività tettonica quaternaria. Altro importante elemento che ha influenzato l'assetto strutturale del Distretto L, nonché il comportamento reologico deformativo, è il diffuso vulcanismo terziario che si è sviluppato dal Lago di Garda fino alla valle del Brenta e da Trento fino ai Colli Euganei.

5.1 SISMICITÀ STORICA DEL DISTRETTO

La ricostruzione storica dei terremoti si basa sul Catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI04, poi aggiornato al CPTI11), realizzato per creare la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale. Tale catalogo comprende 2550 eventi, dal 217 a.C. al 2002, aventi una soglia di intensità epicentrale $I_0 \geq V/VI$ della scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg) o magnitudo da onde di superficie $M_w^3 \geq 4.0$.

Il distretto Lessini-Schio (**Scheda 12**) si ritiene caratterizzato potenzialmente da due forti eventi medioevali e da altri eventi che hanno superato la soglia del danno ($I_0=VI$ MCS), ben documentati nel Rinascimento e dalla fine dell'Ottocento.

Nella zona sono stati posizionati gli epicentri, derivati da informazioni macrosismiche, degli eventi disastrosi del 3 gennaio 1117 di Verona ($M_w=6.49$, $I_0=IX-X$ MCS) e del 25 dicembre 1222 del Basso Bresciano. L'evento del 1117 tuttavia, nonostante gli studi e le ricerche, rimane incerto sia nella localizzazione che negli effetti. L'evento del 1222 è invece attribuito a strutture sepolte delle Prealpi Bresciane. Altri eventi, tra il 1600 e 1900, sono stati cancellati in quanto o riparametrizzati o spostati

Negli ultimi due secoli è importante l'evento del 7 giugno 1891, in Val d'Illasi, ($I_0=VIII-IX$ MCS, $M_w=5.71$), caratterizzato da ingenti danni in prossimità dell'epicentro e da effetti al di sopra della soglia del danno nella Lessinia. Il 15 giugno dello stesso anno un altro evento nella zona di Peschiera ($I_0=VI$, $M_w=4.83$) viene documentato grazie agli effetti registrati. Anche nel 1895 si hanno eventi ravvicinati per data e ubicazione (12 ottobre Malcesine – distretto Giudicarie e 2 novembre Valle d'Illasi – distretto Lessini).

Ancora per la Valle d'Illasi si riportano altri tre eventi che hanno raggiunto o superato la soglia del danno (9 agosto 1892, $M_w=5.17$; 9 febbraio 1894, $M_w=5.17$; 15 marzo 1908, $M_w=5.01$). Anche

³ M_w = magnitudo momento; M_D = magnitudo di durata; M_L = magnitudo locale

l'area di Recoaro-Pasubio ha avuto eventi in epoca storica (es. 27 gennaio 1897 con $M_w=5.17$) e strumentale (13 settembre 1989 $I_0=VI$, $M_w=4.96$; $MAG=4.7$).

Si riporta notizia anche dell'evento del 1406 con effetti massimi nella zona di Rovereto, che è tuttavia molto dibattuto e non inserito nel catalogo, e gli eventi riguardanti il tratto più settentrionale della valle dell'Adige (III sec d.C.; 2200-2600 a.C.).

L'analisi dei dati macrosismici fa pensare tuttavia ad un'anisotropia della crosta terrestre in questo settore legata alle sue caratteristiche attenuative poiché da sisma a sisma è talora cambiato il tipo di risentimento nelle varie località.

Nella sottostante Figura è riportato un grafico che illustra la relazione tra Intensità, scossa, effetti e magnitudo di un sisma, per comprendere i valori dei terremoti sopra elencati.

Intensità I_{MCS}	Scossa	Effetti	MAW - MD
I	strumentale		$\leq 2.6 - 2.3$
II	leggerissima		3.0 - 2.7
III	leggera		3.4 - 3.0
IV	mediocre	Percezione	3.9 - 3.4
V	forte		4.3 - 3.9
VI	molto forte		4.8 - 4.5
VII	fortissima	Danno	5.1 - 4.9
VIII	rovinosa		5.5
IX	disastrosa		5.9
X	disastrosissima		6.5
XI	catastrofica		7.0
XII	grande catastrofe	Distruzione	> 7.3

Figura 1: Relazione orientativa tra intensità macrosismica, effetti e magnitudo strumentali

5.2 SISMICITÀ STRUMENTALE DEL DISTRETTO

Le registrazioni strumentali dal 1977 al 2010 individuano un solo evento importante, nella zona montuosa, entro i 20-25 km di profondità.

Il 29 ottobre 2011 è stato registrato un evento nella zona di Ala-Avio che ha dato luogo ad una sequenza di piccoli eventi ($M_L=4.4$; $M_w=4.0$). I terremoti con magnitudo superiore a 3 sono concentrati nella parte settentrionale dell'area Lessinea e procedendo verso la pianura sono localizzati in una fascia tra la Linea Schio-Vicenza e la valle dell'Adige.

In epoca strumentale il terremoto principale è stato registrato il 13 settembre 1989 nella zona del Monte Pasubio ($M_D=4.7$, profondità 9-10 Km). Nella stessa area risulta l'evento del 21 luglio 1983 con $M_D=3.8$.

Altro evento registrato il 24 ottobre 1994 ($M_D=3.5$ secondo dati OGS) a NW del Pasubio viene classificato nel catalogo CSI 1.1 con $MAG=4.3$.

L'evento del 24 maggio 1987 ($M_D=4.2$) attribuito da OGS originariamente alla zona del Garda orientale (Distretto delle Giudicarie) è stato poi rielaborato ($M_L=4.4$ e $M_W=4.8$) e attribuito al Distretto Lessini.

Lo stile deformativo dell'area meridionale dei Lessini è di tipo distensivo, con suddivisione in blocchi e sollevamenti differenziali.

5.3 NEOTETTONICA E SORGENTI SIMOGENETICHE

La fase tettonica attuale (neotettonica) si esprime nella zona in esame con un processo di sollevamento di tipo articolato, ossia il Distretto è suddiviso in piccoli blocchi che risentono sia di sollevamenti differenziali che di basculamenti per la presenza di faglie subverticali appartenenti in parte al sistema giudicariense (NNE-SSW), in parte al sistema scledense (direzione NW-SE) e in parte al sistema Valsuganense (WSW-ENE). L'entità dei sollevamenti aumenta procedendo da Sud verso Nord.

La zona dei rilievi Euganei, Berici e Lessini orientali è soggetta a movimenti dovuti ad inarcamento di una piega Anticlinale, il cui asse WSW-ENE si colloca in corrispondenza dei Berici. I Lessini occidentali invece sono caratterizzati prevalentemente da basculamenti che inducono l'abbassamento della porzione occidentale dei blocchi. Le depressioni tettoniche come il graben Vicenza-Montecchio e graben Berici-Euganei, sono stati imputati a modesti collassi locali generati da tensioni secondarie, normali all'asse dell'Anticlinale berico-euganea.

Le sorgenti sismogeniche significative per quest'area sono il fronte di accavallamento del Monte Baldo (ITCS073) e la sorgente Western S-Alps External Thrust (ITCS002).

Nella parte orientale del Distretto Lessini il potenziale sismogenico è attribuito a strutture ad orientamento valsuganese sul fronte della flessura pedemontana (ITCS007 Thiene Cornuda).

Il massimo potenziale sismogenico viene attribuito da DISS alla sorgente Adige Plain (ITCS076) con una magnitudo massima ipotizzata di 6.7, corrispondente ad un potenziale elemento strutturale sepolto.

Nella definizione dell'estensione del Distretto Lessini-Schio si è considerata la Linea Schio-Vicenza una potenziale sorgente sismogenica. Per il settore dei Lessini è stato stimato un massimo sforzo compressivo e di massimo raccorciamento con direzione circa N-S ($\sigma_1=188^\circ/09^\circ$; $\sigma_2=298^\circ/66^\circ$; $\sigma_3=94^\circ/22^\circ$) che risulterebbe compatibile con la riattivazione del Sistema Schio-Vicenza come trascorrente destra (anziché sinistra come attualmente classificata), ossia con cinematica opposta all'attuale (**Scheda 14**).

5.4 SISMICITA' STORICA DEL TERRITORIO COMUNALE

La ricostruzione storica degli eventi sismici che hanno caratterizzato il territorio comunale è stata fatta utilizzando il database macrosismico italiano DBMI11 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi, 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>). Il DBMI11

rappresenta l'integrazione e l'aggiornamento del DBMI04, per cui è stato consultato per estrarre le seguenti informazioni.

In particolare, il Comune di Creazzo non rientra tra le località elencate nel DBMI11. Si sono allora ricercati gli eventi per il comune di Vicenza e riportati nella **Scheda 15**. In tale scheda sono elencati i vari eventi registrati con indicati, oltre alla intensità in scala MCS al sito in esame (I_s), la data (Anno, Mese, Giorno, Ora, Minuto) in cui si è verificato l'evento A_x , l'intensità massima epicentrale in scala MCS (I_o) e la magnitudo momento (M_w).

5.5 PERICOLOSITA' SISMICA DI RIFERIMENTO

La distribuzione e la caratterizzazione delle zone sismogenetiche finora riconosciute è stata tradotta in una carta di pericolosità sismica, valida su tutto il territorio nazionale ed entrata in vigore con l'O.P.C.M. n.3519 del 28 Aprile 2006.

5.5.1 PERICOLOSITA' SISMICA BASE

La pericolosità sismica di base costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche e deve essere descritta con un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

Essa è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T^*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

I risultati dello studio di pericolosità sono forniti in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro e per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno (T_r).

Per poter definire la pericolosità sismica di base ci si basa su una procedura disponibile anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Nella "Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale" redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nel 2004 e recepita dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3519 del 28.04.2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la

formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone” il Comune di Creazzo risulta caratterizzato da un valore di a_g , con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi di Cat. A caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s, compreso per la metà inferiore tra 0.15g e 0.125g e per la metà superiore tra 0.175 e 0.15g. Si veda la **Scheda 16**.

Secondo l'O.P.C.M. n. 3519 del 28 Aprile 2006, la cui applicazione è stata definita dalla Regione Veneto con D.G.R.V. n. 71 del 22 Gennaio 2008 e considerata nell'emanazione del D.M. 14 Gennaio 2008, il territorio oggetto dello studio di microzonazione sismica è inseribile generalmente nella fascia distinta da un valore di accelerazione sismica orizzontale a_g riferito a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s compreso tra 0,05g e 0,15g (valori riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni – mappa 50° percentile); cioè in Zona 3, come la classifica la tabella riportata sotto, estratta dall'O.P.C.M. n. 3519, che tiene conto delle due porzioni di territorio citate.

a) Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s, secondo lo schema seguente:

zona	accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni $[a_g]$	accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico $[a_g]$
1	$0,25 < a_g \leq 0,35 g$	0,35 g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25 g$	0,25 g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15 g$	0,15 g
4	$\leq 0,05 g$	0,05 g

Tabella 3: Accelerazione massima al suolo per suoli con $V_{s30} > 800$ m/s

Per gli aspetti amministrativi con uno sguardo a fini edificatori, il Comune di Creazzo rientra nella classe 3 della nuova zonizzazione sismica con grado di accelerazione orizzontale al suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni tra 0.05 e 0,15g e con accelerazione orizzontale di ancoraggio allo spettro di risposta elastico (NTC 2008) pari a 0,15 g. Si rammenta che le classi sono:

- Classe 1 - E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti. Sismicità alta, PGA oltre 0,25g.
- Classe 2 - Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti. Sismicità media, PGA fra 0,15 e 0,25g.
- Classe 3 - I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti. Sismicità bassa, PGA fra 0,05 e 0,15g.
- Classe 4 - E' la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse. Sismicità molto bassa, PGA inferiore a 0,05g.

La Regione Veneto con Deliberazione del Consiglio regionale n.67/2003 ha recepito la classificazione sismica del territorio comunale stabilita con la citata ordinanza n. 3274/2003 e per tale zona prescrive che per “i comuni che ricadono nella zona 3 non sono necessari né il deposito dei progetti, ai sensi della citata legge n. 64/1974, né gli adempimenti successivi, fermo restando l'obbligo di progettazione antisismica. A tal fine il progettista è tenuto ad allegare al progetto

l'attestazione di aver tenuto conto che le calcolazioni sono conformi alle normative sismiche vigenti".

Con D.G.R. n. 1572 del 3.9.2013 sono state approvate le nuove Linee Guida per la microzonazione sismica per i comuni inseriti negli appositi elenchi. La stessa prevede che dal 1° marzo 2014 tutti gli strumenti urbanistici siano adottati secondo le disposizioni in essa contenute, abrogando la DGR 3308/2008.

Parimenti sono da seguire le disposizioni emanate con il D.M. 14.01.2008 e la successiva Circ. Min. 617/2009 per zone con tale grado di sismicità.

In ultima, si riporta il calcolo della disaggregazione della pericolosità sismica dedotta dai dati INGV. Questa ha lo scopo di individuare il maggior contributo alla pericolosità del sito in termini di magnitudo - distanza di un evento. I dati riportati nella **Scheda 17** sono stati desunti dalle "Mappe interattive di pericolosità sismica" dell'INGV e sono relativi ai punti della griglia evidenziati. Si evidenzia, ancora, che la porzione di territorio meridionale pianeggiante appartiene alla Zona 3 della O.P.C.M. n. 3519 con a_g , con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi di Cat. A caratterizzati da $V_s > 800$ m/s, compreso per la metà inferiore del Comune tra 0,05g e 0,15g e per la metà superiore tra 0.175 e 0.15g.

I terremoti che potranno interessare il territorio comunale con maggiore probabilità avranno Magnitudo (M) di ~5.0 a distanza di circa 10 km dal concentrico del Comune.

Si fa comunque presente che, come tutte le zone sismogenetiche del territorio italiano, anche quella contrassegnata al n. 906 e precedentemente descritta viene considerata omogenea ai fini della probabilità di accadimento degli eventi sismici, ovvero si ritiene che tutti i punti in essa contenuti abbiano la stessa probabilità di essere sede di eventi sismici e, in rapporto agli epicentri noti, non esiste quindi l'effetto distanza.

Secondo il § 2.8 degli "Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica", per alcune tipologie di verifiche si potrebbe assumere come valore di magnitudo attesa quella massima della zona sismogenetica di appartenenza, che per la Zona 906 in cui afferisce il territorio di Creazzo vale $M_{wmax} = 6,60$.

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Saonero	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio - Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Tabella 4: Valori M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (Gruppo di lavoro 2004)

5.5.2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Partendo dalle caratteristiche sismo-tettoniche complessive della zona e delle principali manifestazioni sismiche, sia epicentrali, sia di risentimento dalle altre zone sismo-genetiche presenti nella zona, la pericolosità sismica del territorio comunale sarà approfondita in relazione alle condizioni geologiche e morfologiche locali.

Le caratteristiche sismiche di un'area sono definite dalle sorgenti sismo-genetiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti. Questi aspetti sono comunemente indicati come "pericolosità sismica di base" e sono quelli considerati per la classificazione sismica, come visto sopra.

Da queste caratteristiche deriva il moto di input atteso, per il calcolo del quale non sono considerate le caratteristiche locali e il territorio è trattato come se fosse uniforme ed omogeneo cioè pianeggiante e costituito da suolo rigido in cui la velocità di propagazione delle onde S (V_s) è maggiore di 800 m/s (suolo A dell'Eurocodice 8 -parte 1, EN 1998-1, 2003, dell'OPCM 3274/2003, del DM 14/9/2005 e DM 14.1.2008).

Il moto sismico può essere però modificato dalle condizioni geologiche e morfologiche locali. Alcuni depositi e forme del paesaggio possono amplificare il moto sismico in superficie e favorire fenomeni di instabilità dei terreni quali cedimenti, frane o fenomeni di liquefazione. Queste modificazioni dovute alle caratteristiche locali sono comunemente definite "*effetti locali*".

La zonazione del territorio sulla base della risposta sismica del terreno (RSL) è perciò uno dei più efficaci strumenti per rappresentare la pericolosità sismica e, quindi, per prevenire e ridurre il rischio sismico, poiché fornisce un contributo essenziale per l'individuazione delle aree a maggiore pericolosità sismica e agevola la scelta delle aree urbanizzabili con minor rischio e la definizione degli interventi ammissibili. Tale studio deve essere redatto in conformità agli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica" allegato alla DGR 1572/2013.

A completamento dei caratteri sismici locali, qui si sintetizza dicendo che

- La suddivisione del territorio, in sottozone a diversa pericolosità sismica locale si basa sia sulla sismicità di base cioè la distanza dalle sorgenti sismogenetiche e l'energia, frequenza e tipologia dei terremoti attesi; sia sull'amplificazione locale collegata alle caratteristiche topografiche, geomorfologiche, geolitologiche e idrogeologiche del sito.
- L'azione sismica sulle costruzioni è, di norma, valutata a partire da una "sismica di base" in condizioni teoriche di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.
- La pericolosità sismica di base costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche e deve essere descritta con un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.
- I risultati dello studio di pericolosità sono forniti in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro e per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno (T_r).

- L'azione sismica definita deve tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni stratigrafiche del sottosuolo presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la Risposta Sismica Locale (RSL).

Di seguito si illustrano i risultati dell'analisi sismica per il Livello 1.

6 CARTA GEOLOGICO-TECNICA (CGT_MS)

La procedura di 1° Livello si basa sull'identificazione degli elementi geologici, idrogeologici e geomorfologici presenti nel territorio comunale, che hanno valenza dal punto di vista sismico, ossia possono dare amplificazione sismica. Degli aspetti idrogeologici e geomorfologici si è fatto cenno precedentemente. Qui, si puntualizzano i terreni caratterizzanti il sottosuolo comunale.

Tali elementi significativi dal punto di vista sismico vengono quindi inseriti nella Carta Geologico-Tecnica, la quale serve alla definizione del modello di sottosuolo ed è funzionale alla realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica.

I contenuti della Carta Geologico Tecnica sono nello specifico:

- Terreni di copertura (spessore > 3 m) e/o Substrato geologico;
- Forme di superficie e sepolte (conoide alluvionale, falda detritica, cavità sepolte, scarpate con $h \geq 10$ m, scarpate sepolte, orli di terrazzo, dorsali o creste, assi vallivi sepolti, cavità o picchi isolati);
- Elementi tettonico strutturali (faglie, assi di pieghe) e tracce delle sezioni geologiche;
- Elementi geologici e idrogeologici (sondaggi o pozzi che hanno raggiunto o non raggiunto il substrato geologico; profondità falda in sabbie /ghiaie).

Per quanto riguarda il sottosuolo, l'area di Creazzo è caratterizzata essenzialmente dalle seguenti **litologie**:

Alternanza di litotipi stratificati (ALS): Si tratta dei *Calcari marnosi di Monte Costi*, cioè di calcari marnosi, con intercalazioni talora frequenti di marne in lenti e livelli potenti da pochi decimetri ad alcuni metri.

La stratificazione è medio-sottile, spesso irregolare e talora maldistinta in corrispondenza delle facies calcaree e calcareo-marnose; praticamente assente in quelle marnose.

Granulare cementato (GR): In questa classe rientrano le Vulcaniti ossia tufi, brecce basaltiche, vulcanoclastiti e marne tufacee, di colore da grigiastro a giallo o violetto che affiorano nella zona di confine Nord Ovest con Monteviale.

Lapideo stratificato (LPS): Si sono individuate due formazioni che ricadono in questa classe, le Calcareniti di Castelgomberto e, quando presenti, le Arenarie di S. Urbano. Questi litotipi

costituiscono la porzione basale e media dei rilievi di Creazzo. La stratificazione è media ($h = 0,20 \div > 1,0$ m), spesso irregolare o maldistinta, talora in strati sottili o in banchi. All'interno delle formazioni sono localmente presenti intercalazioni marnose, marnoso-arenacee o siltose, talora anche di spessore elevato, comunque in prevalenza inferiore al metro. La roccia, affiorante o subaffiorante, è caratterizzata da un grado variabile di suddivisione per la presenza di giunti variamente orientati (stratificazione e fessurazione/fratturazione) mentre risulta diffusa e talora ben sviluppata, nelle facies calcaree, la fenomenologia carsica.

Sabbie pulite con granulometria poco assortita (SP): In questa classe rientra il cosiddetto "Saldame", ossia un livello di sabbie finissime silicee facenti parte della formazione delle Calcareniti di Castalgomberto; troviamo questa formazione lungo Via Sabbioni nella zona di confine Nord Est.

Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di origine eluviale e colluviale (GM): Si tratta di terreni posizionati sui versanti meno acclivi che raccordano i rilievi con la pianura oppure che si sono depositati nelle pendici meno acclivi dei versanti. Cingono, quindi, un po' tutto il complesso collinare di Creazzo.

Sono costituiti da terreni medio-fini sabbiosi e sabbioso-limosi inglobanti clasti immaturi di differente diametro che oscilla tra mediamente attorno a 1-2 centimetri, ma non sono da escludere anche clasti decimetrici e più. L'addensamento varia da sciolto a compatto e le caratteristiche geotecniche risultano nel complesso mediocri, localmente scadenti, in relazione alla consistenza o al grado di addensamento.

Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di conoide alluvionale (ca) o falda detritica (fd) (GC): Sono costituiti da terreni a granulometria medio-grossa in matrice media e talora medio-fine. La compattezza varia da media ad alta. Sono terreni caratterizzati da clasti con pezzatura immatura e di dimensioni medio-piccole. Si trovano allo sbocco delle valli e vallecole minori che bordano i rilievi e alla base dei versanti.

Argille, argille ghiaiose e sabbiose, argille limose, di piana pedemontana (pd) (CL): Si tratta della frazione medio-fine dei depositi alluvionali. Sono costituiti da terreni fini, argillosi e limoso-argillosi, a tratti torbosi o con torba, con intercalazioni di lenti o livelli limoso-sabbiosi; tali terreni si rinvencono principalmente nella parte meridionale del Comune, corrispondenti con la zona di pianura alluvionale dove sorge l'abitato di Olmo e la zona industriale e lungo la Valdiezza a occidente.

Argille, argille ghiaiose e sabbiose, argille limose come riempimento di dolina (do) (CL): sono terreni per lo più argillosi, con scheletro di diversa origine litologica derivante dalla degradazione delle formazioni rocciose presenti in zona, si trovano prevalentemente in corrispondenza delle doline poste soprattutto alla sommità dei rilievi calcareo-marnosi.

Per le **forme di superficie e sepolte** della Carta Geologico Tecnica si sono evidenziati i seguenti elementi:

Conoidi alluvionali: i principali coni cartografati sono quello che si estende a Nord di Creazzo, tra Via Rampa e Via Valscura e quello posto tra Via Pogge-Via Torreselle e il torrente Valdiezza. Altri coni minori sono presenti lungo il versante occidentale dei rilievi che si immettono nella Valdiezza.

Falde detritiche: sono state cartografate le falde detritiche in località Pagana, lungo Via Valscura e altre di modesta estensione alla base dei versanti nella zona comunale settentrionale.

Area con cavità sepolte: si tratta delle zone delle doline che interessano la sommità dei rilievi.

Cavità sepolte: in corrispondenza delle doline si sono ubicati i punti delle cavità sepolte in quanto la formazione delle doline presuppone la presenza di cavità sotterranee.

Orli di scarpata morfologica con altezza > 20 m: si tratta delle scarpate che contornano su tutti i lati i rilievi collinari; tali scarpate sono dovute talora a cambi litologici o alla stratificazione o a processi di erosione.

Orli di scarpata morfologica con altezza tra 10 e 20 m: si è cartografata qualche scarpata minore lungo i rilievi collinari e in particolare quelle della cava di saldame lungo Via Sabbioni .

Creste: si è cartografata la dorsale che si è venuta a creare con le operazioni di scavo nell'ambito della cava di saldame.

Asse di valle sepolta larga: si è segnato l'asse della Valdiezza che corrisponde ad un solco tra due le dorsali rocciose di Montemezzo e di Monteviale, riempito poi dalle alluvioni del torrente omonimo.

Tra gli **elementi tettonico-strutturali** si è segnalata come faglia capace la *Linea Vicenza-Creazzo, faglia diretta*, la cui traccia ha direzione media ENE-WSW e passa alla base del versante meridionale su cui sorgono gli abitati di Pagana e di Creazzo (**Scheda 18**). Si sono inoltre segnalate due faglie trascorrenti: una con direzione NW-SE appartenente al fascio della Linea Schio-Vicenza che divide in due settori la porzione dei rilievi comunali e altri due tratti con direzione N-S che passano tra le loc. Pozzetto e San Marco e lungo Via Volpare.

Nella CGT vengono anche riportate le zone caratterizzate da instabilità di versante che nel caso di Creazzo sono aree di pendii in erosione lungo i versanti settentrionali e occidentali dei rilievi.

Infine si sono riportate alcune giaciture delle formazioni rocciose dei rilievi, che presentano un'immersione prevalente verso SW o verso SE.

Tra gli **elementi geologici e idrogeologici** si sono inseriti i sondaggi a disposizione, ubicati nella zona di pianura, aventi una profondità tra 6.3 e 5 m, che non hanno intercettato il substrato sismico. Nella medesima CGT si sono anche inseriti i punti con misurazione della falda freatica che risulta nell'area di pianura intorno a 1.5 m di profondità.

7 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

La **Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)** sintetizza le valutazioni fatte in chiave sismica sugli elementi territoriali di carattere litologico, idrogeologico e geomorfologico, suddividendo la superficie comunale in tre possibili categorie:

- 1) *aree stabili non suscettibili di amplificazione sismica;*
- 2) *aree stabili suscettibili di amplificazione sismica;*
- 3) *aree instabili per azione sismica.*

Prima di illustrare i risultati si fa cenno alla metodologia assunta per la definizione di tale aree.

7.1 ELEMENTI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA

L'amplificazione sismica di un territorio può essere associata alle caratteristiche 1) stratigrafiche; a quelle 2) topografiche; 3) oppure ad entrambe.

1. L'amplificazione stratigrafica è legata alla tipologia litologica, allo spessore dei materiali sciolti di copertura, al grado di fratturazione degli ammassi rocciosi, al grado di consolidamento dei depositi sciolti, al contatto tra litologie molto differenti e alla presenza di acqua nei terreni sotto forma di falda freatica o artesiane.
2. L'amplificazione topografica è dovuta alla concentrazione delle onde sismiche in corrispondenza di particolari forme territoriali quali: creste, cime isolate, orli di scarpata o di terrazzo, conoidi e falde detritiche.

7.1.1 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Gli elementi che possono comportare o meno amplificazione sismica sono:

Suoli

Nel valutare l'amplificazione stratigrafica si suddividono i terreni in due categorie in funzione del valore V_s (m/s) ossia della velocità di propagazione delle onde di taglio nei terreni stessi. Per la risposta sismica si suddividono i terreni in *suoli A*, non amplificabili, con $V_s > 800$ m/s, e *suoli diversi da A*, con $V_s < 800$ m/s.

Nella sottostante Tabella sono riportate le varie categorie di suoli, suddivise in base ai valori di V_s .

Categoria di suolo	Descrizione	Esempi di depositi quaternari associati
A $V_s > 800$ m/s	- rocce di basamento (es: filladi) - rocce sedimentarie massive o in banchi spessi (es: calcari, dolomie, arenarie ben cementate), con fratturazione debole o assente, affioranti o coperte da depositi quaternari di spessore non superiore a 3 metri	- depositi glaciali di fondo fortemente consolidati
diversa da A $V_s < 800$ m/s  V_s decrescente	- depositi clastici molto grossolani, ghiaie e sabbie cementate - rocce sedimentarie a stratificazione sottile, - rocce tenere (es: marni) - rocce di basamento o sedimentarie massive molto fratturate	- depositi glaciali di fondo normal consolidati - detrito di falda cementato - accumuli di frana a grossi blocchi - depositi alluvionali grossolani cementati
	- ghiaie e sabbie normalmente consolidate e non cementate	- depositi glaciali non consolidati - detrito di falda non cementato - depositi alluvionali - coltre detritico-colluviale
	- depositi di sabbie fini, silt o argille non consolidate - torbe - depositi vulcanici sciolti recenti	- depositi alluvionali fini - depositi transizionali (di laguna, deltizi, di cordone litorale ecc.) - coltre eluvio-colluviale

Tabella 5: Categorie di suolo (tratta da Allegato A DGR n. 3308/2008")

Le formazioni rocciose aventi $V_s > 800$ m/s e i soprastanti depositi quaternari con spessore < 3 metri (o < 5 m⁴) sono considerati bedrock sismico, che non genera, cioè, amplificazione stratigrafica. Le restanti litologie con $V_s < 800$ m/s sono considerate amplificabili e, quindi, "sensibili" all'azione di un sisma.

Si distinguono, suddividendo il territorio in zone, i terreni "non amplificabili", dai terreni "amplificabili" in funzione del loro valore di V_s .

Per definire le caratteristiche litologiche locali si sono ubicate in apposita cartografia - **Carta delle indagini** - le indagini geognostiche e geofisiche esistenti, evidenziando eventualmente quelle che hanno raggiunto il substrato roccioso.

Le indagini geotecniche ubicate nella *Carta delle indagini* derivano sia dagli elaborati redatti per il P.A.T., sia da nuove indagini (HVSr) eseguite per questo lavoro. E si tratta di:

- nr. 10 prove penetrometriche suddivise tra statiche (n° 8 CPT) e dinamiche (n° 1 dinamica leggera e n° 1 dinamica superpesante);
- nr. 6 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S);
- nr. 1 trincea esplorativa (T);
- nr. 2 indagini geofisiche (sismica a rifrazione SR)
- nr. 19 misurazione tromografiche a stazione singola (HVSr). Le misure HVSr fanno parte delle analisi eseguite per il livello superiore al 1°.

Sulla base delle analisi dei dati acquisiti si evidenzia che il territorio in studio è inseribile in parte nella classe delle aree stabili suscettibili di amplificazione sismica e in parte nelle aree instabili.

⁴ *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica Parti I e II, 2008 a cura della Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile*

Limiti litologici

Oltre alla classificazione dei terreni si devono evidenziare i contatti tra litologie molto diverse tali zone possono essere sede di particolare amplificazione stratigrafica. E' importante identificare le aree di contatto tra litologie diverse in quanto in queste fasce le onde sismiche, trovandosi ad attraversare mezzi diversi, subiscono fenomeni di riflessione e rifrazione con effetti amplificati sulle strutture di superficie.

Il territorio di Creazzo presenta il passaggio tra litologie terziarie (substrato roccioso) e litologie quaternarie (materiali sciolti). Le litologie terziarie hanno passaggi abbastanza gradualmente tra una formazione e l'altra, con aumento o diminuzione della frazione marnosa o arenacea in genere. Più netto è invece il passaggio dalle litologie terziarie ai depositi quaternari, anche se esiste sempre una fascia di alterazione superficiale dei substrati rocciosi (regolite) che fa da passaggio graduale. Sono stati comunque cartografati gli elementi come conoidi alluvionali, falde detritiche e riempimenti di doline quali zone di contatto tra diverse litologie.

Faglie capaci

Si devono considerare le faglie considerate "capaci", definibili come faglie sismiche con indizi di attività negli ultimi 40.000 anni, che possono riattivarsi e produrre deformazioni in superficie (**Scheda 18**).

Il Comune di Creazzo è posto poco ad Ovest della Linea Schio-Vicenza ed è attraversato dalla faglia diretta Vicenza-Creazzo ad andamento valsuganense, entrambe considerate attive nel Catalogo delle faglie capaci.

ITHACA - Catalogo delle faglie capaci

ITHACA è un database creato per la raccolta e la facile consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Il progetto si occupa in modo particolare delle faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie. Il database delle faglie capaci è uno strumento fondamentale per: a) analisi di pericolosità ambientale e sismica, b) comprensione dell'evoluzione recente del paesaggio, c) pianificazione territoriale e d) gestione delle emergenze di Protezione Civile. Può essere inoltre di supporto alla ricerca scientifica nell'ambito dell'analisi dei processi geodinamici.

PHISICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Vicenza - Creazzo
FAULT CODE	77598
MACROZONE	0
REGION NAME	Friuli
SYSTEM NAME	Friuli thrust system
RANK	SUBORDINATE
AVERAGE STRIKE	240
DIP	
LENGTH (km)	7.8
GEOMETRY	
SEGMENTATION	no
DEPTH (km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:500000
LAST ACTIVITY	
ACTIVITY RELIABILITY	
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	6.1
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	LOW
NOTES	

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
77598	CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991)	Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale).	Il Quaternario, 4(2), 333-410.	1991

Figura 2: Faglia capace Vicenza-Creazzo

La fascia a cavallo della linea Vicenza-Creazzo, presa pari a 200 m su ogni lato della linea, rientra nelle zone suscettibili di instabilità per cui ogni intervento ricadente in questa fascia dovrà essere oggetto di uno studio di 3° Livello.

Aree con soggiacenza < 15 m e Liquefazione

La normativa vigente indica che affinché avvenga il fenomeno della liquefazione devono verificarsi contemporaneamente i seguenti fattori predisponenti: **1)** sisma con intensità \geq VIII grado della scala ESI2007 – (**Scheda 19**); **2)** scuotimento sismico prolungato; **3)** accelerazione massima attesa sul piano campagna $> 0.1g$; **4)** profondità media stagionale della falda $<$ di 15 m da p.c.; **5)** sedimenti con granulometria che rientra in un fuso ben definito (vedasi la *Figura 3*)**Errorre**. L'origine riferimento non è stata trovata..

La liquefazione può interessare terreni incoerenti sciolti o poco addensati, saturi d'acqua, per temporanea perdita della resistenza al taglio dovuta all'incremento della pressione interstiziale al momento dello scuotimento.

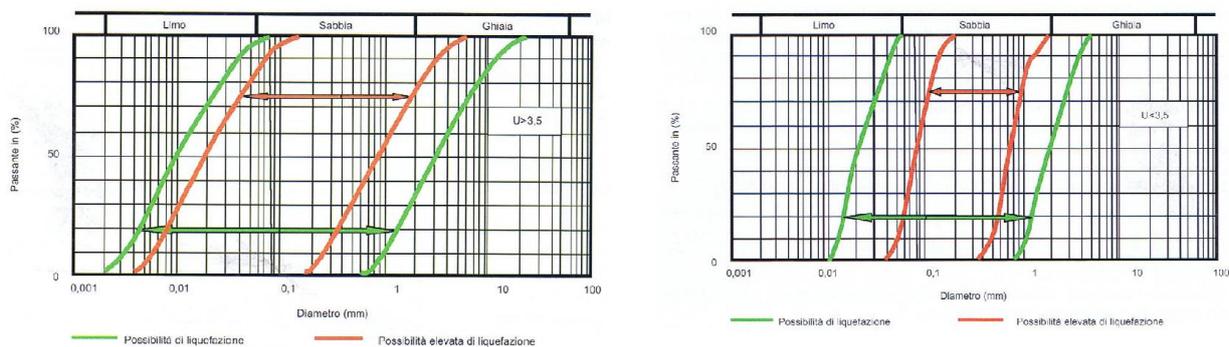


Figura 3: Fasce granulometriche critiche in funzione del coefficiente di uniformità ($U > 3.5$) e ($U < 3.5$)

Sulla base della Carta Idrogeologica redatta per il PAT, la soggiacenza media della tavola d'acqua sotterranea nel territorio comunale risulta tra 1 e 2 m, quindi ad una profondità che ricade entro i 15 m da p.c., limite fissato dalla normativa. Se a ciò si associano le caratteristiche litologiche prevalenti del materasso sciolto, ossia terreni fini, limoso-argillosi e argillosi, a tratti torbosi o con torba, con intercalazioni di lenti o livelli limoso-sabbiosi si può ritenere che il rischio di liquefazione sia basso. Tuttavia nelle fasce dove maggiore è la percentuale sabbioso-limoso come rilevato dalle indagini di campagna nella zona del centro di Olmo il rischio di liquefazione aumenta.

La valutazione del potenziale pericolo di liquefazione è stato valutato mediante metodo "empirico". Tra i metodi empirici si è utilizzato la formula empirica di Ambraseys (1988), che correla la distanza epicentrale del sito indagato con la magnitudo di soglia del sisma, cioè con quella magnitudo che può indurre fenomeni di liquefazione in terreni suscettibili. La relazione è la seguente:

$$M_s = 4.64 + 2.65 \times 10^{-3} R + 0.99 \log_{10} R.$$

La formula, nota una serie storica di eventi sismici, può essere utilizzata per determinare la probabilità di superamento del valore di soglia per un sisma con un determinato tempo di ritorno. Quindi, chiamando M la magnitudo del sisma attesa nel sito per un determinato tempo di ritorno (qui, $T_r = 475$), se il rapporto M/M_s è maggiore o uguale a 1 sarà probabile il verificarsi di fenomeni di liquefazione.

Nella **Scheda 20** si evidenzia che, utilizzando tale metodo e dal Catalogo Sismico Nazionale, l'estratto dei terremoti che hanno interessato la zona in studio storicamente, il rapporto $M/M_s = 0.3078 < 1$.

Da ultimo, si riporta il grafico dedotto da più metodi sperimentali, che consente di stimare la distanza critica d'innescio dei fenomeni di liquefazione del sottosuolo.

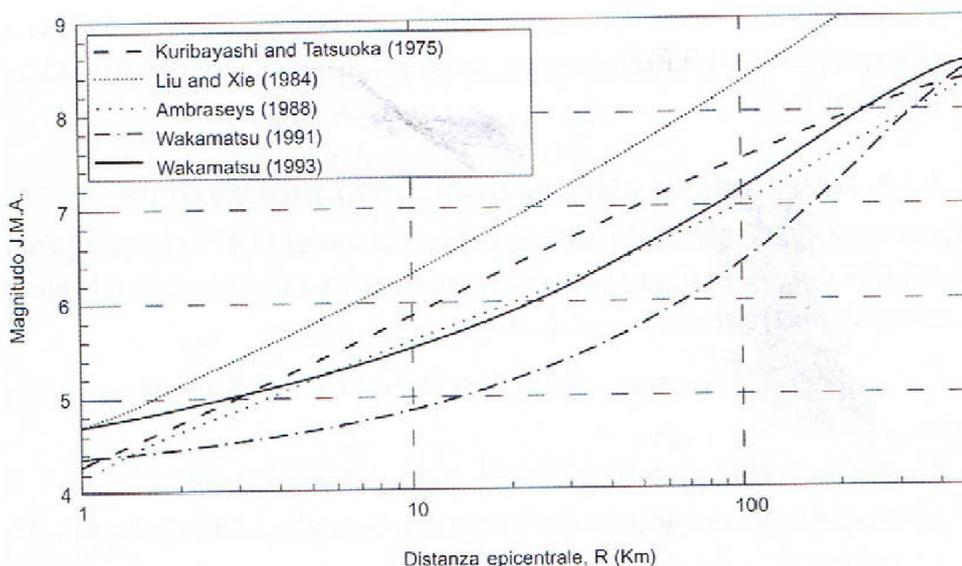


Figura 4: Relazione tra distanza epicentrale dove sono registrati episodi di liquefazione e magnitudo delle onde superficiali in JMA (Japan Meteorological Agency)

Si nota che, per terremoti di magnitudo Richter 6.6 (caratteristica della sorgente sismica più prossima) corrispondente indicativamente al grado 5 sup=6 inf della JMA, la distanza critica oscilla arriva a 20 Km considerando i principali metodi (Ambraseys, Kuribayashie Tatsuoka; Wakamatsu 1993).

Utilizzando le indagini geognostiche esistenti e re-interpretando i dati emerge, però, che la zona pianeggiante e l'unghia del conoide sono caratterizzate da terreni coesivi in superficie per spessori variabili tra 1.5 e 3.5 metri, al di sotto e spesso intercalati a terreni coesivi, si trovano terreni sabbioso-limosi, spesso poco addensati legati alla storia esondativa fluviale passata. Poichè la profondità della falda è relativamente bassa, ne risulta che questi livelli secondo i dati acquisiti e elaborati con il metodo di Nishiyama et alii, (1977) al quale si rimanda, possono essere soggetti a fenomeni di liquefazione. Si veda la **Scheda 21**.

Usando le CPT pregresse e analizzando il rischio di liquefazione con il Metodo di Robertson e

Wride (1997) si ottengono risultati abbastanza positivi con basso grado di liquefazione (**Scheda 22**).

Tale generale risultato è validato, anche dall'interpretazione dei dati acquisiti delle Vs nelle medesime zone. In questo caso, si è utilizzato uno dei metodi semplificati in grado di valutare la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile nello strato (CSR) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (CRR). Cioè in pratica si ha:

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza sarà minore di 1 (di 1.25 secondo l'Eurocodice 8).

La grandezza CSR dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto). CRR è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche dinamiche e statiche o con i valori delle velocità delle onde S ricavati da indagine geofisica. Per la spiegazione delle formule assunte si rimanda a bibliografia tecnico-scientifica pubblicata.

Il software utilizzato per i calcoli permette anche di valutare sulla base dei dati inseriti anche l'Indice di liquefazione (IL). Si veda un esempio per l'indagine nr. 20 nella **Scheda 22**.

A fronte di generale risultato positivo delle zone investigate in pianura, con un Indice di Liquefazione basso si hanno però, come già detto, delle zone a "macchia di leopardo" di terreni suscettibili a liquefazione in quanto legate alle varie fasi deposizionali. Sono suscettibili di liquefazione con IL "alto" le zone delle indagini nr. 14, 37, 27 della **Carta delle Indagini**.

Pertanto dopo una analisi sia geotecnica che geologica del territorio si è deciso di perimetrare le aree soggette a liquefazione come mostrato nella **Carta MOPS** allegata.

Cedimenti

I tipi di cedimenti legati all'azione sismica sono quelli dovuti a densificazione di terreni insaturi, quelli dovuti a liquefazione dei terreni saturi e quelli dovuti a collasso di cavità sotterranee. La densificazione in condizioni insature è un tipo di cedimento, anche differenziale, che può avvenire nei terreni sabbioso-limosi, sia naturali che di riporto, messi in posto piuttosto recentemente.

Cedimenti per densificazione possono avvenire in corrispondenza di limiti tra terreni a caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse. Per avere indicazioni sulla granulometria e lo stato di addensamento dei terreni è necessario avere almeno dati di indagini in situ (es. prove penetrometriche, SPT, etc) o in laboratorio.

Nel Comune di Creazzo si sono classificate come zone a cedimenti differenziali tutte le zone di

dolina per possibili crolli delle cavità sotterranee sulle quali esse insistono.

Forme di superficie e sepolte

Si considerano le morfologie che in presenza di scosse sismiche danno luogo ad amplificazione per concentrazione delle onde sismiche stesse in corrispondenza delle superfici di tali forme.

Nel territorio di Creazzo come forme superficiali di una certa rilevanza ai fini sismici si sono cartografati: i coni alluvionali, le falde detritiche ai piedi dei versanti, i fondi delle doline, le cavità legate alle doline stesse e l'asse della valle sepolta del torrente Valdiezza perché costituiscono un cambio litologico tra terreni sciolti e substrato roccioso su cui poggiano.

7.1.2 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Il fenomeno dell'amplificazione topografica è legato alla focalizzazione delle onde sismiche in corrispondenza di particolari elementi topografici e morfologici quali: creste, rilievi isolati, scarpate superficiali e/o sepolte, orli di terrazzo, incisioni vallive, conoidi alluvionali e falde detritiche.

Partendo dal D.M. 14.01.2008 si ricava che l'altezza minima degli elementi geomorfologici da considerare ai fini sismici è di 30 m; in accordo con le indicazioni degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica..." del Dipartimento della Protezione Civile nazionale. Tuttavia è bene valutare anche le forme con altezza compresa tra 10 e 30 m.

Le scarpate, che comprendono sia quelle di tipo strutturale che di erosione o degradazione che i pendii in genere, nonché le pareti di cave e di dighe in terra, vengono considerate ai fini sismici se hanno altezza superiore a 10 m e pendenza superiore a 15°. Inoltre, sono considerate sia le scarpate superficiali che quelle sepolte.

Per i terrazzi l'altezza minima è 10 m, come per le scarpate. Si devono considerare sia i terrazzi naturali, quali quelli fluviali o fluvioglaciali; sia quelli artificiali in terreni riportati o nell'ambito di cave.

In particolare le creste, per essere significative ai fini dell'amplificazione devono avere larghezza della sommità sensibilmente inferiore rispetto alla base.

La stima è la risposta dello scenario considerato, nel caso peggiore, cioè nel caso in cui l'incidenza del treno d'onde avvenga perpendicolarmente alla direzione di allungamento della cresta o della scarpata. In tutti i casi in cui il treno d'onde associato al movimento sismico non sia perpendicolare allo sviluppo della cresta o della scarpata, è lecito attendersi effetti di amplificazione morfologica attenuati rispetto a quanto riportato più avanti. Gli elementi da considerare nella definizione dell'effetto di amplificazione locale, dal punto di vista morfologico sono:

Pendenza

La pendenza del territorio è stata derivata dal modello digitale del terreno costruito appositamente per il presente studio dalle curve di livello con intervallo di 5 m della C.T.R. a scala 1:5.000 (**Scheda 24**). Si sono stabilite tre classi: zone con pendenza inferiore a 15°, zone con pendenza compresa tra 15° e 30°, zone con pendenza tra 30° e 45°.

Le zone con acclività inferiore a 15° caratterizzano la maggior parte del territorio sia di pianura che del tavolato carbonatico.

I versanti costituenti le scarpate del tavolato calcareo hanno, invece, pendenze comprese prevalentemente tra 15° e 30°, ma con fasce locali con angolo superiore a 30°.

La pendenza, valutata insieme agli altri elementi litologici e morfologici in chiave sismica, è servita come base per la zonizzazione in prospettiva sismica.

Dorsali e creste rocciose

L'area collinare di Creazzo è costituita da un sistema di dorsali con direzione NNW-SSE conseguenti ai principali elementi tettonici dai quali traggono origine. Esse sono considerate tra gli elementi in prospettiva sismica perché spesso caratterizzate su un fianco da scarpate abbastanza ripide e in erosione.

Rilievi isolati

Data la morfologia "tabulare" del sistema collinare non si trovano significative forme di questa classe.

Orli di terrazzo o scarpata di erosione fluviale

Si tratta di forme limitate in altezza e estensione poichè le aste fluviali hanno generale alveo poco profondo con falda abbastanza superficiale.

Scarpate di cava

Si tratta delle scarpate della cava di "saldame" in Località Crocetta, che presentano pendenza superiore a 30° e altezza superiore a 30 m.

Scarpate morfologiche e scarpate di frana

Sono presenti sia sui fianchi delle dorsali con acclività > 30°, soggetti ad erosione e le aree soggette a fenomeni di instabilità quali piccole frane di scivolamento, sia vaste aree poste in

versanti meno acclivi e distribuite. Le zone maggiormente soggette a fenomeni di erosione e di instabilità sono il fianco sinistro del torrente Laverda, la Val d'Inverno, il pendio sotto Colpi Pivotti e in genere i pendii molto acclivi con substrato marnoso.

7.1 DEFINIZIONE DELLE ZONE STABILI ED INSTABILI SISMICAMENTE

Di seguito si definiscono, come indicato dalle Normative vigenti in materia e dalle Linee Guida nazionali e regionali, le zone con le quali si suddivide il territorio in relazione alla pericolosità o meno di amplificazione sismica.

7.1.1 ZONE STABILI NON SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA

Si tratta di zone caratterizzate da morfologia subpianeggiante ($<15^\circ$) o, comunque, con pendenza regolare; sono suoli di tipo A, cioè non amplificabili ($V_s > 800$ m/s); sono prive di elementi che possono risentire di amplificazione topografica e sono prive di fenomeni di instabilità quali: frane di vario tipo, cedimenti legati a collasso di cavità sotterranee o densificazione di terreni insaturi o liquefazione di terreni saturi e non sono soggette a rischio di rotture della superficie topografica per riattivazione di faglie capaci.

In queste zone la risposta sismica è quella attesa, ossia non si ipotizzano effetti di alcuna natura se non lo scuotimento, che è funzione della magnitudo e della distanza ipocentrale del terremoto.

7.1.2 ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA

Queste zone non sono soggette a fenomeni di instabilità quali: frane di vario tipo, cedimenti legati a collasso di cavità sotterranee e/o a densificazione di terreni insaturi; oppure a liquefazione di terreni saturi. Parimenti, non sono soggette a rischio di rotture della superficie topografica per riattivazione di faglie capaci.

Tali zone, tuttavia, presentano caratteristiche litologiche che le rendono soggette a possibile amplificazione stratigrafica (suoli \neq A) e/o elementi morfologici che possono essere soggetti ad amplificazione topografica (creste, dorsali, scarpate, etc.).

7.1.3 ZONE INSTABILI PER AZIONE SISMICA

Le zone instabili per azione sismica possono essere soggette, in seguito ad un sisma, a: **1)** instabilità di versante quali frane di crollo, colate, scivolamenti; **2)** cedimenti per liquefazione di terreni saturi o per densificazione di terreni insaturi; **3)** cedimenti per crollo di cavità sotterranee; **4)** rotture in superficie per riattivazione di faglie capaci.

7.2 DESCRIZIONE DELLA CARTA MOPS

Il territorio del Comune di Creazzo ricade in due classi della zonizzazione sismica: **1) zone stabili suscettibili di amplificazione sismica** e **2) zone instabili per azione sismica**.

Non sono presenti nel territorio suoli di tipo A, non amplificabili, che definiscono zone *stabili e non suscettibili di amplificazione sismica*.

7.2.1 ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA

Sono, invece presenti *aree stabili ma suscettibili di amplificazione sismica* ed *aree instabili*.

Le zone stabili sono state suddivise in sette tipologie o Zone di seguito descritte:

- **Zona 1:** comprende le zone pianeggianti della Valdiezza, la piana del fiume Retrone e la zona pianeggiante di Olmo; caratterizzate da depositi sciolti a matrice prevalentemente limoso-argillosa, con elementi ghiaiosi e talora livelli sabbioso-limosi.
- **Zona 2:** comprende i coni alluvionali presenti alla base dei versanti, aventi spessori metrici poggianti su substrato roccioso.
- **Zona 3:** comprende le falde detritiche alla base dei versanti, interdigitale con i depositi di pianura, potenti alcune decine di metri sopra il substrato roccioso.
- **Zona 4:** comprende i depositi di versante eluviali e colluviali, che ricoprono il substrato roccioso.
- **Zona 5:** substrato roccioso con alterazione superficiale prevalentemente argillosa (Calcere e marne di Monte Costi e Vulcaniti)
- **Zona 6:** substrato roccioso stratificato costituito da calcareniti alternate a calcari marnosi (Calcarenite di Castelgomberto e Arenarie di Sant'Urbano).
- **Zona 7:** Depositi di sabbie fini silicee (saldame) su Calcareniti di Castelgomberto.

7.2.2 ZONE INSTABILI PER AZIONE SISMICA

Sulla base delle stime fatte basate sulle indagini geologiche pregresse e non, di tipo diretto (prove penetrometriche) e indiretto (sismiche) si è ritenuto di perimetrare:

- una zona classificandola "Zona di Attenzione" - $Z_{A_{FAC}}$, che comprende una fascia di terreni larga 200 m su ogni lato della faglia attiva "Vicenza-Creazzo" individuata dal Progetto ITHACA. Tale ZA ha una direzione ENE-WSW e attraversa tutta la parte centrale del territorio comunale.
- alcune Zone di Attenzione per instabilità di versante, di tipologia "non definita", corrispondenti a zone in erosione o con piccole frane
- alcune zone caratterizzate da possibili cedimenti differenziali o crolli di cavità in corrispondenza delle doline che punteggiano la sommità dei rilievi di Creazzo.

- alcune esigue zone di sovrapposizione tra Instabilità di versante e Zona di Attenzione per faglie attive e capaci, rinvenibili a monte della località S. Marco.
- zone di attenzione per Liquefazione "LQ" di tipo 1 nella porzione meridionale del territorio comunale.

Sono zone intese come "zone suscettibili di instabilità" originariamente previste da ICMS (2008) e che vengono riferite al Livello 1.

Si tratta di zone nelle quali i dati a disposizione non sono sufficienti, in quantità e/o tipologia, per definire se l'instabilità si verificherà effettivamente in caso di evento sismico.

In particolare, le Linee standard per gli studi di microzonazione sismica versione 3.0 definiscono tali ZA come zone, che nel Livello 1 e 2, non possono essere ancora classificate come zone effettivamente instabili, fintanto che non vengano esperiti i necessari approfondimenti propri del Livello 3. In questo modo le ZA vengono differenziate in maniera esplicita dalle "zone suscettibili di instabilità" (ZS), che possono essere identificate solo nel momento in cui vengono effettuati approfondimenti di tipo quantitativo.

Infatti, nel Livello 3 per le zone suscettibili di instabilità (instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci) si dovranno definire a quale dei due tipi è inseribile la zona in studio:

- ZS: Zone di Suscettibilità
- ZR: Zone di Rispetto

Per entrambi i tipi di zone sarà possibile riportare un parametro che quantifichi il fenomeno. Concettualmente il significato dei due tipi di zone è il seguente:

- *Zone di Suscettibilità (ZS)*: sono zone nelle quali, a seguito di una raccolta dati specifici per l'instabilità in esame e l'applicazione di specifici metodi di calcolo, anche semplificati, è possibile definire la pericolosità in termini quantitativi.
- *Zone di Rispetto (ZR)*: sono zone nelle quali, a seguito di una raccolta dati specifica per l'instabilità in esame e l'applicazione di specifici metodi di calcolo, anche avanzati, è possibile quantificare con maggior accuratezza la pericolosità. Tale quantificazione è finalizzata all'analisi dettagliata di aree limitate sulle quali possono essere presenti opere vulnerabili.

Per le faglie attive e capaci il parametro quantitativo richiesto è la dislocazione massima (DISL).

PROCEDURA DI 2° LIVELLO

8 LIVELLO D'ANALISI DI TIPO 2°

Si premette, come già esplicitato prima, che il Livello di analisi di tipo 2°, in accordo con la Amministrazione comunale ed in riferimento alle Linee Guida Regionali (Allegato A) della DGR 1572/2013 è stato applicato, nella prospettiva del Piano degli Interventi facente parte del Piano Regolatore Comunale (PRC), a tutte le parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica individuati nella precedente fase 1 e per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche del territorio od incremento dei carichi urbanistici e per il territorio compreso nel perimetro del “centro abitato” così come previsti dalla normativa vigente.

Si rammenta, anche come dettato dalla stessa DGR 1572/2013, che è richiesto e ritenuto sufficiente nelle aree prive di particolari complicazioni, nelle quali sono attesi solo effetti di amplificazione (P3, P4c, P4d, P4e; P1c, P2, P4a). Esso permette la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione, di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici. Per questi tipi di valutazioni si eseguono indagini geofisiche e geognostiche ed una stima dei Fattori di amplificazione tramite formule ed abachi messi a disposizione dal Dipartimento nazionale di Protezione Civile.

Illustrati, nei Capitoli precedenti, i risultati conseguiti con il Livello 1° dello studio di microzonazione sismica comunale, si passa ad elencare le procedure ed i risultati dello studio di Livello 2°.

Sulla base della Carta della microzonazione sismica omogenee in prospettiva sismica (MOPS) si sono individuate le classi di approfondimento di studio ed il relativo livello, come mostrato nella Tabella 1 e nelle Linee Guida regionali e nazionali.

Come previsto dalla normativa vigente, e già descritto nel capitolo precedente, la procedura di secondo livello è obbligatoria, per le zone suscettibili di effetti di 1) *amplificazione morfologica* e 2) *amplificazione litostratigrafica*.

8.1 AMPLIFICAZIONE MORFOLOGICA

Scarpate

Per le scarpate, si sono considerate 12 significative forme distribuite attorno al tavolato carbonatico dei rilievi, come anticipato e riportato nell'**Allegato S**.

Gli approfondimenti di 2° Livello sono stati effettuati in queste morfologie quando interessano o possono interessare aree edificate o zone edificabili.

Si sono considerati, per la zona di scarpata rocciosa, fronti di altezza (H) uguale o superiore a 10 m ed inclinazione (α) del fronte principale uguale o superiore ai 10°.

In relazione alla tipologia del fronte superiore si distinguono:

- scarpate ideali con fronte superiore orizzontale;
- scarpate in pendenza con fronte superiore inclinato nello stesso senso del fronte principale;
- scarpate in contropendenza con fronte superiore inclinato nel senso opposto a quello del fronte principale.

La misura dell'altezza H è la distanza verticale dal piede al ciglio del fronte principale, mentre il fronte superiore è da definire come distanza tra il ciglio del fronte principale e la prima evidente irregolarità morfologica.

Sono da considerare scarpate solo quelle situazioni che presentano:

- un fronte superiore di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo (H) o comunque non inferiore ai 15-20 m;
- l'inclinazione (β) del fronte superiore inferiore o uguale ad un quinto dell'inclinazione (α) del fronte principale, nel caso delle scarpate in pendenza (per $\beta > 1/5\alpha$ la situazione è da considerarsi pendio);
- il dislivello altimetrico minimo (h) minore ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H), nel caso di scarpate in contropendenza (per $h \geq 1/3H$ la situazione è da considerarsi una cresta appuntita).

Si riporta lo schema delle situazioni di scarpata:

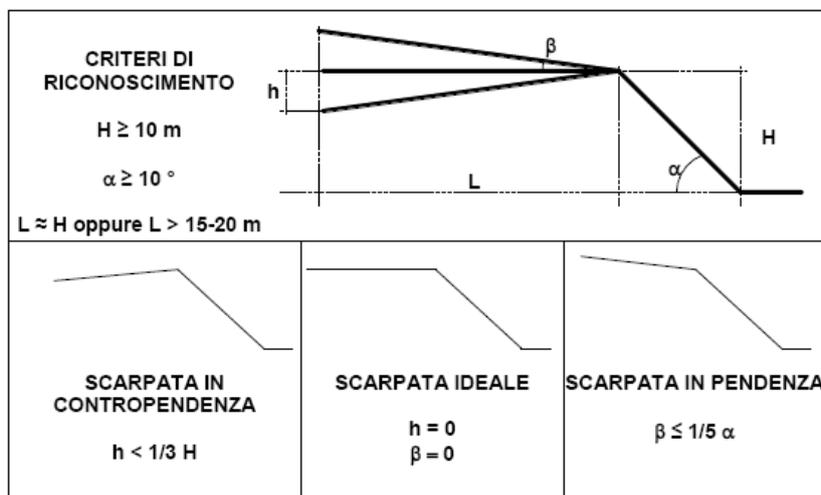


Figura 5: Schemi di riferimento per la scarpata e criteri di riconoscimento

Si è, poi, assunta la seguente tabella, che definisce il valore di F_a caratteristico per ogni tipologia di scarpata individuata e la relativa estensione della relativa area di influenza (A_i).

Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0.1-0.5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

Tabella 6: - Scenari di pericolosità sismica locale

Il valore di Fa determinato è assegnato al ciglio del fronte principale; il valore è scalato in modo lineare nell'area di influenza e lungo il pendio fino al raggiungimento del valore unitario alla base. La Figura sotto esemplifica quanto detto per un Fa risultato maggiore della soglia.

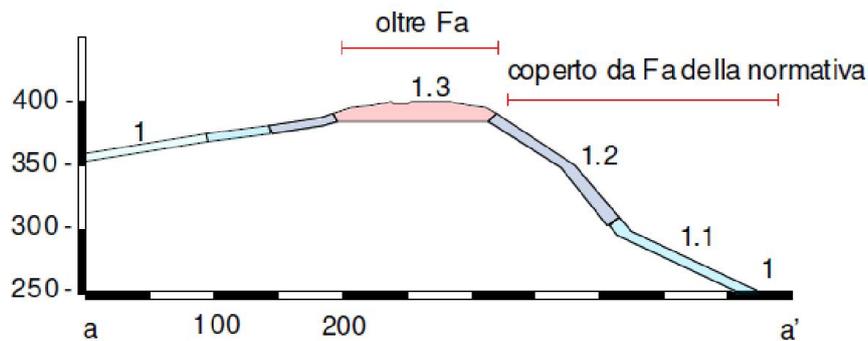


Figura 6: relazione orientativa tra intensità macrosismica, effetti e magnitudo strumentali

Definiti tali parametri, per la metodologia di calcolo si sono utilizzati gli abachi messi a disposizione nell'Allegato A della DGR1572/2013 che riprendono quelli delle Linee Guida del Dipartimento di Protezione Civile nazionale.

Per le scarpate si è l'abaco utilizzato tratto sempre delle Linee Guida ora citate.

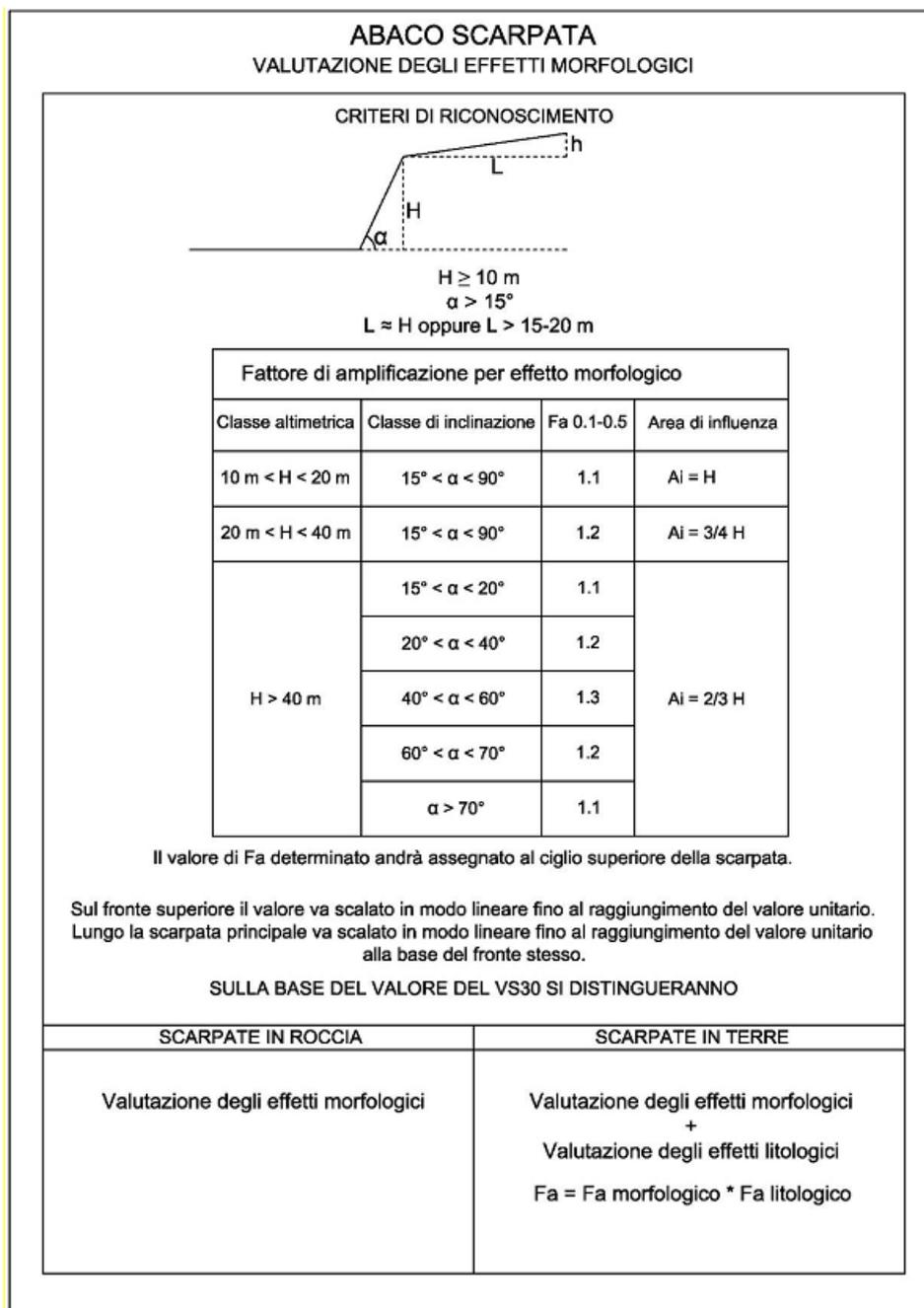


Figura 7: Abaco per la definizione di Fa (0.1-0.5s) per scarpate - da LG DGR 1572/13

Cresta rocciosa o cocuzzolo

Si sono considerate zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo quelle formate da pendii con inclinazione maggiore o uguale ai 15° . Il rilievo è stato fatto basandosi sulla base di cartografie (CTRN) e sulle classi di pendenza definite con lo studio di 1° Livello. La larghezza alla base è scelta in corrispondenza di evidenti rotture morfologiche.

La normativa (vedasi Linee Guida del Dipartimento di Protezione Civile e quelle regionali) indica che sono da considerare creste solo quelle situazioni che presentano il dislivello altimetrico minimo (h) maggiore o uguale ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H).

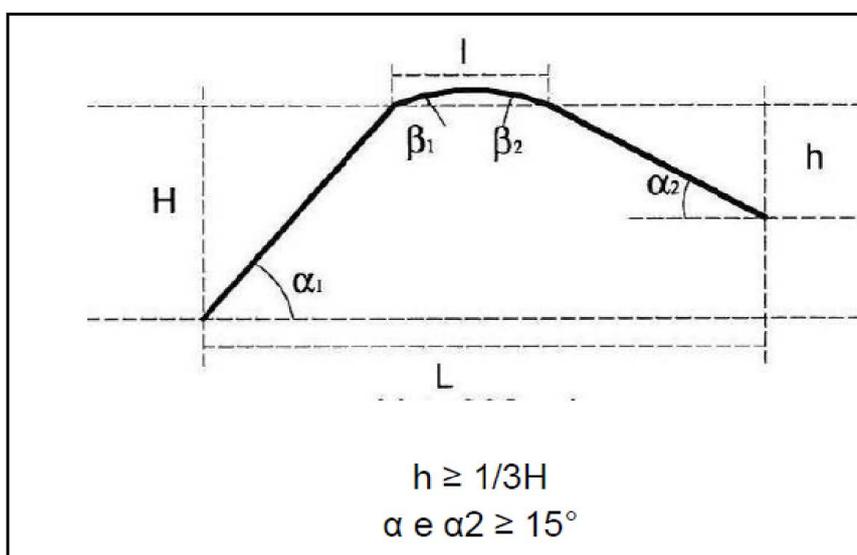
Parlando di creste si distinguono due condizioni:

- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta (l) molto inferiore alla larghezza alla base (L) (cresta appuntita);
- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta paragonabile alla larghezza alla base, ovvero pari ad almeno 1/3 della larghezza alla base; la zona di cresta è pianeggiante o subpianeggiante con inclinazioni inferiori a 10° (cresta arrotondata).

Inoltre è necessari conoscere la larghezza alla base del rilievo (L); la larghezza in cresta del rilievo (l); dislivello altimetrico massimo (H); il dislivello altimetrico minimo (h) dei versanti ed il coefficiente di forma (H/L).

Definiti tali parametri, per la metodologia di calcolo si sono utilizzati gli abachi messi a disposizione nell'Allegato A della DGR1572/2013 che riprendono quelli delle Linee Guida del Dipartimento di Protezione Civile nazionale.

Sotto è riportato lo schema per la valutazione dei parametri morfologici di riconoscimento di un cocuzzolo e/o cresta suscettibili di amplificazione topografica.



Altezza H	Valori di l
H fino a 20 m	1,5 H
H tra 20 e 40 m	1,2 H
H oltre 40 m	1,0 H

Figura 8: Abaco per la definizione di Fa (0.1-0.5s) da LG DGR 1572/13

Come detto, al fine di valutare il grado di protezione per le situazioni morfologiche (scarpata e cresta rocciosa e/o cucuzzolo), in termini di contenuti energetici, si sono analizzate 12 situazioni tipo (**Allegato S**) confrontando poi valori di Fa ottenuti dalle Schede di valutazione (vedasi sotto) con il valore di St delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Per queste ultime si veda la Tabella seguente.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 7: Categorie topografiche (da NTC 2008)

Il valore St è il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

Valutato Fa con la scheda lo si confronta con il corrispondente valore di soglia, considerando una incertezza di $\pm 0,1$ che tiene in conto la variabilità del valore di Fa ottenuto dalla procedura semplificata.

Si possono presentare due risultati:

- il valore di Fa è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di Fa è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° Livello) in fase di progettazione edilizia.

Nel Comune di Creazzo si sono cartografate le scarpate che contornano su tutti i lati i rilievi collinari, aventi altezza superiore a 10 m, le scarpate di aree instabili e la dorsale della cava di saldame lungo Via Sabbioni.

Il valore di Fa determinato è assegnato al ciglio del fronte principale; il valore è scalato in modo lineare nell'area di influenza e lungo il pendio fino al raggiungimento del valore unitario alla base.

8.2 AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA

Relativamente alle possibili amplificazioni sismiche su base litologica, la procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (**Fa**). Gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e geometriche e sono utilizzati per "zonizzare" l'area di studio in funzione del valore di Fa.

A differenza degli aspetti morfologici dove la procedura di 2° Livello fornisce valori di Fa solo per l'intervallo $0.1 < T_0 < 0.5s$, a causa codici di calcolo bidimensionale che sono influenzabili da moto di input nel periodo $0.5 < T_0 < 1.5s$; per gli effetti litologici la procedura dà valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati.

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia dei materiali presenti nel sito (litologie ghiaiose e litologie argilloso limose);
- stratigrafia del sito;
- andamento con la profondità delle Vs fino a valori pari o superiori a 800 m/s; in mancanza del raggiungimento del bedrock ($V_s \geq 800$ m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s.
- spessore, peso di volume e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Anche questa procedura semplificata prevede l'impiego di abachi di riferimento, oltre la conoscenza dei parametri sopra elencati.

Gli abachi utilizzati sono quelli formulati dal Dipartimento di Protezione Civile - ICMS 2008 - reperibili nel Volume III degli "Indirizzi...".

Gli ICMS (2008) definiscono, nell'ambito degli studi di Livello 2, una serie di abachi finalizzati all'individuazione di un valore che caratterizzi le microzone stabili suscettibili di amplificazioni locali in termini di fattori di amplificazione.

Le amplificazioni dovute ad effetti litostratigrafici sono espresse con due fattori numerici (Fa e Fv) da applicare alle ordinate spettrali a basso periodo (Fa) e alto periodo (Fv).

Tra i parametri di amplificazione, potrà essere inserito anche Ft (amplificazione topografica valida solo per rilievi in roccia), che sarà espresso con la stessa simbologia e le stesse classi degli altri parametri di amplificazione.

I valori riportati negli abachi sono la media dei risultati ottenuti da 7 simulazioni condotte con 7 accelerogrammi diversi per ciascun livello energetico (0.06g, 0.18g o 0.26g), su ciascun litotipo, spessore H e per ciascuno dei tre profili di Vs.

Le zone stabili e le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali hanno come attributo un parametro che quantifica l'amplificazione locale del moto sismico di base.

- Le **zone stabili** sono caratterizzate sempre da un'amplificazione uguale a 1.0.
- Le **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** sono invece caratterizzate da classi di fattori di amplificazione. Se dalle analisi sviluppate con gli abachi o attraverso simulazioni numeriche vengono riscontrate delle deamplificazioni, per convenzione si attribuirà alla microzona un valore uguale a 1.0.

Si sono utilizzati gli abachi degli ICMS (2008) mancando quelli definiti a scala regionale, che dovrebbero rappresentare la situazione sismotettonica regionale a seconda delle caratteristiche peculiari degli ambienti che le caratterizzano. Nello specifico, l'attribuzione di Fa e Fv è stata raggiunta utilizzando il software "Sisma3" della Programgeo, di cui la **Scheda 25** ne riporta un esempio; mentre la tabella sottostante esemplifica un abaco contenuto nelle Linee Guida.

Tutte le elaborazioni effettuate prevedono, da norma, la presenza di un bedrock sismico avente Vs = 800 m/s al di sotto della profondità H.

Prima di passare alla descrizione dei risultati, qui, si fanno due precisazioni:

- Per ciascun spessore H si è anche calcolato il periodo proprio del sito T con la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n Vs_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove h_i e Vs_i sono lo spessore e la velocità dello strato i -esimo del modello stratigrafico

necessario qualora si voglia utilizzare le schede di valutazione di altre Regioni (es. Lombardia)

- Sia per gli abachi ICMS 2008 utilizzati, sia per le eventuali schede di valutazione regionale si fa riferimento, di norma, ad una stratigrafia, anche per T, fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è ≥ 800 m/s (suolo di tipo A). Si sottolinea, qui, che la condizione $Vs \geq 800$ m/s è alquanto ottimistica per gran parte delle rocce del substrato roccioso italiano. Infatti, generalmente, i litotipi italiani pur avendo un comportamento classificabile come suolo di classe A, presentano una $Vs < 800$ m/s. L'applicazione rigida della norma porterebbe a non classificare in classe A buona parte del territorio italiano, sia con rocce sedimentarie ma anche ignee e metamorfiche. Su tale base si è considerato bedrock sismico anche i terreni che presentassero Vs leggermente inferiori a 800 m/s (da 700 m/s in su).

Le tabelle ICMS 2008 contenute nelle Linee Guida nazionali sono ordinate per litotipo (Argille, Sabbie e Ghiaie) e, all'interno di ciascun litotipo, per tipo di profilo di velocità assunto (costante, variabile linearmente con la massima pendenza compatibile con il valore di Vs/H, e variabile linearmente con pendenza intermedia fra costante e massima).

La scelta del tipo di profilo va fatta sulla base delle conoscenze specifiche ottenute con il Livello 2: in generale quando lo spessore di sottosuolo diventa considerevole (diverse decine di metri), è poco probabile che il profilo di velocità si mantenga costante, ed è quindi preferibile orientarsi verso le tabelle riferite al profilo variabile linearmente con pendenza intermedia. Il profilo con pendenza massima fornisce in genere risultati più cautelativi e andrebbe utilizzato quando si può effettivamente ipotizzare che ci siano gradienti molto accentuati con la profondità.

I dati relativi a spessori H molto elevati (da 50 a 150 metri) sono inseriti per consentire di riferirsi a situazioni in cui è prevedibile che le proprietà dei terreni siano gradualmente crescenti con la profondità, senza contrasti di impedenza evidenti. Tali situazioni sono quelle per le quali sono definite le categorie di suolo B, C e D delle Norme tecniche per le costruzioni.

Fattore di amplificazione Fa	Tipo di terreno Argilla										a _g (g) 0.06g	Profilo di velocità Lineare pendenza intermedia	
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700			
5	2.35	1.84	1.70	1.49	1.29	1.16	1.08	1.04	1.02	1.00			
10	2.69	2.41	2.06	1.73	1.51	1.35	1.23	1.17	1.06	1.02			
15	2.35	2.41	2.23	1.96	1.72	1.54	1.39	1.28	1.12	1.04			
20	2.00	2.19	2.15	2.03	1.82	1.63	1.48	1.36	1.17	1.06			
25	1.98	1.97	2.04	1.94	1.81	1.67	1.53	1.40	1.21	1.08			
30	1.94	1.98	1.91	1.87	1.75	1.64	1.52	1.42	1.23	1.09			
35	1.86	1.92	1.91	1.77	1.69	1.58	1.48	1.38	1.23	1.09			
40	1.77	1.89	1.90	1.78	1.62	1.54	1.45	1.36	1.21	1.08			
50	1.70	1.79	1.82	1.75	1.62	1.50	1.39	1.31	1.19	1.07			
60	1.58	1.71	1.74	1.69	1.59	1.49	1.39	1.30	1.15	1.05			
70	1.55	1.69	1.73	1.64	1.56	1.46	1.38	1.30	1.15	1.04			
80	1.48	1.57	1.70	1.58	1.50	1.43	1.35	1.29	1.15	1.04			
90	1.37	1.58	1.63	1.63	1.49	1.39	1.33	1.26	1.15	1.03			
100	1.29	1.52	1.55	1.52	1.50	1.38	1.29	1.24	1.14	1.03			
110	1.23	1.44	1.56	1.52	1.47	1.38	1.29	1.21	1.11	1.02			
120	1.17	1.40	1.52	1.48	1.44	1.36	1.29	1.22	1.10	1.02			
130	1.09	1.35	1.47	1.48	1.39	1.34	1.28	1.21	1.09	1.00			
140	1.06	1.30	1.41	1.45	1.37	1.32	1.25	1.20	1.09	0.99			
150	1.00	1.26	1.40	1.42	1.38	1.28	1.24	1.18	1.09	0.99			

Tabella 8: Esempio di utilizzo dell'abaco ICMS 2008 (Dip. Prot. Civ.)

Il valore di Fa determinato deve essere approssimato alla prima cifra decimale ed utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di Fa ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato e valido per ciascuna zona sismica (zona 2, 3 e 4) e per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1÷0.5 s e 0.5÷1.5 s.

Si precisa che la scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di Vs, utilizzati nella procedura di 2° Livello è stata motivata ed a ciascun parametro utilizzato è stato assegnato un grado di attendibilità, secondo il seguente schema:

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (Vs)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Tabella 9: Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati

Si evidenzia, come riportato nel paragrafo 2.4.1 degli ICMS (2008), che le geometrie delle zone stabili e stabili suscettibili di amplificazioni locali, definite nel Livello 1, nella stesura delle Carte di microzonazione sismica di Livello 2 e 3, possono essere modificate.

Come per le situazioni morfologiche, si possono presentare due situazioni:

- il valore di F_a è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello), o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:
 - anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Le categorie di suolo definite secondo la classificazione contenuta nelle Norme Tecniche delle Costruzioni (D.M. 14.01.2008), sono:

Categoria	Descrizione
A	Annessi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	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 (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 10: Categorie di suolo (NTC 2008)

8.3 STRUMENTAZIONE E METODO DI MISURA

Al fine di conoscere le "peculiarità sismiche" (frequenza di risonanza, V_s , etc.) del territorio in studio, sono state eseguite nr. **19** indagini sismiche passive mediante tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), che hanno consentito di verificare le condizioni richieste dalla normativa e di ricostruire un adeguato modello stratigrafico e geofisico del sottosuolo, che è stato poi utilizzato per l'impiego degli abachi previsti dalla normativa vigente. L'ubicazione delle nuove indagini sono riportate sempre nella **Carta delle Indagini** utilizzata anche per i Livello 1.

8.3.1 STRUMENTAZIONE

Per le indagini sismiche si è utilizzato un tromografo (Tromino) che misura il microtremore ambientale. Il tempo di registrazione è stato di 12 minuti. Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente ad alta definizione con intervallo di frequenza compreso tra 0,1 e 256 Hz. E' alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V e senza cavi esterni.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) ed in parte alla teoria dei microtremori. La forma di un'onda registrata in un sito "N" da uno strumento dipende:

- dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente s;
- dal percorso dell'onda dalla sorgente s al sito N (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda);
- dalla risposta dello strumento.

Pertanto, si può scrivere:

segnale registrazione al sito "N" = sorgente x effetti di percorso x funzione trasferimento strumento

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi, poiché il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nel tragitto dalla sorgente *S* al sito *N* le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato.

Questo significa che, se da un lato l'informazione riguardante la sorgente è persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni concernenti il percorso del segnale e, in particolare, relative alla struttura locale vicino al sensore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali del sottosuolo, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Per questa campagna di misure, i dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di contrasto di impedenza. Per strato si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso. Tutte le misure a stazione singola in campo aperto sono state orientate secondo il Nord magnetico.

8.3.2 PROCEDURA

Il principio dell'indagine si basa sul fatto che un'onda che viaggia nel mezzo 1 (superficiale) è parzialmente riflessa dall'interfaccia che separa due strati: 1 e 2 (sottostante).

L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (*l*) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore *H* del primo strato.

La frequenza fondamentale di risonanza (*f_r*) relativa alle onde *S* (o *P*) è data dall'espressione:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a due o più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione citata.

L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per: il contenuto in frequenza; la risposta strumentale e l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici sfrutta la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini.

L'interpretazione delle registrazioni di campagna del rumore sismico sono state ricavate e analizzate ottenute mediante il software Grilla in dotazione al tromino fissando i seguenti parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore a 2,
- rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.

Queste hanno permesso di ricavare le curve HVSR.

Si sono, inoltre, ricavate le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri precedenti).

Le profondità H delle discontinuità sismiche nei casi di copertura + bedrock o bedrock like sono state ricavate tramite la formula:

$$H = \left[\frac{V_0 \times (1 - \alpha)}{4 \hat{\nu}_1} + 1 \right]^{\frac{1}{(1-\alpha)}} - 1$$

dove: V_0 è la velocità al tetto dello strato, α un fattore che dipende dalle caratteristiche del terreno, ν la frequenza fondamentale di risonanza.

Nei casi stratigrafici più complessi si sono invertite le curve HVSR creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali.

La significatività statistica dei picchi delle curve HVSR è stata fatta utilizzando il protocollo Sesame 2005. In particolare, i primi tre criteri della Tabella Sesame (2005) dicono se la registrazione è stata fatta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerato. Ed è opportuno che siano soddisfatti tutti tre. I secondi sei criteri dicono se il picco è significativo da un punto di vista statistico. E' bene che siano soddisfatti il maggior numero, ma eventuali NO su tutte

le righe non implicano che la registrazione è stata fatta male, bensì che non ci sono picchi significativi (tratto da Manuale di Grilla).

8.3.3 RISULTATI OTTENIBILI CON LA HVSR

I risultati che si possono ottenere da una registrazione di tecnica sismica passiva HVSR sono:

- la *frequenza caratteristica di risonanza del sito*, che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nel costruire edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericoloso per la stabilità degli stessi;
- la *frequenza fondamentale di risonanza di un edificio*, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito (free field) e capire se, in caso di sisma, la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la *velocità media delle onde di taglio V_s* calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. Sarà quindi possibile calcolare la V_{s30} e la relativa categoria di sottosuolo come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008;
- la *stratigrafia del sottosuolo* con un range di indagine compreso tra 0,5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostante per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Le indagini HVSR sono state eseguite, come raccomandato anche dalla normativa nazionale e regionale per gli studi microsismici di livello superiore al 1°, entro i perimetri che definiscono i nuclei abitati attuali e futuri, come da PAT e PI nel territorio comunale al fine di caratterizzare parametrizzare il più possibile la risposta di amplificazione.

9 RISULTATI DELLO STUDIO DI 2° LIVELLO

Lo studio, le valutazioni in situ e le conseguenti analisi dei dati acquisiti con le tipologie d'indagine elencate sopra hanno permesso di approfondire la zonizzazione sismica del territorio, relativamente alle aree suscettibili ad amplificazione sismica, come da normativa, e già messe in luce con la procedura di 1° Livello.

Nello specifico, per le zone soggette ad "amplificazione topografica/morfologica" i risultati sono di seguito elencati nella Tabella sotto.

Il fattore di amplificazione topografico F_a per $t 0.1-0.5$ s risulta, dall'abaco, oscillante tra 1.1 e 1.2. Si

Elemento	Morfologia	Classe	Inclinazione °	Ai (2/3 H)	Fa 0.1-0.5	St	Tipo Cresta
A	Scarpata	H>40 m	13	30	1.1	1.2	
B	Cresta	h>1/3H			1.2	1.2	Arrotondata
C	Scarpata	H>40 m	27	70	1.2	1.2	
D	Scarpata	H>40 m	25	40	1.2	1.2	
E	Scarpata	H>40 m	33	50	1.2	1.2	
F	Scarpata	H>40 m	26	80	1.2	1.2	
G	Scarpata	H>40 m	15	70	1.1	1.2	
H	Scarpata	H>40 m	17	80	1.1	1.2	
I	Scarpata	H>40 m	15	110	1.1	1.2	
L	Scarpata sup	H>40 m	62	50	1.2	1.2	
	Scarpata inf	H>40 m	32	40	1.2	1.2	
M	Scarpata	H>40 m	26	40	1.2	1.2	
N	Scarpata	H>40 m	18	80	1.1	1.2	

Tabella 11: Fattori di amplificazione morfologica degli elementi considerati

Si segnala che le scarpate e le creste che risultassero con $F_a > St$ devono essere oggetto di procedura di 3° Livello.

Amplificazione litologica

La valutazione della congruità o meno dei fattori di amplificazione sismica tra risultati di campagna e valori soglia normativi si basa, come detto, su una serie di indagini HVSR distribuite sul territorio e che hanno anche compreso alcune zone classificate già con il 1° Livello come instabili.

La Tabella seguente sintetizza invece i risultati emersi con le indagini HVSR eseguiti nell'intero territorio comunale. Si tenga conto che alcune di queste indagini sono state fatte comunque in zone già assoggettabili a procedure di 3° Livello, da normativa.

Di seguito, oltre ai fattori di amplificazione litologica esposti nella Tabella del prossimo Capitolo e di cui si è illustrata la metodologia nei capitoli precedenti, si sono anche calcolati i seguenti parametri sismici che caratterizzano il territorio comunale.

9.1 ACCELERAZIONE MASSIMA DEL SUOLO - PGA

La valutazione dell'accelerazione massima del suolo attesa o Peak Ground Acceleratio (PGA) è stata valutata con il Metodo di Midorikawa (1987). E' un metodo consigliato nel Manuale TC4 per microzonazione di 2° livello. Il fattore di amplificazione relativa per il picco di accelerazione (PGA) è fornito dalla relazione:

$$F_a = 68V_s^{-0.6} \text{ per } V_s < 1100 \text{ m/s}$$

$$F_a = 1 \text{ per } V_s \geq 1100 \text{ m/s}$$

dove V_s è la velocità media pesata delle onde S degli strati fino ad una profondità massima di 30 metri. Pertanto, qualora il bedrock, qui individuato da una velocità limite di 1100 m/s, si trovi ad una profondità superiore a 30 m, va considerata solo la media delle velocità degli strati compresi fra le profondità 0 e 30 m. Il valore dell'accelerazione di picco in superficie è dato dalla:

$$PGA(g) = a_{bedrock} F_a$$

dove $a_{bedrock}$ è l'accelerazione sismica nel bedrock. Questo metodo non tiene conto degli effetti di amplificazione dovuti a irregolarità topografiche o del substrato.

In sintesi e rimandando alla Tabella riassuntiva citata, i valori PGA con tale metodo oscillano tra a_g 1.55 e a_g 304, con valore medio di 2.11.

9.2 RIGIDITA' DEL SUOLO

La classificazione del sottosuolo dei siti investigati è stata fatta anche sulla stima dell'indice di sito, funzione del modulo di taglio medio e dello spessore degli strati di copertura. Si tratta di un Metodo proposto da Draft (1989) e adottato nel Chinese Aseismic Design Code for Structures. Il modulo di taglio medio viene stimato con la relazione:

$$G(kPa) = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \frac{\gamma_i}{9.81} V_{si}^2}{\sum_{i=1}^n h_i}$$

in cui:

- $h(m)$ = spessore dello strato i -esimo;
- $\gamma(kN/mc)$ = peso di volume naturale dello strato i -esimo;
- $V_s (m/s)$ = velocità delle onde S dello strato i -esimo;
- n = numero degli strati di copertura.

Se lo spessore complessivo degli strati di copertura supera i 20 m vanno presi in considerazione nel calcolo solo i livelli fino a tale profondità. Secondo questo metodo va considerato come bedrock o bedrock-like qualsiasi livello con velocità delle onde S superiore a 500 m/s. L'indice di sito viene quindi calcolato con la formula:

$$\mu = 0.6\mu_g + 0.4\mu_h$$

dove μ_g è il contributo del modulo di taglio medio all'indice di sito ed è fornito dalla relazione:

$$\mu_g = 1 - \exp[-0.66(G - 30000)10^{-5}] \quad \text{se } G > 30000 \text{ kPa;}$$
$$\mu_g = 0 \quad \text{negli altri casi;}$$

e μ_h è il contributo dovuto allo spessore della copertura ed è dato dalla relazione:

$$\mu_h = \exp[-0.916(H - 5)^2 10^{-2}]$$
$$\mu_h = 0 \quad \text{se } H > 80 \text{ m}$$

$$\mu_h = 1 \quad \text{se } H \leq 5 \text{ m}$$

Dove H è lo spessore complessivo della copertura.

Nel caso in cui sia $G > 500000 \text{ kPa}$ e contemporaneamente $H \leq 5 \text{ m}$ bisogna porre $\mu_h = \mu_g = 1$. La classificazione del sito si ottiene dalla seguente tabella:

Tipo di sito	Rigido	Med. rigido	Med. soffice	Soffice
Indice di sito	$1 > \mu > 0.9$	$0.9 > \mu > 0.3$	$0.3 > \mu > 0.1$	$0.1 > \mu > 0$

Di norma, il fenomeno dell'amplificazione sismica si accentua al diminuire dell'indice di sito.

Dalle analisi risulta che il territorio è inseribile mediamente nella classe "medio rigido" e che la porzione di pianura ha una rigidità media di 0.35 a fronte di quella collinare con valore medio di 0.41 con punte di 0.6.

9.3 STIMA DEL PERIODO DI RISONANZA FONDAMENTALE DEL TERRENO.

Il periodo di risonanza fondamentale del terreno T può essere misurato direttamente attraverso la tecnica HVSR, o stimato attraverso correlazioni empiriche. Si è scelto la correlazione empirica basata sulla media pesata delle V_s ⁵.

Il valore di T può essere stimato passando attraverso il calcolo della media pesata delle V_s all'interno del terreno di copertura:

$$\overline{V_s} = \frac{\sum_{i=1, N} V_{si} h_i}{H} \quad T = \frac{4H}{\overline{V_s}}$$

in cui H è lo spessore della copertura e V_{si} e h_i rispettivamente la velocità delle onde S e lo spessore dello strato i-esimo. Dalle analisi risulta che la porzione di pianura ha un T1 medio di 0.5s, mentre la zona collinare presenta un valore medio di 1.07s. Si veda anche la Tabella riassuntiva citata dove i valori ricavati .

9.4 AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA

La Tabella sotto riporta in sintesi i risultati emersi con le 19 indagini HVSR eseguite nelle aree edificate e/o edificabili, ma anche nel restante ambito comunale.

⁵ codice numerico "Sisma3" della Programgeo

Codice Indagine	Codice HVSR	Rigidità del suolo	Periodo di risonanza T1	Vs30 (m/s)	Classe suolo	Fa PGA	Fa ICMS	FV ICMS	Ss NTC	Livello di analisi	Frequenza di risonanza
20	CR01	0.2	0.61	230	C	2.60	1.5	2.2	1.5	2	2.56
21	CR02	0.5	0.73	369	B	1.97	1.4	1.8	1.2	3	1.72
22	CR03	0.4	0.85	281	C	2.31	1.5	2	1.5	2	4.06
23	CR04	0.1	0.53	177	D	3.04	1.7	2.3	1.5	3	1.25
24	CR05	0.4	0.33	446	B	1.75	1.2	1.4	1.2	2	7.38
25	CR06	0.1	0.67	213	C	2.72	1.5	2.2	1.5	2	2.06
26	CR07	0.2	0.24	726	B	1.75	1.4	1.1	1.2	3	29.91
27	CR08	0.3	0.66	379	B	1.93	1.3	1.6	1.2	3	7.41
28	CR09	0.5	0.87	467	B	1.78	1.6	1.4	1.2	3	1.22
29	CR10	0.6	0.23	488	B	1.69	1.5	1.3	1.2	3	4.03
30	CR11	0.4	0.31	461	B	1.74	1.2	1.4	1.2	2	8.25
31	CR12	0.3	2.47	249	E	2.48	2.2	2.2	1.6	3	3.75
32	CR13	0.5	0.49	544	B	1.55	1.2	1.3	1.2	2	31.56
33	CR14	0.2	1.74	303	E	2.84	1.3	2.2	1.6	2	6.44
34	CR15	0.5	1.58	409	B	1.83	1.0	1.4	1.2	2	16.88
35	CR16	0.5	0.38	426	B	1.80	1.3	1.5	1.2	3	28.75
36	CR17	0.4	0.57	272	C	2.35	1.5	2.1	1.5	2	4.88
37	CR18	0.5	0.46	380	B	1.92	1.5	1.8	1.2	3	1.31
38	CR19	0.5	0.50	356	C	2.00	1.5	1.9	1.2	3	2.19

Annotazioni:
 > Fa e Fv calcolati con Schede Dip. P.C. accelerazione a= 0.26g.
 > Litologie prevalenti lungo la verticale: ghiaie sabbiose (zone di pianura) o ghiaie in matrice limoso-sabbiosa (coperture montane)
 > La FaPGA è calcolata con il Metodo di Midorikawa (1987)
 > I valori di Fa e Fv sono arrotondati alla prima cifra decimale
 > I valori di Classe del suolo, delle Fa e Fv e Ss sono calcolati con software Sisma3
 > I valori di frequenza di risonanza sono dedotti dalle indagini HVSR con software Grilla

Tabella 12: Fattori di amplificazione litologica e parametri ricavati per i siti indagati

Si nota che il territorio investigato presenta valori di amplificazione (Fa) compatibili con la soglia Ss normativa (NTC/2008) per circa poco meno del 50%, essendo il fattore $Fa < Ss$; mentre i restanti 10 siti mostrano valori con $Fa > Ss$.

Inoltre, per la zona pianeggiante i suoli sono classificabili come "B" per circa il 60%, mentre i restanti sono di tipo "C" ad eccezione la zona SE dove i terreni sono di classe "D".

Per la zona di rilievo è la classe "B" a caratterizzare i suoli ad eccezione dei siti 31 e 34 classificabili come "E" e rappresentativi di buona parte del tavolato carbonatico, volendo estendere la classificazione basandosi sulle geometrie deposizionali stratigrafiche della zona.

In parecchi casi, quindi, esiste la necessità di approfondire le analisi nelle successive fasi di urbanizzazione del territorio, passando ad un Livello superiore (3°). Questo è tanto più vero per quelle situazioni nelle quali si sommano gli effetti litologici con quelli topografici con un risultato globale di amplificazione evidenziato nella **Carta di Microzonazione sismica** commentata di seguito.

Le categorie di suolo definite secondo la classificazione contenuta nelle Norme Tecniche delle Costruzioni (D.M. 14.01.2008), sono:

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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 (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 13: Categorie di suolo (NTC 2008)

9.5 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA - MS

Si premette, come indicato dagli Indirizzi nazionali che le zone classificate di “instabilità” della Carta di MS di Livello 2 sono la riproduzione fedele di quelle riportate nella Carta delle MOPS ovvero le Zone di Attenzione (ZA), in quanto in questo Livello non si richiedono ulteriori approfondimenti.

In particolare, ci si riferisce soprattutto alle ZA_{LQ} , alle ZA_{FR} e ZA_{FAC} quando a ridosso dei nuclei abitativi, essendo quelle maggiormente interessate dall'attività antropica e/o relativamente edificate.

La norma indica che queste zone potranno avere geometrie, descrizioni e indicazioni diverse e aggiuntive nella Carta di MS di Livello 3, essendo state espletate indagini ed elaborazioni proprie di questo livello di approfondimento (ICMS, 2008).

Come già accennato sopra, nel Livello 3 le zone suscettibili di instabilità (instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci) potranno essere di 2 tipi:

- ZS: Zone di Suscettibilità
- ZR: Zone di Rispetto

Per entrambi i tipi di zone sarà possibile riportare un parametro che quantifichi il fenomeno. Concettualmente il significato dei due tipi di zone è il seguente:

- **Zone di Suscettibilità (ZS):** sono zone nelle quali, a seguito di una raccolta dati specifici per l'instabilità in esame e l'applicazione di specifici metodi di calcolo, anche semplificati, è possibile definire la pericolosità in termini quantitativi.
- **Zone di Rispetto (ZR):** sono zone nelle quali, a seguito di una raccolta dati specifica per l'instabilità in esame e l'applicazione di specifici metodi di calcolo, anche avanzati, è

possibile quantificare con maggior accuratezza la pericolosità. Tale quantificazione è finalizzata all'analisi dettagliata di aree limitate sulle quali possono essere presenti opere vulnerabili.

I parametri per le instabilità di versante sono il massimo movimento (FRT, in centimetri) di una frana in terra e il massimo spostamento di blocchi (FRR, in metri) in una frana in roccia.

Il parametro che caratterizza una zona instabile per liquefazione è l'Indice del potenziale di liquefazione (IL), così come definito in Sonmez (2003).

Per le faglie attive e capaci il parametro quantitativo richiesto è la dislocazione massima (DISL).

Relativamente alla Zona di Attenzione ZA_{LQ1} presenti, le analisi di 2° Livello hanno permesso di confermare quanto già definito con il 1° Livello e di definire l'Indice di Liquefazione dei siti.

Per quanto riguarda la Valle del Torrente Valdiezza, pur facendone parte solo limitatamente il territorio comunale, si è parametrizzata dal punto di vista geometrico al fine di indicare se lo studio di 2° Livello sia sufficiente o no.

Appartenendo, la valle, alla classe P4 dell'elenco degli scenari di pericolosità locale si è valutato se è una valle larga o stretta, come suggerito dagli "indirizzi e criteri per la microzonazione ..., 2008" cercando inizialmente il coefficiente C_v dato dal rapporto h/l , dove h è lo spessore della coltre alluvionale ed l la sua semiampiezza.

E' necessario, comunque, tenere in considerazione che il valore di F_a determinato con la procedura semplificata è valido per il centro della valle; allontanandosi dal centro della valle e avvicinandosi ai fianchi l'approssimazione diventa meno soddisfacente.

Si è verificato se:

$$\frac{h}{l} > \frac{0,65}{\sqrt{C_v - 1}}$$

dove :

h è lo spessore della coltre di copertura ;

l la sua semiampiezza ;

C_v rappresenta il rapporto tra la velocità V_s del substrato e la velocità V_s dei terreni di copertura.

In tali casi è necessario ricorrere a stime dell'amplificazione sismica con analisi bidimensionali (procedure di 3° Livello).

Nelle valli strette la stratigrafia del sottosuolo può avere rapidi cambiamenti laterali, soprattutto del tetto del substrato rigido, e quindi si rende necessario ricorrere a stime dell'amplificazione sismica con analisi bidimensionali (quindi procedure di 3° livello). Si veda anche l'abaco proposto nella sottostante figura.

Assumendo gli spessori della coltre ricavati sia dalle indagini pregresse sia dalle attuali, nonché i valori delle V_s per il materiale sciolto ed il sottostante substrato derivato da indagini geognostiche e/o geofisiche pregresse ed attuali risulta che al centro della valle $C = 0.12$ inferiore a $C = 0.25$ e quindi "valle larga". da qui con $h/l = 0.12$, $C_v = 1.86$ si deduce, applicando la formula sopra scritta,

che geometricamente sarebbe sufficiente il 2° Livello di analisi, ma con il confronto tra F_a ricavato e S_s da NTC si impone l'approfondimento di 3° Livello.

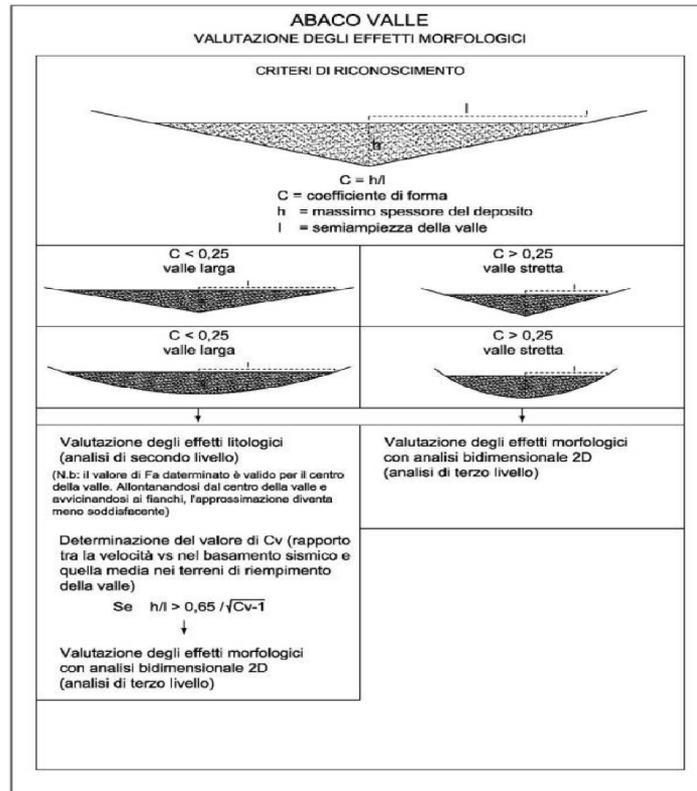


Figura 14: Abaco per la valutazione degli effetti morfologici delle valli.

Per la $Z_{A_{FRND}}$ presenti localmente lungo la scarpata del tavolato carbonatico poichè anche con il Livello 2 si arriva a semplici indicatori di danno dei manufatti basandosi essi su metodi dinamici semplificati, si deduce che ai fini urbanistici le zone devono essere analizzate con il 3° Livello di approfondimento.

9.5.1 STIMA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE ICMS

Analizzando, ora, la **Carta di Microzonazione sismica (MS)** del territorio in studio si possono fare le seguenti osservazioni:

- Come già indicato, la Carta MS illustra le condizioni di amplificazione sismica nei siti ove sono ubicati o in previsione sia i nuclei abitati, sia i principali nuclei con edificato diffuso.
- Le zone studiate rientrano nelle classi di amplificazione definite dagli indirizzi nazionali con limiti di **Fa tra 1.1 e >2.5**.

Nello specifico, vi sono ampie zone che rientrano nelle classi Fa 1.1÷1.2, 1.3÷1.4 e 1.5÷1.6. Esistono, poi, delle condizioni amplificative, somma di quelle litologiche e morfologiche che superano ampiamente questi valori e precisamente si tratta dei siti codificati 31 e 38.

Infine, si rammenta che nella classificazione areale del territorio mediante la stima delle Fa si possono presentare due situazioni:

1. Il valore di Fa è inferiore o uguale al valore di soglia Ss corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e, quindi, si applica lo spettro previsto dalla normativa. E' da notare che, come suggerito anche dalle norme vigenti, esiste un'incertezza con valore ± 0.1 del risultato ottenibile con i metodi semplificati e ciò da una parte spinge a verificare in campo la condizione specie nella fase di progetto, dall'altra porta a classificare l'intero territorio come soggetto a verifiche sia di Livello 2, come fatto, ma anche di Livello 3.
2. Il valore di Fa è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica: è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° Livello), oppure utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, come indicato nel Capitolo precedente.

Analizzando la Carta si nota che, come era già risaputo dagli studi geologici afferenti al PAT, ma anche per questo studio, vaste aree del territorio montano sono caratterizzate da fenomeni di instabilità geologica e geomorfologica che diventa di instabilità anche in prospettiva sismica.

L'analisi fatta in chiave sismica sia su basi topografico-morfologiche, sia litologiche fatte in campo e mediante software dedicato non solo ha confermato questo, ma anche ha "aggiunto" nella classe soggetta a procedura di tipo 3, aree che con la procedura di 1° Livello erano risultate "suscettibili di amplificazione".

Oltre alle ampie zone collinari dove la procedura 1 ha individuato classi di *instabilità* a causa di molteplici fattori (litologici, idrogeologici, geotecnici e morfologici), assume particolare importanza la *scarpata strutturale* che cinge il tavolato calcareo che caratterizza la parte centro settentrionale del comune. La presenza di tale struttura, caratterizzata da litologia a densità diversa da quella della fascia pedemontana (terreni detritici) produce un contrasto di impedenza sismica e quindi influisce sulla modalità di propagazione dell'energia sismica da un mezzo all'altro.

Altro elemento destabilizzante è la *faglia capace* mappata dal progetto Ithaca, che attraversa interamente il Comune, interessando il capoluogo e vari centri abitati pedemontani.

Ultimo, ma non meno importante è la zona pianeggiante dove risiedono i maggiori abitati e la zona produttiva. La penalità deriva dalla presenza di falda "alta" e da interstrati, conosciuti da indagini geognostiche pregresse, di tipo sabbioso-limoso appartenenti al "fuso" granulometrico di terreni facilmente liquefacibili in caso di sisma.

Pur non essendo necessario, perché insufficiente come procedura la 2, e quindi già soggette alla procedura di 3° Livello (zone liquefacibili potenzialmente e zone di faglia capace), si è provveduto

a caratterizzare, comunque, mediante indagini HVSR i terreni di tali zone. Queste saranno da considerare propedeutiche alla procedura di 3° Livello. Quindi quanto detto di seguito non ha valore perentorio, ma dà una valutazione sui possibili scenari di pianificazione sia in ambito sismico che urbanistico.

In sintesi, per quanto riguarda i fattori di amplificazione si evidenzia che.

Capoluogo e zona di pianura: i valori di F_a hanno un valore medio di ~ 1.5 , oscillanti in un range di $1.2 \div 1.7$. In particolare, i valori F_a di 1.2 caratterizzano il "bordo Nord" dove si ha il graduale passaggio ai rilievi collinari, quindi terreni maggiormente competenti e bedrock relativamente poco profondo; mentre F_a pari a 1.7 appartiene alla porzione di terreno meno competente dal punto di vista geomeccanico che si trova soprattutto nella fascia meridionale del Comune dove, peraltro, si sviluppa la zona industriale. Quindi sarà d'obbligo far valutare attentamente in fase di progetto non solo le condizioni geotecniche del sottosuolo, ma anche la Risposta sismica Locale (RSL) al fine di dimensionare correttamente le strutture edilizie. Anche perché la zona rientra per le motivazioni ampiamente scritte sopra come soggetta ad approfondimenti di 3° Livello.

Valle T. Valdiezza: anche in questo caso i valori di F_a hanno un valore di ~ 1.5 e sono superiori a quelli fissati da normativa. Pertanto vale anche per questa zona la obbligatorietà di analisi di 3° Livello con caratterizzazione meccanica e di RSL.

Fascia di versante: questa fascia racchiude interamente il complesso carbonatico collinare. Essa presenta, per le zone analizzate e corrispondenti soprattutto all'edificato, un valore di F_a di 1.2 derivato dalla combinazione dei fattori morfologici e stratigrafici locali. Esistono anche delle zone caratterizzate da amplificazioni maggiori con F_a pari a 1.4 e 1.6 come pure 1.8 e 2.6 legate sia alla morfologia (la zona 38 è un picco roccioso seppur fratturato) sia alla presenza di una morfologia sotterranea del substrato definibile "capricciosa" e non monotona, fattore che comporta l'accumulo di depositi sciolti con conseguente amplificazione. Soprattutto se lo stesso substrato si presenta molto fratturato e/o tettonizzato. I valori trovati nei siti analizzati su queste zone sono, in genere, superiori ai limiti fissati dalla normativa, quindi, gli interventi urbanistici necessitano di approfondimento di 3° Livello.

Tavolato carbonatico: le porzioni perimetrali fanno parte del contesto della "fascia di versante" poiché gli effetti sismici delle scarpate hanno una loro significativa estensione anche oltre il ciglio, come evidenziato nelle Tabella specifica sopra. Il restante territorio è caratterizzato da case sparse e/o con nuclei limitatissimi dove sono state fatte delle analisi che hanno portato a risultati diversi (F_a $1.2 \div 1.4$) in relazione allo spessore della copertura sciolta. In entrambi gli scenari qui trattati sarà obbligatorio valutare puntualmente in sede di progettazione edilizia e/o urbanistica le risposte sismiche locali (RSL), nonché le condizioni sismo-morfologiche dato che vaste aree del tavolato presentano caratteristiche che possono innescare cedimenti sismo-indotti (es. doline, cavità sotterranee).

9.6 SOTTOSUOLO E FREQUENZE

Analizzando i risultati H/V ottenuti nelle zone interessate dallo studio superiore al 1° Livello si possono fare le seguenti osservazioni:

La Frequenza fondamentale di risonanza è mediamente pari a 5.6 Hz per la zona pianeggiante e pari a ~14 per quella montuosa. I valori puntuali sono generalmente medio bassi e al di sotto dei 10 Hz se si fa eccezione per le indagini nr. 26, 35 e 34, dove sono misurabili frequenze fondamentali sopra i 20÷30 Hz quindi al limite e/o sopra a quelle che sono le normali profondità interessate dall'urbanizzazione.

Si è cercato di trovare una caratterizzazione di frequenza per i due domini che suddividono il territorio comunale. Pertanto, si è provato a raggruppare i risultati HVSR al fine di poter individuare delle possibili zone con caratteri di frequenza omogenei o quasi.

Osservando i grafici delle HVSR nella **Scheda 26** per la zona di pianura e **27** per quelli dei rilievi si possono fare le seguenti osservazioni.

Pianura:

Non esiste una netta differenziazione di picchi. Un gruppo evidente, ma che è formato da blande curve è posizionato tra 1 e 1.8 Hz, che segna probabilmente il passaggio al bedrock sismico (pur non essendo particolarmente pronunciati) ipotizzabile a circa 75÷85 metri di profondità.

A frequenze inferiori a 1.0÷1.2 Hz il sottosuolo è caratterizzato mancanza di picchi e rapporto H/V oscillante attorno al valore 1 ± 0.5

Nel grafico di **Scheda 26** si notano anche dei picchi più pronunciati, ma relativi solo ad alcuni siti (22, 24, 36) compresi tra 5 e 7 Hz, che possono essere messi in relazione ad una transizione litologica relativamente importante magari legata alla presenza di terreni ghiaiosi addensati e/o con parziale cementazione. La presenza può essere significativa nei confronti di eventuali fenomeni di doppia risonanza soprattutto per gli edifici a due piani.

Un altro gruppo di picchi minori e mal distribuiti si ubica tra 20 e 30 Hz, ma, anche escludendo l'apporto di qualche componente secondaria legata a qualche disturbo elettromagnetico, non esso non riveste alcun interesse pratico dal punto di vista ingegneristico, in quanto corrisponde a contrasti di impedenza sismica ubicati certamente a profondità inferiori ai 3 m dal piano campagna, che, secondo le schede litologiche previste dalla D.G.R n. 8/7374 della Regione Lombardia non danno luogo a fenomeni di amplificazione di sito. Ad essi possono essere ascritti i depositi superficiali ghiaiosi più ricchi di suolo e matrice.

La mancanza di famiglie con picchi ben accentuati può essere anche dettato dalla storia geologica della porzione di pianura del Comune, che è stata oggetto in passato, ma anche oggi, di continui apporti deposizionali derivanti da diverse azioni esogene sia di tipo fluviale (Bacchiglione e Retrone), sia colluviale (conoidi di versante), sia gravitativi (fenomeni presenti sui versanti di raccordo pianura/collina). Tutto ciò ha creato una osmosi deposizionale tra ambienti originariamente differenti tanto da inficiare la suddivisione netta tra corpi litologici con le rispettive qualità meccaniche.

Rilievo

E' evidente nelle curve il decorso piatto e prossimo a $1 \div 1.5$ H/V a partire da 1.2 Hz in giù. La mancanza di picchi porta a dedurre che il principale limite d'impedenza (bedrock sismico) si trova, nei siti investigati, scarsa a profondità metrica. Lo testimonia anche il progressivo incremento delle Vs.

Sono presenti dei picchi pronunciati, ma solo ad alcuni siti compresi tra 6 e 8.5 Hz, che possono essere messi in relazione ad una transizione litologica importante (bedrock sismico) trattandosi di siti posti su versanti poco acclivi dove il substrato è di norma poco profondo, come testimoniano anche le indagini geognostiche pregresse.

Al di sopra di 10 Hz, poi, si ha uno sviluppo caotico di picco d'impedenza sempre però di modesto sviluppo e probabilmente legati alla variabilità della superficie rocciosa sottostante.

9.7 FREQUENZA E STRUTTURE

Si fa cenno, qui, alle applicazioni che la metodologia d'indagine usata (HVSR) ed i parametri da essa derivati possono avere in relazione ai problemi di vibrazione delle strutture.

E' stato dimostrato che la vulnerabilità agli eventi sismici di un edificio di costruzione relativamente recente è solo marginalmente collegabile alle modalità costruttive dello stesso. Molto più gravoso è l'effetto dell'amplificazione sismica locale, che tende ad aumentare in maniera importante l'intensità delle forze sismiche agenti sulla struttura.

In particolare se la frequenza di risonanza dell'edificio è confrontabile con quella dei terreni di fondazione si verifica il fenomeno della risonanza accoppiata che comporta un'amplificazione delle sollecitazioni sismiche sull'opera.

Al fine di valutare tale rischio è, pertanto, necessario considerare se la frequenza di risonanza fondamentale dell'edificio corrisponde con uno dei picchi di risonanza del terreno di fondazione evidenziati con l'indagine HVSR.

E' risaputo che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere o calcolata secondo la formula seguente:

$$f_{\text{frequenza naturale dell'edificio}} \approx 10\text{Hz}/\text{numero di piani}$$

È la risonanza tra terreno e struttura data dalla relazione:

$$f_{\text{frequenza naturale dell'edificio}} \approx f_{\text{frequenza naturale della copertura di terreno}}$$

ad essere pericolosa perché induce alla massima amplificazione.

La combinazione delle due espressioni ora scritte porta alla relazione:

$$10\text{Hz}/\text{numero di piani} \approx V_s/4H$$

dalla quale si può ricavare una relazione di prima approssimazione tra il numero di piani dell'edificio e lo spessore delle coperture nel sito dell'edificio stesso che possono determinare situazioni pericolose e devono quindi essere oggetto di studi approfonditi.

Si veda anche il grafico sottostante:

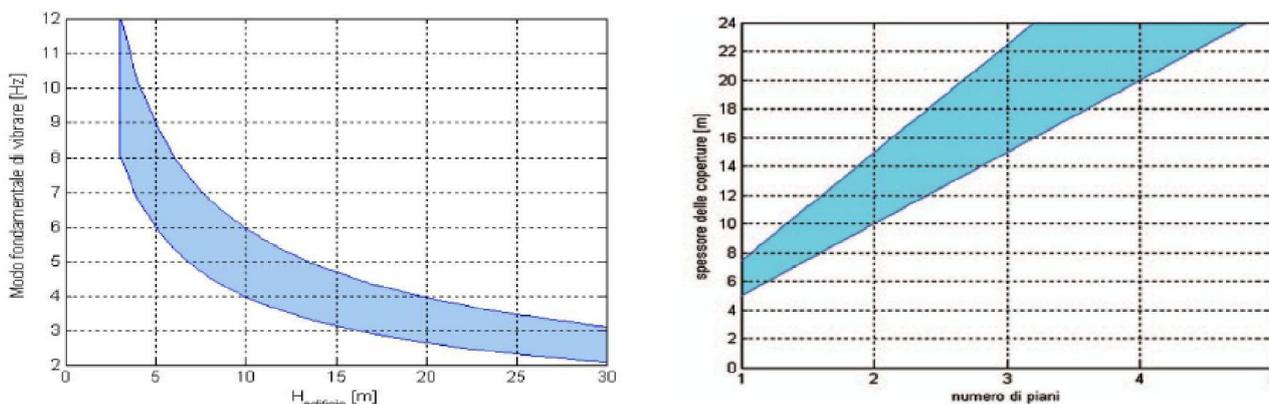


Figura 9: Relazione tra altezza di un edificio in c.a. e frequenza di risonanza del sito investigato. La zona in blu indica l'area più vulnerabile dal punto di vista dei fenomeni di doppia risonanza.

Ad Creazzo le strutture edilizie sono prevalentemente regolari, abbastanza rigide e relativamente basse (normalmente non si superano i 5 piani), come del resto buona parte dell'edificato nazionale.

Esse rientrano nell'intervallo di oscillazione di $0,1 \div 0,5$ s; mentre nel secondo intervallo tra $0,5-1,5$ s sono le strutture più alte e flessibile che rientrano.

Da ciò, osservando il grafico sopra e le curve HVSR riportate sia nelle **Schede 26** e **27** e più dettagliatamente nell'**Allegato H**, si può valutare, da parte dei tecnici, la possibilità o meno di fenomeni di doppia risonanza degli edifici.

Ad esempio, tornando a quanto scritto circa le frequenze di picco risultanti un po' per tutte le zone di territorio investigate si può ragionevolmente evidenziare che picchi di frequenza $5 \div 8$ Hz, che compaiono nelle curve H/V portano a dire che sono gli edifici di altezza pari a $5 \div 10$ metri quelli soggetti a doppia risonanza.

In fase di progettazione esecutiva pertanto si dovrà aver cura di verificare che a tali picchi non corrisponda la frequenza di risonanza fondamentale degli edifici.

10 PRESCRIZIONI

Si premette che per ogni intervento in progetto ricadente delle diverse zone perimetrate e classificate in chiave sismica del territorio comunale si dovranno adottare le procedure di indagine previste alle Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14.01.2008 del Ministero delle Infrastrutture (GU n.29 del 04/02/2008) e relativa Circolare esplicativa, aggiornamenti e modifiche.

In particolare, si dovrà fare riferimento alle seguenti paragrafi e/o capitoli: Capitolo 3: Azioni sulle costruzioni, §3.2 Azione sismica; Capitolo 7: Progettazione per azioni sismiche (strutture nuove); Capitolo 8: Costruzioni esistenti, §8.7 Valutazione e progettazione in presenza di azioni sismiche; Allegato A: Pericolosità sismica; Allegato B: Tabelle che definiscono l'azione sismica nel territorio italiano.

La classe di suolo dovrà essere definita preferibilmente attraverso la misura diretta dei parametri sismici del sottosuolo in numero adeguato alle caratteristiche dell'opera.

Inoltre, per le "aree stabili suscettibili ad amplificazione sismica", dove si preveda di eseguire ristrutturazioni con modifiche strutturali, ampliamenti, nuove costruzioni ed opere infrastrutturali, si dovrà, oltre alle indicazioni normative citate sopra:

- A. Caratterizzare il terreno mediante indagini geologiche e geofisiche spinte fino a profondità tali da qualificare il volume significativo influenzato, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso.
- B. Valutare l'effetto della risposta sismica locale (RSL) mediante specifiche analisi o in rapporto ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di Categorie di Sottosuolo di riferimento. Il D.M. 14.01.08 raccomanda la misura diretta delle velocità di propagazione delle onde di taglio V_s e, per Categorie di Sottosuolo speciali o nel caso di specifiche analisi di risposta sismica locale, impone di approfondire le conoscenze del sottosuolo mediante specifiche indagini in sito e prove di laboratorio, nonché di eseguire analisi numeriche di RSL.
- C. Come previsto dal DM 14.01.2008, qualora si addotti un approccio semplificato, la classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio " V_s " ovvero sul numero medio di colpi N_{spt} per terreni a grana grossa, e coesione non drenata media " c_u ", per terreni a grana fine. Le misure in foro dovranno essere eseguite almeno ogni tre metri di profondità fino a quella prevista dal DM 14.01.2008. Le misure dirette delle onde di taglio " V_s " acquisite con metodi geofisici di superficie sono da preferire ai metodi indiretti. Dovranno essere allegati alla relazione geologica i grafici di misura e d'interpretazione delle prove in sito.
- D. Produrre uno studio finalizzato alla determinazione della profondità del bedrock sismico in funzione della definizione del periodo proprio di vibrazione del sottosuolo.
- E. Evitare, d'accordo con il progettista, l'effetto di doppia risonanza suolo-struttura. Infatti, è ormai consolidata la tesi che le strutture subiscono le sollecitazioni sismiche maggiori quando c'è coincidenza tra la frequenza di vibrazione naturale del terreno investito da un'onda sismica e quella dell'edificio.

- F. Valutare le amplificazioni locali di carattere litostragrafico qualora il bedrock sia a profondità superiore ai 3 metri. L'amplificazione potrà essere determinata come indicato dall'Eurocodice 8 (vedasi anche Indirizzi e criteri di microzonazione sismica – Febbraio 2008 – conferenza Stato e Regioni).
- G. Nelle fasce di contatto tra litologie con caratteristiche elastiche molto diverse tra loro, oltre a quanto detto ora si dovrà verificare, attraverso prove in sito, se i contatti tra queste formazioni possono causare cedimenti differenziali. Si dovrà, anche, evitare di porre le fondazioni dei fabbricati “a cavallo” di litologie con caratteristiche marcatamente diverse.

Il territorio comunale presenta anche “*zone di attenzione*” *I.s.* quindi “suscettibili d'instabilità”. Si danno le seguenti prescrizioni minime sotto gli aspetti di caratterizzazione sismica del sito, rimandando, comunque, a tutte le disposizioni normative inerenti le costruzioni come elencate all'inizio del capitolo, nonché come indicato nelle Linee Guida nazionali e regionali di indirizzo per gli studi di microzonazione sismica.

Qui, si evidenzia che:

- A. Il territorio è interessato da “faglia capace”, quindi “*zona di attenzione* ZA_{FAC} ” sulla parte centrale del territorio. In questo studio, seguendo la normativa nuova, si è fissato planimetricamente un buffer di 200 metri per lato dello sviluppo indicato dal ISPRA (progetto Ithaca). E' auspicabile che per gli interventi che saranno pianificati, almeno nella porzione sud del territorio, venga verificato a livello puntuale se vi siano delle evidenze geologico-geomorfologiche di superficie tali da poter stabilire il grado di “riattivazione” della stessa faglia. Qualora il risultato dello studio dia conferma di ciò, oppure, sia incerto, il progettista dell'opera dovrà incrementare l'accelerazione sismica prevista al bedrock e al suolo, e valutare eventuali cedimenti differenziali. Si potranno utilizzare valori provenienti da misure dirette puntuali delle onde di taglio (V_s) eseguite in un sito adiacente a quello investigato, purché i litotipi, la morfologia superficiale e sepolta, l'idrogeologia, e le caratteristiche sismiche siano compatibili a quelle riscontrate nell'area in studio.
- B. Nelle aree a potenziale cedimento per liquefazione di terreni saturi, la suscettività a questo fenomeno dovrà essere valutata attraverso prove in situ adeguate (SPT, SCPTU, etc) oltre a analisi di laboratorio. Gli Indirizzi e criteri di microzonazione sismica – rapporto finale del Febbraio 2008 – conferenza Stato e Regioni prevedono che possa essere omessa tale verifica solo quando si presenta almeno una delle seguenti condizioni:
- sisma atteso con magnitudo inferiore a 5;
 - accelerazione massime attese in superficie minori di 0,1g;
 - accelerazione massima attesa in superficie minore di 0,15g e terreni ricadenti in una delle seguenti categorie:
 - frazione fine passante al setaccio 200 ASTM FC maggiore del 20% con Indice plastico $IP > 10$
 - $FC > 35\%$ e resistenza $N_{160} > 20$

- FC>5% e resistenza $N_{160}>25$

- profondità media della falda maggiore a 15 metri da piano campagna per superfici piane e fondazioni delle strutture superficiali
- distribuzione granulometrica esterna ai fusi granulometrici suscettibili a liquefazione.

Per superfici pianeggianti gli effetti sono trascurabili se lo spessore dello strato più superficiale "non liquefacibile" è maggiore dello spessore del sottostante strato "liquefacibile".

C. Nelle aree suscettibili ad instabilità” per potenziali smottamenti e/o frane sismo-indotte in pendii naturali, oltre alle normali indagini e studi indicati da normativa, si provvederà a:

- Caratterizzare il sottosuolo con la misura delle Vs30, come previsto da DM 14.01.2008. Le misure dovranno essere eseguite almeno ogni metro lineare di profondità fino a quella prevista dal DM 14.01.2008. E' consigliabile acquisire i valori Vs₃₀ da misure dirette e non da quelle indirette (es. prove penetrometriche o SPT). Si dovrà anche produrre uno studio finalizzato alla determinazione della profondità del bedrock sismico in funzione della definizione del periodo proprio di vibrazione del sottosuolo.
- Valutare le amplificazioni locali di carattere litostragafico, se il bedrock si trova a profondità superiore ai 3 metri, e topografico. L'amplificazione topografica potrà essere determinata come previsto dall'Eurocodice 8 e/o utilizzando quanto disposto negli "Indirizzi e criteri di microzonazione sismica 2008".
- Eseguire i calcoli stabilità del pendio a seguito dell'azione sismica, attraverso una specifica analisi dinamica. In alternativa potranno essere utilizzati appositi abachi, purché il sito d'intervento presenti caratteristiche conformi alle ipotesi di base utilizzate per l'elaborazione degli abachi stessi.

11 CONCLUSIONI

Codesta Relazione illustra le modalità ed i risultati ottenuti con lo studio di Microzonazione sismica comunale di 1° e 2° Livello.

Lo studio è stato articolato sui 2 livelli previsti in fase di pianificazione, rimandando l'applicazione del 3° livello alla fase di progetto soprattutto per le zone di attenzione ZA di tipo FAC, LQ e FR. In realtà, quest'ultimo livello è necessario anche per costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi, reti infrastrutturali (strade e ferrovie), poiché la loro interruzione comporta condizioni di emergenza, edifici pubblici e strategici, industrie con attività potenzialmente insalubre per l'ambiente ed il territorio.

Si ripete, in conclusione, che:

- le zone che ricadono nelle categorie di tipo "instabile" sono obbligatoriamente assoggettate, in fase di progettazione, all'esecuzione di studi specifici di 3° Livello. Pertanto queste aree vengono escluse dall'analisi di 2° Livello, che può dare degli indirizzi di approfondimento dello studio, in quanto si rimanda ai risultati di studi di maggior dettaglio che richiedono di volta in volta l'impiego di strumentazione di tipo geotecnico, geofisico, modellazione numerica ecc. ecc.
- le zone a "potenziale amplificazione morfologica e litologica" sono assoggettate all'esecuzione delle procedure di 2° Livello, per valutare mediante procedure semplificate semiquantitative, il grado di protezione che la normativa sismica nazionale può garantire nei confronti dei fenomeni di amplificazione sismica locale.

Con lo studio di **1° Livello** si sono costruite: la *Carta delle indagini*, la *Carta geologico-tecnica*, la *Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)*, nonché la *Relazione tecnica*.

Con lo studio di **2° Livello** si è definita: la *Carta di Microzonazione sismica*. Quest'ultima carta, soprattutto, ha messo in luce quali zone all'interno del territorio comunale sono passibili di effetti di amplificazione sismica locale ed il relativo fattore di amplificazione F_a e F_v .

Nel 2° Livello si è anche definito la classe di appartenenza del suolo investigato secondo le NTC/2008, come pure le frequenze fondamentali e di risonanza ai fini urbanistici.

Da tener presente che, nella definizione del fattore di amplificazione F_a per le singole zone individuate in cartografia, si è considerato quanto indicato negli *Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica (2008)*, dove si definisce una scala di pericolosità areale relativa ad eventi sismici corrispondenti alle condizioni di progetto delle costruzioni ordinarie, dove si considera una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Pertanto, esso ha valore significativo per la pianificazione di emergenza e per quella urbanistica perché vincola, determina, esclude zone che potrebbero essere urbanisticamente appetibili sulla base di altre condizioni e/o presupposti pur tecnici. Nel contempo, lo studio aiuta, trattandosi di un documento tecnico, i tecnici comunali e gli amministratori a salvaguardare sia il territorio, sia gli abitanti che lo occupano.

Ma si tratta sempre di valori basati su dati relativi ad aree estese.

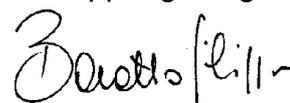
Questo deve essere sempre tenuto presente da parte di chi andrà poi a progettare strutture nel territorio. Infatti le NTC approvate con DM 14.01.2008 si riferiscono ad una specifica struttura e riguarda siti con limitata estensione planimetrica, diversamente dallo studio di Microzonazione sismica che opera su scala territoriale e che non può dare informazioni puntuali.

Pertanto, pur avendo Fa ed S (NTC 2008) stesso significato fisico, si deve considerare la "scala" di lavoro: più ampia quella del Fa; ristretta ai terreni di fondazione della struttura in progetto, quella di S.

Inoltre, non trascurabile è la diversità circa la responsabilità civile tra chi cartografa zone omogenee nel fattore Fa e chi definisce il modello geotecnico del sottosuolo interessato dall'opera e sceglie il metodo di calcolo. Quest'ultimo deve essere il progettista come indicato dalle NTC/2008.

Lo studio è stato realizzato utilizzando, per confronto con i valori sperimentali, i valori di Fa soglia pubblicati dal Dipartimento di Protezione Civile nazionale. Qualora i valori soglia fossero successivamente modificati, potrebbe rendersi necessario un confronto con i fattori di amplificazione stimati dal presente studio, con l'intento di verificare nuovamente il grado di protezione nei confronti dei fenomeni di amplificazione di sito, garantito dagli spettri sismici di progetto indicati dalla normativa vigente.

Baratto Filippo, geologo



Checchinato Raffaella, geologo

Parolo Elena, urbanista



S C H E D E: 1 ÷ 27

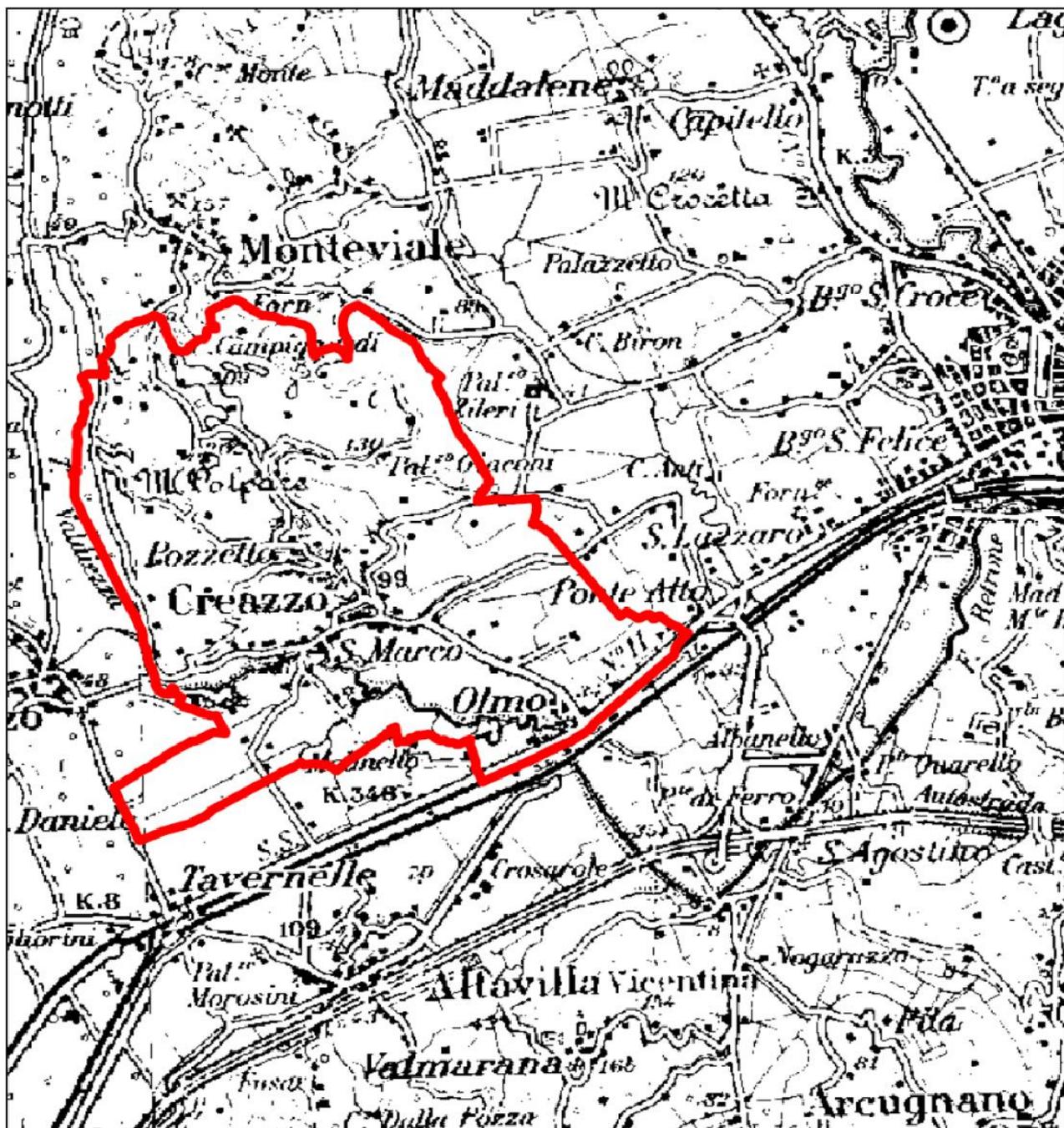
A L L E G A T I: H e S

E

CARTOGRAFIE:

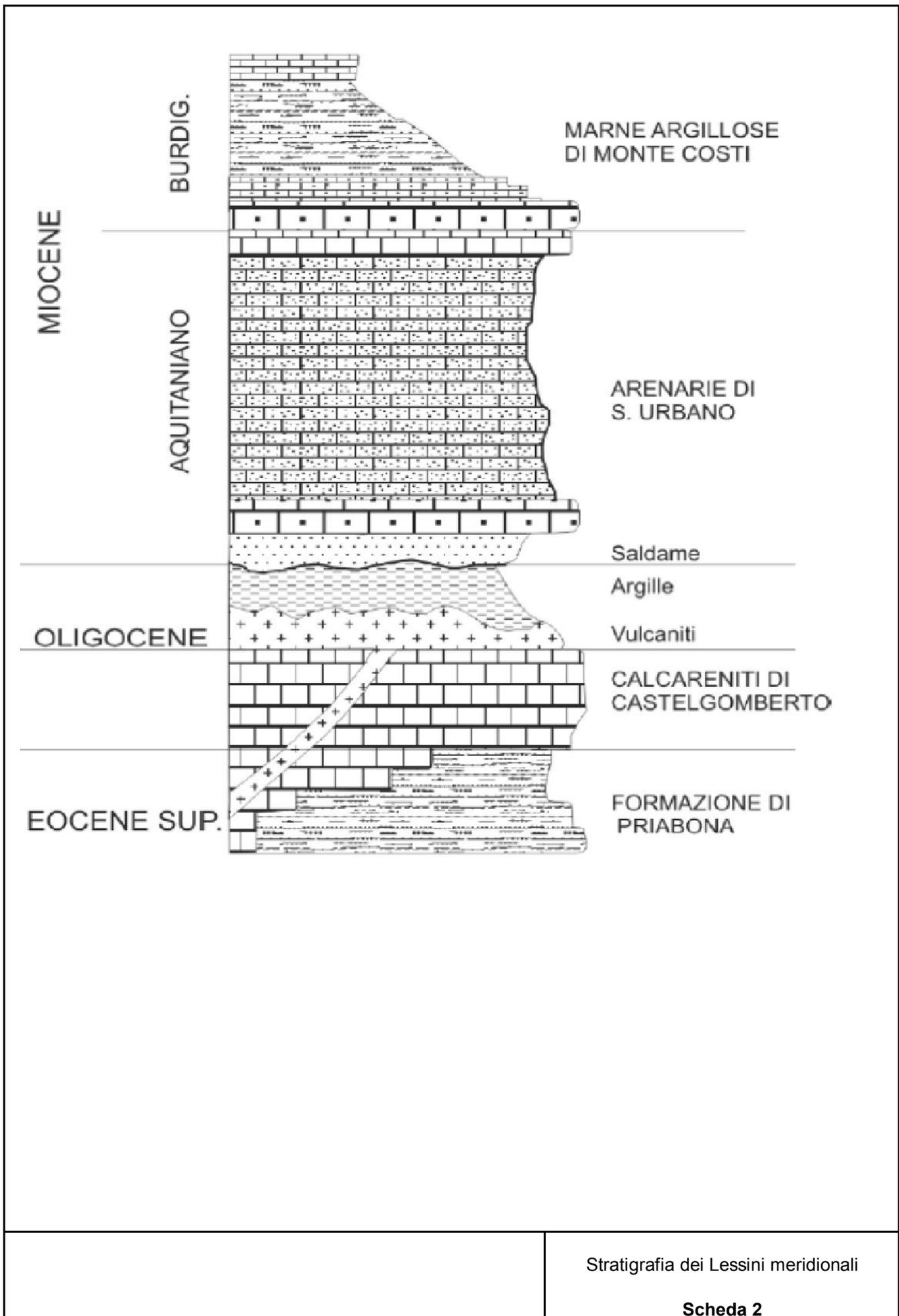
(FUORI TESTO)

CARTA DELLE INDAGINI
CARTA GEOLOGICO-TECNICA
CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)
CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA



estr. da I.G.M. F. 49-50

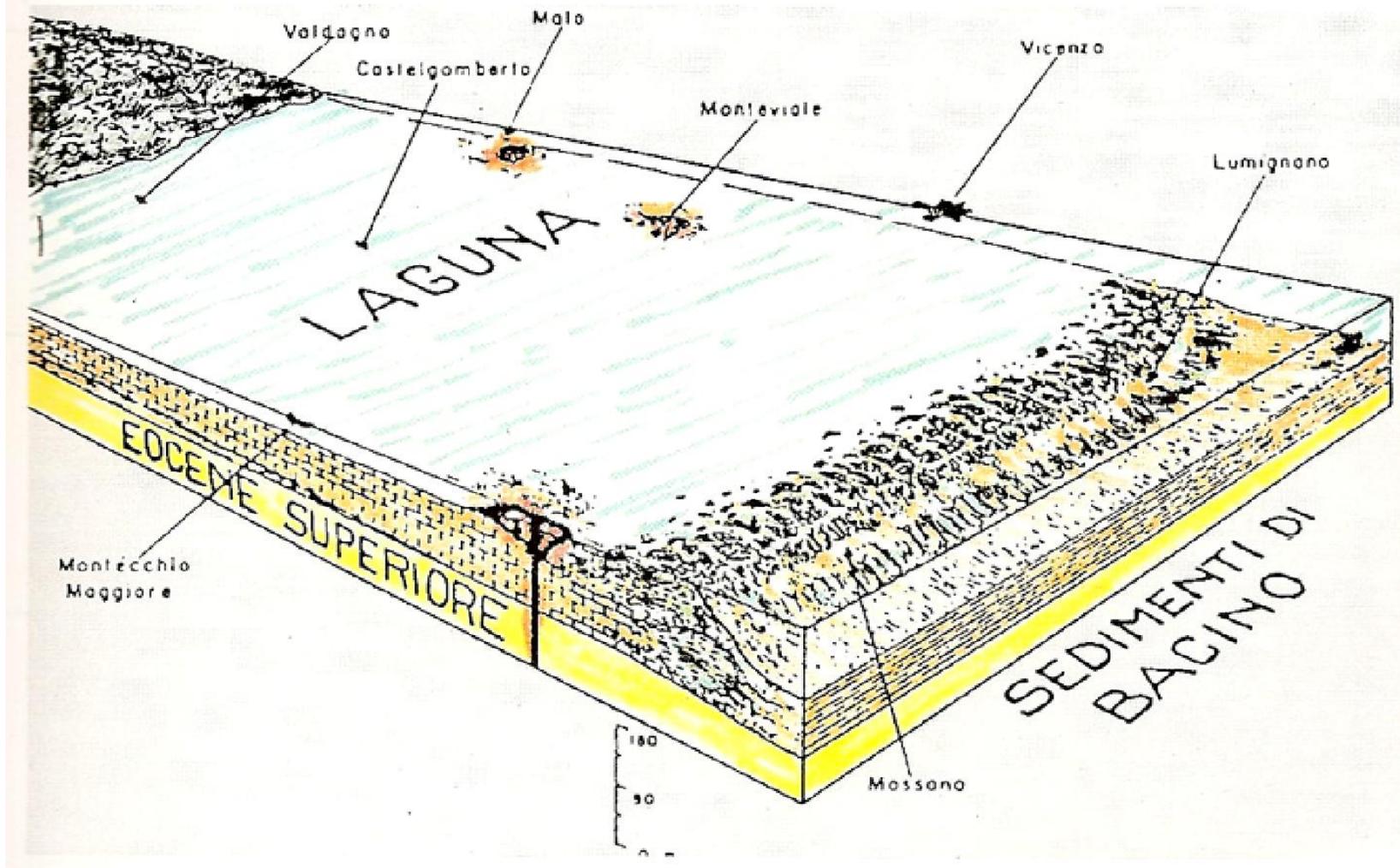
Inquadramento del Comune
 Creazzo
 estratto da IGM 1:50'000
Scheda 1



Stratigrafia dei Lessini meridionali

Scheda 2

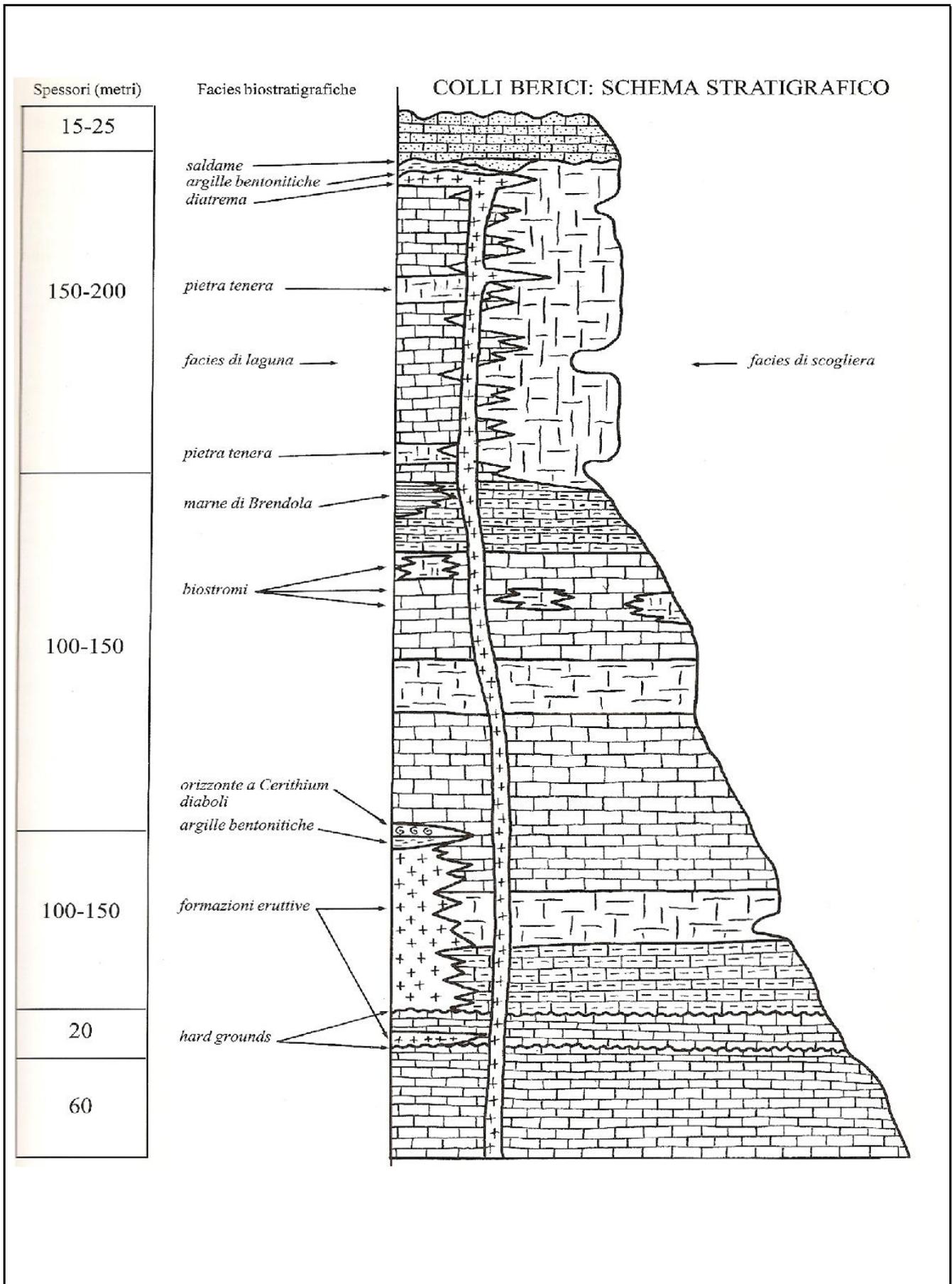
Ricostruzione del complesso di scogliera oligocenica (da FROST, 1981)



tratto da:
Frost S.H 1981 Oligocene reef coral biofacies of the Vicentin

Ricostruzione del complesso di Scogliera
oligocenico

Scheda 3



tratto da:
 Il Lago e le Valli di Fimon" di Alberto Girardi e
 Francesco Mezzalana, Pubblica Editrice

Schema stratigrafico del Colli Berici

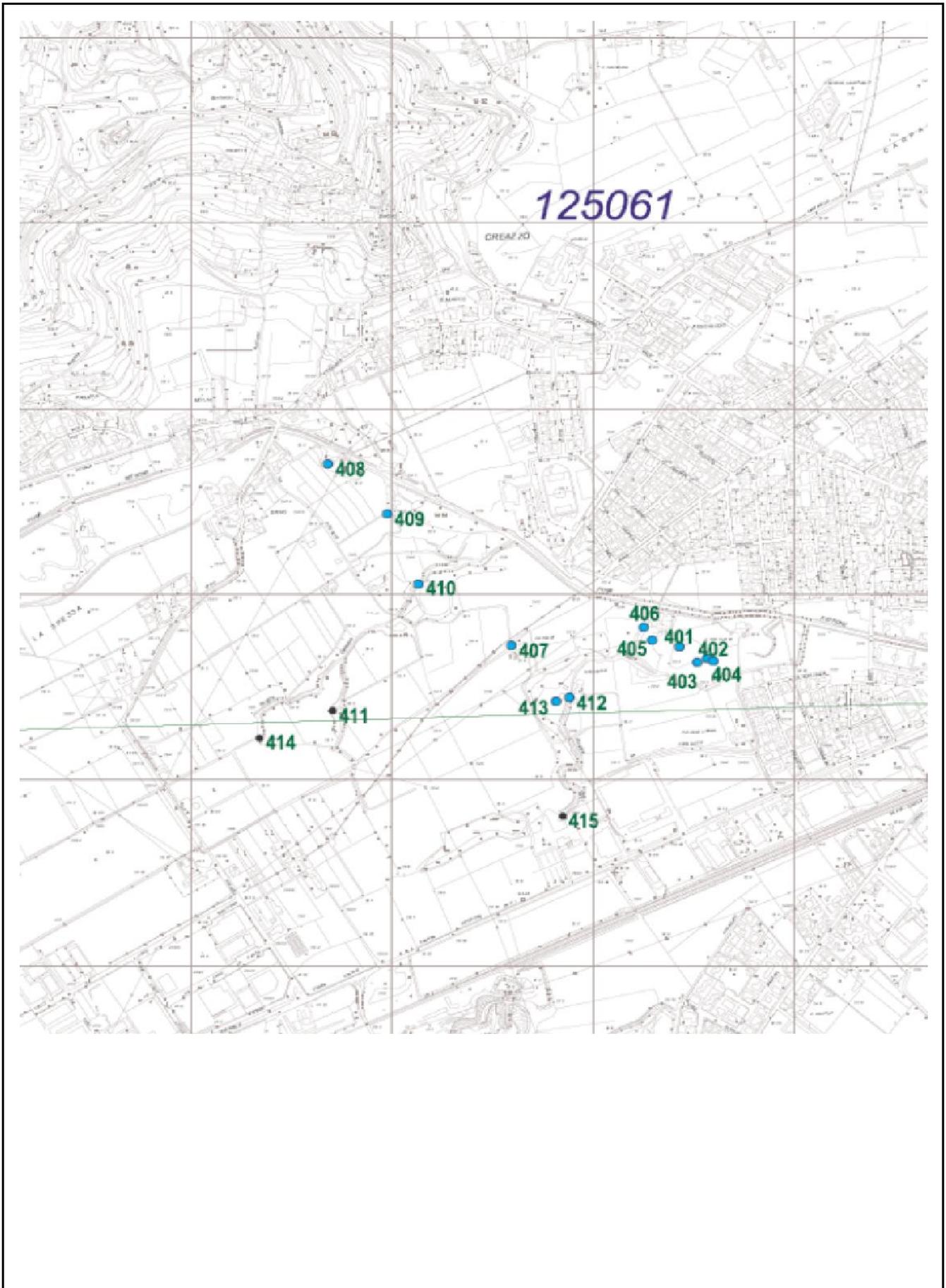
Scheda 4



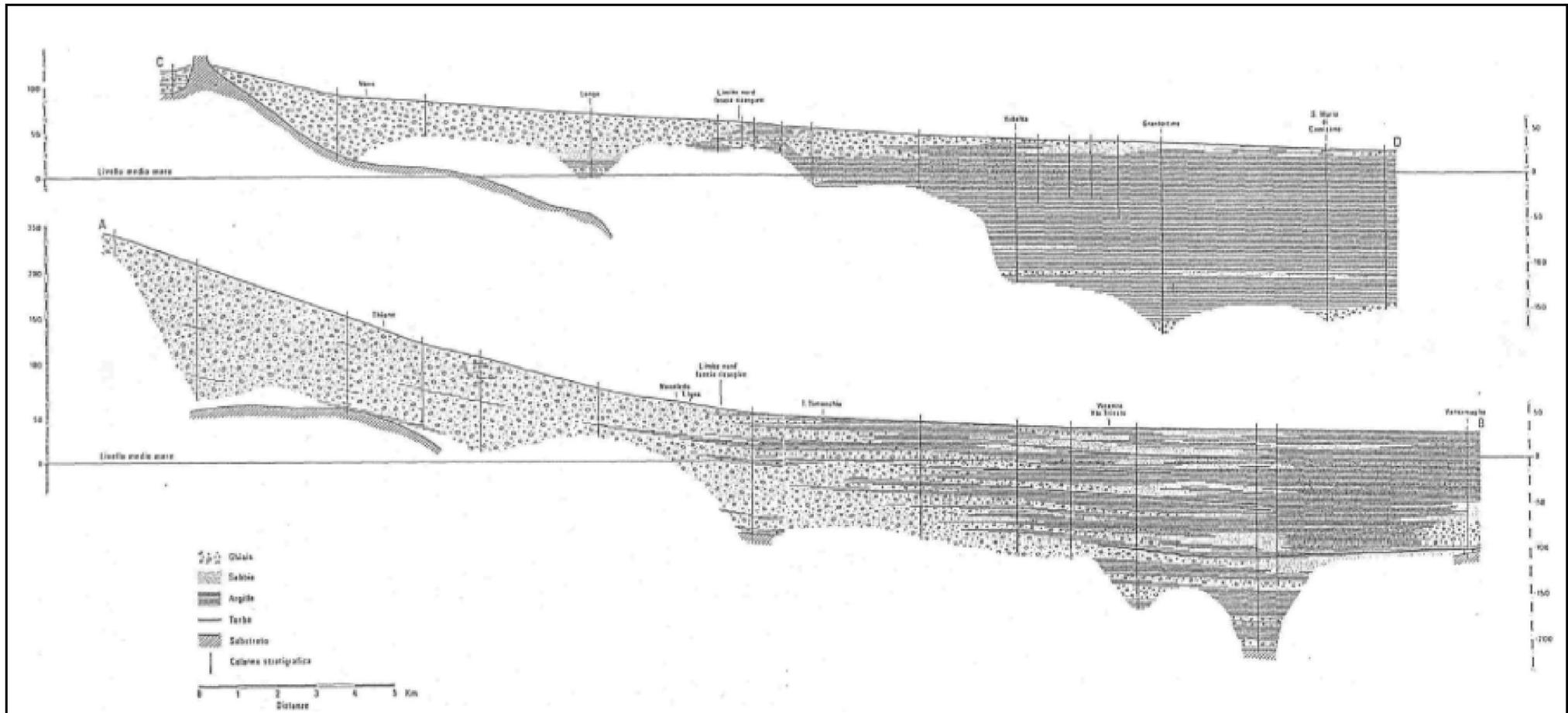
tratto da:
A. Castellarin

Tettonica dell'area berica

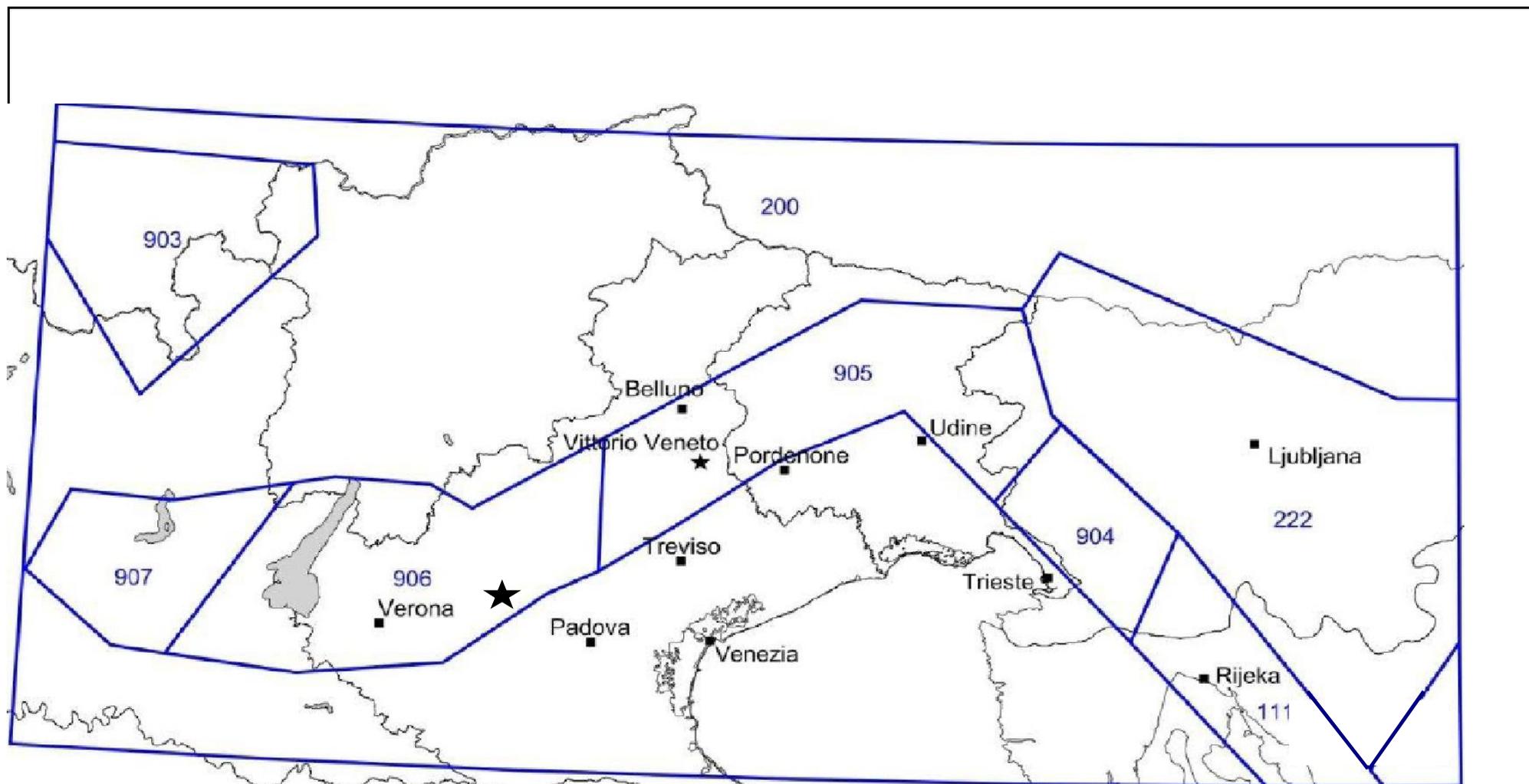
Scheda 5



Ubicazione delle Risorgive
in Comune di Creazzo
(tratto da Zangheri-Modena)
Scheda 6



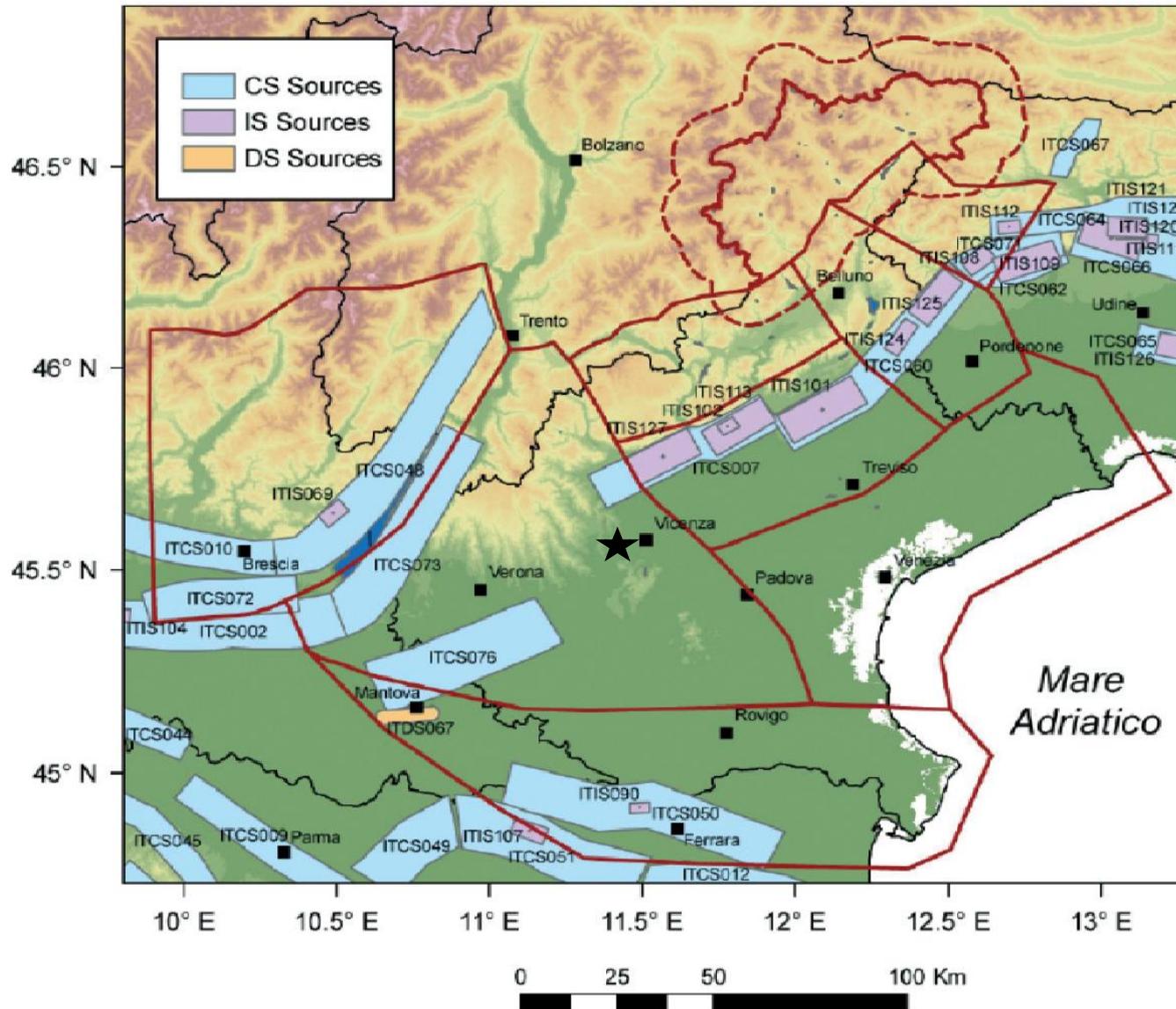
Profili geostrutturali della Pianura Vicentina (Sottani et alii, 1982)



★ Creazzo

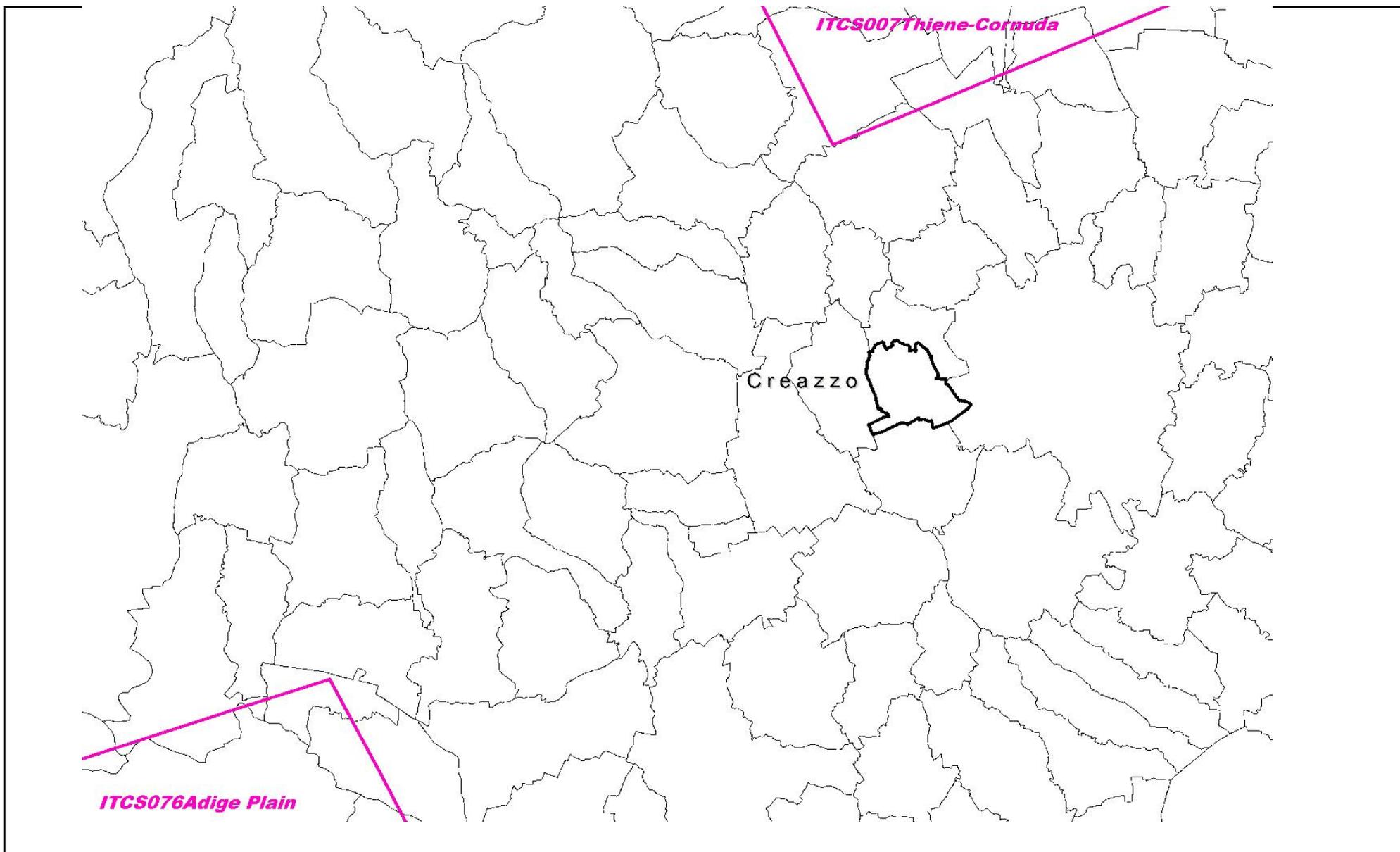
Zone sismogenetiche del Nord Italia

Scheda 8

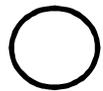
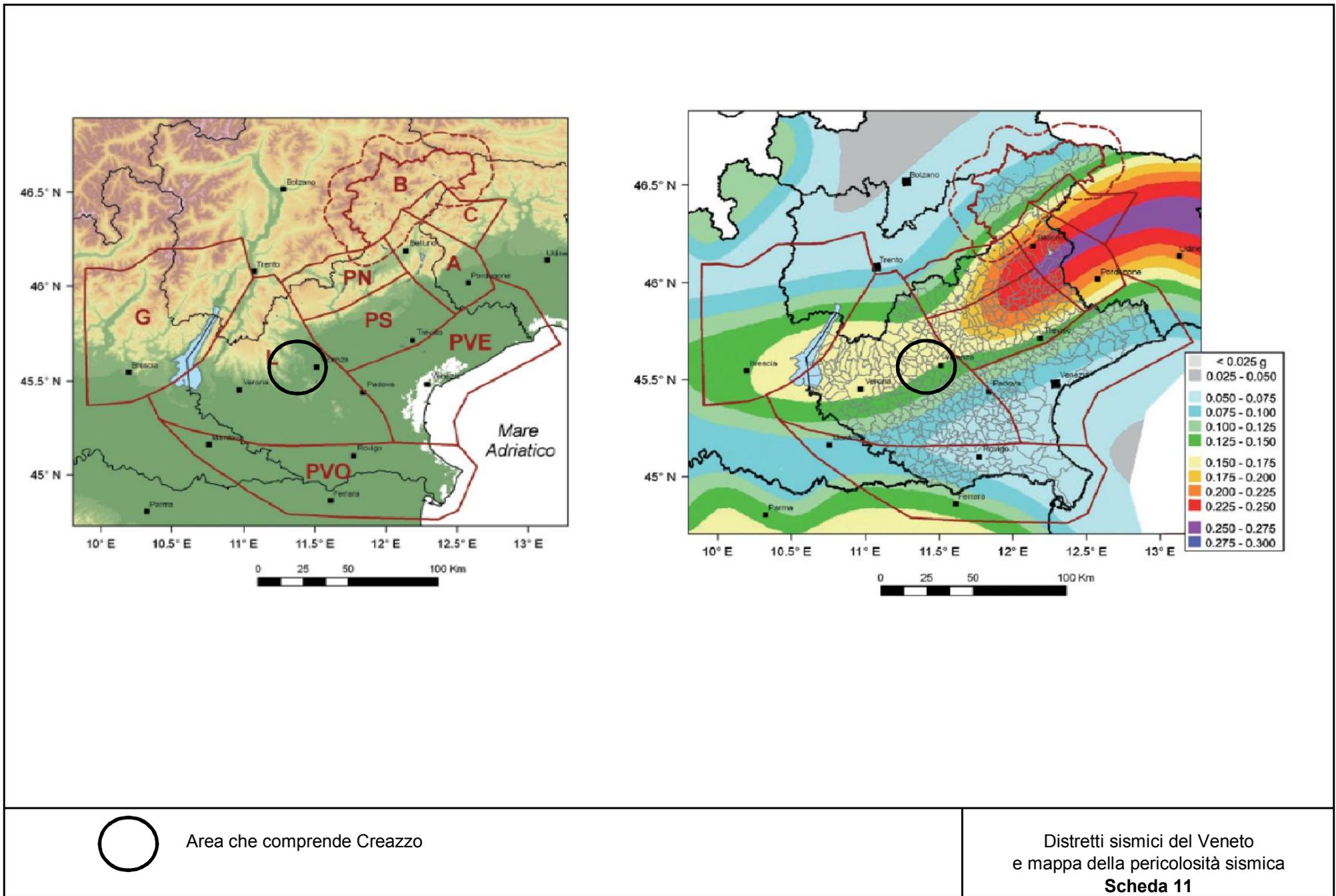


★ Creazzo

Zone sismogenetiche da DISS
 versione 3.1.1 (2010)
Scheda 9



Zone sismogenetiche da DISS
versione 3.1.1 (2010)
Scheda 10



Area che comprende Creazzo

Distretti sismici del Veneto
e mappa della pericolosità sismica
Scheda 11

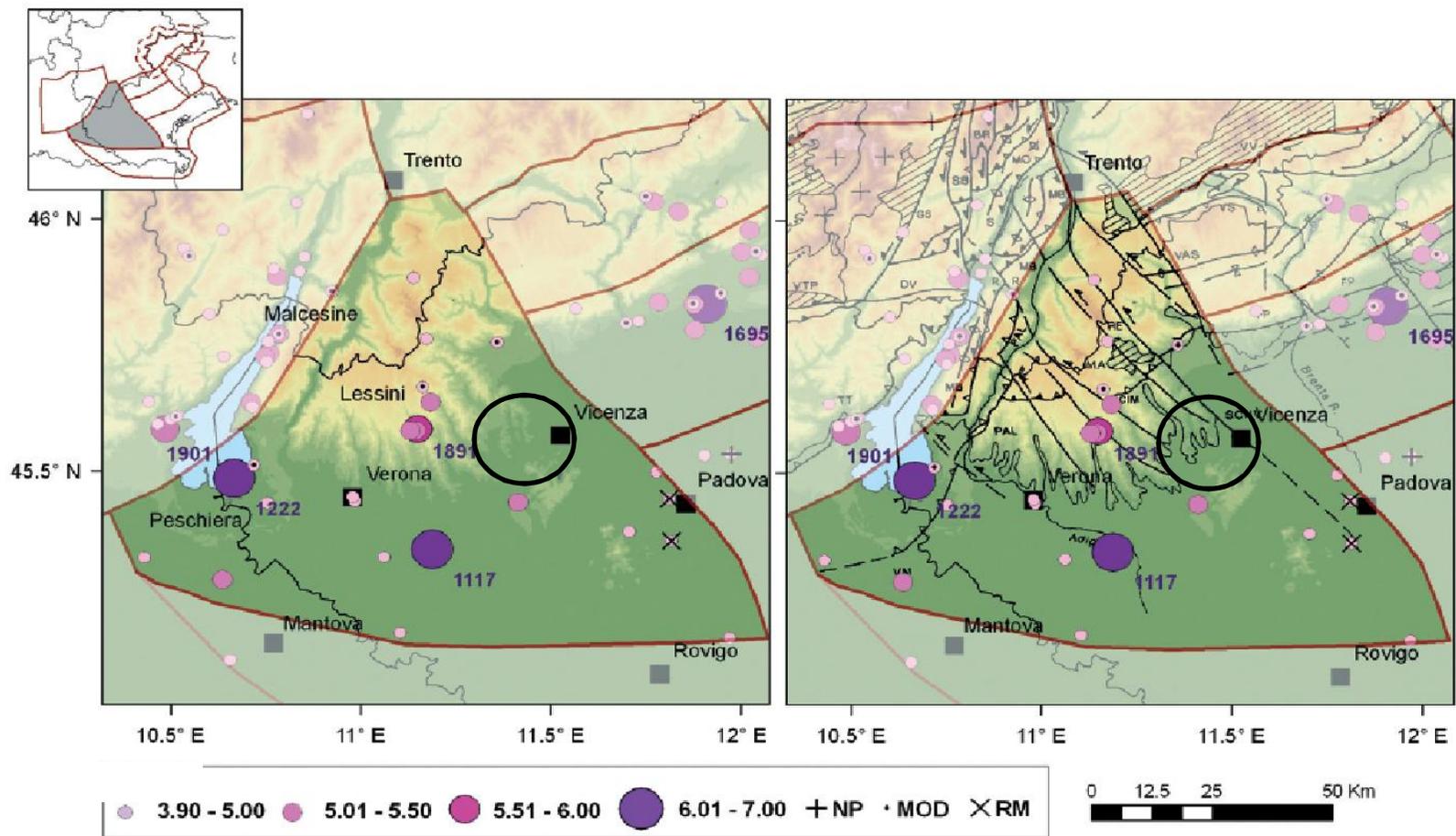


Fig. 4.6 - Mappa della sismicità storica del distretto Lessini-Schio (L); fonte dati CPTI04 criticamente rivisto Molin *et al.* (2008). Visualizzazione su DEM in scala cromatica (sn) e su DEM integrato con modello strutturale tratto da Castellarin *et al.* (1998b) (dx). In legenda: *M_{av}* indica la magnitudo equivalente a *M_w* riportata in CPTI Working Group, 2004; i sovrassegni indicano eventi revisionati, rispettivamente come non parametrizzati 'NP', modificati 'MOD' o rimossi 'RM'.

 Area che comprende Creazzo

Distretto sismico Lessini-Schio
 con sismicità storica
Scheda 12

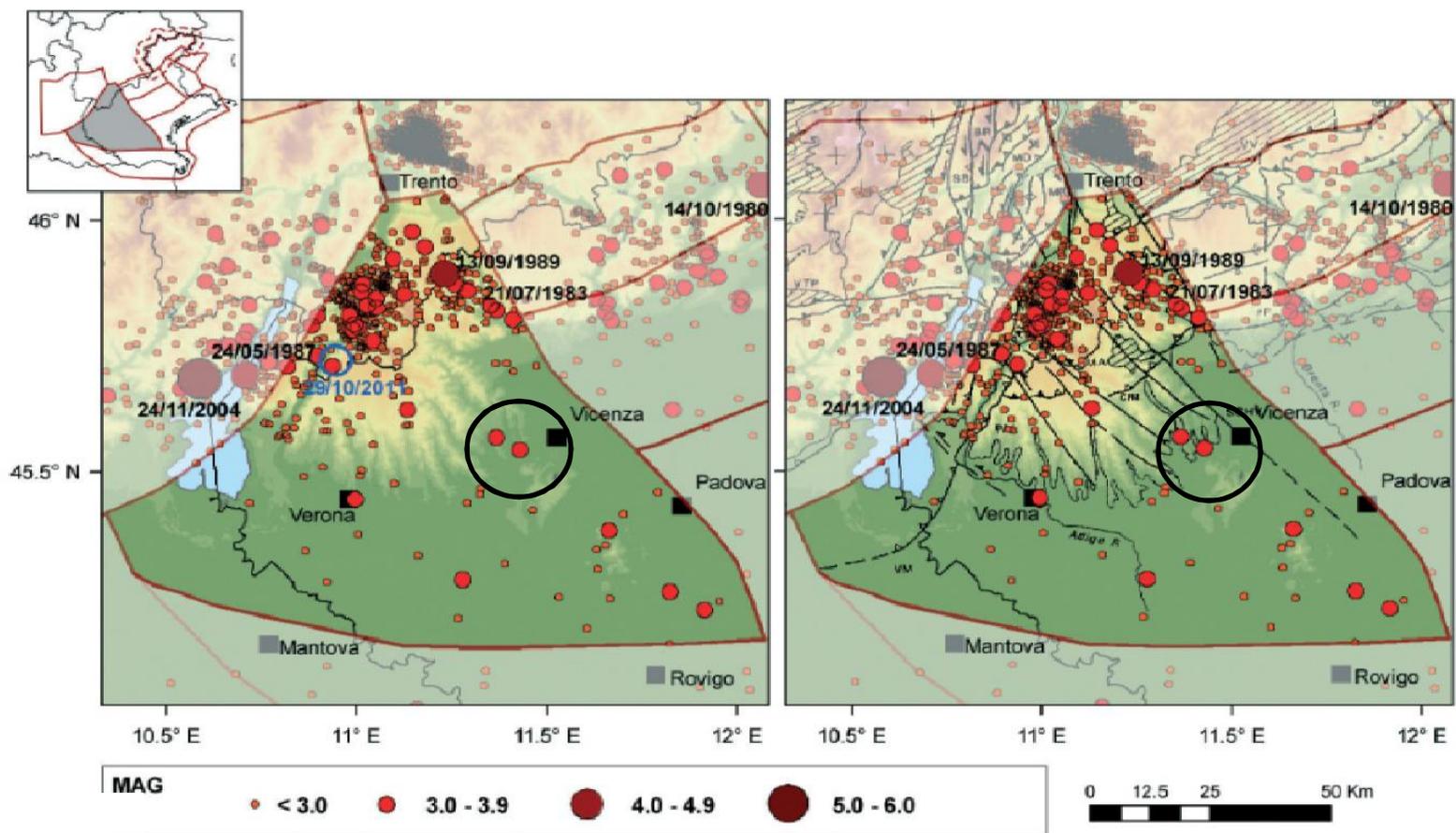


Fig. 4.8 - Mappa della sismicità strumentale del distretto Lessini-Schio (L); fonte dati OGS (vedi Tabella 3.1). Visualizzazione su DEM in scala cromatica (sn) e su DEM integrato con modello strutturale tratto da Castellarin *et al.* (1998b) (dx). In blu nella mappa di sinistra è riportata la localizzazione dell'ultimo evento significativo, avvenuto nella zona di Ala-Avio il 29 ottobre 2011 ($M_L=4,4$, $M_W=4,0$).



Area che comprende Creazzo

Distretto sismico Lessini-Schio
con sismicità strumentale
Scheda 13

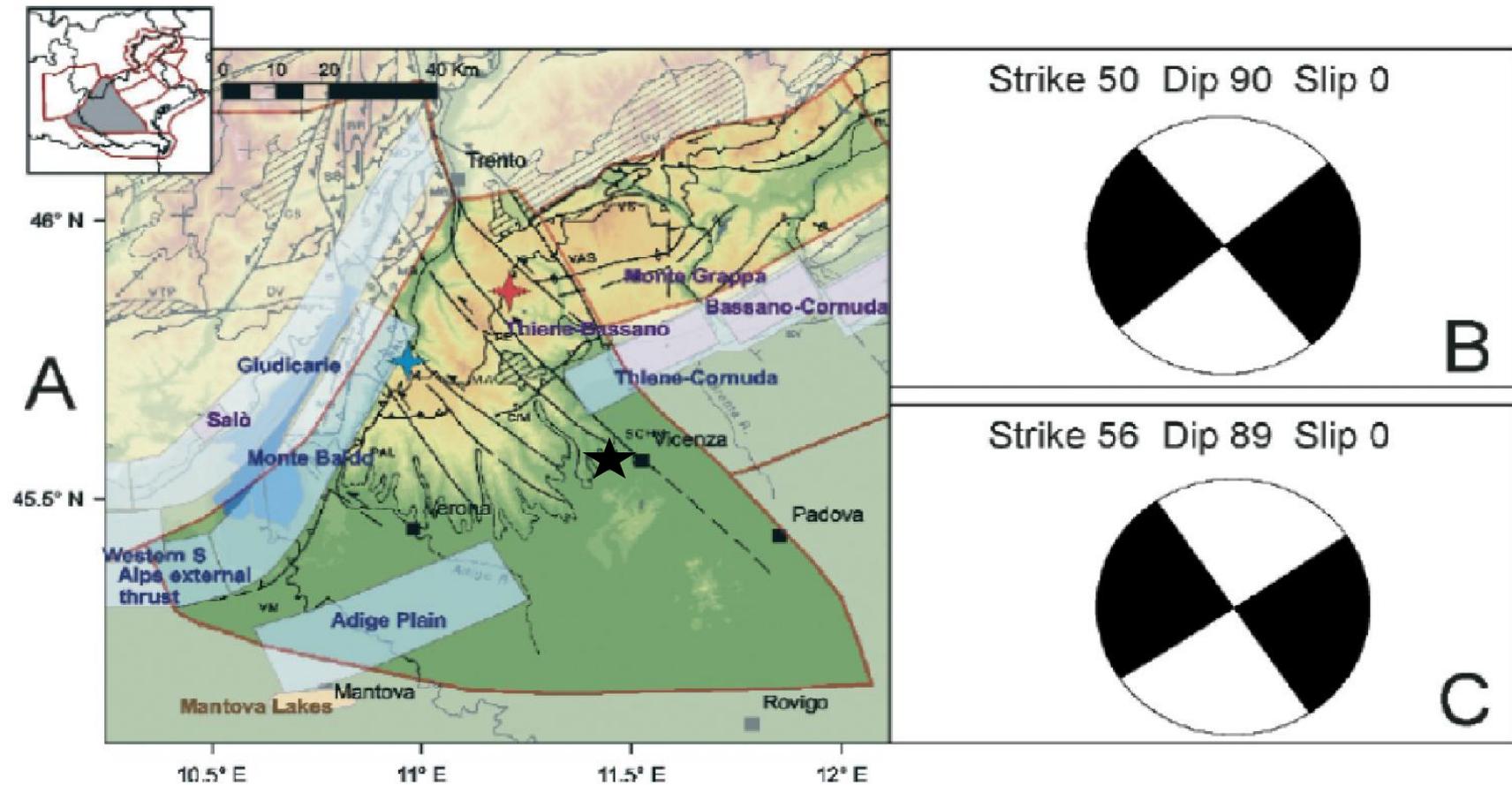


Fig. 4.10 - Sorgenti sismogeniche per il distretto Lessini-Schio (L). A) DISS versione 3.1.1 (DISS Working Group, 2010) su DEM e modello strutturale da Castellarin *et al.* (1998b); codici sorgente e legenda in Fig. 2.4; le soluzioni del meccanismo focale per l'evento del 13.9.1989 (stella rossa) sono rispettivamente B) da polarità del primo impulso (Viganò *et al.*, 2008), e C) da inversione del tensore momento (Pondrelli *et al.*, 2006). La stella azzurra indica l'epicentro dell'evento del 29 ottobre 2011.

★ Comune di Creazzo

Elementi strutturali
sismogenici
Scheda 14

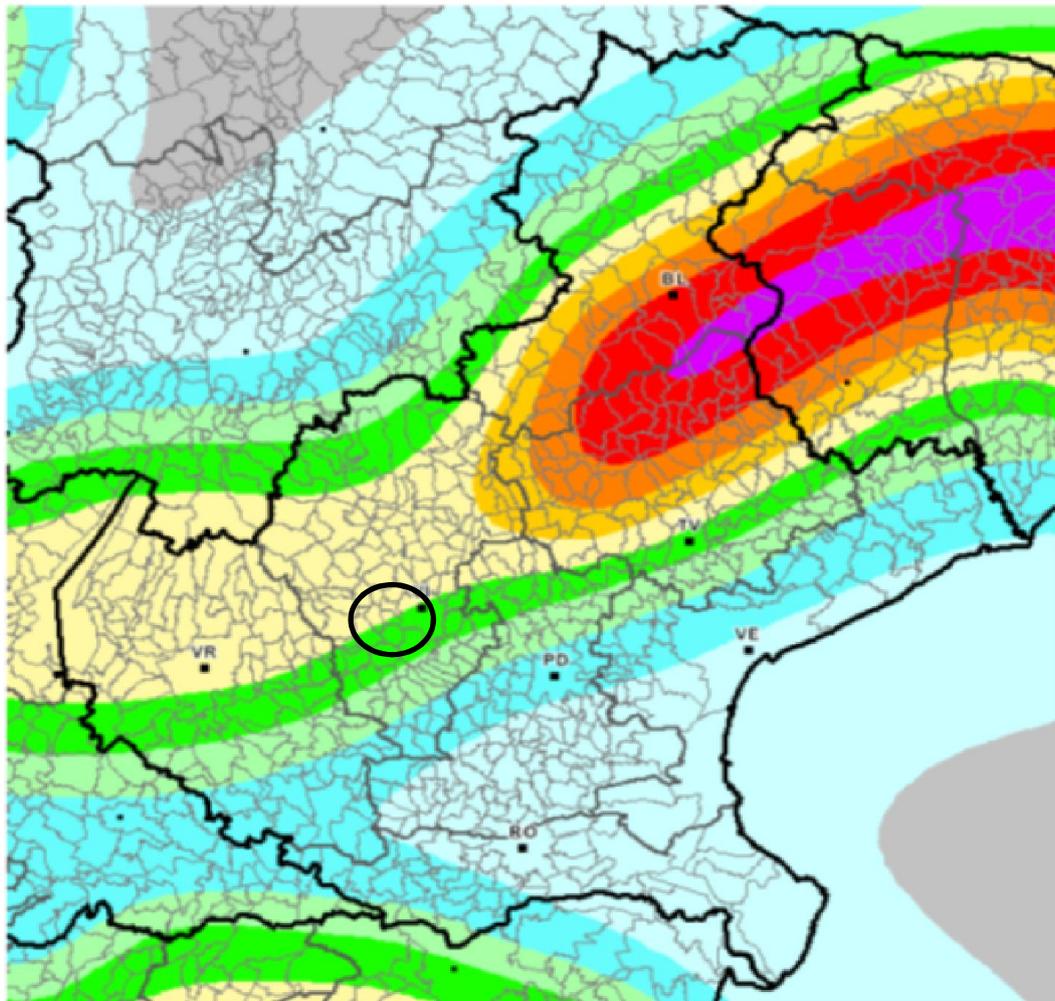
**Seismic history of Vicenza
[45.549, 11.549]**

Total number of earthquakes: 82
Effects

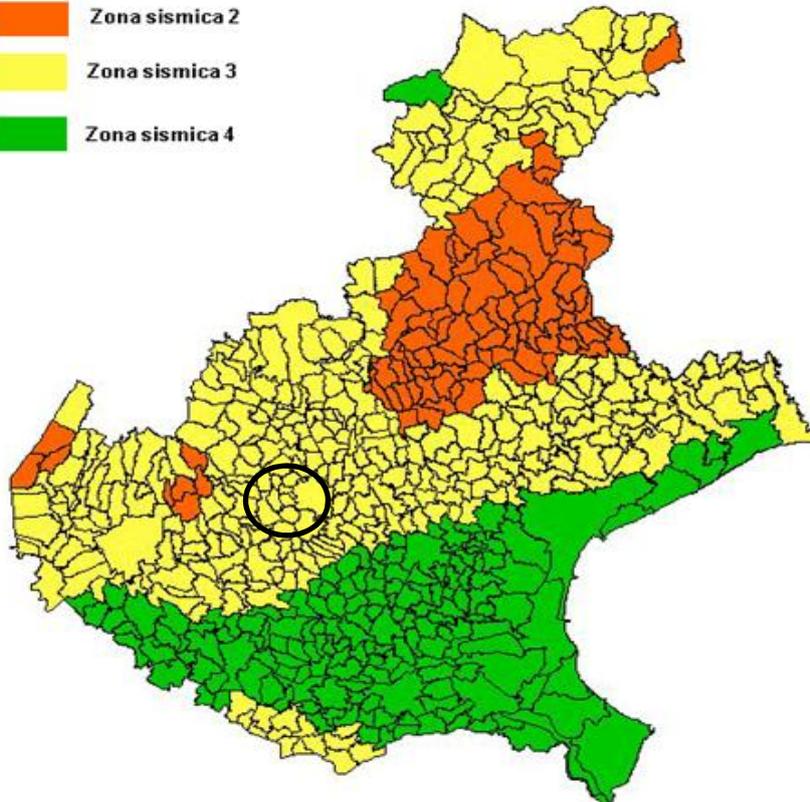
Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Studio	nMDP	Io	Mw
D	1117 01 03 13	Veronese	CFTI	85	9-10	6.49
NC	1222 12 25 11	Basso bresciano	CFTI	40	8-9	6.05
NR	1334 12 04	Verona	CFTI	4	5-6	4.63
4-5	1348 01 25	CARNIA	DOM	48	9-10	6.66
NR	1403 01 17	Verona	CFTI	5	6	4.83
NR	1410 05 09 22 30	FERRARA	DOM	3	6-7	5.03
NR	1465 04 06 21 30	VERONA	DOM	11	5-6	4.63
NR	1491 01 24 23 30	Verona	CFTI	8	7-8	5.37
4	1505 01 03 02	Bologna	CFTI	31	7	5.47
6	1511 03 26 14 40	Slovenia	CFTI	66	9	6.51
5	1511 03 28 12 15	Slovenia	CFTI	8	5-6	4.74
8	1695 02 25 05 30	Asolano	CFTI	82	9-10	6.61
5	1741 04 24 09 20	FABRIANESE	DOM	135	9	6.08
4	1743 02 20 16 30	Basso Ionio	CFTI	77	9-10	6.90
5	1776 07 10	TRAMONTI	DOM	19	8-9	5.82
3	1777 06 06 16 15	CALABRIA	DOM	9	7-8	5.53
3	1779 06 04 07	Bolognese	CFTI	12	6-7	4.97
5	1781 04 04	FAENTINO	DOM	78	9	5.84
3	1781 07 17 09 40	Romagna	CFTI	33	8	5.53
3	1786 04 07	PIACENZA	DOM	8	6-7	5.31
5	1786 12 25 01	Riminese	CFTI	91	8	5.67
3	1787 07 16 10	Ferrara	CFTI	3	5-6	4.63
3-4	1788 10 20	TOLMEZZO	DOM	7	8-9	5.71
4-5	1789 08 04	TRAMONTI	DOM	5	5-6	4.63
4-5	1794 06 07	TRAMONTI	DOM	18	7-8	5.55
6-7	1796 10 22 04	Emilia orientale	CFTI	26	7	5.63
4-5	1799 05 29 19	CASTENEDOLO	DOM	12	6-7	5.06
4	1802 05 12 09 30	Valle dell'Oglio	CFTI	66	8	5.67
3-4	1806 02 12	NOVELLARA	DOM	28	7	5.26
4	1810 12 25 00 45	NOVELLARA	DOM	33	7	5.28
4	1811 07 15 22 44	SASSUOLO	DOM	21	7	5.24
5	1812 10 25 07	SEQUALS	DOM	34	7-8	5.70
3	1813 09 21 07 45	Romagna centrale	CFTI	12	7	5.32
4	1818 12 09 18 52	LANGHIRANO	DOM	27	7-8	5.57
5-6	1826 06 24 12 15	SALO'	DOM	19	5-6	4.74
NR	1828 10 09 02 20	Valle dello Staffora	CFTI	105	7-8	5.67
F	1831 09 11 18 15	Reggiano	CFTI	24	7-8	5.48
5	1832 03 13 03 30	Reggiano	CFTI	93	7-8	5.59
2-3	1834 07 04 00 35	ALTA LUNIGIANA	DOM	21	6-7	5.14
5	1836 06 12 02 30	BASSANO	DOM	26	7-8	5.48
2-3	1837 04 11 16 50	ALPIAPUANE	DOM	50	9-10	5.65
NR	1841 10 15 22	SANGUINETTO	DOM	19	6	4.83
F	1857 02 01	PARMENSE	DOM	22	6-7	5.26
F	1859 01 20 07 55	COLLALTO	DOM	36	6-7	4.97
3	1861 10 16	FORLÌ	DOM	10	6-7	5.13
3-4	1869 06 25	VERGATO	DOM	16	7-8	5.32
4	1873 03 12 20 04	Marche meridionali	CFTI	196	8	5.88
6	1873 06 29 03 58	Bellunese	CFTI	199	9-10	6.33
3-4	1873 09 17	LIGURIA ORIENTALE	DOM	68	6-7	5.52
3-4	1875 03 17 23 51	Romagna sud-orient.	CFTI	143	8	5.74
2	1878 03 12 21 26	Bolognese	CFTI	27	6	4.83
3	1879 02 14	GARGNANO	DOM	6	5-6	4.63
F	1879 06 22 04 15	TARCENTO	DOM	18	5-6	4.81
F	1881 01 24 16 04	Bolognese	CFTI	30	6-7	5.14
NF	1884 09 12	PONTOGLIO	DOM	24	6	4.83
3	1885 02 26 20 48	SCANDIANO	DOM	78	6	5.22
4	1887 02 23 05 21 50	Liguria occidentale	CFTI	1515	9	6.29
5	1891 06 07 01 06 14	Valle d'Illasi	CFTI	403	8-9	5.71
4	1892 01 05	GARDA OCC.	DOM	100	6-7	4.96
5	1894 11 27	FRANCIACORTA	DOM	168	6-7	4.95
5	1895 04 14 22 17	Slovenia	CFTI	296	8	6.25
5	1895 08 10 01 47	VAL DORBIADENE	DOM	73	6-7	5.06

tratto da:
database dell'INGV

Sismicità dell'area di studio
dati registrati a Vicenza
Scheda 15



- Zona sismica 2
- Zona sismica 3
- Zona sismica 4



tratto da:

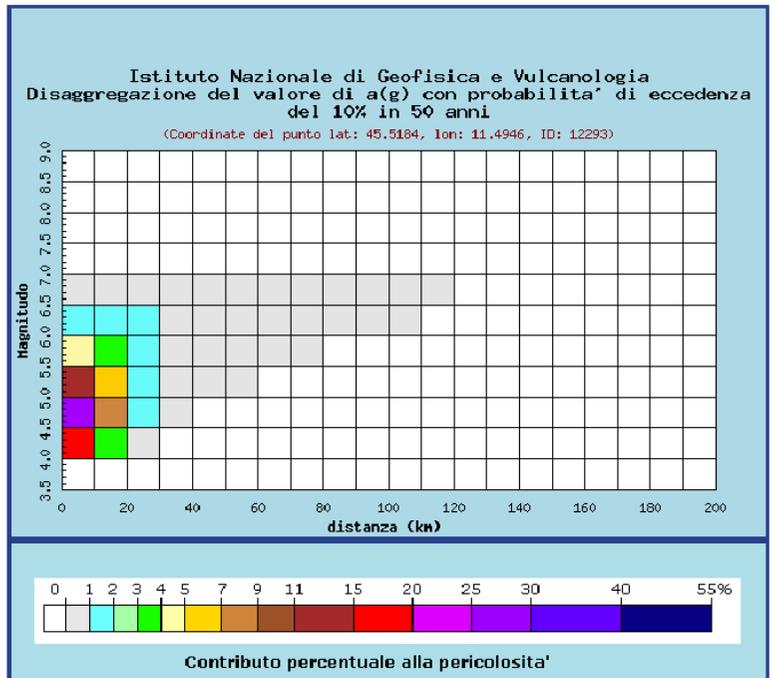
Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici

Sismicità dell'area di studio

Scheda 16

Mappe interattive di pericolosità sismica

Parametro dello scuotimento:	Probabilità in 50 anni:	Percentile:	Periodo spettrale (sec):
a(g)	10%	50	



Carta di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo ag con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli di Categoria A ($V_s,30 > 800$ m/s) subpianeggianti (categoria topografica T1 da N.T.C. 2008)

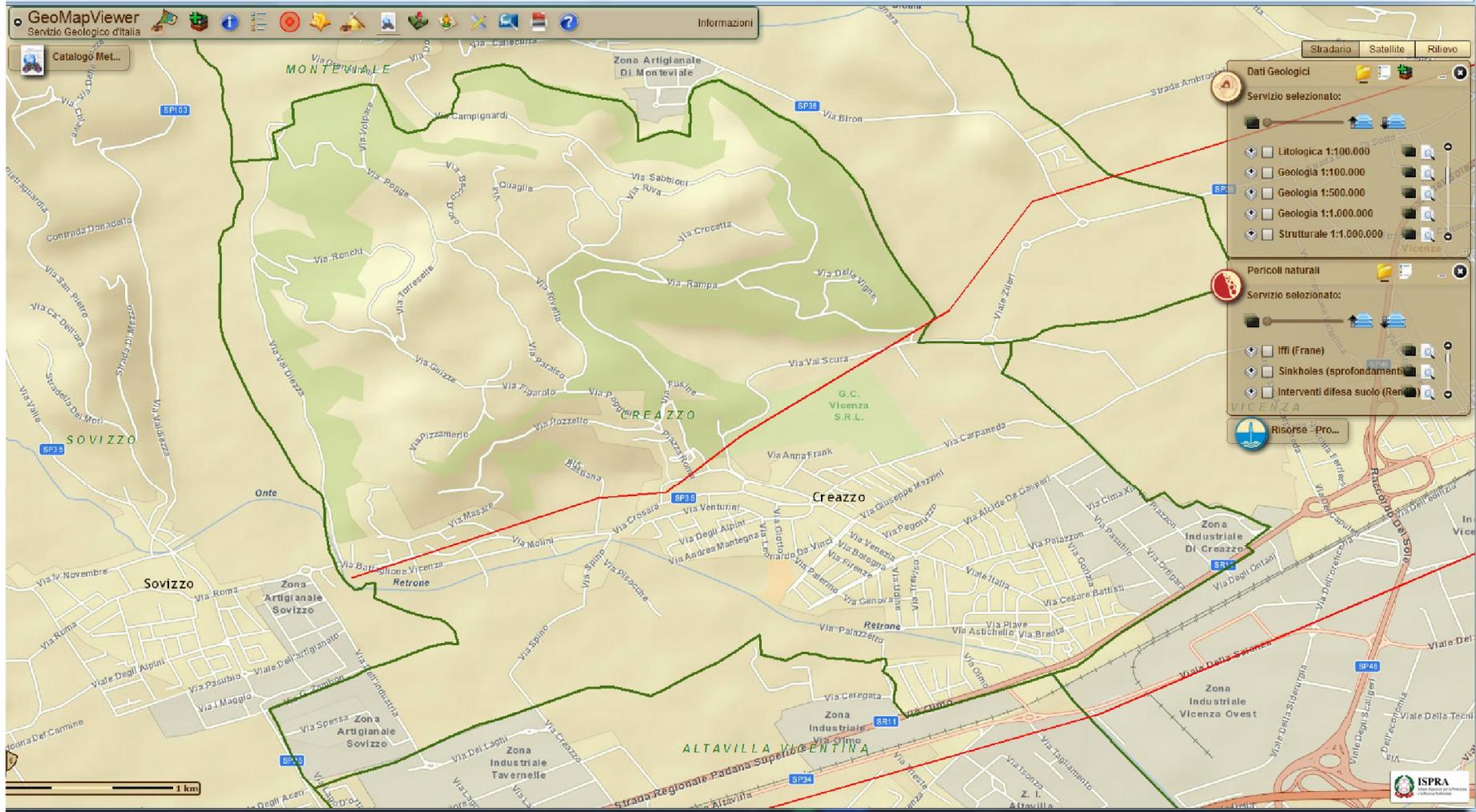
Area meridionale pianeggiante

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.990	10.000	0.579

Area settentrionale montuoso

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.010	9.820	0.666

Pericolosità sismica locale
Scheda 17



tratto da: "Progetto ITHACA Catalogo delle faglie capaci"

Faglie capaci
Scheda 18

ESL-2007		PRIMARY EFFECTS		SECONDARY EFFECTS WITH GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL RECORD				OTHER SECONDARY EFFECTS		AFFECTED AREA AND TYPE OF RECORD	
		SURFACE RUPTURES	TECTONIC UPLIFT/SUBSID	GROUND CRACKS	SLOPE MOVEMENTS	LIQUEFACTION PROCESSES	ANOMALOUS WAVES AND TSUNAMIS	HYDROGEOLOGICAL ANOMALIES	TREE SHAKING	Affected Area	Type of Record
OBSERVED DAMAGING DESTRUCTIVE VERY DESTRUCTIVE DEVASTATING	I-III	Offset	Length	Width	Length	ENVIRONMENTAL EFFECTS ARE VERY RARE AND CANNOT BE USED AS DIAGNOSTIC					
	IV	ABSENT	ABSENT	Rare and local	Rare and local	Only devalered levels (setismites)	cm	Temporary level changes		Rare and local	Geological frequent and exceptionally geomorphological Geological and geomorphological characteristics
	VII	Rare and local	Permanent ground dislocations (< 10 cm)	mm	10 ³ m ³	50 cm	dm	Temporary sea-level changes	Temp. turbidity changes	Local within epicentral zone	
VIII	cm	< 1 m	cm	10 ³ -10 ⁵ m ³	1 m	1-2 m	Waves < 1 m	Temp. F+Q changes	10 km ²		
DESTRUCTIVE VERY DESTRUCTIVE DEVASTATING	X	dm	< 10 m	m	10 ⁵ -10 ⁶ m ³	0.5 m	3-5 m	Temp. temperature changes	Temp. spring drying	100 km ²	Geological frequent and exceptionally geomorphological Geological and geomorphological characteristics
	XI	10-100 km	> 10 m	> 1 m	> 10 ⁶ m ³	> 5 m	> 10 m	Permanent river changes	5,000 km ²		
	XII	> 100 km	> 10 m	> 5 m	Far-field (200-300 km) significant landsliding	0.5 m	Tsunamis	Base-level changes in springs, rivers, aquifers	Tree branches and tree-trunk falling, rupture, etc...	10,000 km ²	
		Dip and strike-slip offset of coseismic ruptures	Permanent ground dislocation	Width and length of cracks and fractures in soils and rocks	Bulk volume of mobilised material	Dimension of liquified levels and sand boils	Transitory sea-level changes, standing waves and Tsunamis	Base-level changes in springs, rivers, aquifers	Tree branches and tree-trunk falling, rupture, etc...	50,000 km ²	

Stima del rischio di liquefazione con il metodo di Ambraseys (1988)

Anno	Magritudo	Distanza epicentro (km)	Località epicentro	Probabilità supera mento	Tempo supera mento(anni)	Fs=Ma/M
1799	1.65	95.5	CASTENEDOLO	0.02326	1.02	0.1807
1898	1.65	80.5	SALO	0.04651	1.05	0.1905
1892	1.65	78.1	GARDAOCC.	0.06977	1.08	0.1922
1901	1.65	76.6	Sald'	0.09302	1.1	0.1933
1826	1.65	75.5	SALO	0.11628	1.13	0.1941
1879	1.65	74.1	GARGNANO	0.13953	1.16	0.1952
1960	1.65	73.2	GIUDICARIE	0.16279	1.19	0.1958
1693	1.65	71.1	GOITO	0.18605	1.23	0.1974
1987	1.65	67.2	GARDA	0.2093	1.26	0.2005
1783	1.65	65	VAL DI LEDRO	0.23256	1.3	0.2023
1222	1.65	62.7	Basso bresciano	0.25581	1.34	0.2042
1876	1.65	59.7	Monte Baldo	0.27907	1.39	0.2068
1943	1.65	59.7	VALDOBIADENE	0.30233	1.43	0.2068
1932	1.65	59.5	Monte Baldo	0.32558	1.48	0.2069
1894	1.65	59.2	FONZASO	0.34884	1.54	0.2072
1882	1.65	59.1	Monte Baldo	0.37209	1.59	0.2073
1866	1.65	58.5	MONTE BALDO	0.39535	1.65	0.2078
1868	1.65	58.4	GARDAOR	0.4186	1.72	0.2079
1810	1.65	58.3	MALCESINE	0.44186	1.79	0.208
1877	1.65	58.3	MALCESINE	0.46512	1.87	0.208
1891	1.65	56.8	PESCHIERA	0.48837	1.95	0.2093
1895	1.65	56.8	MALTISSIMO NAGO	0.51163	2.05	0.2093
1936	1.65	55.7	CASTELNUOVO	0.53488	2.15	0.2103
1989	1.65	44.7	PASUBIO	0.55814	2.26	0.2212
1836	1.65	40.8	BASSANO	0.5814	2.39	0.2255
1907	1.65	39.7	BOMCLONE	0.60465	2.53	0.2268
1445	1.65	39.3	VERONA	0.62791	2.69	0.2273
1402	1.65	39.3	VERONA	0.65116	2.87	0.2273
1365	1.65	39.1	Verona	0.67442	3.07	0.2275
1334	1.65	39.1	Verona	0.69767	3.31	0.2275
1921	1.65	34.8	ASOLO	0.72093	3.58	0.2328
1968	1.65	33	POSINA	0.74419	3.91	0.2351
1897	1.65	32.4	RECOARO	0.76744	4.3	0.2359
1756	1.65	32.2	ROSE'	0.7907	4.78	0.2362
1403	1.65	31.4	Verona	0.81395	5.37	0.2373
1117	1.65	31.3	Veronese	0.83721	6.14	0.2374
1894	1.65	26	TREGNAGO	0.86047	7.17	0.2452
1892	1.65	24.7	TREGNAGO	0.88372	8.6	0.2473
1891	1.65	24.5	Valle d'Ilasi	0.90698	10.75	0.2476
1908	1.65	23.5	CRESPADORO	0.93023	14.33	0.2492
1815	1.65	20.2	SCHIO	0.95349	21.5	0.2551
1491	1.65	13	Verona	0.97674	42.99	0.2711

Latitudine del sito(°): 45.5317106 Longitudine del sito (°): 11.478974

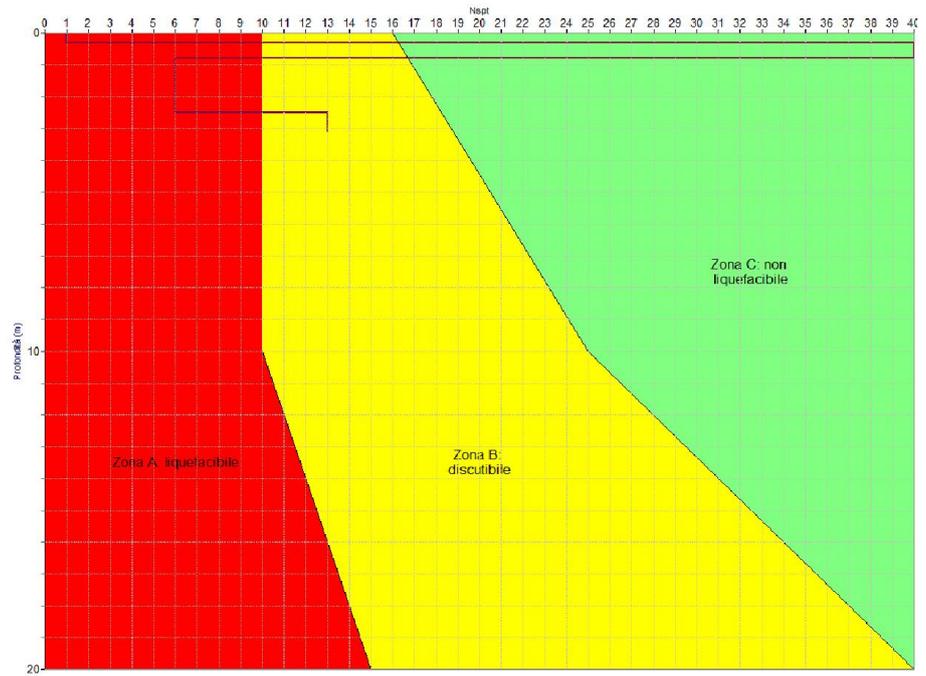
Tempo di ritorno (anni): 475 Rapporto Ma/M: 0.3078

Magnitudo attesa al sito (Richter) (Mb): 6.5815

Magnitudo minima necessaria per la liquefazione (Richter) (M): 21.382

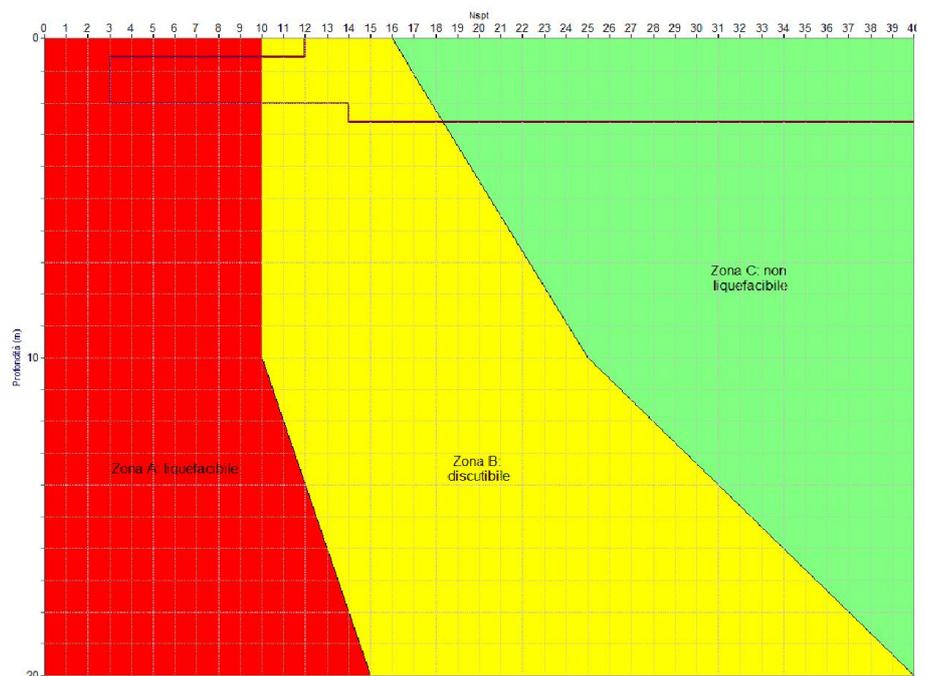
Stima rischio liquefazione
Scheda 20

Stratigrafia copertura			
N.	da (m)	a (m)	N _{sp}
1	0	0.3	1
2	0.3	0.8	40
3	0.8	2.5	6
4	2.5	3.1	10



Prova Penetrometrica dinamica - Allegato nr.2 (tratta dal PAT) - zona

Stratigrafia copertura			
N.	da (m)	a (m)	N _{sp}
1	0	0.6	12
2	0.6	2	3
3	2	2.6	14
4	2.6	3.	45



Prova Penetrometrica dinamica - Allegato nr.4 (tratta dal PAT) - zona

Stima del rischio di liquefazione con il metodo di Robertson e Wride (1997)

<i>Profondità (m)</i>	<i>qc(kg/cmq)</i>	<i>fs (kg/cmq)</i>	<i>Gamma (t/mc)</i>	<i>Ic</i>	<i>Sforzo indotto dal sisma T</i>	<i>Resistenza alla liquefazione R</i>	<i>Coefficiente di sicurezza alla liquefazione Fs</i>
0.8	6	0.53	1.8	2.67	0.098	0.134	
2.2	14	0.6	1.9	2.57	0.121	0.145	1.2
3	100	3	1.9	2.06	0.13	0.807	6.2

Profondità tetto falda(m): 1

Profondità base falda(m): 3

Accelerazione sismica di progetto(g)= 0.2284

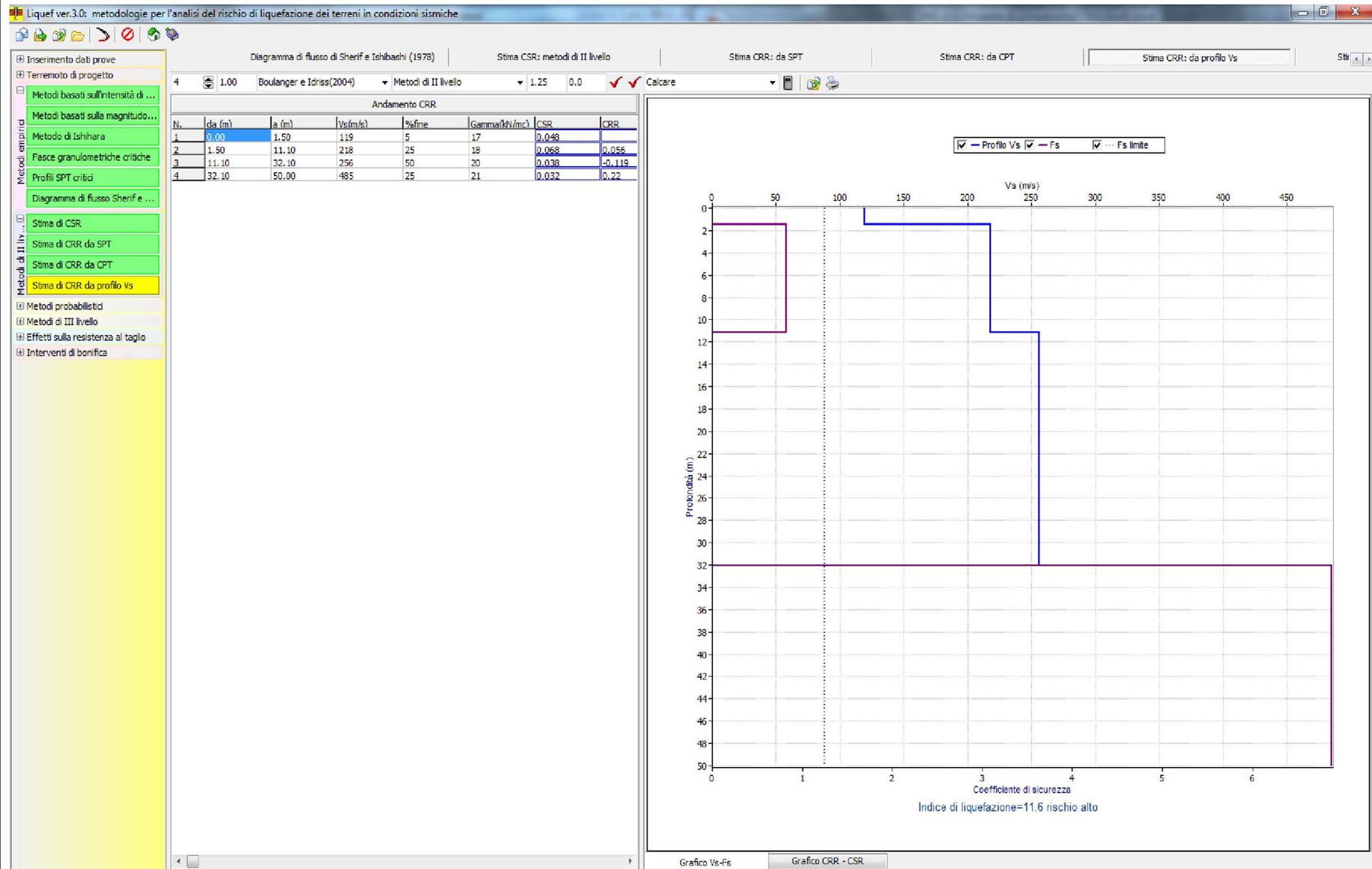
Magnitudo di riferimento= 6.6

Indice di liquefazione=0.0 rischio molto basso

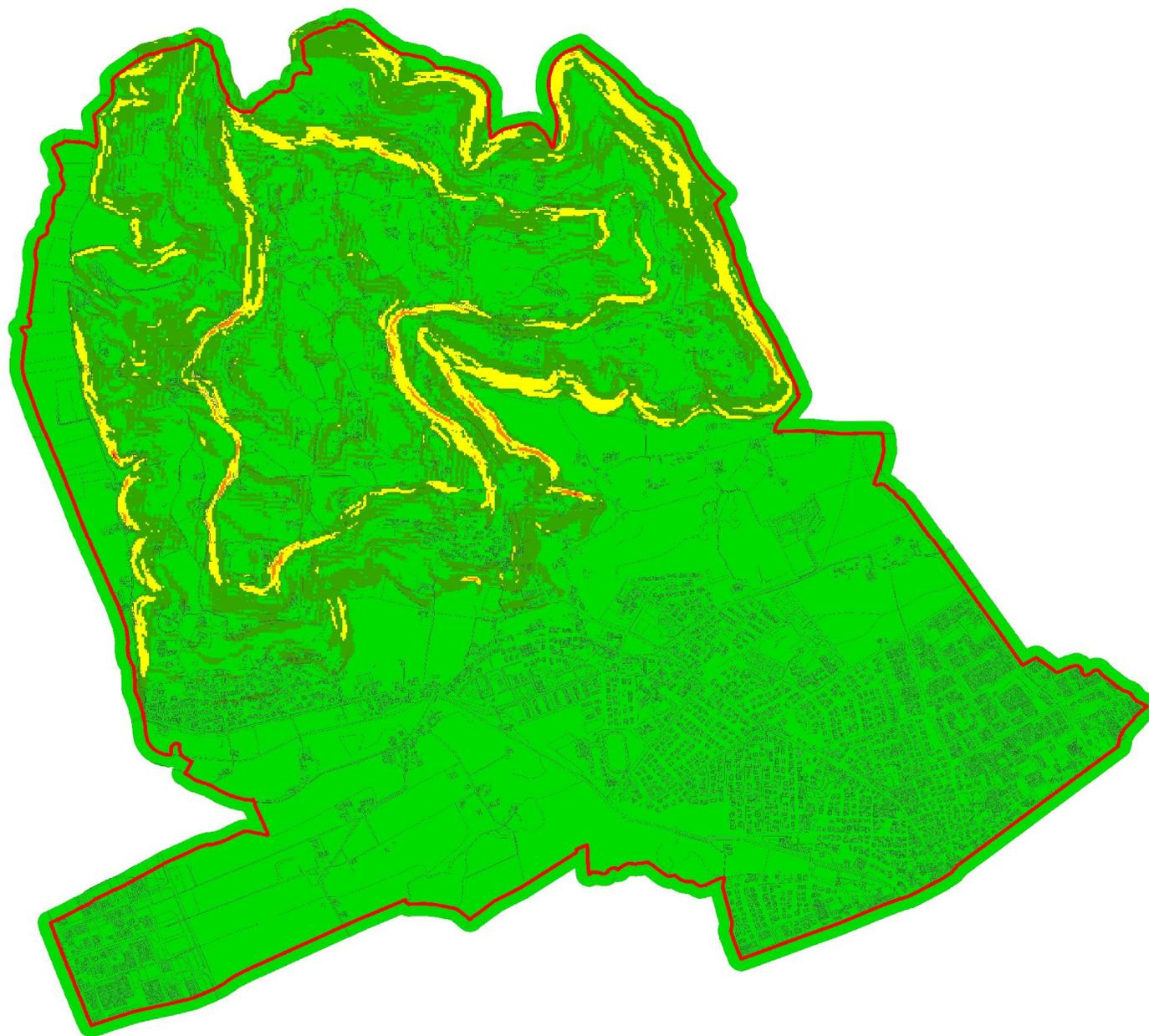
Fattore di correzione della magnitudo MSF: 1.52

Fs = R / T

calcolo del rischio liquefazione per la zona di pianura a ridosso del centro storico di Creazzo (ind. 9-10 del PAT)

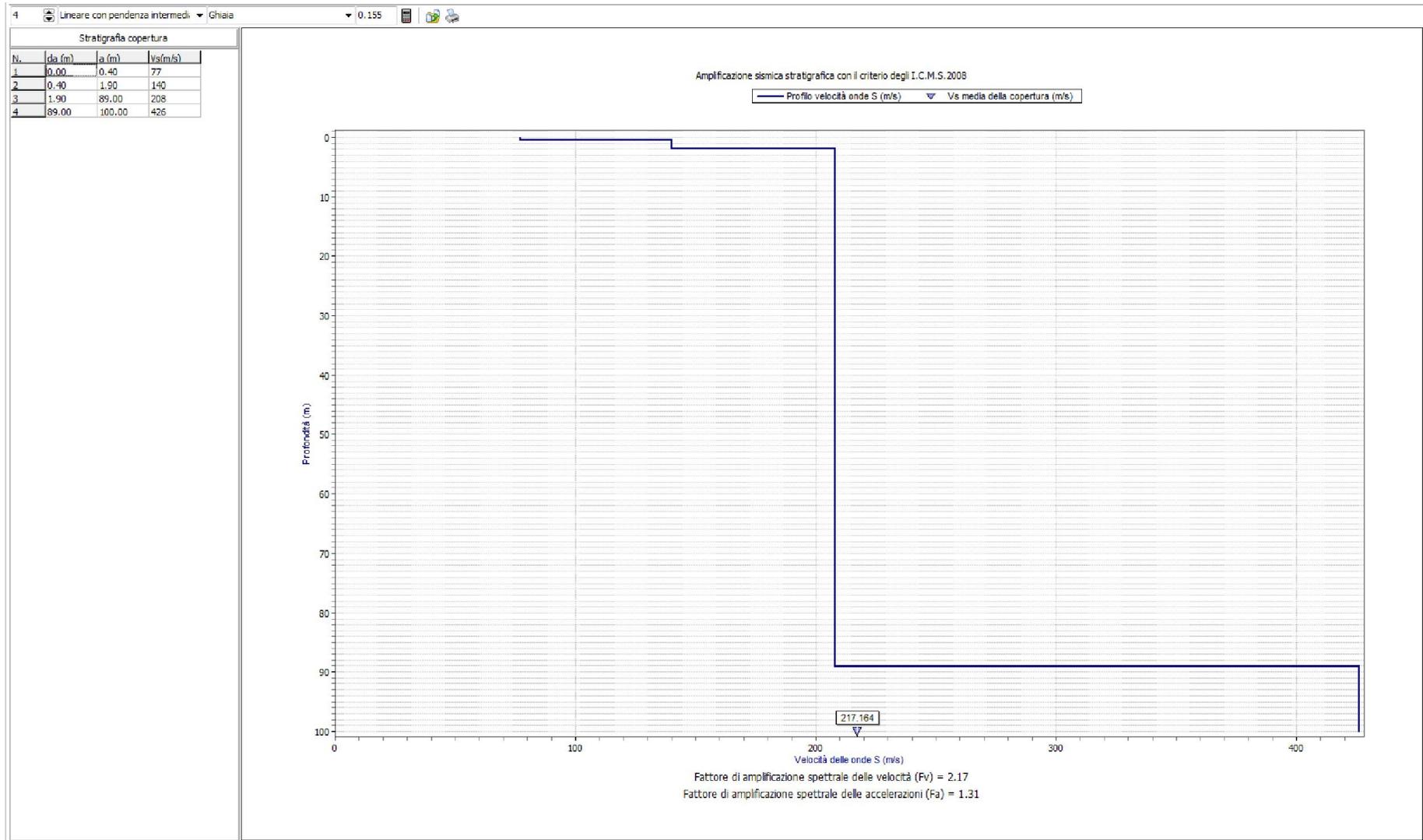


Posizione:

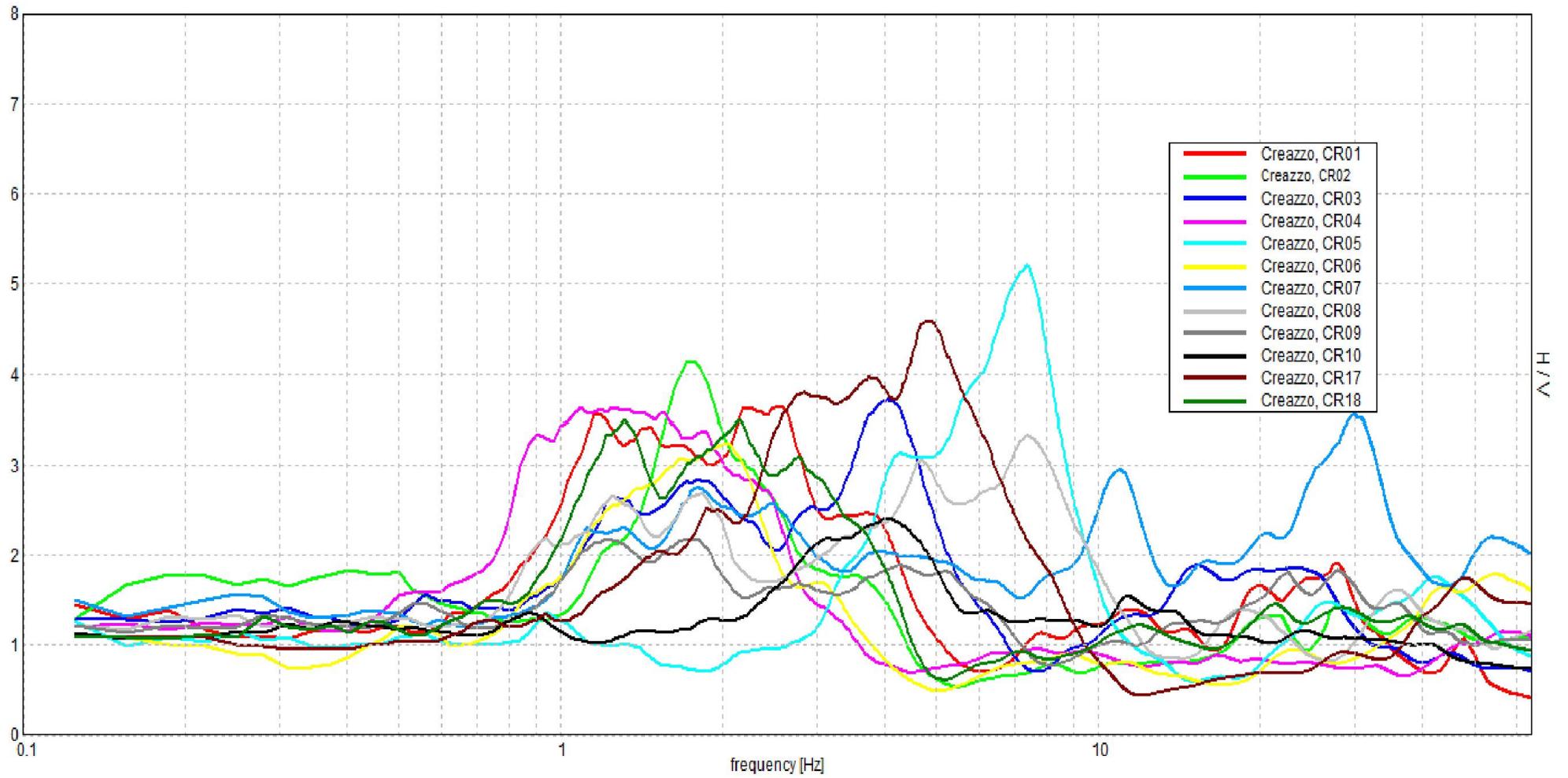


Classi di pendenza (°)

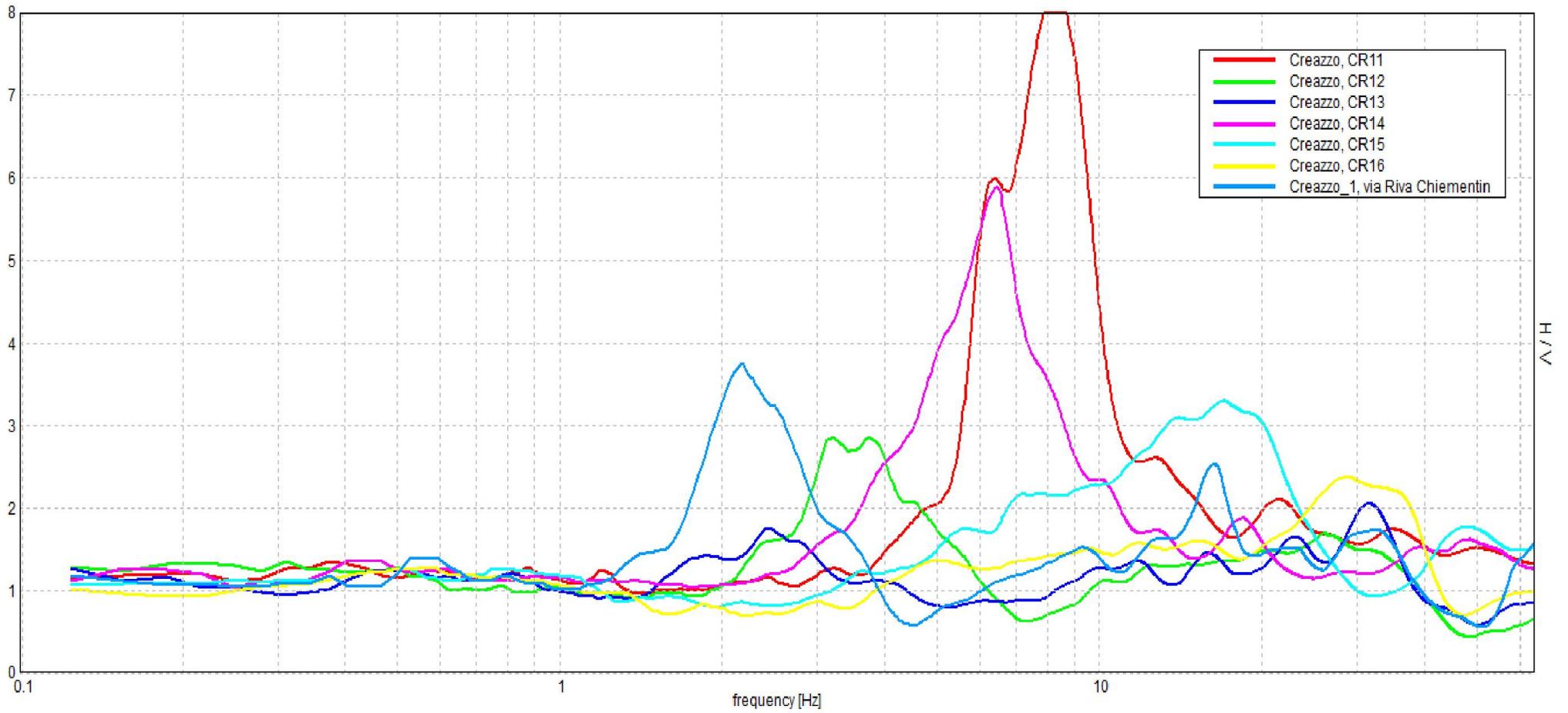




Average H/V.



Average H/V.





Legenda

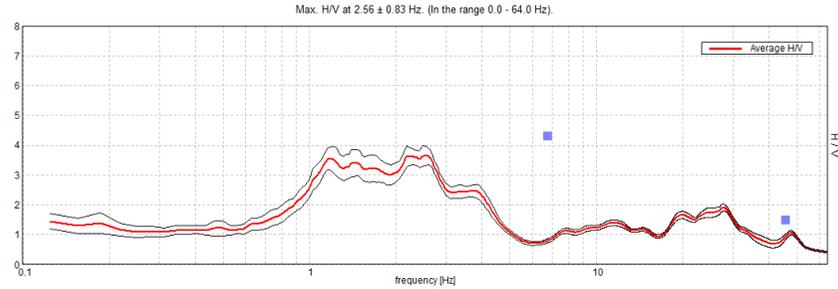
- Sezioni_Creazzo
- Confine comunale

ALLEGATO H

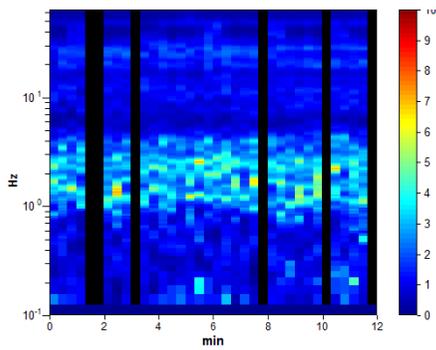
CREAZZO, CR01

Instrument: TRZ-0104/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 24/10/15 09:21:50 End recording: 24/10/15 09:33:50
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h12'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

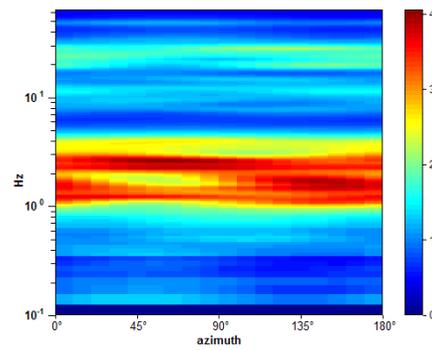
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



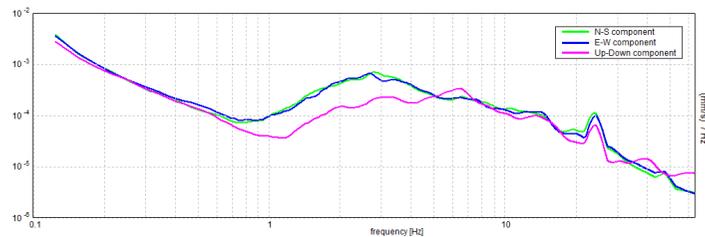
H/V TIME HISTORY



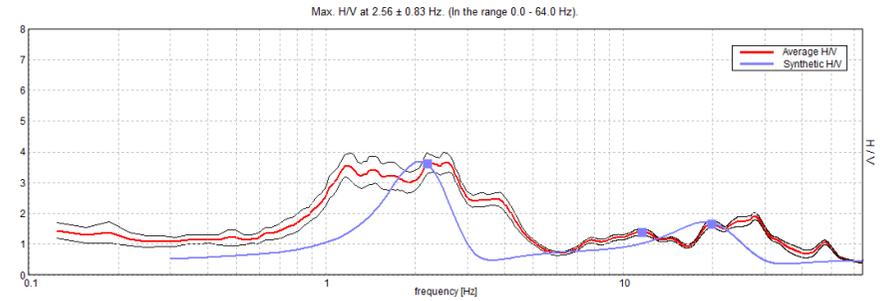
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

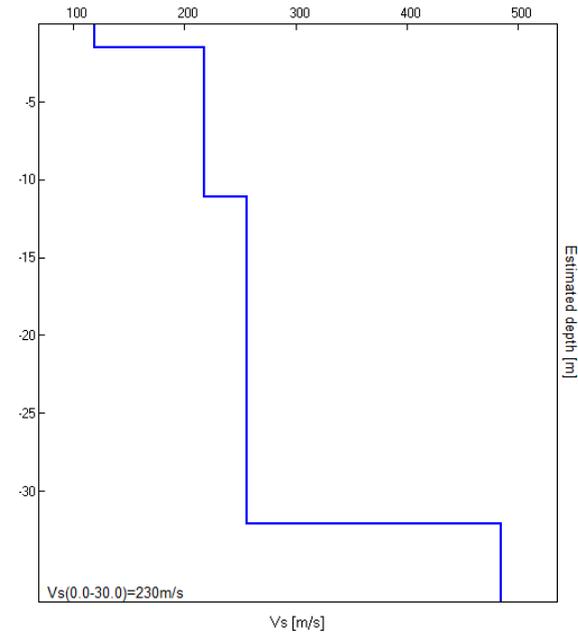


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	119	0.42
11.10	9.60	218	0.42
32.10	21.00	256	0.42
inf.	inf.	485	0.42

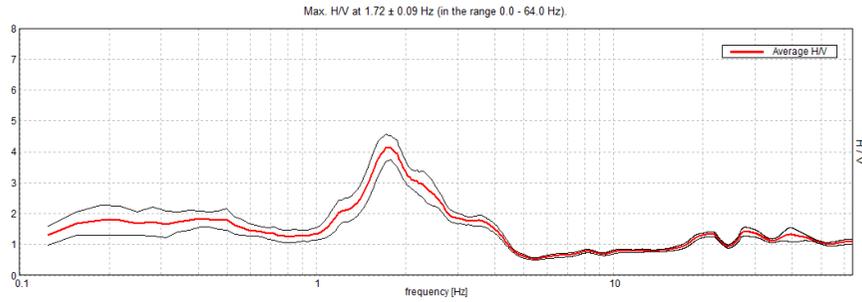
Vs(0.0-30.0)=230m/s



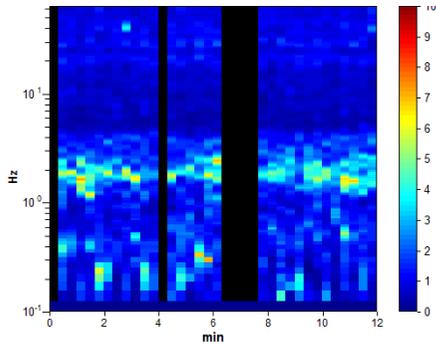
CREAZZO, CR02

Instrument: TRZ-0104/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 24/10/15 10:00:39 End recording: 24/10/15 10:12:39
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h12'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

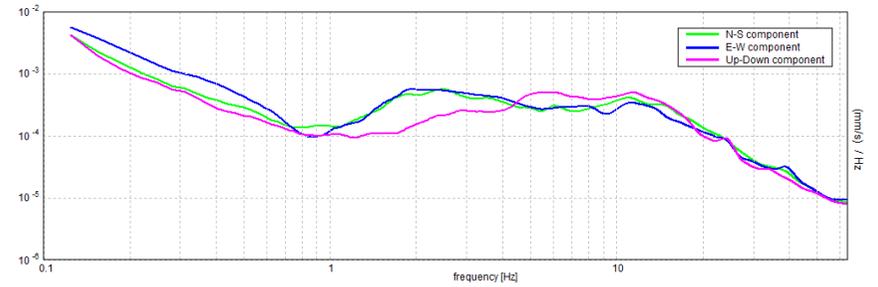
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



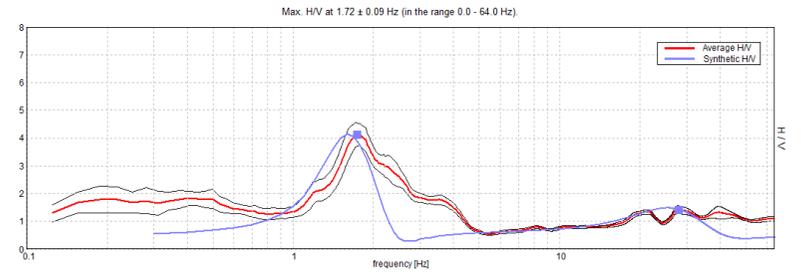
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

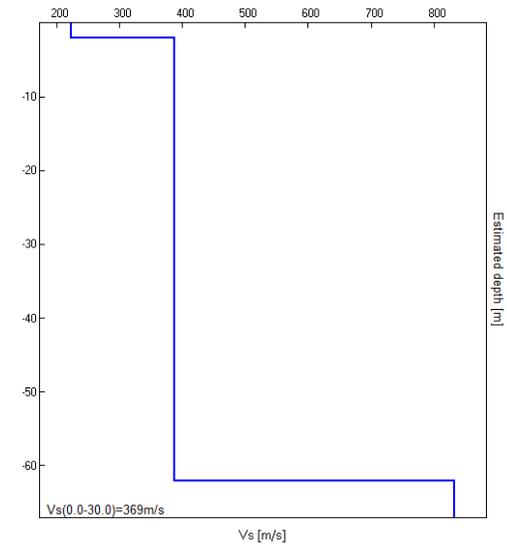


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	223	0.42
62.00	60.00	387	0.42
inf.	inf.	833	0.42

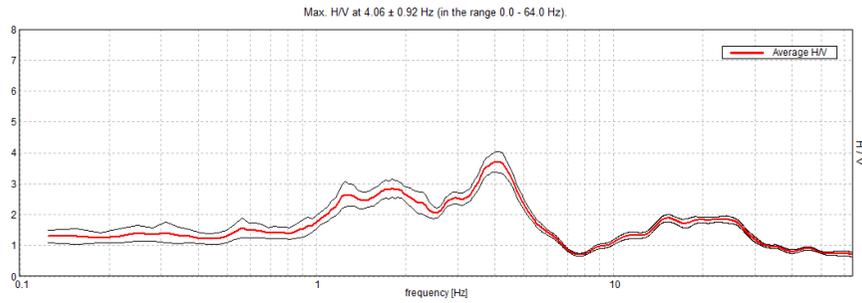
Vs(0.0-30.0)=369m/s



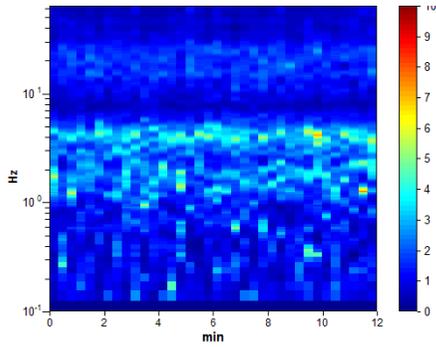
CREAZZO, CR03

Instrument: TRZ-0104/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 24/10/15 10:32:23 End recording: 24/10/15 10:44:23
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

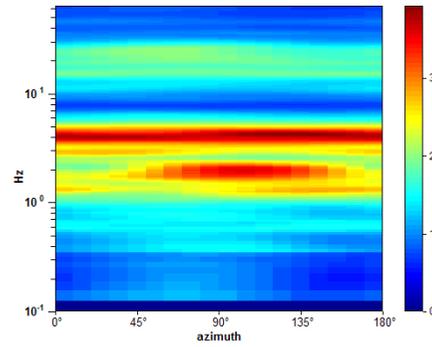
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



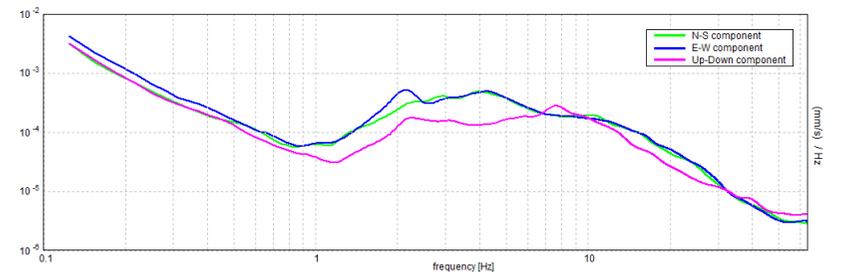
H/V TIME HISTORY



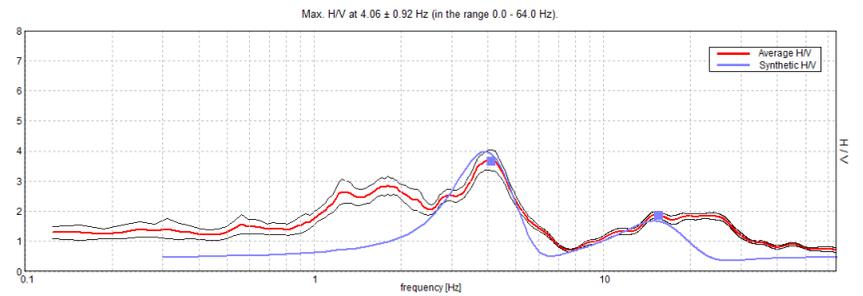
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

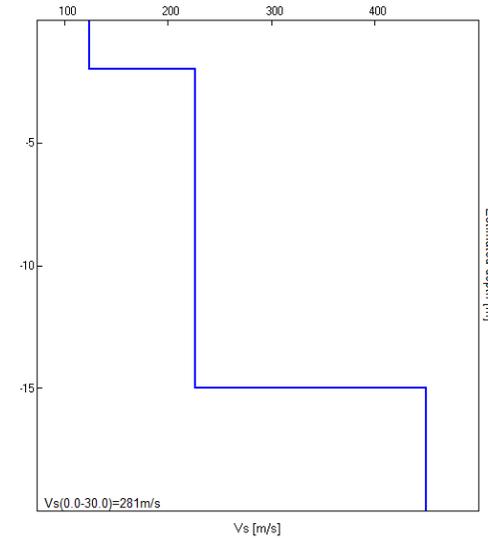


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	124	0.42
15.00	13.00	227	0.42
inf.	inf.	450	0.42

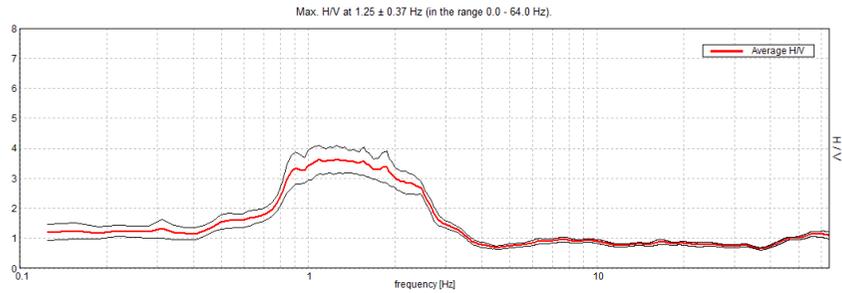
Vs(0.0-30.0)=281m/s



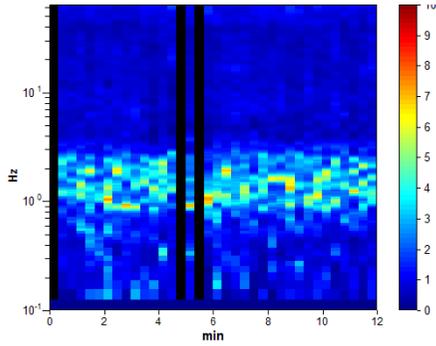
CREAZZO, CR04

Instrument: TRZ-0104/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 24/10/15 11:16:08 End recording: 24/10/15 11:28:08
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h12'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

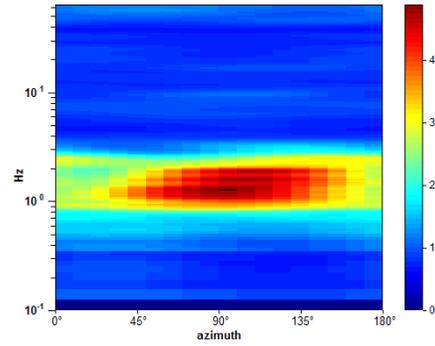
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



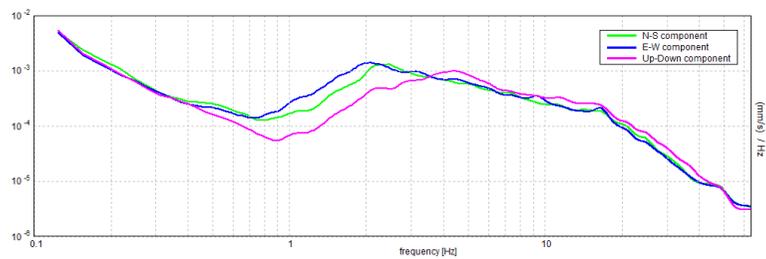
H/V TIME HISTORY



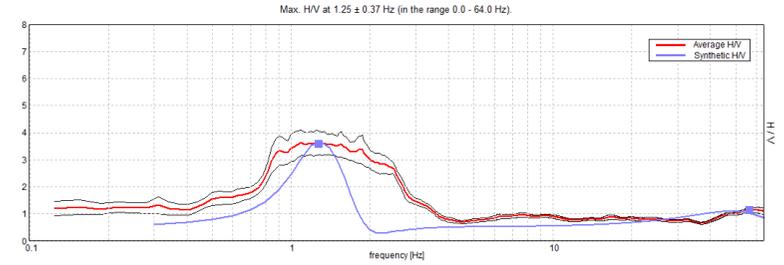
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

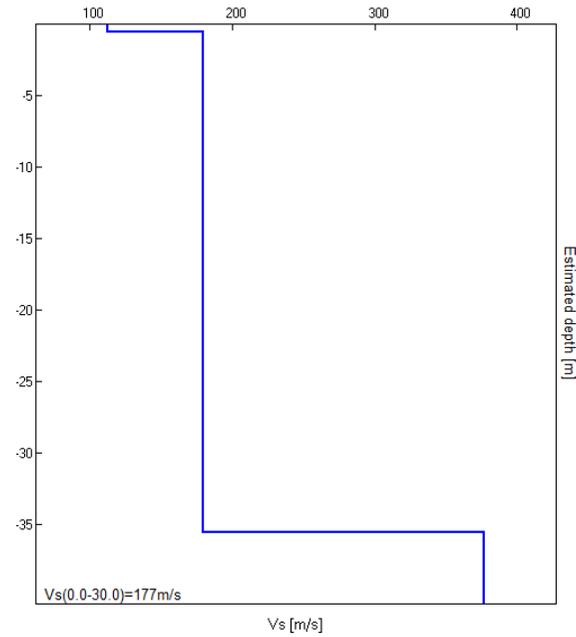


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	112	0.42
35.50	35.00	179	0.42
inf.	inf.	377	0.42

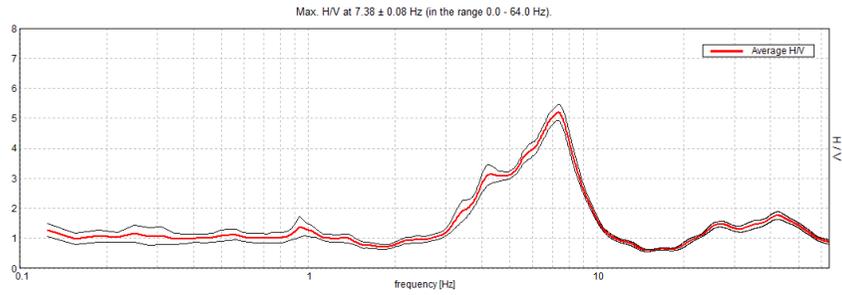
Vs(0.0-30.0)=177m/s



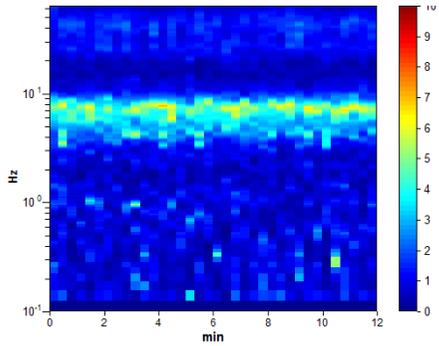
CREAZZO, CR05

Instrument: TRZ-0104/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 24/10/15 11:46:39 End recording: 24/10/15 11:58:39
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

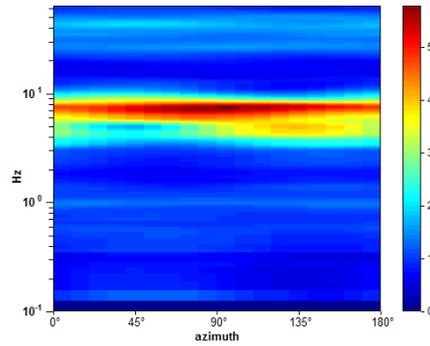
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



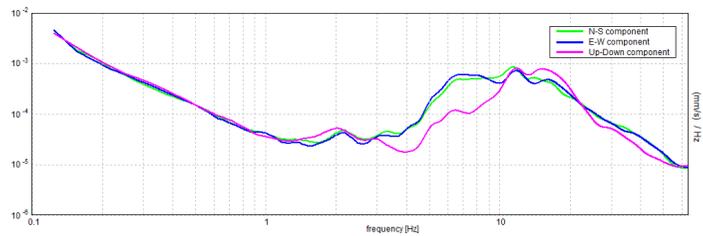
H/V TIME HISTORY



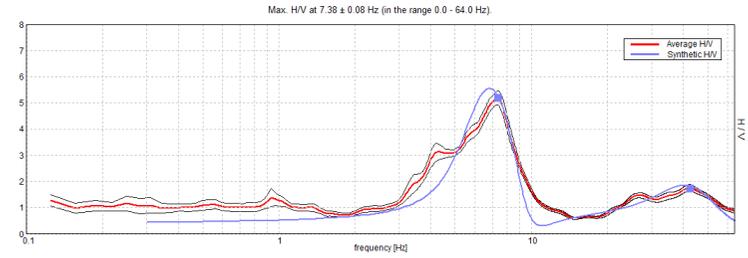
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

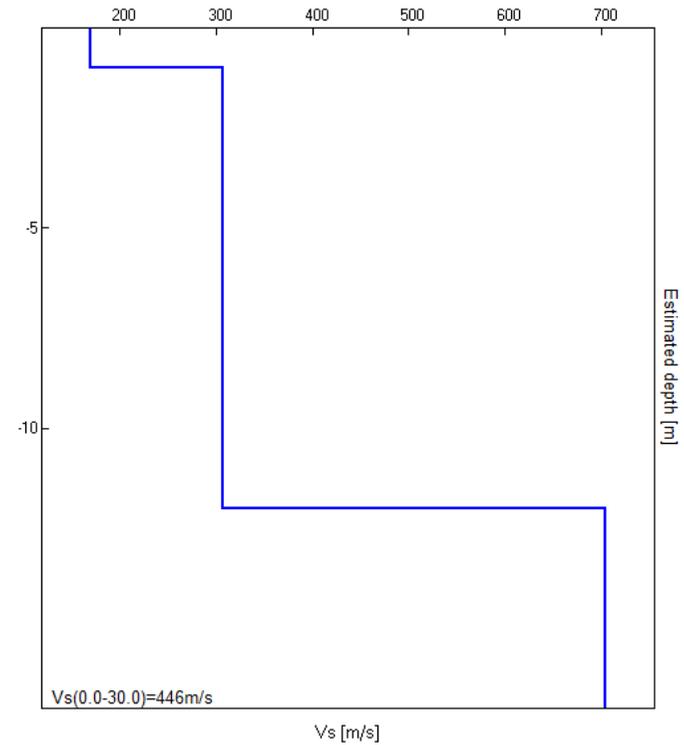


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	170	0.42
12.00	11.00	307	0.42
inf.	inf.	704	0.42

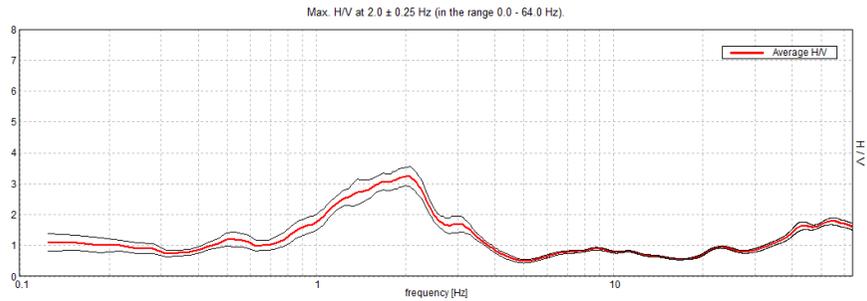
Vs(0.0-30.0)=446m/s



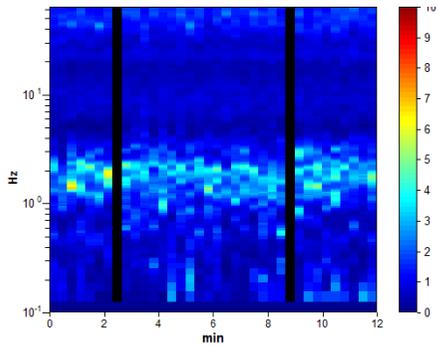
CREAZZO, CR06

Instrument: TRZ-0104/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 24/10/15 12:24:36 End recording: 24/10/15 12:36:36
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h12'00". Analyzed 94% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

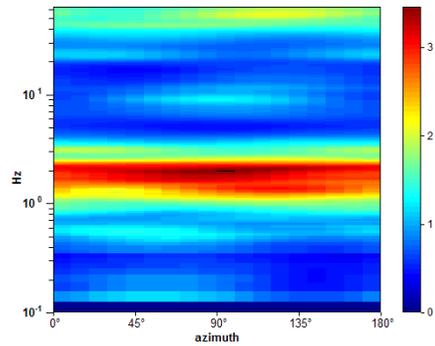
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



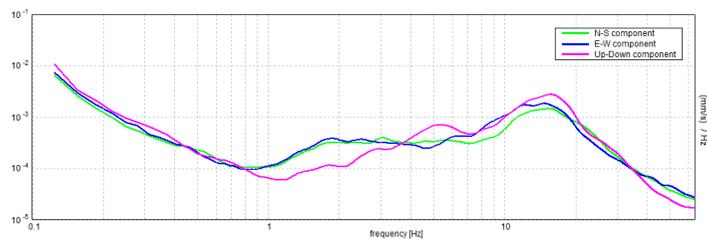
H/V TIME HISTORY



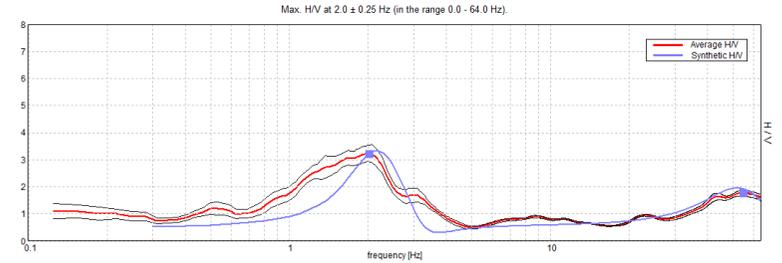
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

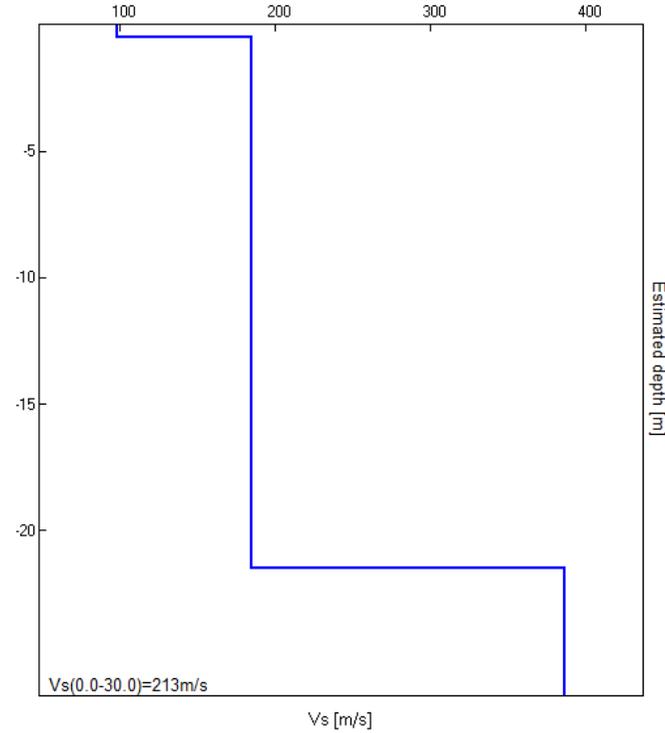


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	98	0.42
21.50	21.00	185	0.42
inf.	inf.	387	0.42

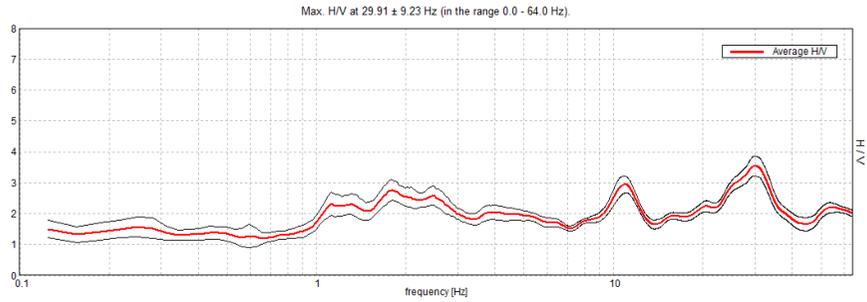
Vs(0.0-30.0)=213m/s



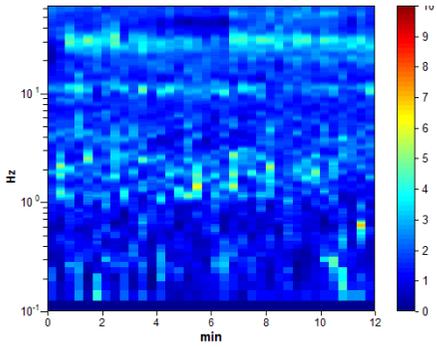
CREAZZO, CR07

Instrument: TRZ-0104/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 24/10/15 13:05:26 End recording: 24/10/15 13:17:26
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

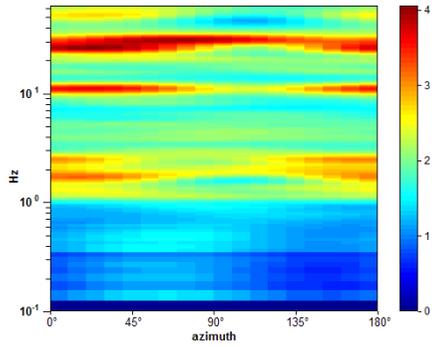
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



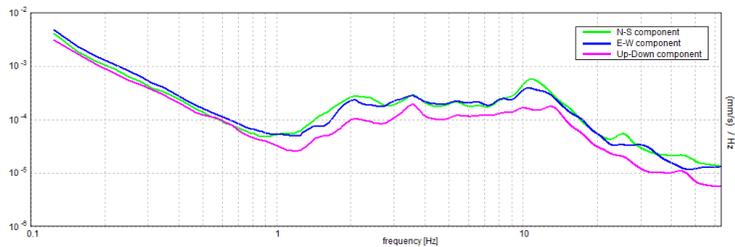
H/V TIME HISTORY



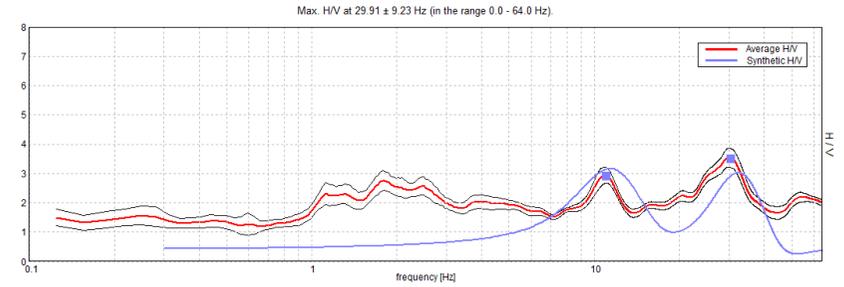
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

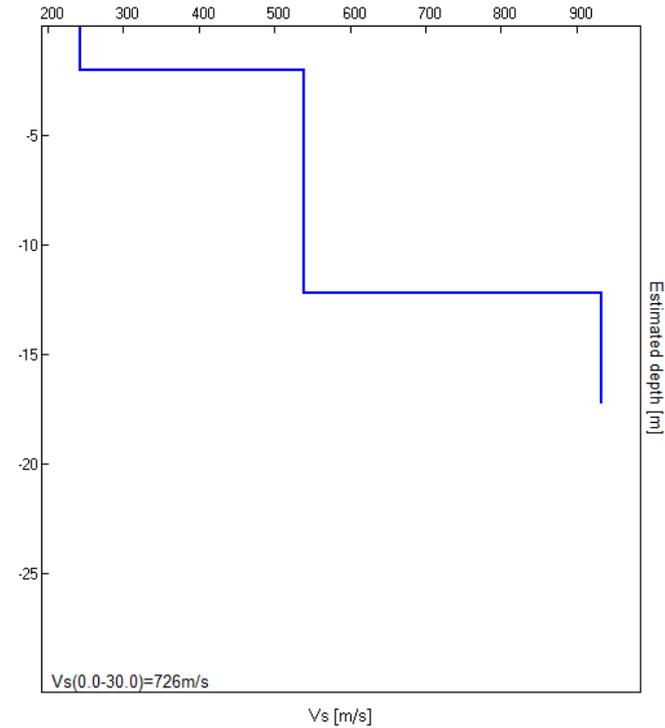


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	242	0.42
12.20	10.20	539	0.42
inf.	inf.	934	0.42

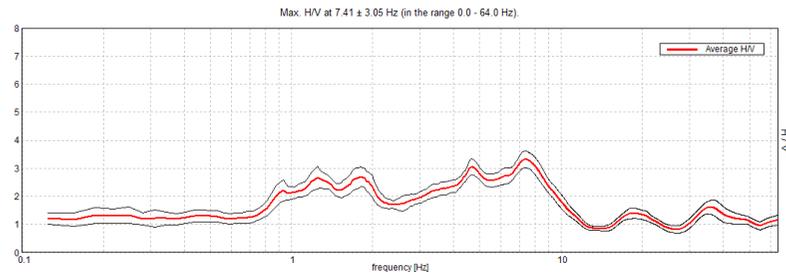
Vs(0.0-30.0)=726m/s



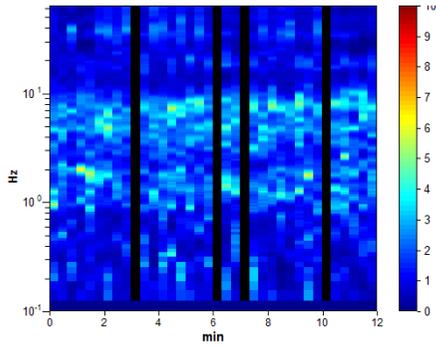
CREAZZO, CR08

Instrument: TRZ-0104/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 24/10/15 13:42:02 End recording: 24/10/15 13:54:02
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h12'00". Analyzed 89% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

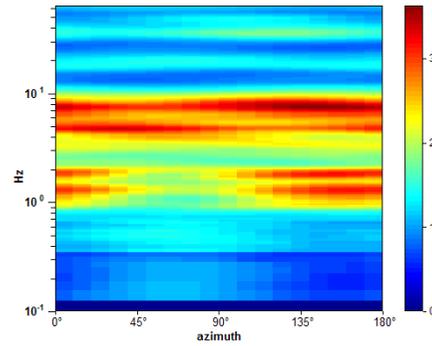
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



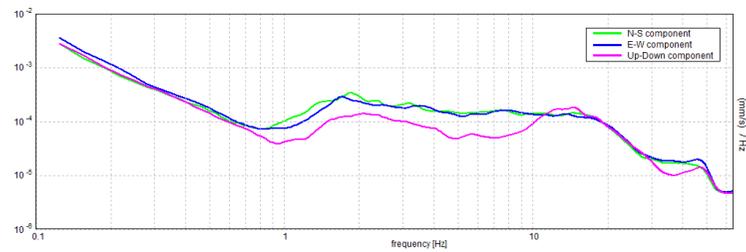
H/V TIME HISTORY



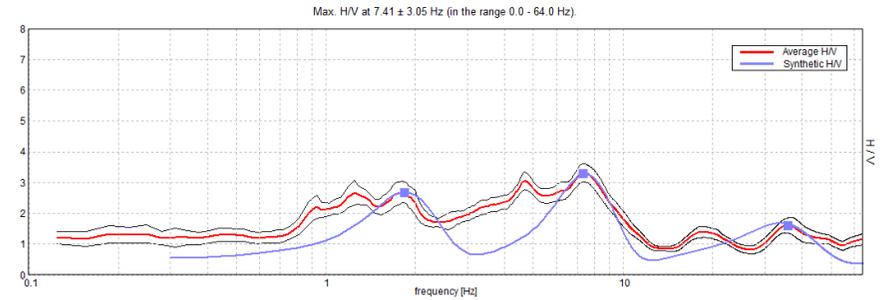
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

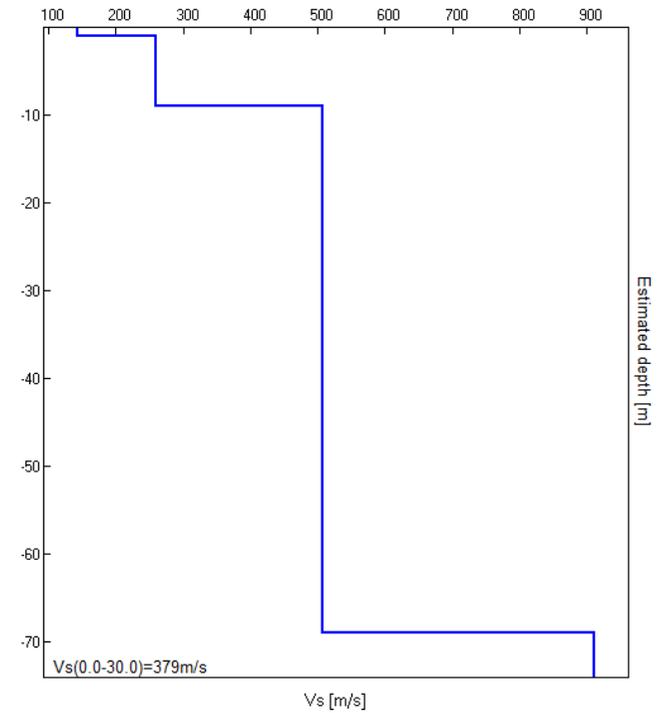


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	143	0.42
9.00	8.00	259	0.42
69.00	60.00	508	0.42
inf.	inf.	911	0.42

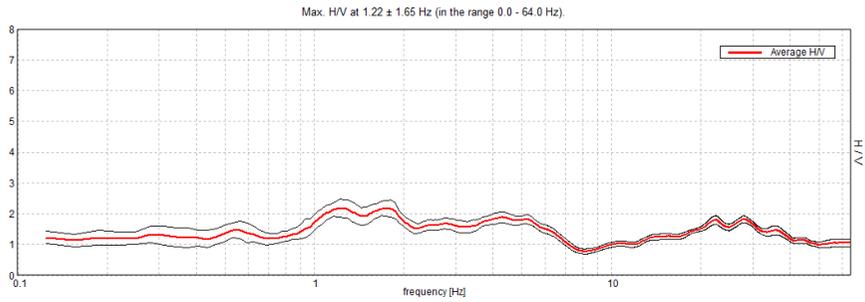
Vs(0.0-30.0)=379m/s



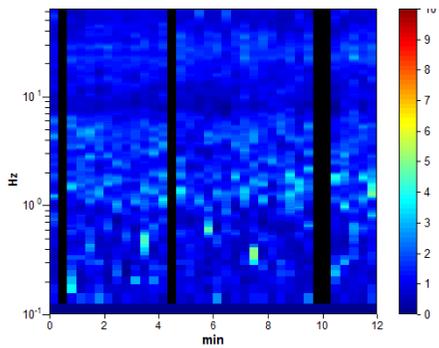
CREAZZO, CR09

Instrument: TRZ-0104/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 24/10/15 14:14:21 End recording: 24/10/15 14:26:21
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h12'00". Analyzed 89% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

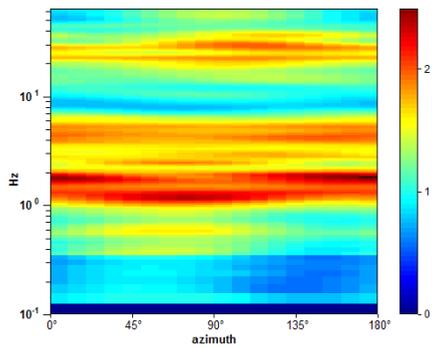
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



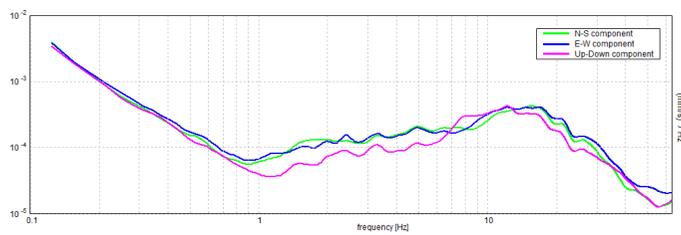
H/V TIME HISTORY



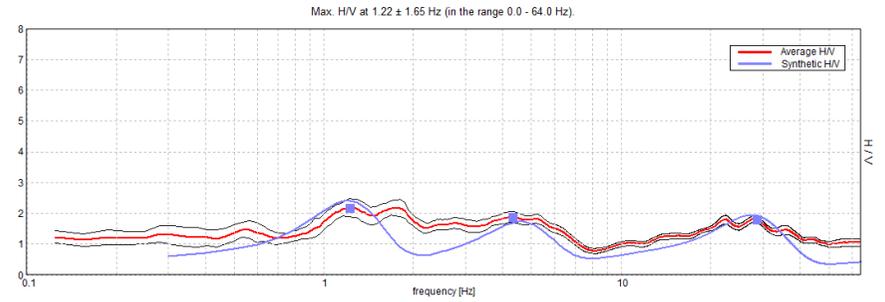
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

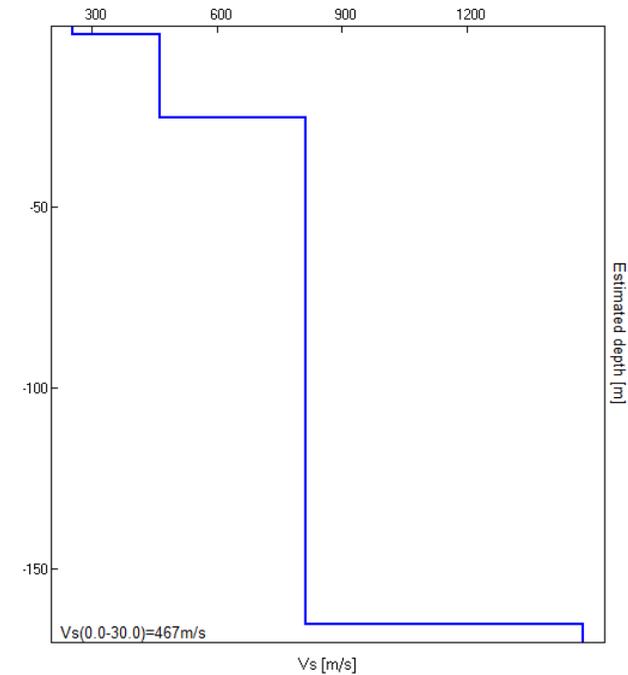


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.20	2.20	252	0.42
25.20	23.00	464	0.40
165.20	140.00	812	0.42
inf.	inf.	1481	0.42

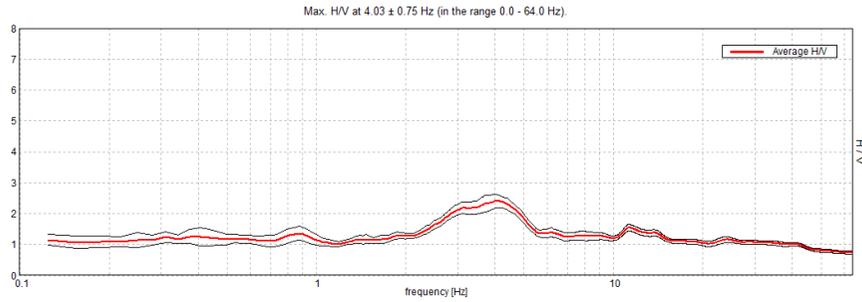
Vs(0.0-30.0)=467m/s



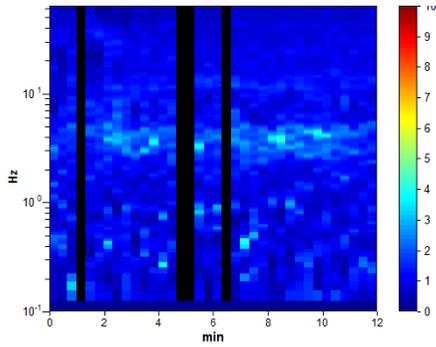
CREAZZO, CR10

Instrument: TRZ-0104/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 24/10/15 14:42:37 End recording: 24/10/15 14:54:37
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h12'00". Analyzed 89% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

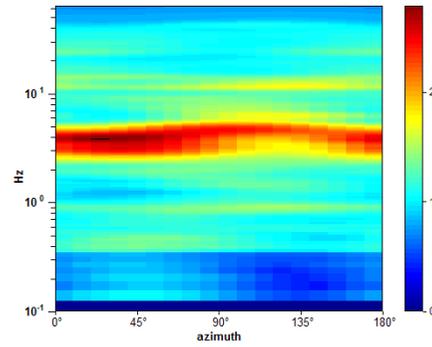
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



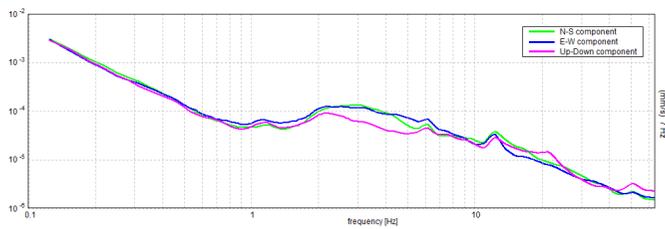
H/V TIME HISTORY



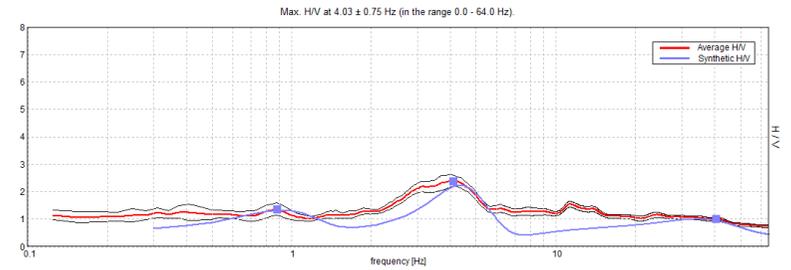
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

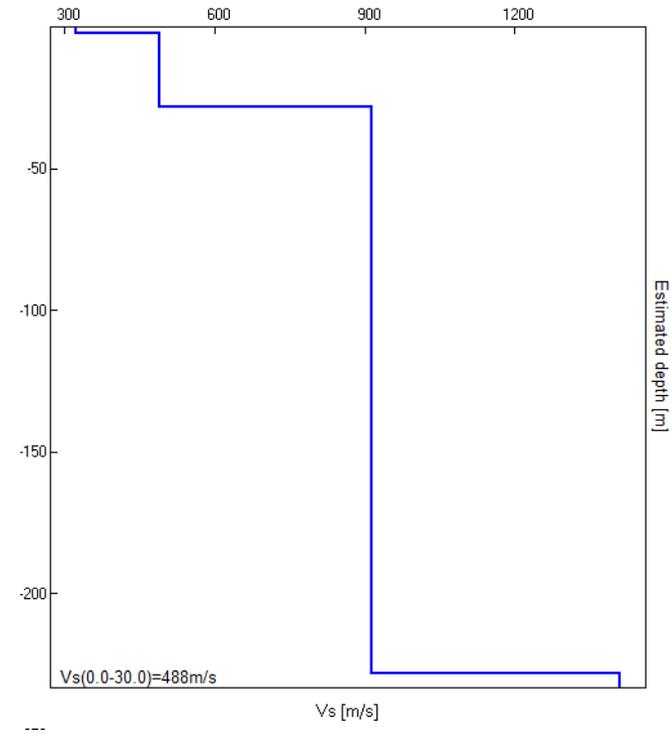


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	322	0.42
28.00	26.00	490	0.42
228.00	200.00	913	0.42
inf.	inf.	1411	0.42

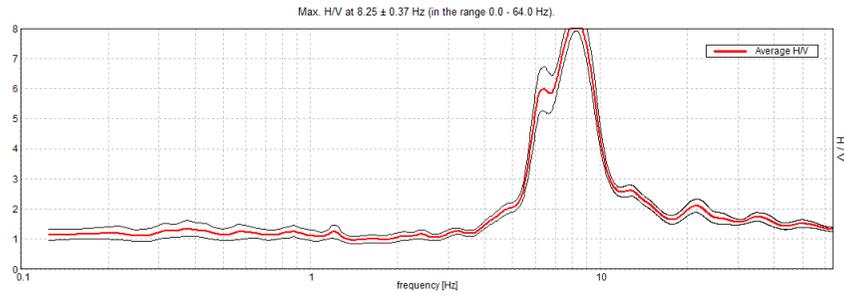
Vs(0.0-30.0)=488m/s



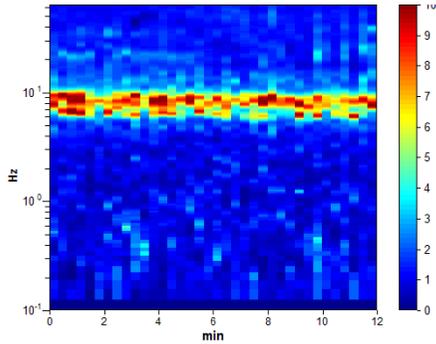
CREAZZO, CR11

Instrument: TRZ-0104/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 24/10/15 15:06:20 End recording: 24/10/15 15:18:20
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

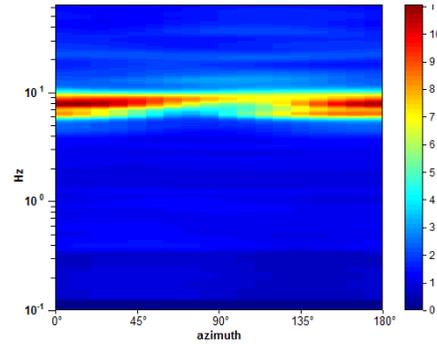
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



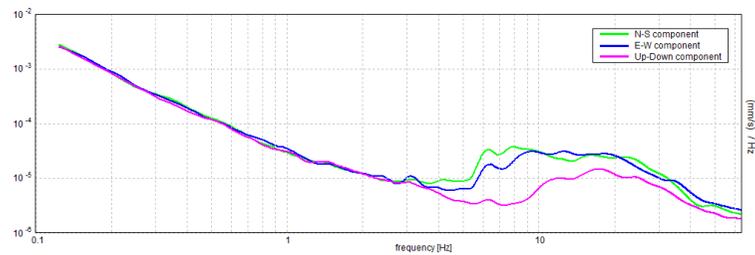
H/V TIME HISTORY



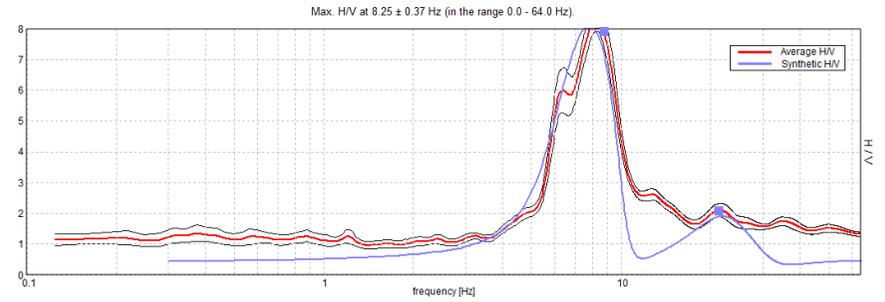
DIRECTIONAL H/V



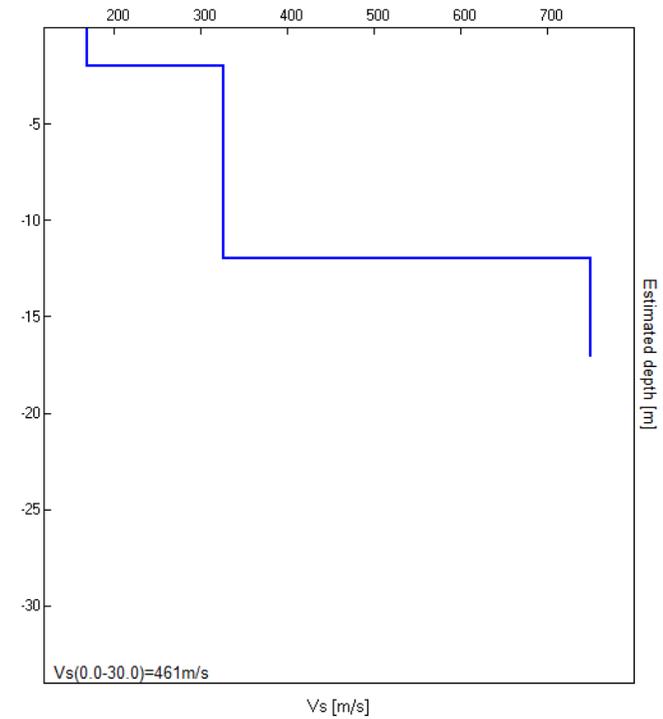
SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



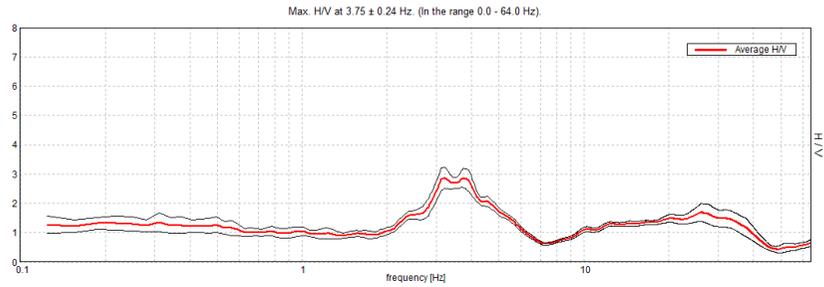
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	170	0.42
12.00	10.00	327	0.40
inf.	inf.	749	0.42
		Vs(0.0-30.0)=461m/s	



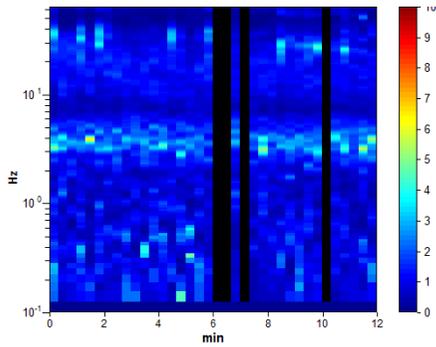
CREAZZO, CR12

Instrument: TRZ-0104/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 24/10/15 15:46:55 End recording: 24/10/15 15:58:55
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h12'00". Analyzed 89% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

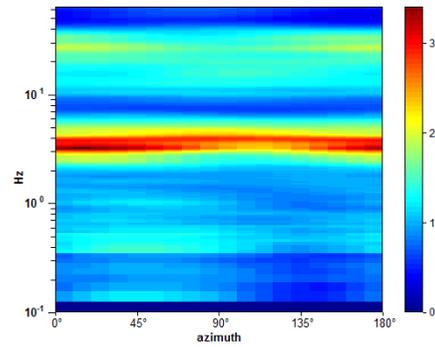
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



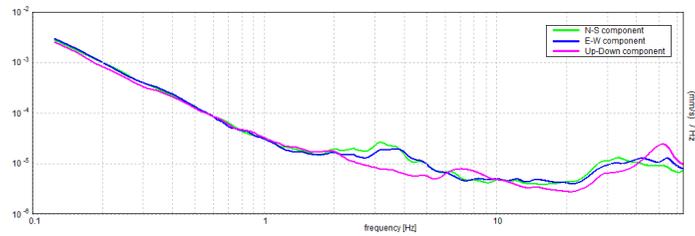
H/V TIME HISTORY



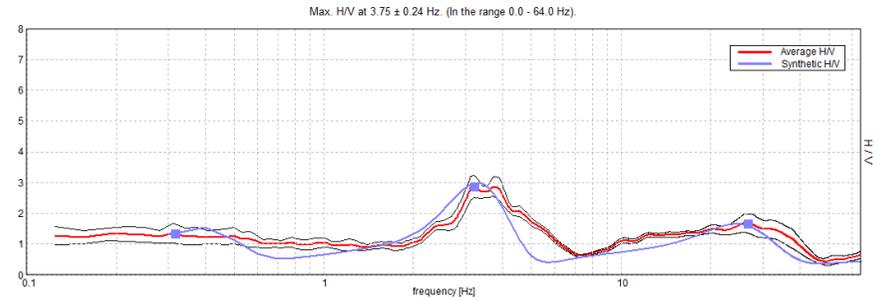
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

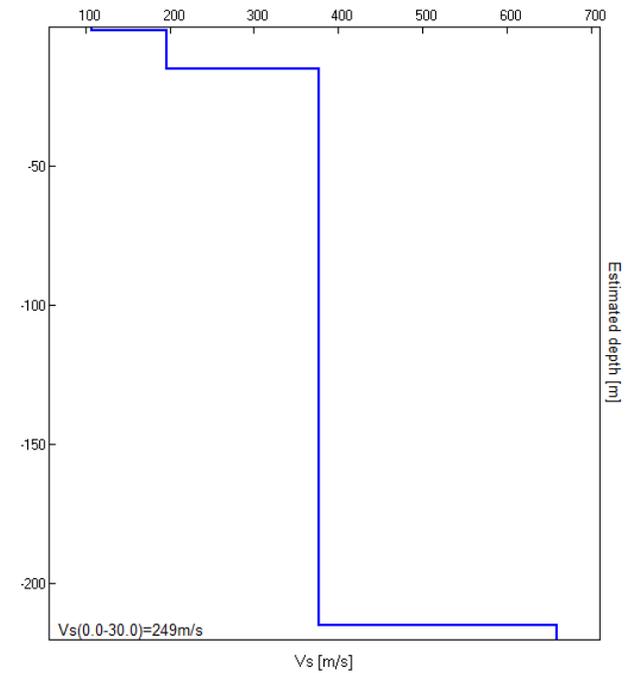


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	107	0.42
15.00	14.00	196	0.42
215.00	200.00	377	0.40
inf.	inf.	660	0.40

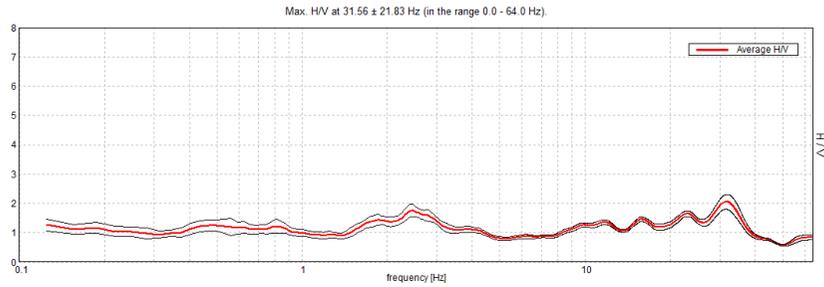
Vs(0.0-30.0)=249m/s



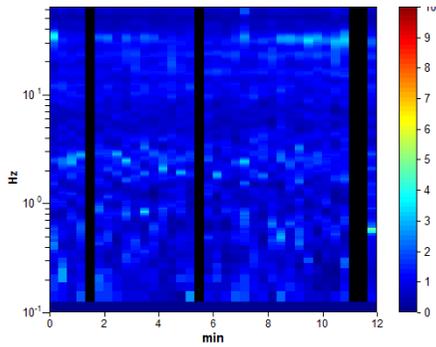
CREAZZO, CR13

Instrument: TRZ-0104/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 24/10/15 16:20:11 End recording: 24/10/15 16:32:11
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h12'00". Analyzed 89% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

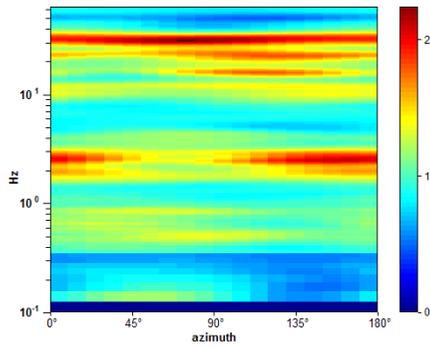
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



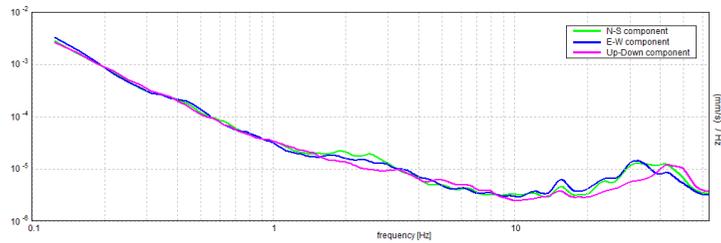
H/V TIME HISTORY



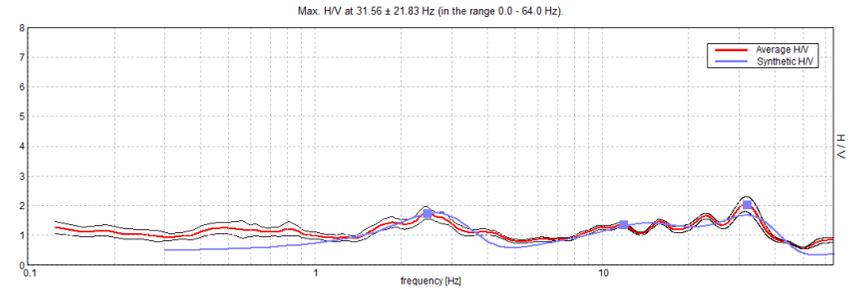
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

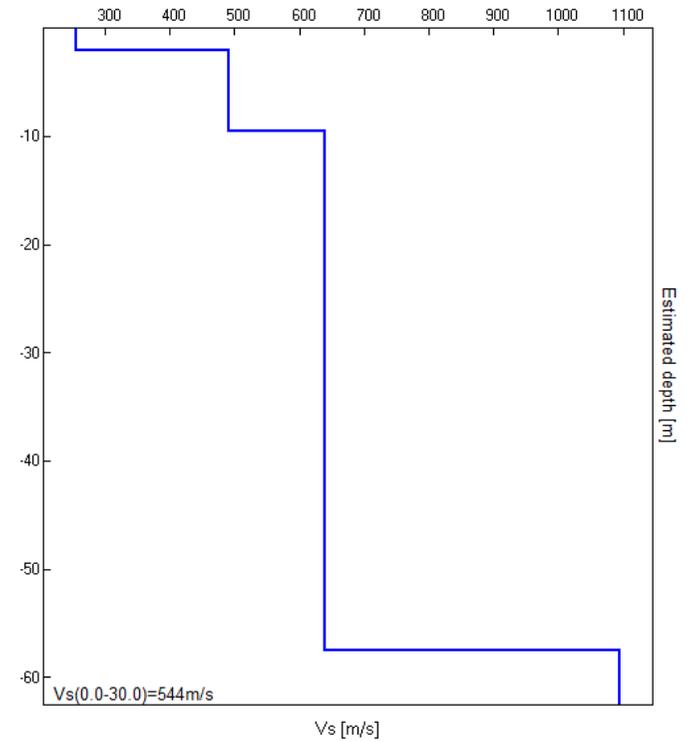


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	255	0.42
9.50	7.50	492	0.42
57.50	48.00	640	0.42
inf.	inf.	1095	0.42

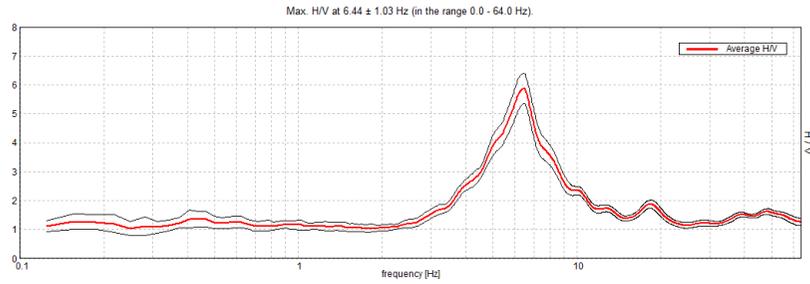
Vs(0.0-30.0)=544m/s



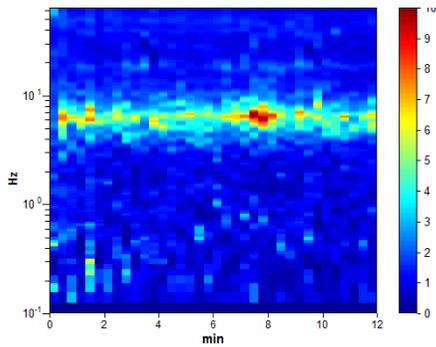
CREAZZO, CR14

Instrument: TRZ-0104/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 24/10/15 16:48:23 End recording: 24/10/15 17:00:23
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

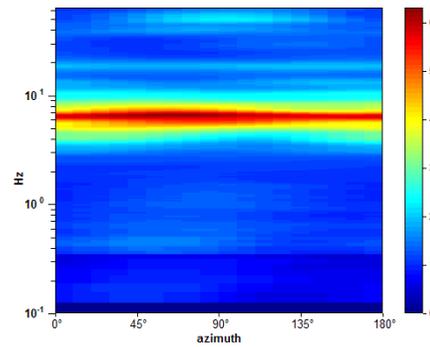
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



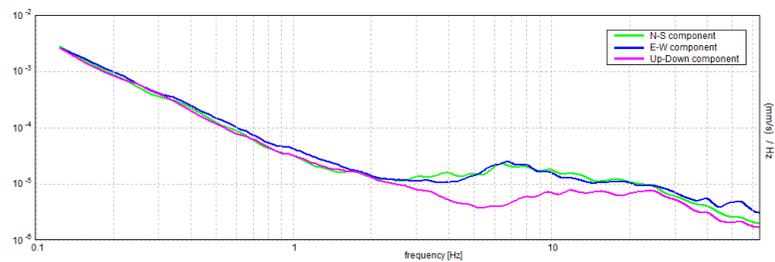
H/V TIME HISTORY



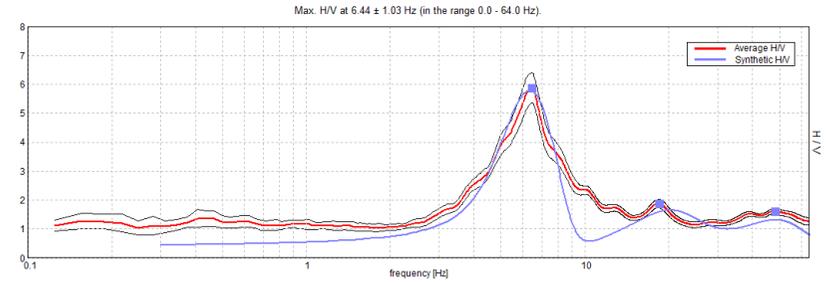
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

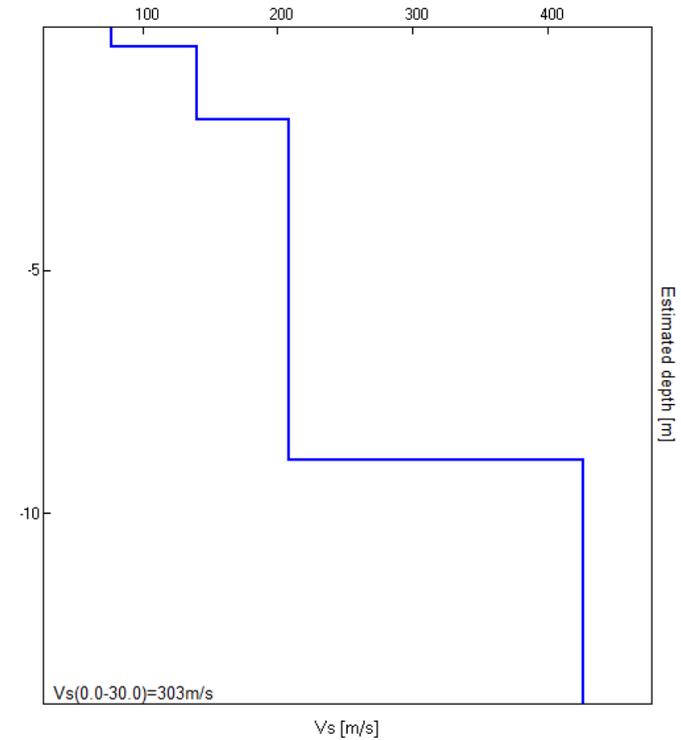


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.40	0.40	77	0.42
1.90	1.50	140	0.42
8.90	7.00	208	0.42
inf.	inf.	426	0.42

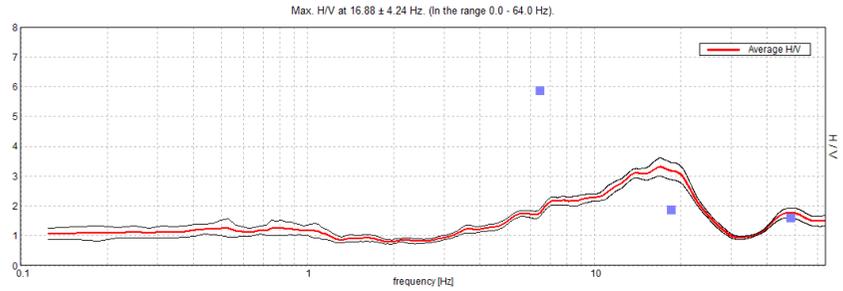
Vs(0.0-30.0)=303m/s



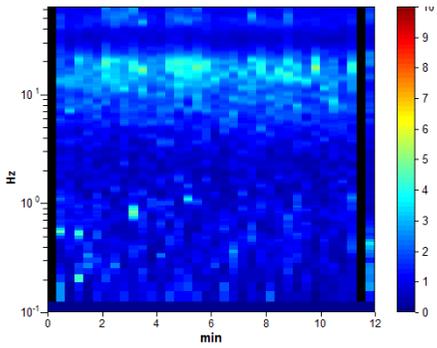
CREAZZO, CR15

Instrument: TRZ-0104/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 24/10/15 17:20:34 End recording: 24/10/15 17:32:34
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h12'00". Analyzed 94% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

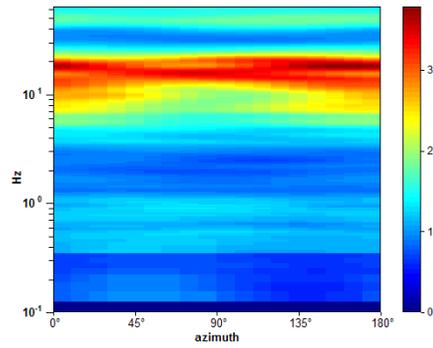
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



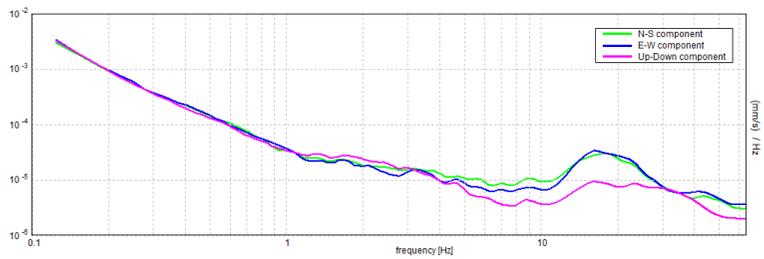
H/V TIME HISTORY



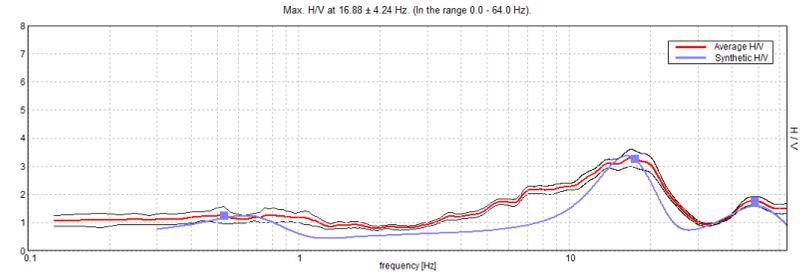
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

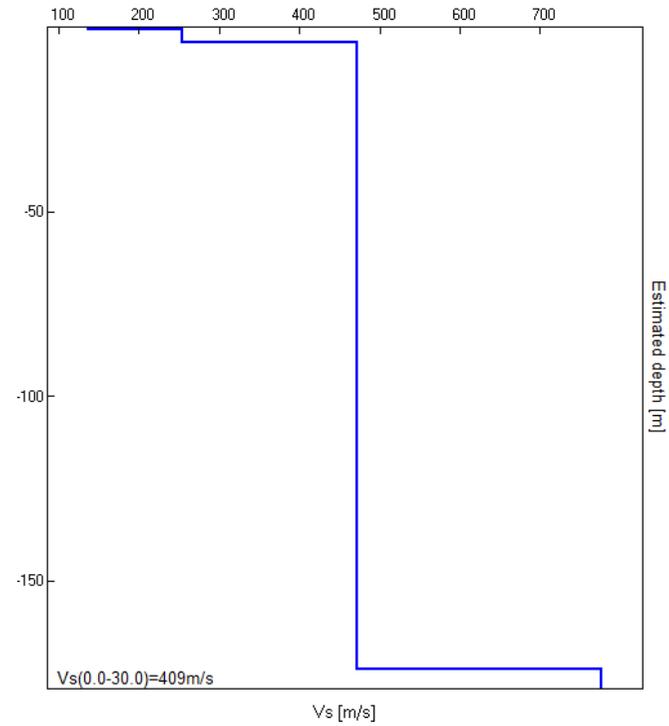


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.70	0.70	136	0.42
4.00	3.30	254	0.40
174.00	170.00	471	0.42
inf.	inf.	777	0.42

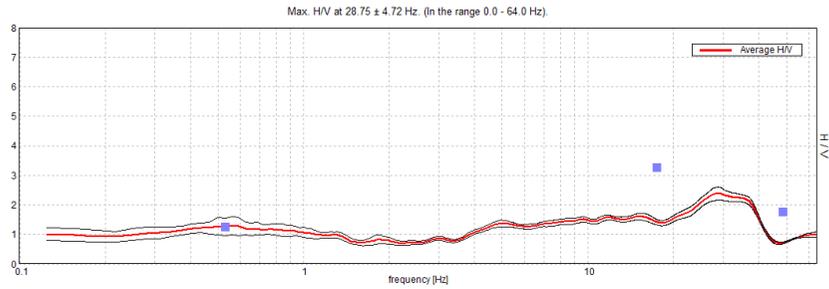
Vs(0.0-30.0)=409m/s



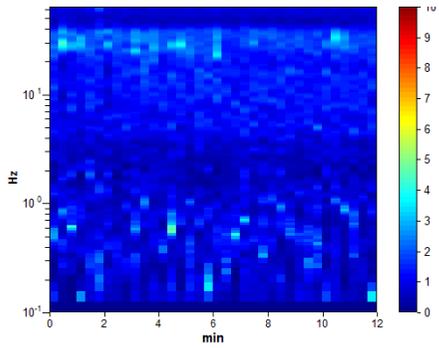
CREAZZO, CR16

Instrument: TRZ-0104/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 24/10/15 17:50:46 End recording: 24/10/15 18:02:46
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

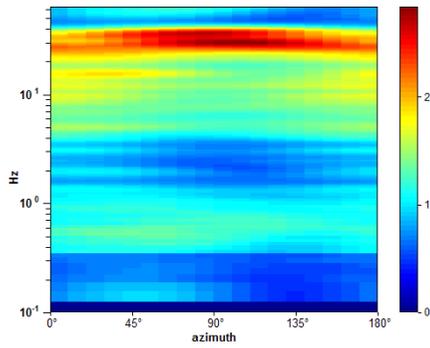
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



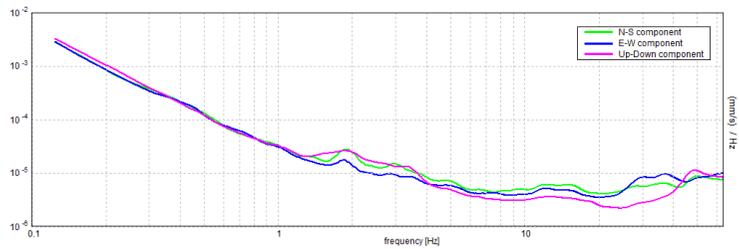
H/V TIME HISTORY



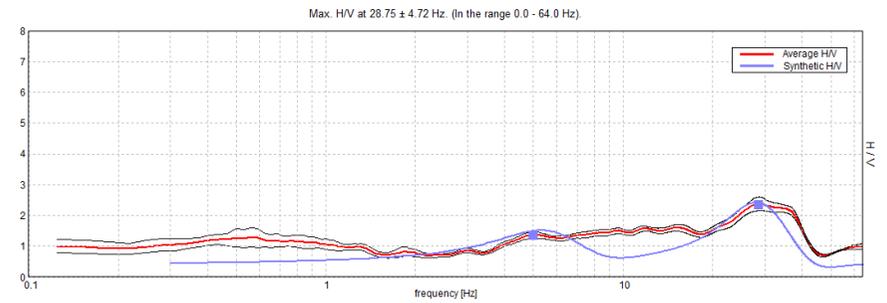
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

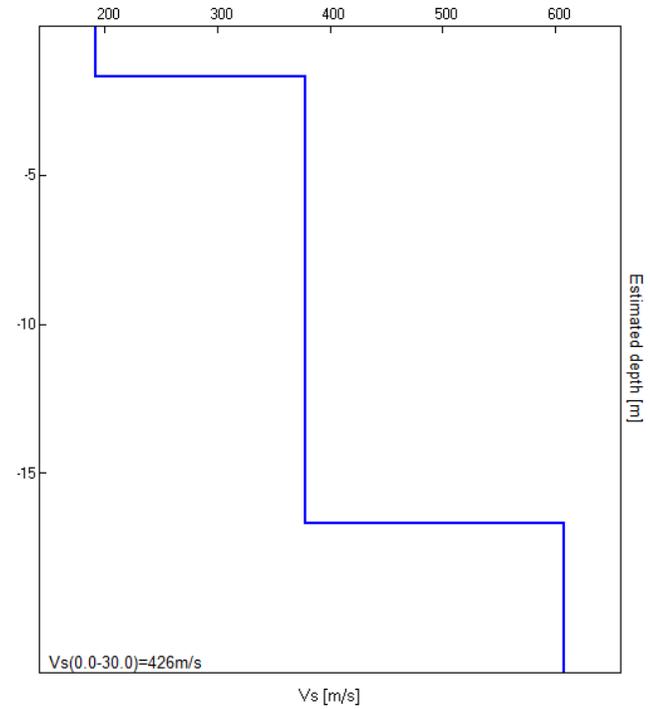


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.70	1.70	193	0.42
16.70	15.00	378	0.42
inf.	inf.	607	0.42

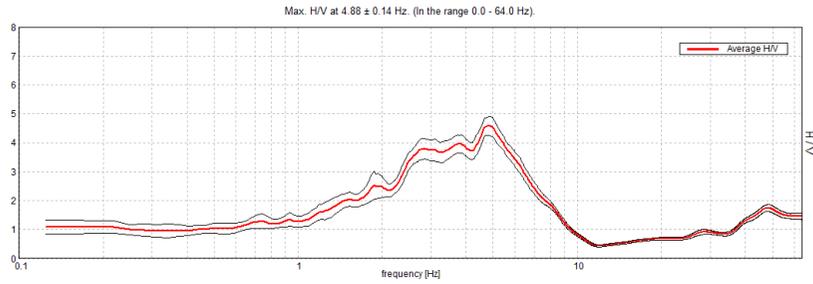
Vs(0.0-30.0)=426m/s



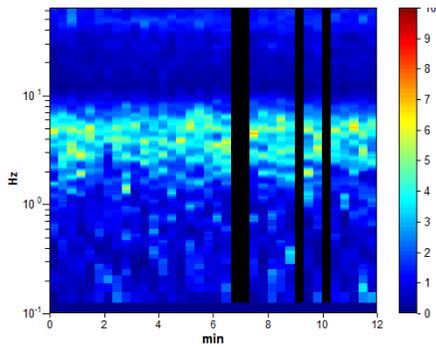
CREAZZO, CR17

Instrument: TRZ-0104/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 24/10/15 18:15:53 End recording: 24/10/15 18:27:53
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h12'00". Analyzed 89% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

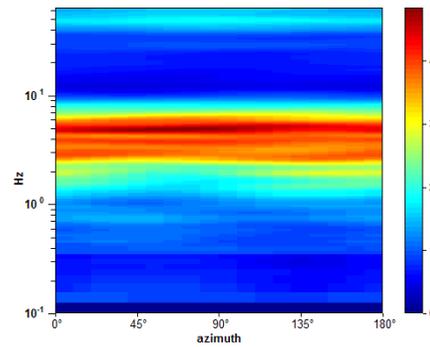
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



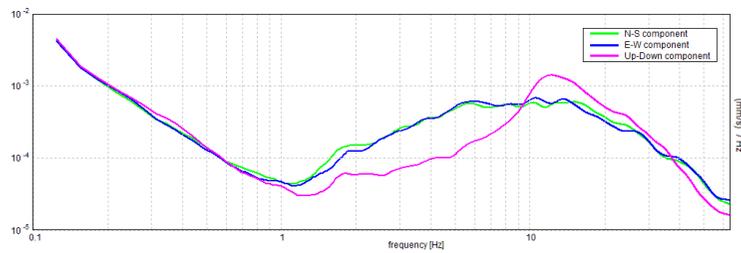
H/V TIME HISTORY



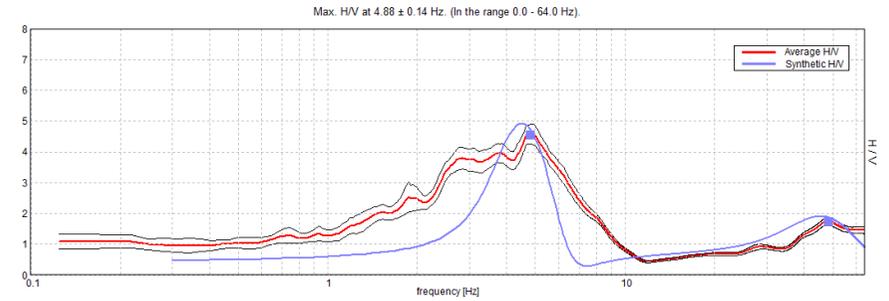
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

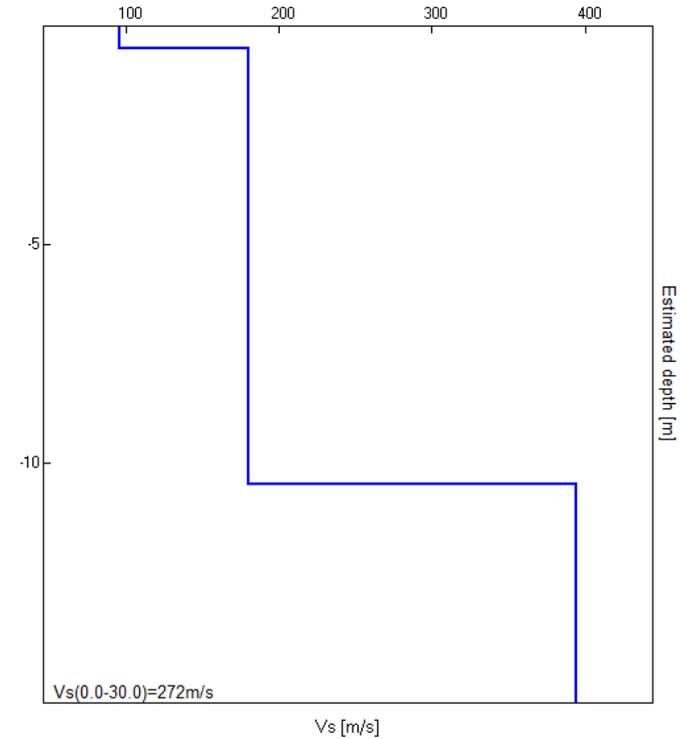


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	96	0.42
10.50	10.00	180	0.42
inf.	inf.	394	0.40

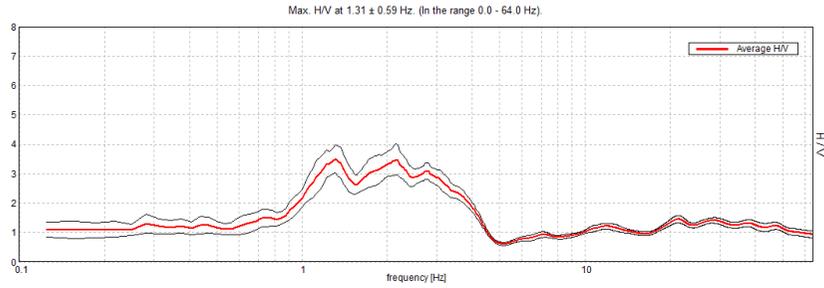
Vs(0.0-30.0)=272m/s



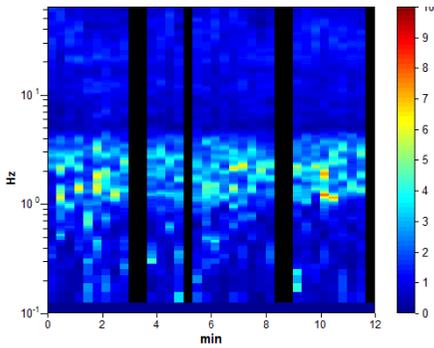
CREAZZO, CR18

Instrument: TRZ-0104/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 24/10/15 18:42:16 End recording: 24/10/15 18:54:16
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h12'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

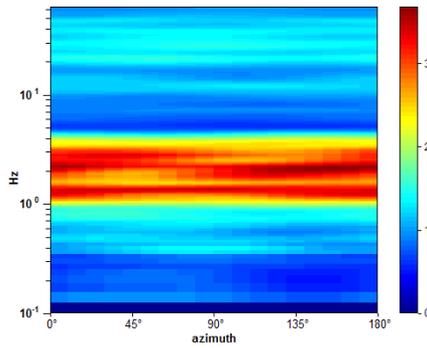
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



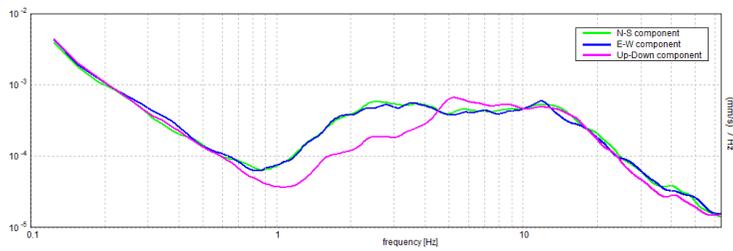
H/V TIME HISTORY



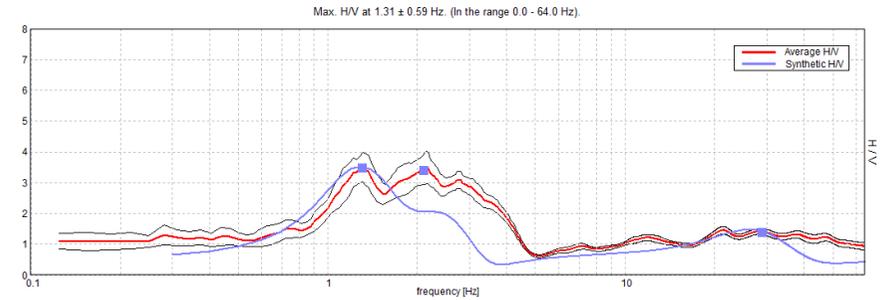
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

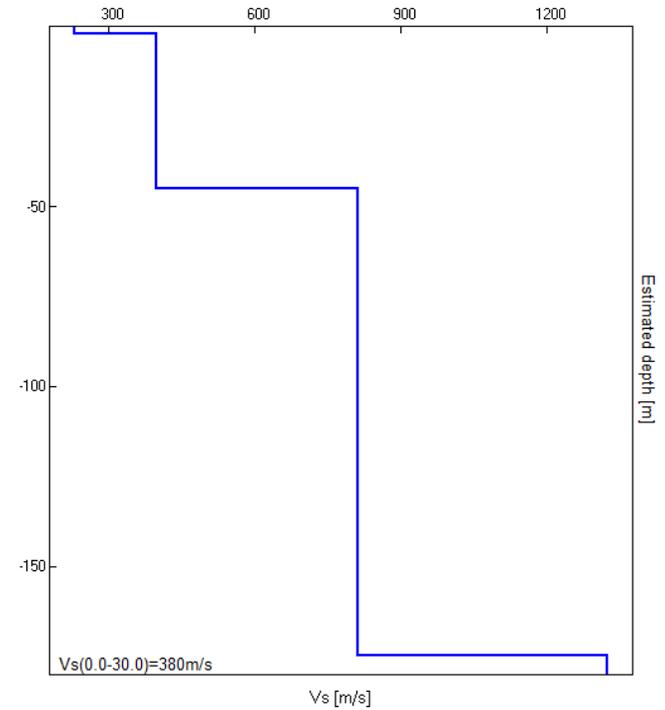


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	230	0.42
45.00	43.00	399	0.42
175.00	130.00	813	0.40
inf.	inf.	1326	0.40

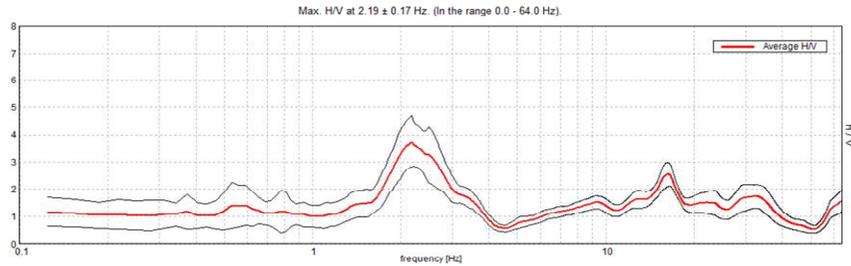
Vs(0.0-30.0)=380m/s



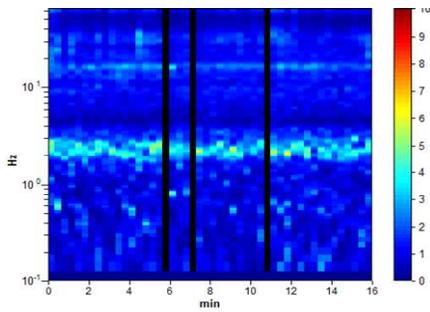
CREAZZO, VIA RIVA CHIEMENTIN

Strumento: TRZ-0104/01-10
 Inizio registrazione: 28/03/14 10:46:55 Fine registrazione: 28/03/14 11:02:55
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile
 Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 94% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestra: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

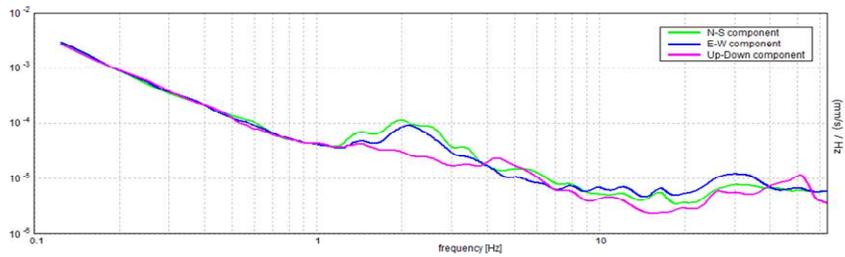
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



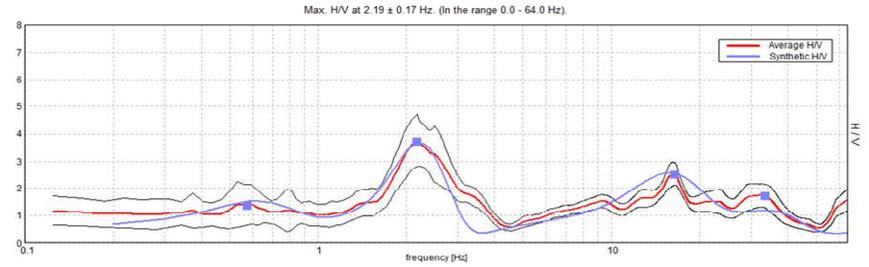
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

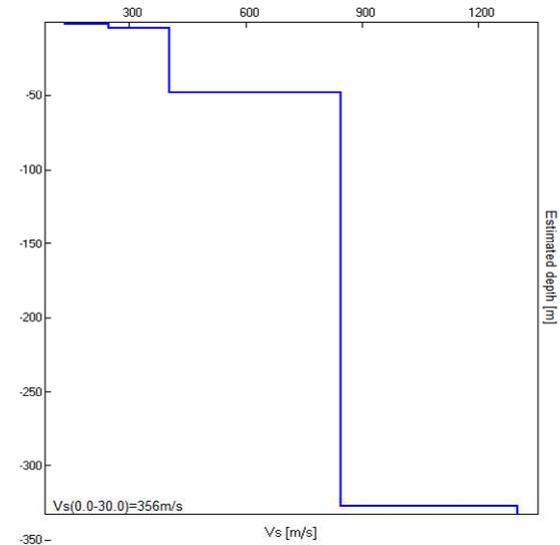


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1.0	1.0	133
4.0	3.0	247
48.0	44.0	403
328.0	280.0	845
inf.	inf.	1303

Vs(0.0-30.0) = 356m/s



Sismica passiva HVSR
 Posizione H 01
 Allegato H01