

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA

PROGETTO PRELIMINARE

**NUOVA LINEA AV/AC VENEZIA - TRIESTE
TRATTA RONCHI DEI LEGIONARI-TRIESTE**

DOCUMENTO DI RISPOSTA ALLE RICHIESTE DEL MATTM
COMMISSIONE TECNICA VIA – VAS (prot. CTVA-2012-0003680 del 16/10/2012)

ALLEGATO ALLA RISPOSTA DEL QUESITO 23

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

L 3 4 4 0 1 R 6 9 R G S A 2 3 0 X 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	S. Rodani	Marzo 2013	S. Polimeni	Marzo 2013	D.Fochesato	Marzo 2013	F. Marchese	Marzo 2013

ITALFERR S.p.A.
Dott. Geologo Francesco MARCHESE
Rep. UO GEOLOGIA
Ordine Geologi Lazio n. 179 ES

File: L344 01 R 69 RG SA230X 001 A.doc n. Elab.:



Questo progetto è cofinanziato dalla Comunità Europea

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	RISPOSTA AL QUESITO 23	4
2.1	INTRODUZIONE.....	4
2.2	SISMICITÀ STORICA	6
2.3	DATI PREGRESSI E VALUTAZIONE VS30.....	11
2.4	DATI H/V	12
2.4.1	<i>Sito Isonzo.....</i>	<i>12</i>
2.4.2	<i>Sito Dobbia</i>	<i>13</i>
2.4.3	<i>Sito San Vito (Ronchi).....</i>	<i>13</i>
2.4.4	<i>Sito San Polo</i>	<i>13</i>
2.4.5	<i>Siti in roccia.....</i>	<i>14</i>
2.5	SISMICITÀ LOCALE	17
2.6	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	18

1 PREMESSA

Il presente documento è stato emesso in risposta alle integrazioni richieste dal MATTM - COMMISSIONE TECNICA VIA – VAS (PROT.CTVA-2012-0003680 del 16/10/2012).

In particolare esso intende rispondere al quesito 23:

In riferimento alle Problematiche sismiche, considerando che la zona del territorio delle province di Gorizia e di Trieste è vicina (come dichiarato anche nel QRA) a una delle zone a più alto rischio sismico dell'Italia (terremoto maggio 1976), si ritiene che la pericolosità sismica del territorio attraversato dalle opere in progetto necessiti che:

- a) *venga eseguita, per il settore iniziale della tratta impostata nei terreni sabbioso – limosi e ghiaiosi sabbiosi delle piana alluvionale costiera, una valutazione dettagliata della pericolosità sismica e che venga fornita una cartografia di maggiore dettaglio soprattutto nella fascia di contatto con i litotipi calcareo - dolomitici, dove sono presenti potenzialmente le condizioni geolitologiche – strutturali, idrogeologiche e geomorfologiche più suscettibili di fenomeni di amplificazione sismica e/o liquefazione in caso di eventi di magnitudo elevata, evidenziando le aree più critiche che possono interferire con le opere in progetto.*

2 RISPOSTA AL QUESITO 23

2.1 Introduzione

La sismicità del settore nord-orientale italiano è indubbiamente elevata, tuttavia occorre tenere presente che le strutture sismogenetiche che danno origine ai terremoti del Gemonese (e di quelli del Cividalese, del Sacilese, e delle zone sismiche slovene) appartengono a unità sismico strutturali non interessate dal progetto e che la sismicità del settore di piattaforma carsica interessato dal progetto è bassa.

Al proposito, a commento delle osservazioni che seguono, si è elaborata una sintetica relazione descrittiva sulla pericolosità sismica (tratta da: Degasperi et al., 1991 – Earthquakes felt in Trieste from the Middle Ages to the 18th Century. Tectonophysics, 193, pagg. 53-63; Slejko et al., 2011 - The contribution of “silent” fault to the seismic hazard of the northern Adriatic Sea. Journal of Geodynamics, 51, pagg. 166-178) che tiene conto non solo delle recenti disposizioni legislative e delle conoscenze scientifiche più recenti ma anche dei risultati di un’indagine suppletiva eseguita.

Si è inoltre elaborata una carta del rischio sismico seguendo le recenti direttive in materia e si sono eseguite misure delle Vs30 competenti alle unità litologiche riconosciute nelle diverse situazioni geomorfologiche locali passibili di amplificazione con particolare riferimento alle aree di pianura e pedemontane. È stata inoltre elaborata una carta geologica della zona relativa alla piana alluvionale dell’Isonzo ove sono rappresentati i litotipi caratterizzanti le unità geologiche presenti e le isobate del substrato rigido in prossimità della zona di contatto fra le unità quaternarie e le formazioni calcareo dolomitiche.

Le unità rappresentate nella carta geologica suddetta sono:

Copertura quaternaria

Unità di Gorizia (Pleistocene superiore)

Appartengono a questa unità i depositi alluvionali del conoide Pleistocenico superiore dell’Isonzo, formatosi presumibilmente durante il LGM (Last Glacial Maximum).

Si tratta della porzione di pianura tardo-pleistocenica che è rimasta preservata dall’azione di terrazzamento e seppellimento operata dalle alluvioni postglaciali a partire dalla fine del LGM.

I depositi in questione sono costituiti prevalentemente da ghiaie, in matrice sabbiosa debolmente limosa, a stratificazione orizzontale ed incrociata, talvolta con intercalati livelli, lenti e lingue di sabbie e peliti nelle porzioni distali. Le ghiaie sono mediamente classate. I clasti sono arrotondati-subarrotondati con dimensioni medie-massime di 1,5-25 cm passanti a 1-15 cm nella porzione più distale. I depositi sono mediamente addensati. La tessitura è a supporto di clasti. Nell’ambito dell’area rilevata lo spessore massimo dell’unità è di circa 30 m.

Unità di Grado (Olocene - Attuale)

Questa unità raggruppa in modo indifferenziato i depositi dei bacini principali sedimentati durante il postglaciale, ovvero dalla fase successiva al ritiro dei ghiacciai pleistocenici fino all’Attuale.

Rientrano in questa unità i depositi alluvionali che costituiscono i sistemi deposizionali telescopici del Torre, del Natisone e dell’Isonzo, formati a partire dalla fase di incisione postglaciale. Nell’unità di Grado sono state distinte la subunità di Aquileia, che comprende i depositi dell’Olocene fino all’epoca romana, e la subunità di Monastero a cui sono stati attribuiti i depositi legati ai percorsi di Isonzo, Torre e Natisone attivi dal periodo post-romano all’attuale.

I depositi sono costituiti da ghiaie in matrice sabbiosa e ghiaie sabbiose a stratificazione da orizzontale a inclinata, sono intercalati livelli, lenti e lingue di sabbia e sabbia limosa la cui frequenza aumenta verso le parti distali dei sistemi deposizionali. Soprattutto nelle alluvioni distali del Torre la frazione sabbioso limosa può prevalere su quella ghiaiosa. Le ghiaie passano da mediamente a ben classate nella direzione del trasporto. I clasti sono da subarrotondati a arrotondati con dimensioni medie-massime che diminuiscono nel senso del trasporto passando da

3-25 cm a <1-10 cm. La tessitura può essere a supporto di clasti o di matrice. Le sabbie e le ghiaie talvolta mostrano una laminazione parallela o incrociata a basso angolo. Nella composizione delle alluvioni del Torre, per quanto prevalgano nettamente le litologie carbonatiche e terrigene mesozoico-terziarie proprie del bacino e dei suoi affluenti, sono comunque rappresentate anche quelle paleozoiche indicatrici dell'alto bacino del Tagliamento riciclate dall'erosione sulle unità più antiche, mentre quelle del Natisone rispecchiano le litologie affioranti nel bacino. I depositi dell'unità in esame sono distinguibili da quelli delle unità più vecchie adiacenti e sottostanti per la marcata differenza di alterazione superficiale e di tessitura dei terreni; lo spessore è stimato variabile da 5 a 10 metri.

Subunità di Aquileia

Ad essa appartengono i depositi alluvionali del T. Torre e del sistema telescopico dell'Isonzo formatosi nell'Olocene; tali depositi sono stati messi in posto dai diversi alvei dell'Isonzo e del Torre attivi dalla fase postglaciale fino all'epoca romana compresa (10.000 anni BP circa - IV secolo d.C.).

Le ghiaie sono concentrate prevalentemente lungo i paleoalvei, in genere non si tratta di singoli canali fluviali, ma più genericamente di fasce di canali (channel belt cfr. Miall, 1996) al cui interno i vari paleoalvei o rami di paleoalvei sono stati verosimilmente attivi durante la medesima fase sedimentaria. Nelle parti laterali di queste fasce i depositi hanno generalmente granulometria limoso-sabbiosa e si trovano sovrapposti a depositi ghiaiosi di fasi alluvionali precedenti.

Lo spessore dei depositi appartenenti a questa subunità è stimabile tra 5 e 10 m, comunque è assai variabile.

Subunità di Monastero

Essa comprende i depositi alluvionali sedimentati dal Torre, dal Natisone e dall'Isonzo a partire dalla fine dell'epoca romana (IV secolo d.C.). Data la definizione questa sub-unità comprende al suo interno anche gli attuali alvei dei fiumi.

La distinzione con i depositi della sub-unità di Aquileia, avviene su base morfologica, attraverso fotointerpretazione e analisi della cartografia storica. Sulla base di queste indagini sono state attribuite alla sub-unità di Monastero le aree in cui sono frequenti ed evidenti i paleoalvei, a testimonianza di un'attività dei corsi d'acqua anche nella fase recente della loro evoluzione.

Le caratteristiche dei limiti e dei depositi della subunità di Monastero sono analoghe a quelle dell'unità di cui fa parte (unità di Grado) e a cui si rimanda per la loro descrizione. Ghiaie e ghiaie sabbiose affiorano prevalentemente lungo le fasce di canali fluviali attivi o estinti, mentre nelle aree di intercanale prevalgono depositi sabbioso-limosi con spessori di 1,5 - 2 m. Lo spessore della sub-unità di Monastero è stimabile tra 1 e 10 m. L'età dell'unità è presumibilmente compresa tra il IV sec. d.C. e l'Attuale.

Depositati afferenti alle unità di Gorizia e Grado affiorano in pianura ed al piede dei rilievi, nel tratto immediatamente precedente il contatto con il substrato calcareo dei Calcari di Monte Coste, ossia da inizio tracciato fino alla progressiva 7+600 circa.

Unità dei "depositi ubiquitari" (Pleistocene sup. - Attuale)

Vengono distinti in questo ambito corpi sedimentari che, pur non essendo necessariamente delimitati da discontinuità di estensione regionale, hanno comunque una loro individualità ben definita. Tali corpi non sono differenziati in base al bacino di appartenenza e concettualmente si riferiscono alla litostratigrafia. Sono costituiti da particolari litofacies: depositi alluvionali, depositi palustri, prodotti residuali, depositi di origine mista, detrito di versante, per le quali il processo di formazione è slegato dall'evoluzione dei bacini in cui ricadono.

Si tratta di depositi caotici costituiti da ghiaie e sabbie limose, e limi sabbiosi. I depositi sono prevalentemente mal classati, poco addensati, con tessitura prevalentemente a supporto di matrice; i clasti sono generalmente angolosi, costituiti da litologie locali; le dimensioni medie dei clasti sono di 3 cm, le massime attorno ai 30 cm. Tali depositi sono legati alla dinamica di versante ed al trasporto di acque torrentizie e ruscellanti lungo i versanti dei rilievi collinari; in corrispondenza di avvallamenti sono presenti impaludamenti che hanno determinato una decantazione di tipo palustre.



NUOVA LINEA AV/AC VENEZIA - TRIESTE

TRATTA RONCHI DEI LEGIONARI-TRIESTE

DOCUMENTO DI RISPOSTA ALLE RICHIESTE DEL MATTM
COMMISSIONE TECNICA VIA – VAS (PROT.CTVA-2012-0003680 del 16/10/2012)

ALLEGATO ALLA RISPOSTA DEL QUESITO 23

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L344	01	R 69 RG	SA 230X 001	A	6 di 18

Al bordo orientale dell'area cartografata sono presenti i litotipi calcareo-dolomitici della successione mesozoica rappresentati da:

Formazione di Monrupino (FM) (Cenomaniano p.p.)

Calcari di Monte Coste (Aptiano inferiore p.p.-Albiano superiore)

2.2 Sismicità storica

Terremoti, anche forti, hanno colpito ripetutamente la regione Friuli - Venezia Giulia nei secoli passati e una discreta documentazione ci è stata tramandata. La presenza della stazione sismologica di Trieste, operante regolarmente fin dal 1931, ha permesso la raccolta di esaurienti informazioni sulla sismicità friulana anche di livello medio, mentre la rete sismometrica regionale, in funzione dal 1977, documenta con precisione la sismicità anche di bassa energia. La Tabella riporta i parametri focali dei principali terremoti avvenuti in regione: i dati relativi agli eventi precedenti il 1975 sono tratti dal "Catalogo parametrico dei terremoti italiani" (Gruppo di Lavoro CPTI, 2004), mentre quelli riferiti ai sismi più recenti derivano dai bollettini della rete sismometrica dei Friuli - Venezia Giulia (OGS, 1977-1981, 1982-1990, 1991-2004) e dal lavoro di Slejko et al. (1999) sulla sequenza del terremoto del 1976 in Friuli relativamente ai meccanismi focali. Per i due terremoti più forti (quello del 1348 e quello del 1511) sono stati considerati i parametri focali derivati da una recente revisione storica ancora inedita (Cucchi, comunicazione personale). Con l'esclusione dei due terremoti citati, la cui stima di magnitudo può essere affetta anche da errore sensibile in quanto ricavata a partire dalle approssimative informazioni macrosismiche dell'epoca, solo l'evento del 1976 ha superato la magnitudo 6, considerando i soli sismi friulani, in quanto quello del 1873 è avvenuto nel vicino Alpi. L'associazione di alcuni di questi terremoti alle faglie riconosciute nella regione è stata proposta recentemente da Galadini et al. (2004).

Dall'esame della mappa epicentrale, è interessante notare l'allineamento SW-NE lungo il margine prealpino, dalla pianura veneta al Friuli centrale. Spostandosi ad oriente, gli epicentri sembrano delineare due direttrici: quella settentrionale, parallela e prossima al confine con l'Austria, e quella dei Friuli centrale, che si allunga verso il confine con la Slovenia. La prima è caratterizzata da sismi di magnitudo non elevata, fatta eccezione per l'evento del 1348. Il Friuli centrale, invece, è stato interessato nei secoli da diversi sismi di magnitudo piuttosto elevata; lievemente fuori contesto risulta l'epicentro decisamente più meridionale del terremoto del 1511. Come per la magnitudo, anche per la localizzazione epicentrale degli eventi del 1348 e del 1511 bisogna segnalare la possibilità di errori non trascurabili. La mappa mostra ancora le concentrazioni di epicentri in Slovenia, in prossimità di Ljubljana, e in Croazia, attorno a Rijeka. E' ipotizzabile, ma non evidenziata chiaramente, un'orientazione NW-SE (dinarica) per la sismicità slovena: questa indicazione risulta molto più chiara dall'analisi della sismicità recente di bassa magnitudo (Slejko et al., 1989; Carulli et al., 1990).

La presenza in Friuli di uno stile tettonico compressivo è supportata dai meccanismi focali, anche se non mancano pure soluzioni trascorrenti. Queste ultime si riferiscono a eventi della prima metà del 20° secolo, quando la quantità dei dati non era soddisfacente ed è, perciò, doveroso considerare la possibilità di errori non trascurabili. La sequenza iniziata nel 1976, invece, ha evidenziato chiaramente un meccanismo compressivo all'origine di tutti i sismi principali (Slejko et al., 1999). Lo stile trascorrente delle faglie dinariche è, invece, ampiamente confermato dai meccanismi focali in Slovenia (Del Ben et al., 1991).

La sismicità nell'area di Trieste è bassa ed è generalmente riconosciuta come sismicità intraplacca. Non si hanno notizie di terremoti storici avvenuti con epicentro nell'area e pochi sono anche quelli registrati strumentalmente.

Relativamente al periodo storico, sono 12 gli eventi riportati da Degasperi et al. (1991) come possibili di aver raggiunto nella città di Trieste un'intensità epicentrale almeno del VI grado della scala Mercalli – Cancani – Sieberg (MCS), e pertanto, che potrebbero aver causato qualche danno. Le intensità riportate come V-VI stanno ad indicare un'incertezza nell'attribuzione dell'intensità: il terremoto del 1690 è inserito nell'elenco anche se ha provocato un risentimento inferiore al VI grado MCS perchè risulta uno degli eventi principali avvenuti nelle Alpi orientali. Le intensità riportate per Trieste (ITS) non derivano da notizie descrittive ritrovate negli archivi ma sono state calcolate a partire dall'intensità epicentrale e la distanza fra Trieste e l'epicentro.

ALLEGATO ALLA RISPOSTA DEL QUESITO 23

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L344	01	R 69 RG	SA 230X 001	A	7 di 18

Il primo terremoto è quello del 1348 per il quale non sono state reperite, finora, informazioni relativamente alla città di Trieste. Questo terremoto causò le maggiori distruzioni a Villaco e lungo la valle del fiume Gail.

Il terremoto che provocò i danni più ingenti alla città fu quello del 1511, che si verificò nella regione fra Gemona ed Idria. Recenti studi hanno dimostrato che l'evento fu unico anche se ebbe effetti notevoli in entrambi i siti. Lo scuotimento causò il crollo di due torri del porto, di parte della mura e di alcune case.

Il terremoto del 1690, forse con epicentro simile a quello del 1348, causò soltanto la caduta di una scultura e qualche crollo su un palazzo in rovina a causa di un recente incendio.

L'evento più importante che sembra essere avvenuto in prossimità di Trieste è quello verificatosi nella notte del 7 giugno 1794: la maggior parte della popolazione abbandonò le case e lo scuotimento causò fessure nei muri dei piani alti e il crollo di alcuni camini. La quasi concomitanza con un terremoto in Friuli ed il fatto che il risentimento a Trieste viene riportato per la prima volta da una cronaca locale (l'Archeografo Triestino) lasciano molti dubbi sull'attendibilità dell'epicentro.

N	anno	mese	giorno	ore	Min.	Epicentro	Io (MCS)	Dist. (km)	(MCS)
1	1348	01	25	15		Yillach	XI	107	VII
2	1511	03	26	14		Idrija	IX	53	VI
3	1511	03	26	14	30	Gemona	IX-X	79	VI
4	1511	08	08			Cividale	IX	57	VI
5	1551	03	26			Tolmin	VIII-IX	61	V-VI
6	1574	08	14			Buzet	VIII	37	VI
7	1690	12	04	18		Villach	IX	107	V
8	1700	07	28	3	45	Raveo	X	112	V-VI
9	1721	01	12			Rijeka	IX	62	VI
10	1794	06	07	2	32	Trieste	VI	1	VI
11	1870	03	01	19	57	Rijeka	VIII-IX	56	V-VI
12	1895	04	14	20	17	Ljubljana	VIII-IX	75	VI

Terremoti storici per cui è stata calcolata un'intensità superiore al V grado MCS in Trieste (da Degaspero et al., 1991).

L'affermazione che la sismicità è bassa si basa soprattutto sulle osservazioni strumentali raccolte a Trieste a partire dall'inizio del 20° secolo. La Tabella riporta gli eventi con magnitudo maggiore a 3,0 avvenuti nell'area studiata. Si può vedere che solo in 2 casi è stata raggiunta o superata la magnitudo 4: nel 1930 e nel 1931.

L'evento del 29 agosto 1931, avvenuto in mare a SW di Punta Salvore a una distanza di 45 km circa da Trieste fu avvertita in città da poche persone in strada mentre fu intensa nei piani alti. Esso risulta essere il terremoto con magnitudo più elevata ($M_S = 4,6$) fra quelli aventi epicentro all'interno dell'area. Questo evento è stato studiato a livello strumentale dal Caloi (1932) ed a livello macrosismico da Agamennone (1939). Pur non volendo entrare nella diatriba innescata da questi autori relativamente alla qualità delle loro, diverse, localizzazioni, bisogna dire che le determinazioni ipocentrali fatte in anni recenti con un numero di dati maggiore e con tecnologie superiori hanno fornito risultati diversi rispetto all'ipocentro calcolato da Caloi, secondo il quale le coordinate epicentrali (ricavate con i dati di solo quattro stazioni) erano $45,52^\circ$ N e $13,38^\circ$ E con una profondità di 38 km. La localizzazione ottenuta con una ventina di dati validi, risulta circa 20 km più a sud dell'epicentro di Caloi e la profondità è stata stimata di soli 2 - 3 km. Questo risultato è in accordo con le intensità macrosismiche (Agamennone) risentite nelle varie località istriane: Parenzo con intensità V MCS, Pirano e Capodistria con intensità IV e poi a diminuire. Secondo Agamennone la scossa fu risentita ad una distanza massima di circa 100 km, facendo supporre una profondità dell'evento modesta.

E' doveroso ricordare alcuni eventi che furono risentiti distintamente nella città di Trieste. Il primo terremoto da citare avvenne l'1 gennaio 1926 ($45,65^\circ$ N, $14,25^\circ$ E, $M_S = 5,6$), ebbe epicentro a 40 km circa da Trieste, nella zona del Monte Nevoso, e fu avvertito dalla popolazione che si riversò sulle strade in preda al panico mentre comignoli, muriccioli e cornicioni crollavano con fracasso. Non si registrarono, però, danni rilevanti. Danni, invece, furono riportati a Venezia.

Anche il terremoto di Tolmezzo del 1928 fu avvertito in modo evidente a Trieste ma senza provocare danni.

L'evento del Cansiglio del 18 ottobre 1936 ($46,10^\circ$ N, $12,50^\circ$ E, $M_S = 5,6$) si verificò a una distanza di circa 110 km da Trieste e la sua violenza svegliò e creò panico fra i cittadini con forti vibrazioni di vetri e traballio di pavimenti. In molti quartieri la gente scese nelle strade. L'intensità fu stimata a Trieste del V grado MCS.

L'evento del 31 gennaio 1956 ($45,60^\circ$ N, $14,30^\circ$ E, $M_S = 4,7$) interessò nuovamente la zona del Monte Nevoso con epicentro sempre a 40 km circa da Trieste. Causò panico tra la popolazione svegliata dall'evento in alcune zone della città con scricchiolii di pareti, ondeggiamenti di lampadari e cadute di soprammobili e di calcinacci in case vecchie. Tre persone rimasero ferite, ci furono alcuni svenimenti e due parti prematuri.

num	anno	mese	giorno	ora	min	sec	Lat	Long	prof	M
1	1930	2	25	13	35	49,74	46,048	13,871	11,2	4,3
2	1931	8	29	15	56	51,76	45,336	13,378	2,4	4,6
3	1949	12	7	1	43	58,81	45,972	13,455	3,0	3,8
4	1964	8	31	14	33	51,87	46,097	13,417	7,0	3,2
5	1967	1	15	14	33	45,21	45,979	13,084	7,0	3,9
6	1975	11	23	10	28	1,29	45,673	13,053	0,6	3,5
7	1976	2	27	9	58	47,54	45,803	13,076	6,1	3,4
8	1977	7	19	13	54	49,84	45,103	13,951	4,1	3,1
9	1978	3	13	18	16	10,90	45,436	13,687	3,2	3,0
10	1978	4	23	11	33	40,04	46,098	13,597	12,3	3,0
11	1979	12	24	15	37	56,19	45,466	13,217	22,3	3,1
12	1987	9	16	13	7	53,88	45,928	13,881	14,2	3,0
13	1987	12	17	12	15	59,06	46,064	13,488	2,3	3,2
14	1994	5	25	23	32	31,55	46,009	13,506	3,3	3,1
15	1995	10	30	4	58	20,40	45,839	13,034	4,2	3,3
16	1996	7	25	21	25	57,03	46,049	13,518	11,0	3,2
17	1997	12	2	17	18	5,42	46,074	13,471	11,8	3,2
18	1997	12	12	1	28	18,86	46,028	13,855	9,9	3,1
19	1998	7	12	9	25	17,69	45,685	13,583	9,7	3,1
20	1999	9	11	23	40	35,64	45,299	13,372	11,6	3,2
21	2000	8	16	5	56	51,47	46,045	13,705	11,1	3,2
22	2001	7	7	20	40	42,43	46,073	13,662	15,6	3,2

*Terremoti strumentali con magnitudo maggiore o uguale a 3,0 avvenuti nell'area.
 M indica la magnitudo: prima del 1975 e nel periodo successivo.*

L'evento del 18 marzo 1964 (45.55° N, 14.30° E, MS = 4.5) si verificò ancora nella zona del Monte Nevoso, sempre ad una distanza di 40 km circa da Trieste. La scossa fu avvertita distintamente specialmente nei piani alti e la gente si riversò nelle strade. Furono segnalate vibrazioni delle pareti, la caduta di libri e ritratti dalle mensole, lo spostamento di mobili leggeri e piccole crepe negli intonaci di alcune case vecchie. La testa di una statua sovrastante il pronao della chiesa di Sant'Antonio Taumaturgo cadde. L'intensità a Trieste fu stimata del VI-VII grado MCS. Fu sentito in tutto l'altopiano carsico, nell'Istria nord-occidentale, nel Quarnero, nella Slovenia occidentale ed anche a Venezia.

Della sequenza sismica che sconvolse il Friuli nel 1976 solo 2 eventi furono risentiti distintamente a Trieste: quello del 6 maggio, che causò anche la caduta della testa di un'altra delle statue situate sopra all'entrata della chiesa di Sant'Antonio Taumaturgo, e quello del 15 settembre.

I dati di magnitudo insieme alle localizzazioni della microsismicità registrata indicano che la sismicità del Carso è sensibilmente più intensa di quella della pianura friulana adiacente. Addensamenti di epicentri interessano l'area di confine fra Italia e Slovenia alle spalle di Trieste e, soprattutto, il Cividalese. Tentativamente si potrebbero evidenziare alcuni allineamenti di epicentri in mare ma allo stato attuale quest'indicazione sembra speculativa. I meccanismi focali sono prevalentemente distensivi sia per gli eventi in mare (pochi) che per quelli nella fascia costiera. La sismicità si inquadra, dunque, bene in un contesto di attività intraplacca dell'avampaese adriatico.

A completamento, si fa presente che i più recenti lavori sul tema, nel ricostruire le caratteristiche sismotettoniche del settore Carso – Golfo di Trieste individuano la situazione illustrata nelle figure seguenti, tratte da: Slejko et al., 2011 - The contribution of "silent" fault to the seismic hazard of the northern Adriatic Sea. Journal of Geodynamics, 51, pagg. 166-178.

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L344	01	R 69 RG	SA 230X 001	A	10 di 18

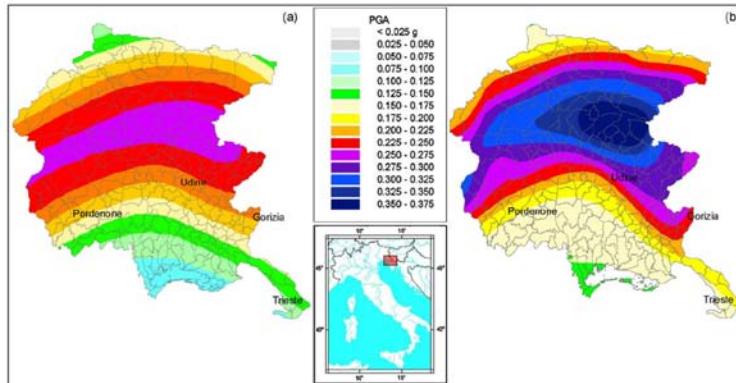


Fig. 1. Seismic hazard map of the eastern Alps in terms of PGA with a 475-year return period: (a) part of the national map (Gruppo di Lavoro, 2004); (b) part of the regional map (Slejko et al., 2008b).

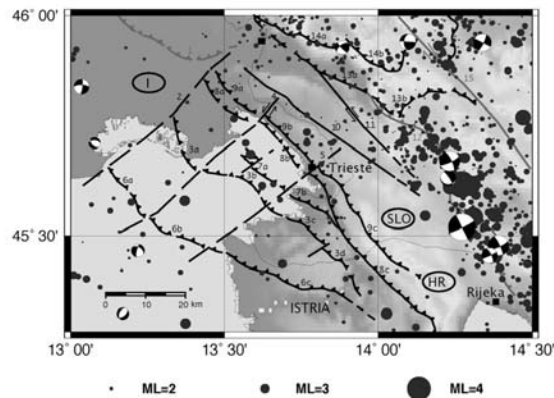


Fig. 3. Seismotectonic map of the Trieste broader area. The epicentres of the earthquakes (no magnitude threshold) that occurred between 1977 and 2008 are shown (revision by G. Renner of the data available at www.crs.ogs.trieste.it) together with the fault plane solutions (Schmidt projection on the lower hemisphere) of the main events (G. Renner, personal communication). The black and grey lines indicate, respectively, the faults with and without seismicity (see Table 2) considered in the present study (from Carrilli, 2011): 1 = Medea, 2 = Aquileia, 3 = Grado-Buzet, 4 = Sistiana, 5 = Mt. Spaccato, 6 = Buje, 7 = Tinjan, 8 = Palmanova, 9 = Trieste, 10 = Divača, 11 = Raša, 12 = Seežnik, 13 = Nanos, 14 = Trnovski Godz, 15 = Idrija. Solid lines indicate definite faults, dashed lines show probable faults, barbed lines show overthrusts, the arrows along the lines indicate the movement of the strike-slip faults.

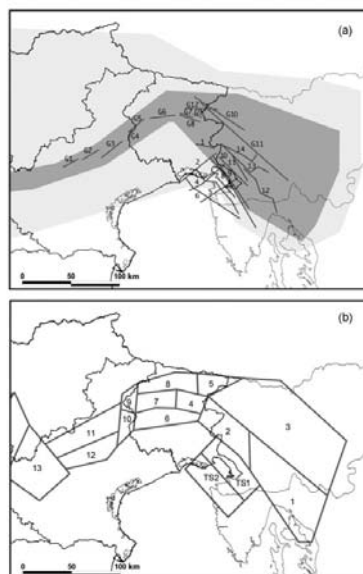


Fig. 4. Seismogenic zonations used for PSHA of the Trieste broader area. (a) Zonation 3LEV, corresponding to the 3LEV zonation of Slejko et al. (2008b) where the main faults, proposed in the present study were added (the numbers refer to Table 2 and Fig. 3), the dark grey polygon collects the earthquakes with an M_0 between 5 and 6, the pale grey one gathers the events with an M_0 lower than 5; (b) zonation FRZ corresponding to the seismogenic zonation FRI of Slejko et al. (2008b) with the addition of two SZs in the Trieste Gulf (TS1 and TS2).

2.3 Dati pregressi e valutazione Vs30

Per una prima valutazione della categoria sismica dei terreni di pianura, si sono analizzati i risultati delle prove SPT disponibili. Nello specifico si tratta di 6 prove dalle quali risulta che tutti i terreni rientrano nella categoria di suolo C (sabbie e ghiaie mediamente dense, argille mediamente consistenti).

Sigla	Comune/Frazione	Quota	Profondità raggiunta	Nspt30
SL201B004	Ronchi dei Legionari	9.2 m slm	20 m	28.46
XL201B005	Ronchi dei Legionari		20 m	27.38
TS1	Begliano		30 m	28.43
SL201R003	Casegliano	13 m slm	30 m	29.9
XL201R002	Turriaco	10 m slm	30 m	39.49
3062	Monfalcone		15 m	47.86

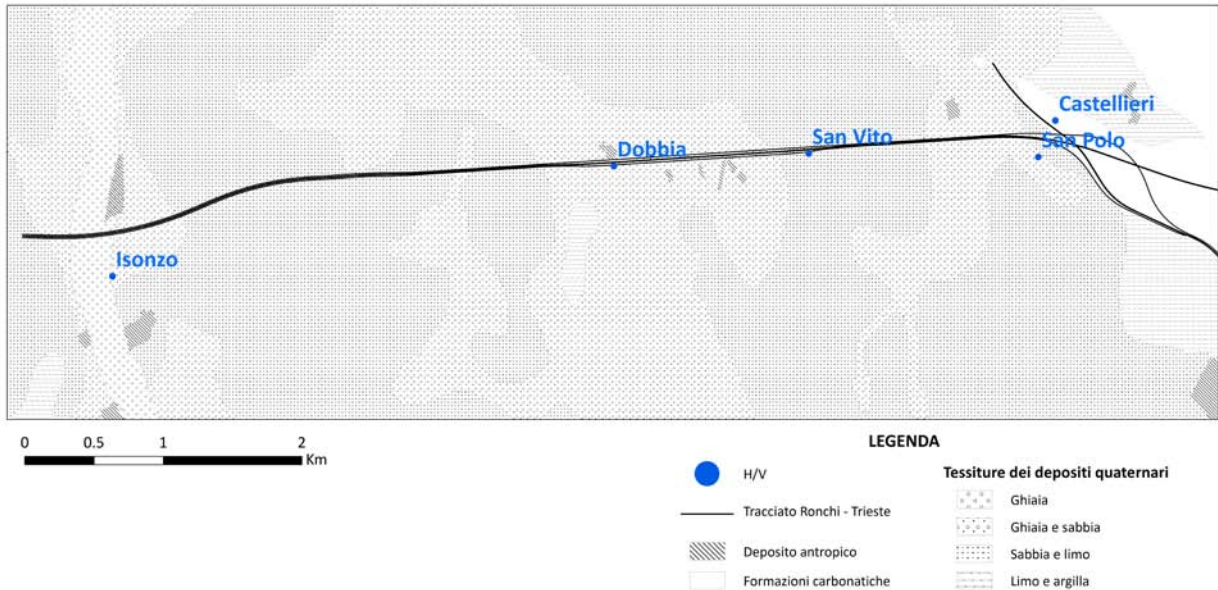
Il valore N_{spt30} è calcolato tramite la formula

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}$$

Ciò è confermato anche dalle due misure delle Vs30 eseguite mediante MASV e rinvenute nel comune di Monfalcone fra i dati riportati nel Sistema Informativo Territoriale della Carta Geologico Tecnica alla scala 1:5000, che riportano come velocità caratteristica 336 m/s e 375 m/s, il che comporta l'inserimento di quei terreni nella categoria di suolo B.

2.4 Dati H/V

Sono state eseguite 9 misure di H/V mediante strumentazione TROMINO, delle quali quattro a caratterizzazione dei depositi alluvionali (siti Isonzo, Dobbia, San Vito, San Polo, cinque a caratterizzazione della massa rocciosa carbonatica (siti Castellieri, Cava Monfalcone, Medeazza, Slivia, Aurisina, Santa Croce).

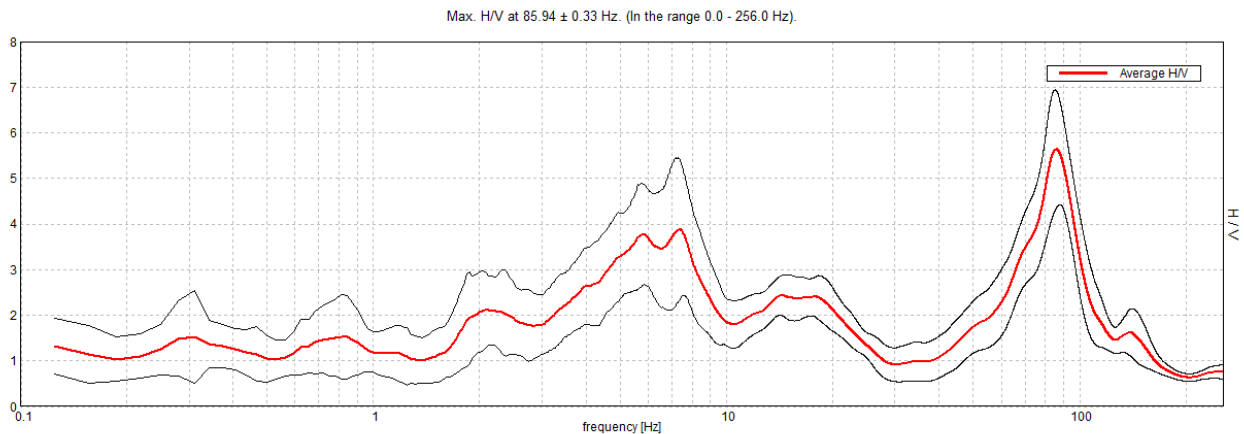


Ubicazione delle indagini H/V nel tratto di pianura (è riportata anche l'ubicazione della postazione di Sentiero Castellieri, nei calcari)

2.4.1 Sito Isonzo

Posizionato nelle ghiaie recenti del fiume Isonzo.

Il picco dell'H/V si ha a frequenza pari a 7.5 Hz; un secondo picco, leggermente più basso, si individua a 5.7 Hz. Nel sottosuolo si trovano per lo più ghiaie e ghiaie e sabbie. Assumendo per il primo riflettore una velocità di 400 m/s e per il secondo riflettore una velocità di 600 m/s, applicando la legge del quarto d'onda, si ottiene uno spessore per il primo strato di 17 m e uno di 20 m per il secondo strato. La Vs30 stimata è di 472 m/s, indicando pertanto un terreno di tipo B.

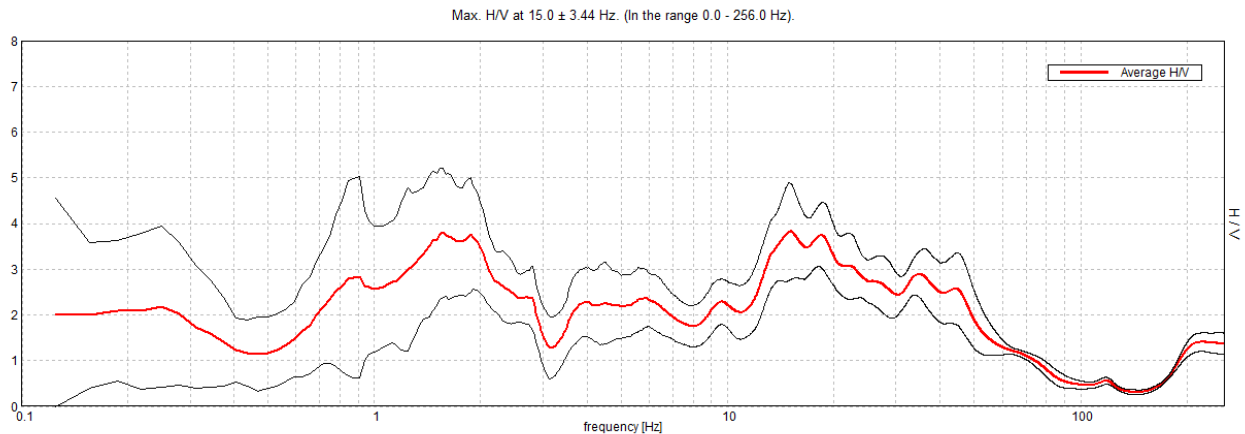


H/V Sito Isonzo

2.4.2 Sito Dobbia

Posizionato nei depositi prevalentemente argillo-limosi recenti della piana del fiume Isonzo.

Si osservano due picchi dell'H/V: a 15 e 18 Hz. Nel sottosuolo si trovano per lo più ghiaie e ghiaie e sabbie. Assumendo per il primo riflettore una velocità di 400 m/s e per il secondo riflettore una velocità di 550 m/s, applicando la legge del quarto d'onda, si ottiene uno spessore per il primo strato di 6.67 m e uno di 7.63 m per il secondo strato. Non avendo dati relativi ai successivi metri, non è possibile stimare la Vs30.

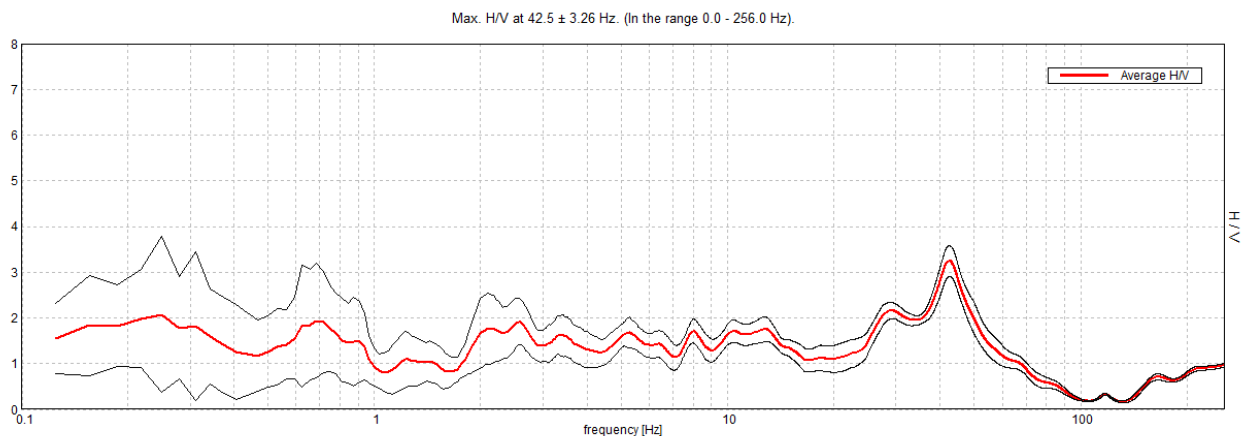


H/V Sito Dobbia

2.4.3 Sito San Vito (Ronchi)

Posizionato nei depositi prevalentemente sabbioso limosi recenti della piana del fiume Isonzo.

L'assenza di picchi significativi indica che nei primi 30 metri i depositi sono omogenei ed indifferenziati.

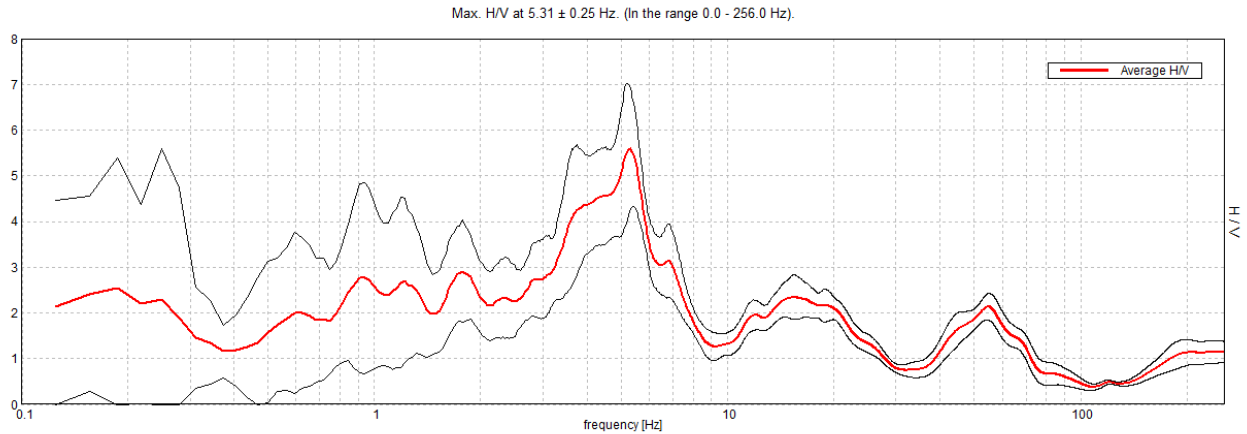


H/V Sito San Vito

2.4.4 Sito San Polo

Posizionato nei depositi prevalentemente sabbioso-limosi recenti in prossimità delle pendici del Carso.

Il picco dell'H/V si ha a frequenza pari a 5.3 Hz. Un sondaggio eseguito nelle vicinanze (SL201P006) riporta per la stratigrafia del sottosuolo uno strato superficiale di materiale di riporto limo-sabbioso (Classe C) e successivamente il substrato roccioso costituito da calcare fratturato. Assumendo per il sedimento sciolto una velocità di 240 m/s, dal valore del picco H/V, applicando la legge del quarto d'onda, si ottiene uno spessore per lo strato soffice di circa 11 m. Ipotizzando per il substrato rigido una velocità di 1300 m/s, la Vs30 stimata è di 500 m/s, indicando pertanto un terreno di tipo B. Il risultato è compatibile con le misure NSPT del sondaggio SL201P006.

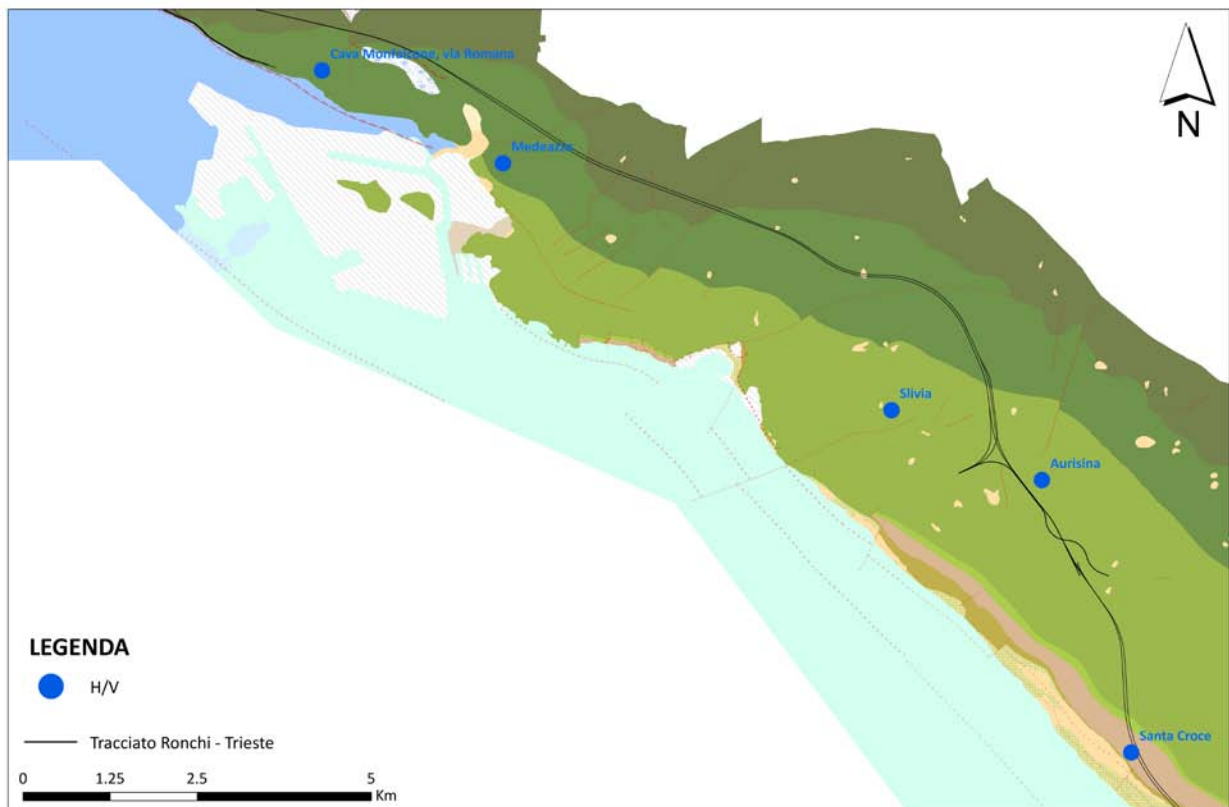


H/V Sito San Polo

2.4.5 Siti in roccia

Sono stati posizionati in funzione della formazione rocciosa affiorante delle caratteristiche geomorfologiche. Il sito Castellieri è su calcari, i siti Cava Monfalcone e Medeazza sono sull'Unità prevalentemente dolomitica, i siti Slivia e Aurisina sono sull'Unità dei Calcari a Rudiste, il sito Santa Croce è sui Calcari terziari.

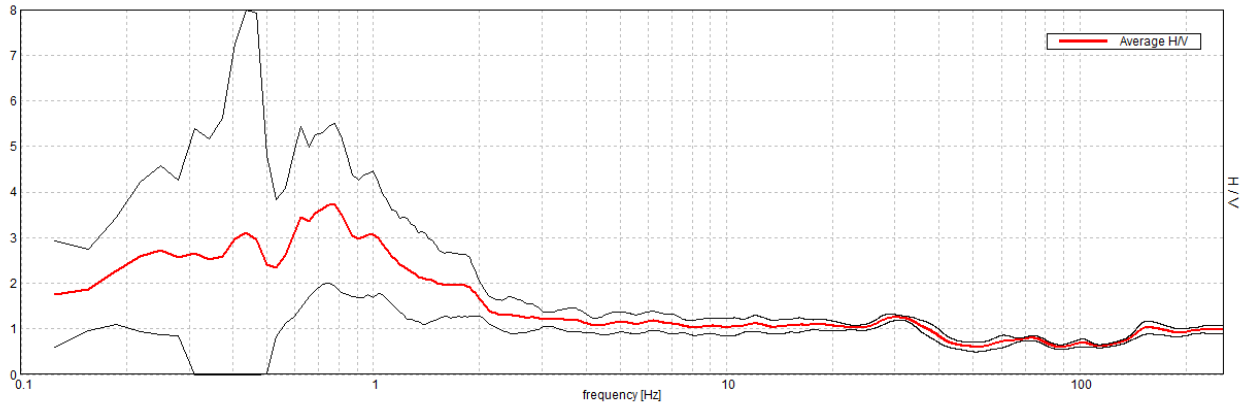
Nei siti in cui l'indagine HVSR è stata eseguita con il Tromino direttamente su roccia si osserva uno spettro H/V praticamente piatto. Ciò significa che le caratteristiche litologico tecniche sono omogenee in profondità e che dal punto di vista della caratterizzazione microsismica tutta la massa rocciosa è in Classe A.



Ubicazione delle indagini H/V nel tratto in calcari (per la geologia si veda la Carta geologica di Progetto Preliminare).

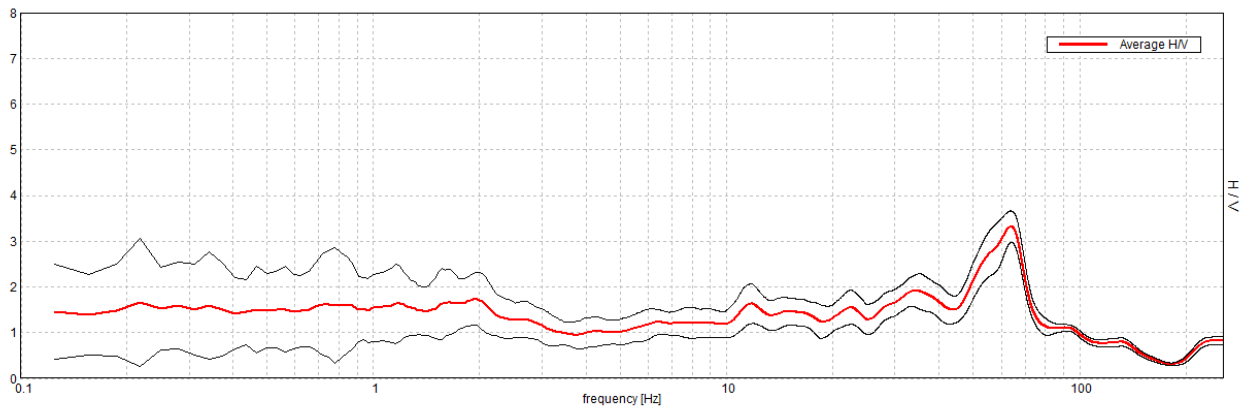
Sentiero Castellieri

Max. H/V at 0.78 ± 0.08 Hz. (In the range 0.0 - 256.0 Hz).



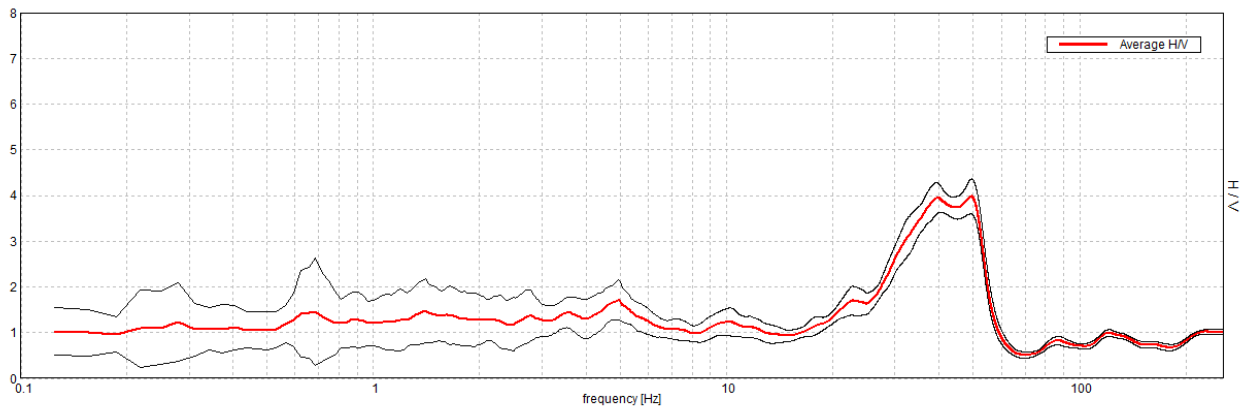
Cava Monfalcone

Max. H/V at 64.06 ± 5.47 Hz. (In the range 0.0 - 256.0 Hz).



Medeazza

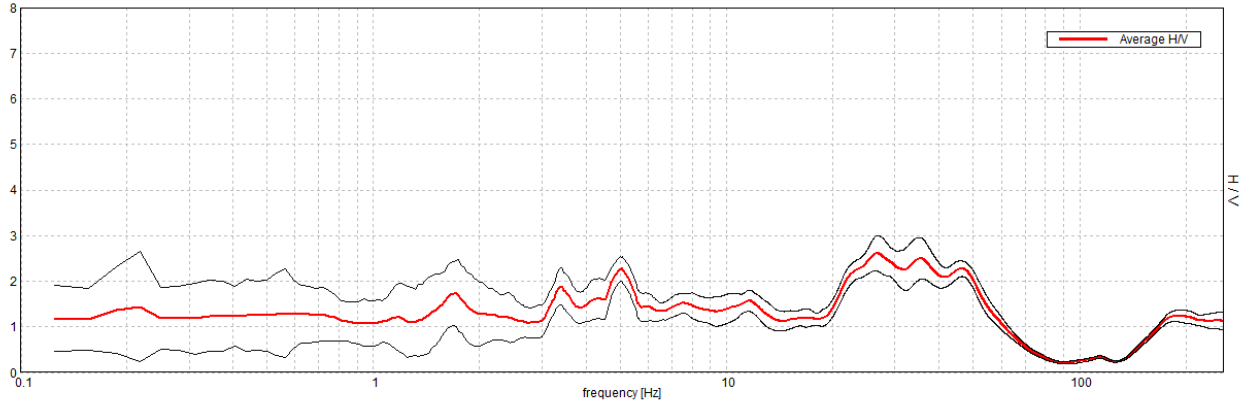
Max. H/V at 49.38 ± 0.08 Hz. (In the range 0.0 - 256.0 Hz).



COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L344	01	R 69 RG	SA 230X 001	A	16 di 18

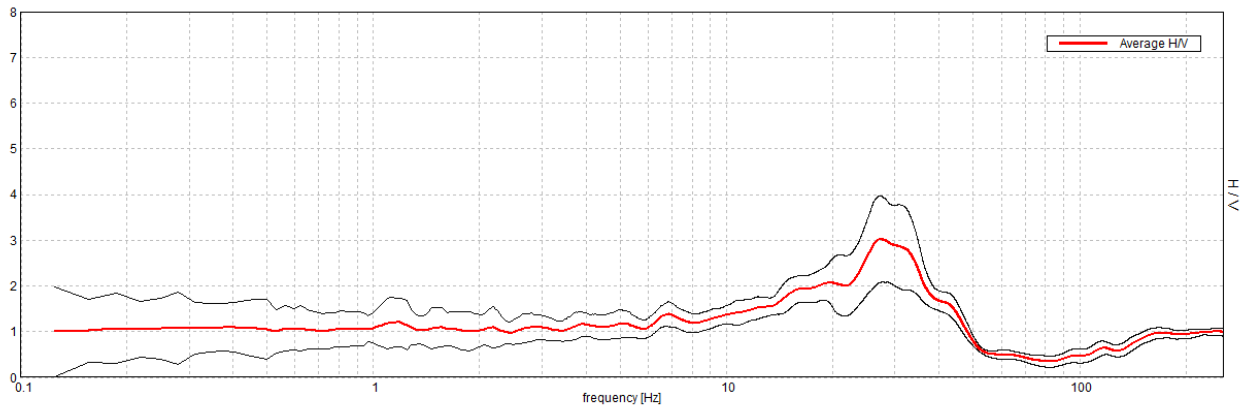
Slivia

Max. H/V at 26.56 ± 1.89 Hz. (In the range 0.0 - 256.0 Hz).



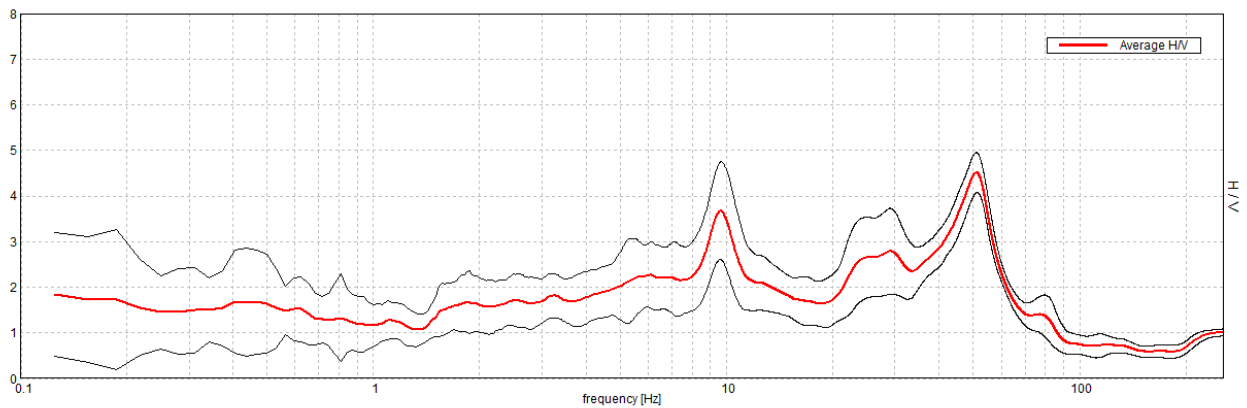
Aurisina

Max. H/V at 27.34 ± 0.19 Hz. (In the range 0.0 - 256.0 Hz).



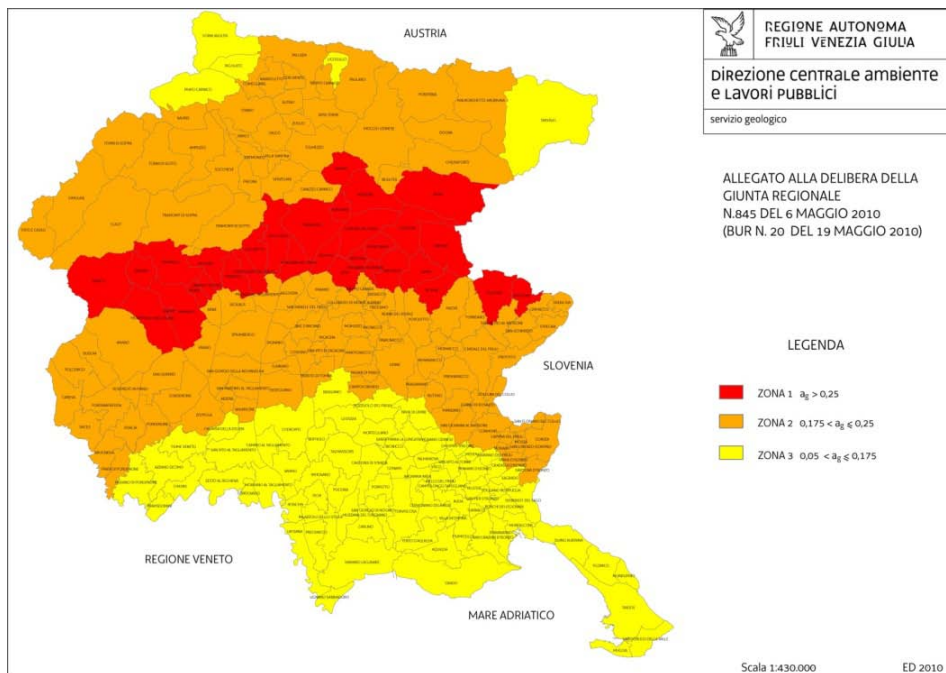
Santa Croce Trieste

Max. H/V at 51.16 ± 2.82 Hz. (In the range 0.0 - 256.0 Hz).



2.5 Sismicità locale

Per quanto riguarda la sismicità ed in particolare le accelerazioni al bedrock previste lungo il tracciato, si segnala che, ai sensi della Delibera Regionale n. 845 del 6 maggio 2010, la zonazione sismica è quella di seguito riportata, che prevede, lungo la tratta, accelerazioni di progetto comprese fra 0.05 g e 0.175 g.



Zonazione sismica della regione. Lungo tutta la linea AV/AC, le accelerazioni di progetto sono comprese fra 0,05 e 0,175 g.

La pericolosità sismica è quindi da considerare bassa.

In particolare, analizzando gli scenari di rischio legati agli effetti amplificativi stratigrafici e di sito, tenendo in considerazione le norme tecniche per le costruzioni in zona sismica della Comunità Europea EC8 (ENV, 1998), la tratta interessa roccia (fattore di amplificazione 1.0), roccia compatta o terreni a densità molto elevata (fattore di amplificazione 1.15), terreni rigidi (fattore di amplificazione 1.2).

Adottando le Norme Tecniche italiane per le Costruzioni (NTC2008 - Normative Tecniche per le Costruzioni, G.U. 14.01.2008), le Classi di terreno secondo NTC2008 attraversate sono:

- A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, con Fattore di amplificazione stratigrafica 1.0 – 1.0;
- B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, il cui Fattore di amplificazione stratigrafica è 1.0 – 1.5;
- C: Deposit di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, il cui Fattore di amplificazione stratigrafica è 1.0 – 1.8.

Sulla base della cartografia geolitologica acquisita e delle indagini dirette esperite, non si ravvisano depositi di terreni suscettibili di liquefazione né depositi o terreni cui competano Vs inferiori a 180 m/s.

Effetti di sito sono prevedibili solamente in prossimità dei rilievi, al passaggio depositi alluvionali – roccia calcarea, ove il versante inclina di circa 50°, con un rapporto H/L di circa 0.6.

Si è quindi elaborata una Carta della pericolosità sismica nella quale sono rappresentati gli elementi di possibile amplificazione sismica, distinti in:

- Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, Zona stabile, Classe di terreno A secondo NTC2008 con Fattore di amplificazione = 1.0.
- Depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, Zona stabile suscettibile di amplificazione stratigrafica, Classe di terreno B secondo NTC2008 con Fattore di amplificazione = 1.0 – 1.5.
- Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, Zona stabile suscettibile di amplificazione stratigrafica, Classe di terreno C secondo NTC2008 con Fattore di amplificazione = 1.0 – 1.8.
- Fascia di substrato in roccia sepolta con spessore dei depositi di terreni inferiore a 30 metri e versante con $H/L = 0.6$, Zona stabile suscettibile di amplificazione per effetto sito.
- Area soggetta ad instabilità di versante diffusa, dovuta a crolli e/o ribaltamenti, in cui gli effetti sismici possono portare a deformazioni permanenti del territorio, Zona suscettibile di instabilità.

2.6 Riferimenti bibliografici

Carulli, G.B., Nicolich, R., Rebez, A. and Slejko, D., 1990. Seismotectonics of the Northwest External Dinarides. *Tectonophysics*, 179, 11 - 25.

Del Ben A., Finetti I., Rebez A. and Slejko D.; 1991: Seismicity and seismotectonics at the Alps - Dinarides contact. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, 33, 155 - 176.

Galadini F., Poli M.E. e Zanferrari A.; 2005: Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with $M \geq 6$ in the eastern Southern Alps (Thiene - Udine sector, NE Italy). *Geophys. J. Int.*, 161, 739-762.

Gruppo di lavoro CPTI; 2004: Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04). INGV, Bologna.

OGS; 1977-1981: Bollettino della Rete Sismologica del Friuli - Venezia Giulia. OGS, Trieste.

OGS; 1982-1990: Bollettino della Rete Sismometrica dell'Italia Nord-Orientale. OGS, Trieste.

OGS; 1991-1999: Bollettino della Rete Sismometrica del Friuli - Venezia Giulia. OGS, Trieste.

Slejko D., Carulli G.B., Nicolich R., Rebez A., Zanferrari A., Cavallin A., Doglioni C., Carraro F., Castaldini D., Iliceto V., Semenza E. and Zanolla C.; 1989: Seismotectonics of the eastern Southern-Alps: a review. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, 31, 109-136.

Slejko D., Neri G., Orozova I., Renner G and Wyss M.: 1999: Stress field in Friuli (NE Italy) from fault plane solutions of activity following the 1976 main shock. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 89, 1037 - 1052.