



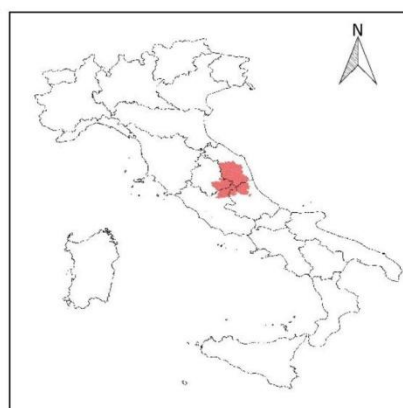
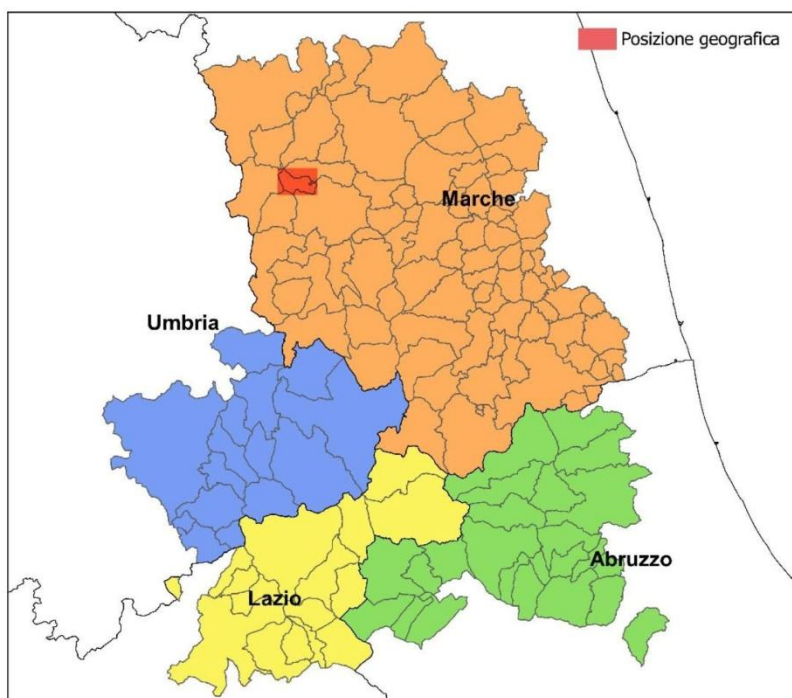
**COMMISSARIO STRAORDINARIO
RICOSTRUZIONE SISMA - 2016**

Microzonazione Sismica di Livello 3 del Comune di Pioraco ai sensi
dell'Ordinanza del Commissario Straordinario n. 24 registrata
il 15 maggio 2017 al n. 1065

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Marche
Comune di Pioraco



Soggetto realizzatore
ATP
Geol. Silvia Paggi
Geol. Eugenio Pistolesi
Geol. Dimitri Mazza
Geol. Angelo Curatolo
Ing. Roberto Di Girolamo

Data e revisione
Dicembre 2017

CENTROMS

CENTRO PER LA
MICROZONAZIONE SISMICA
E LE SUE APPLICAZIONI

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	1
--	--	---

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	3
1.1	FINALITÀ DEGLI STUDI.....	3
1.2	DESCRIZIONE GENERALE DELL'AREA COMUNALE.....	4
1.3	DEFINIZIONE DEI DOCUMENTI DI BASE UTILIZZATI NELLO STUDIO	5
1.4	AREE DA SOTTOPORRE AGLI STUDI DI MS	5
2	PROGRAMMA DI LAVORO E CRONOPROGRAMMA DELLE INDAGINI	6
3	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	8
4	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	14
4.1	ASSETTO STRATIGRAFICO	14
4.1.1	<i>Substrato</i>	14
4.1.2	<i>Coperture</i>	17
4.2	ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE.....	21
4.3	ASSETTO GEOMORFOLOGICO	22
5	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	27
5.1	DATI PREGRESSI	27
5.2	DATI ACQUISITI EX-NOVO.....	27
6	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE.....	30
6.1	INVERSIONI CONGIUNTE.....	30
6.2	MODELLAZIONE 1D.....	32
6.2.1	<i>Scelta dell'input sismico</i>	32
6.2.2	<i>Simulazioni numeriche</i>	33
6.3	MODELLAZIONE 2D.....	41
7	MODELLO DEL SOTTOSUOLO FINALIZZATO ALLA MS	42
7.1	UNITÀ GEOLOGICO-TECNICHE: DEFINIZIONE E PARAMETRIZZAZIONE.....	42
7.1.1	<i>Substrato</i>	43
7.1.2	<i>Coperture</i>	46
7.2	SEZIONI GEOLOGICO-TECNICHE	49
7.3	MOPS: CARATTERIZZAZIONE	53
7.3.1	<i>Aree stabili suscettibili di amplificazione</i>	3
7.3.1.1	Zona 2001	3
7.3.1.2	Zona 2002	8
7.3.1.3	Zona 2003	10
7.3.1.4	Zona 2004	16
7.3.1.5	Zona 2005	21
7.3.1.6	Zona 2006	26
7.3.1.7	Zona 2009	31
7.3.1.8	Zona 2010	36
7.3.1.9	Zona 2011	41
7.3.1.10	Zona 2012	46
7.3.1.11	Zona 2013	51
7.3.1.12	Zona 2014	56
7.3.2	<i>Zone di attenzione per frana ZAfr</i>	59
7.3.3	<i>Zone di attenzione per cedimenti differenziali</i>	60
7.3.3.1	Zona 30802005-30802013.....	60
7.3.3.2	Zona 30802006-30802004-30802003.....	60

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	2
--	--	---

8	INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	66
9	CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO.....	69
10	RISULTATI E LORO PRESENTAZIONE.....	71
10.1	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	71
10.1.1	<i>Carta delle indagini.....</i>	71
10.1.2	<i>Carta delle frequenze naturali dei terreni.....</i>	72
10.1.3	<i>Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica (CGT_MS)</i>	72
10.1.4	<i>Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)</i>	73
10.1.5	<i>Carte di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3.....</i>	74
11	ALLEGATI	75

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	3
--	--	---

1 INTRODUZIONE

A seguito dell'incarico conferito dal Comune di Pioraco (MC) in data 15/06/2017, è stato condotto lo studio di Microzonazione Sismica di livello 3 del Comune di Pioraco, in esecuzione dell'Ordinanza del Commissario Straordinario n. 24 del 12/05/2017 e della Determina di Settore Tecnico n. 30 del 14/06/2017.

Le indagini in oggetto sono state articolate coerentemente e in ottemperanza al Disciplinare di Incarico per lo studio di microzonazione sismica di livello 3 (tipologia di affidamento B) e secondo quanto stabilito nei Protocolli di acquisizione dati ed elaborazione relativi alle attività di Microzonazione di Livello III (di seguito definito "Protocollo").

L'indagine di Microzonazione Sismica è stata altresì effettuata secondo gli standard e specifiche tecniche stabiliti in "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica studi di microzonazione sismica Versione 4.0".

1.1 Finalità degli studi

Il territorio di Pioraco è stato già oggetto (nell'anno 2015) dello studio di microzonazione sismica (MS) di livello 1, livello propedeutico ai veri e propri studi di MS e finalizzato all'individuazione di microzone omogenee in prospettiva sismica (Carta delle MOPS alla scala 1:5.000).

Il presente studio di MS di livello 3 è finalizzato a "quantificare" la pericolosità sismica locale delle microzone, con particolare riferimento alle aree stabili ed alle aree stabili suscettibili di amplificazione, e alla redazione delle Carte di microzonazione sismica di livello 3 alla scala 1:5.000. Detto studio è realizzato mediante analisi di risposta sismica locale monodimensionale (1D) e/o bidimensionale (2D), effettuate su verticali e sezioni rappresentative, in numero adeguato per poter caratterizzare le tipologie di microzona individuate nella Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	4
--	--	---

1.2 Descrizione generale dell'area comunale

Il territorio del Comune di Pioraco, con un'estensione di 19,4 Km², si sviluppa interamente nell'Appennino umbro-marchigiano, in parte nella dorsale marchigiana interna ed in parte nella depressione intrappenninica.

E' posto nella porzione occidentale della provincia di Macerata, confinando con i Comuni di Fiuminata (MC), Sefro (MC), Camerino (MC) e Castelraimondo (MC).

Esso è dominato da rilievi montuosi i più alti dei quali sono M. Primo (1301 m s.l.m.), M. Gualdo (1063 m s.l.m.) e Monte Castel Santa Maria (1239 m s.l.m.).

L'abitato di Pioraco sorge in una stretta morfologica alla confluenza del Torrente Scarzito e del Fiume Potenza, proprio laddove la valle si chiude, originando un gradino morfologico di oltre 70 m, che separa la parte superiore, a fondo pianeggiante, da un tratto stretto e acclive scavato entro le compatte rocce calcaree di Monte Primo e Monte Castel Santa Maria.



Figura 1 Panoramica dell'abitato di Pioraco (capoluogo).

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	5
--	--	---

1.3 Definizione dei documenti di base utilizzati nello studio

Per lo studio in oggetto sono stati utilizzati i seguenti documenti di base.

- Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000 – anno 2000; Ortofotocarta Regionale scala 1:10.000 – anno 1988; Cartografia I.G.M. – Quadrante 124 IV scala 1:25.000.
- Dati pregressi – Oltre ai dati pregressi acquisiti durante lo studio di MS di livello 1 sono stati rinvenuti ulteriori dati attraverso una ricerca presso gli archivi dell'Ufficio Tecnico del Comune di Fiuminata.
- Carta geologico tecnica di MS di livello 1.
- Carta Geologica Regionale del progetto CARG e Carta Geologica allegata al vigente strumento urbanistico.
- PAI – IFFI. In ottemperanza a quanto esposto nel Protocollo sono state recepite integralmente le perimetrazioni PAI+IFFI.

1.4 Aree da sottoporre agli studi di MS

Le indagini di 1 livello del Comune di Pioraco sono state estese alla maggior parte dei centri abitati del Comune stesso ed in particolare a Pioraco capoluogo-Santo Sommeo, Costa e Paradiso, Seppio.

Le indagini di livello 3 erano state designate dal CentroMS per le sole località di Pioraco capoluogo e Seppio ed in seguito, su nostra iniziativa e dell'Ufficio Tecnico del Comune di Pioraco sono state estese anche alla frazione Paradiso, anche se con aggravio di costi e di tempi di esecuzione.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	6
--	--	---

2 PROGRAMMA DI LAVORO E CRONOPROGRAMMA DELLE INDAGINI

L'insieme delle attività finalizzate alla realizzazione dello studio di MS di livello 3 sono state eseguite in coordinamento con il Centro per la Microzonazione Sismica (di seguito CentroMS), che ha funzioni di supporto, elaborazione e verifica dei risultati.

Lo studio in oggetto è stato articolato e sviluppato secondo le seguenti fasi di attività.

1. Indagini geologiche e geomorfologiche dell'area di interesse (MS3), con rilievi di dettaglio di campagna e con controllo e revisione della cartografia ufficiale esistente (Carta Geologica Regionale del progetto CARG; PAI; progetto IFFI). Questa fase di lavoro è stata realizzata prevalentemente nei primi due mesi di studio e successivamente affinata. Scopo fondamentale di tali indagini è la ricostruzione di un modello geologico del sottosuolo in prospettiva sismica volto: alla determinazione geometrica delle interfacce rappresentative di possibili contrasti di impedenza sismica, potenzialmente responsabili di fenomeni di amplificazione locale del moto sismico; all'identificazione del substrato di riferimento; alla identificazione delle aree soggette a potenziali fenomeni di instabilità e di deformazione permanente indotti dallo scuotimento. Questa prima fase, affinata e calibrata nell'ambito delle successive attività, è di primaria importanza in quanto fornisce dei vincoli essenziali per la caratterizzazione di un sito in prospettiva sismica.

2. Acquisizione di dati pregressi ad integrazione dei dati già acquisiti durante lo studio di MS di livello 1, relativi a interventi pubblici e privati. Questa fase è stata eseguita preliminarmente nel primo mese di attività.

3. Indagini geofisiche di superficie (HVSr e MASW) finalizzate da una parte a individuare e caratterizzare i fenomeni di risonanza sismica potenzialmente rappresentativi di fenomeni di amplificazione del moto sismico con contemporaneo controllo del modello geologico ipotizzato, dall'altra a ricostruire il profilo di velocità delle onde S all'interno delle diverse MOPS, cioè definire i valori di Vs da attribuire ai diversi corpi geologici presenti. Le stesse indagini sono state eseguite a più riprese in un periodo temporale dal mese di agosto al 1 dicembre 2017.

4. Esecuzione di un sondaggio (11/09/2017-14/09/2017) nel capoluogo Pioraco, a carotaggio continuo, con prelievo di campioni, esecuzione di prove SPT e condizionamento del foro di sondaggio per l'esecuzione di prove sismiche Down Hole.

5. Elaborazione dei dati multidisciplinari di sottosuolo acquisiti, con confronto degli stessi e progressivi approfondimenti mirati a ridurre il grado delle incertezze; questa fase è risultata molto importante ed ha comportato l'esecuzione di più prove rispetto a quanto stabilito nel Piano delle Indagini approvato e la riesecuzione di alcune delle stesse nei punti più dubbiosi; ma soltanto attraverso questo processo è stato possibile formulare delle ipotesi con successiva verifica.

6. Modellazione della Risposta Sismica Locale in configurazione 1D.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	7
--	--	---

Dallo sviluppo delle suddette attività sono stati prodotti i seguenti elaborati, secondo quanto prescritto nel Disciplinare e nei Protocolli.

- Carta delle indagini in scala 1:5.000.
- Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica (CGT) in scala 1:5.000.
- Sezioni geologico-tecniche in scala 1:5.000.
- Carta delle frequenze naturali dei terreni in scala 1:5.000.
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) in scala 1:5.000.
- N. 3 Carte di microzonazione sismica di livello 3 in scala 1:5.000 per gli intervalli di periodo (T): 0.1-0.5 s, 0.4-0.8 s, 0.7-1.1 s.
- Relazione illustrativa.
- Archivio degli strati informativi.

Per ogni microzona individuata nella carta di livello 3 sono stati prodotti:

- n. 3 fattori di amplificazione, uno per ognuno degli intervalli di periodo;
- n. 7 accelerogrammi calcolati in superficie, uno per ogni spettro di input (in forma grafica);
- n. 7 spettri di risposta elastici al 5% di smorzamento in superficie, uno per ogni spettro di input (in forma grafica);
- categoria di sottosuolo da NTC e valore di VS30 per i siti dove è disponibile un profilo di velocità delle onde S univocamente definito (per esempio in corrispondenza della misura DH);
- i dati originali delle indagini di nuova acquisizione;
- i file degli accelerogrammi e degli spettri di risposta elastici in superficie per ogni microzona, in formato testo (.txt) realizzato secondo la struttura prevista dagli Standard Versione 4.0b e s.m.i.;
- una scheda contenente i metadati di base degli strati informativi.

Inoltre viene allegata alla presente relazione illustrativa, la "Relazione di modellazione 1D".

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	8
--	--	---

3 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (I.N.G.V.), è stato estratto l'elenco dei principali terremoti che hanno prodotto danni nel territorio di Pioraco, dall'anno 1000 al 2014. Risultano i seguenti dati.

Seismic history of Pioraco

PlaceID IT_51929

Coordinates (lat, lon) 43.178, 12.986

Province Macerata

Region Marche

No. of reported earthquakes 51

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
6-7	1781 06 03	Cagliese	10	6.51
8	1799 07 28 22 05	Appennino marchigiano	9	6.18
7	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	8	5.85
5	1897 09 21	Marche settentrionali	7	5.4
2	1898 06 27 23 38	Reatino	8	5.5
4-5	1898 11 27 01	San Ginesio	5-6	4.39
F	1943 10 03 08 28 29.00	Ascolano	8	5.67
NF	1958 06 24 06 07	Aquilano	7	5.04
NF	1964 08 02 10 40	Valnerina	6	4.53
3	1969 09 26 23 40 39.00	Teramano	5	4.39
5	1970 09 07 14 02 21.00	Appennino umbro-marchigiano	5	4.35
5	1971 02 11 18 49 21.00	Valle del Chiascio	6	4.61
5	1971 10 04 16 43 32.60	Valnerina	5-6	4.51
6	1979 09 19 21 35 37.00	Valnerina	8-9	5.83
5	1980 02 28 21 04 40.00	Valnerina	6	4.97
5	1982 10 17 10 56 47.00	Perugino	6-7	4.62
4	1982 10 18 02 45 10.00	Perugino	5-6	4.31
3	1982 10 19 01 22 54.00	Perugino	5	4.26
4-5	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	7	5.62
3	1986 10 13 05 10 00.31	Monti Sibillini	5-6	4.46
4	1987 07 03 10 21 57.64	Costa Marchigiana	7	5.06

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	9
--	--	---

3	1989 12 22 06 48 13.91	Valle Umbra	5	4.44
4-5	1993 06 04 21 36 50.60	Valle del Topino	5-6	4.39
4-5	1993 06 05 19 16 17.02	Valle del Topino	6	4.72
4-5	1997 09 03 22 07 29.70	Appennino umbro-marchigiano	6	4.54
4	1997 09 07 23 28 05.79	Appennino umbro-marchigiano	5-6	4.19
2	1997 09 09 16 54 47.50	Appennino umbro-marchigiano	5-6	3.78
4	1997 09 10 06 46 50.78	Appennino umbro-marchigiano	5	3.85
6-7	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	7-8	5.66
6	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	8-9	5.97
6	1997 10 03 08 55 22.07	Appennino umbro-marchigiano		5.22
6-7	1997 10 06 23 24 53.29	Appennino umbro-marchigiano		5.47
5-6	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina		5.62
4-5	1997 10 23 08 58 43.96	Appennino umbro-marchigiano		3.86
4-5	1997 11 09 19 07 33.27	Valnerina		4.87
4	1998 02 07 00 59 44.54	Appennino umbro-marchigiano		4.41
5	1998 03 21 16 45 09.21	Appennino umbro-marchigiano		5
5	1998 03 26 16 26 17.03	Appennino umbro-marchigiano		5.26
5	1998 04 05 15 52 21.01	Appennino umbro-marchigiano		4.78
3-4	1998 06 01 13 57 10.41	Appennino umbro-marchigiano		4.02
3	1998 06 02 23 11 23.00	Appennino umbro-marchigiano		4.25
3	1998 08 11 05 22 59.64	Appennino umbro-marchigiano		3.26
4-5	2000 06 22 12 16 35.58	Bacino di Gubbio	5	4.47
4-5	2000 08 11 04 33 48.84	Appennino umbro-marchigiano	4-5	3.58
4	2000 09 02 05 17 02.41	Appennino umbro-marchigiano	5	4.4
3-4	2000 10 24 07 52 23.70	Monti Sibillini	5	4.11
3-4	2001 04 16 08 51 53.56	Appennino umbro-marchigiano	4-5	3.57
NF	2005 04 12 00 31 51.61	Maceratese	4	3.74
2-3	2005 12 15 13 28 39.59	Val Nerina	5	4.14
3	2006 04 10 19 03 36.67	Maceratese	5	4.06
3-4	2006 10 21 07 04 10.01	Anconetano	5	4.21

Tra tutti si sottolineano gli eventi del 1799 (Terremoto di Camerino) con intensità a Pioraco pari ad 8.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	10
--	--	----

Il territorio di Pioraco rientra nella zona 918 al passaggio con la più occidentale 919 (fig. 2) della zonazione sismogenetica ZS9, proposta dal Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM n.3274 del 20.03.2003 – INGV - a cura di C. Meletti e G. Valensise, 2004).

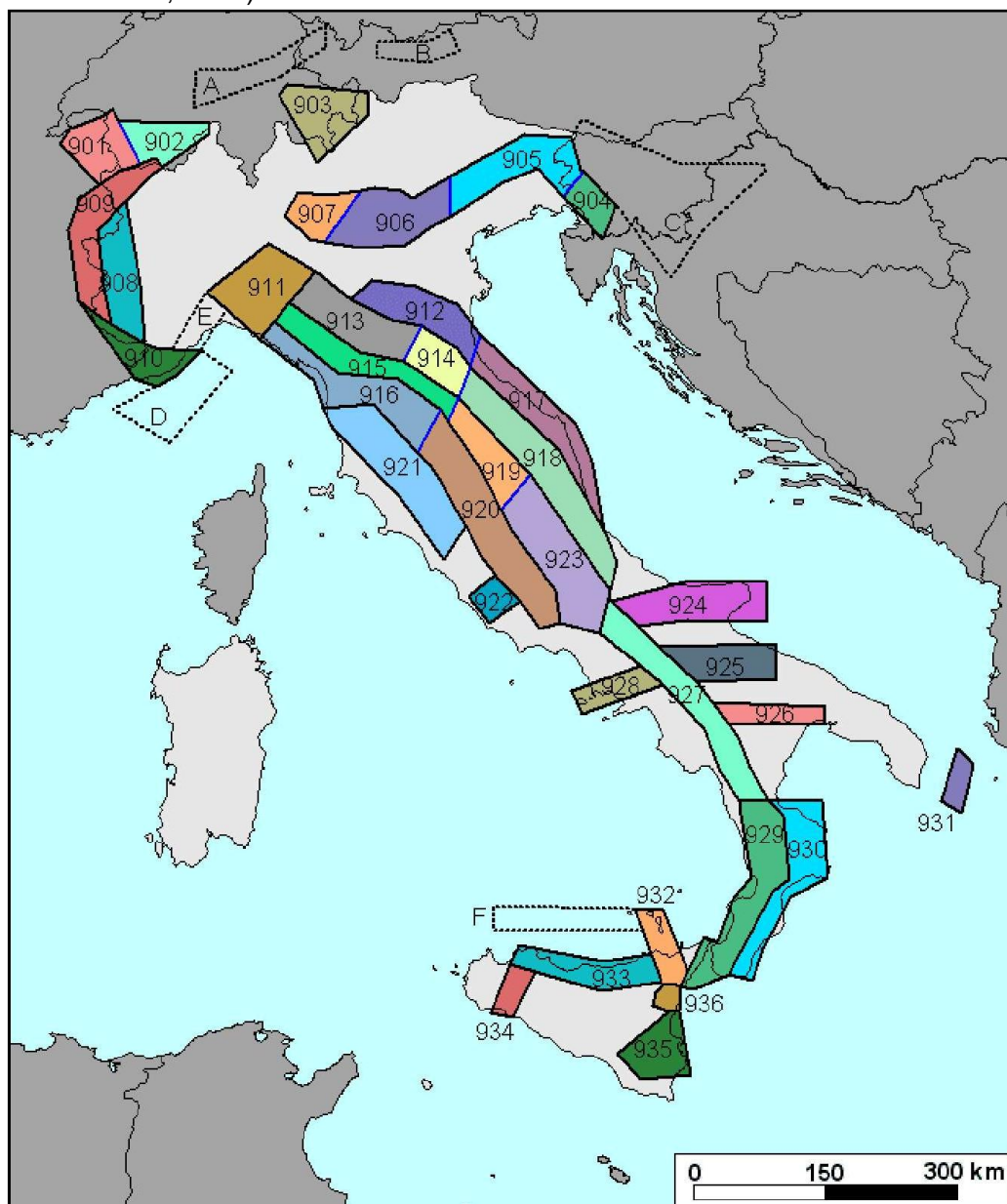


Figura 2 – Zona sismogenetica ZS9 (da: “Zonazione sismogenetica ZS9-App.2 al Rapporto Conclusivo, a cura di C. Meletti e G. Valensise, 2004”).

La zona 918, piuttosto vasta, è caratterizzata da un elevato numero di terremoti molti dei quali con magnitudo maggiore o uguale a 4.2; detta zona, secondo il modello ZS9, ricade in una fascia di transizione a carattere misto, con meccanismi focali essenzialmente compressivi a NW e distensivi a SE, dove ricade il territorio di Pioraco. La profondità efficace dello strato sismogenetico risulta pari a 13 Km compresa nella classe di profondità 12-20 Km, profondità mediamente maggiore rispetto alla fascia più esterna, come testimoniato anche da

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	11
--	--	----

alcuni eventi che hanno avuto risentimenti in aree piuttosto vaste come il terremoto di Camerino del 1799. La zona 919, nonostante le limitate dimensioni, è caratterizzata da un elevato numero di terremoti molti dei quali con magnitudo maggiore o uguale a 5. Per questa zona il modello ZS9 individua faglie e sistemi di faglie legate all'estensione appenninica, con una profondità efficace dello strato sismogenetico pari a 8 Km compresa nella classe di profondità 8-12 Km, rappresentativa della maggior parte degli eventi sismici. Il meccanismo di fagliazione prevalente, la cui attribuzione è basata sui meccanismi focali e sui dati geologici, è di tipo diretto.

Pioraco ricade in un'area soggetta ad una accelerazione massima del suolo (a_g), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, pari a 0.175-0.225 a_g/g (fig. 3).

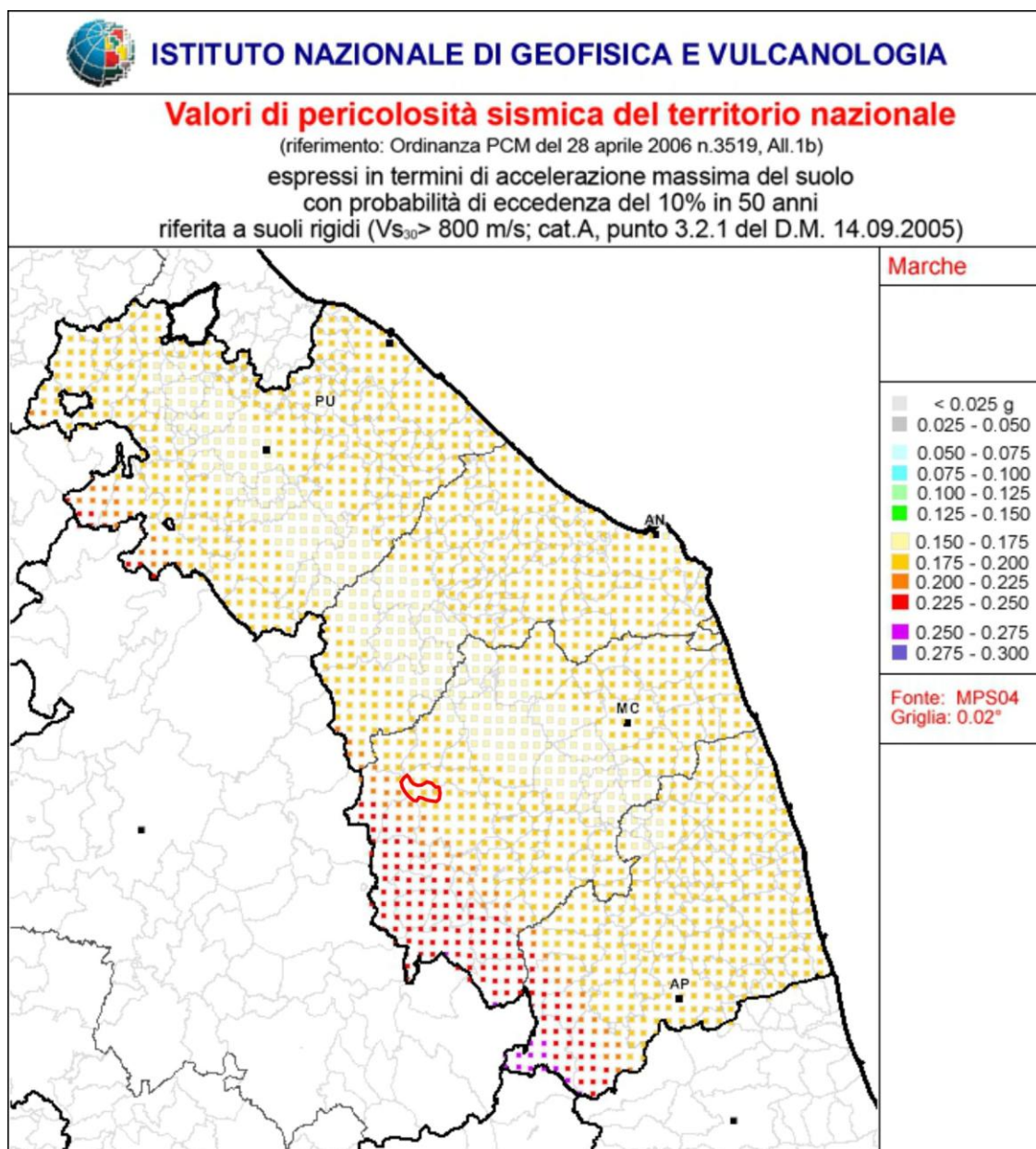


Figura 3 – Mappa di Pericolosità Sismica della Regione Marche ed aree confinanti. Tratta da INGV. Con bordo rosso il Comune di Pioraco.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	12
--	--	----

La crisi sismica tuttora in corso, che ha interessato anche il territorio di Pioraco a partire dal 24 agosto, è stata attribuita all'attivazione dell'intero sistema di faglie del M. Vettore-M. Bove. Questo sistema comprende segmenti di faglia lungo i versanti occidentali del M. Vettore, M. Argentella, Palazzo Borghese, M. Porche e M. Bove già identificati e studiati dagli anni '90.

Il meccanismo focale dei terremoti del 24 agosto, 26 ottobre e 30 ottobre è di tipo distensivo su faglie orientate NNW-SSE.

I piani di rottura di tutti gli eventi hanno prodotto fagliazione superficiale particolarmente vistosa in relazione all'evento del 30 ottobre; queste rotture cosismiche sono state mappate e studiate dai gruppi di geologi (EMERGEO; UNICAM ecc.).

Nell'immagine seguente è riportata la distribuzione dei punti di intensità rilevati a seguito del terremoto del 30 Ottobre e da considerarsi come effetto cumulato dei tre eventi di $M_w > 6$. I cerchi bianchi sono proporzionali all'intensità al sito ($5 \leq I_s < 11$ MCS). La campitura a colori suggerisce la distribuzione areale dell'intensità (vedi legenda). Le stelle rosse sono gli epicentri strumentali del 2016-2017 con $M_l > 5$ (ISIDe WG, 2017). I meccanismi focali sono da Geofon Program (2016). Il rombo rosso è l'epicentro macrosismico del 24 Agosto. La linea blu è la faglia attiva dei Monti della Laga (a tratteggio dove incerta). La linea bianca è il sistema di faglie del Monte Vettore, responsabile della sequenza. L'immagine è tratta da: Galli P., Castenetto S., Peronace E., 2017. *Rapporto sugli effetti macrosismici del terremoto del 30 Ottobre 2016 (Monti Sibillini) in scala MCS*. Roma, rapporto congiunto DPC, CNR-IGAG, 17+8 pp.

In relazione a detta crisi sismica nel territorio Pioraco ha subito diversi danni con molte strutture inagibili.

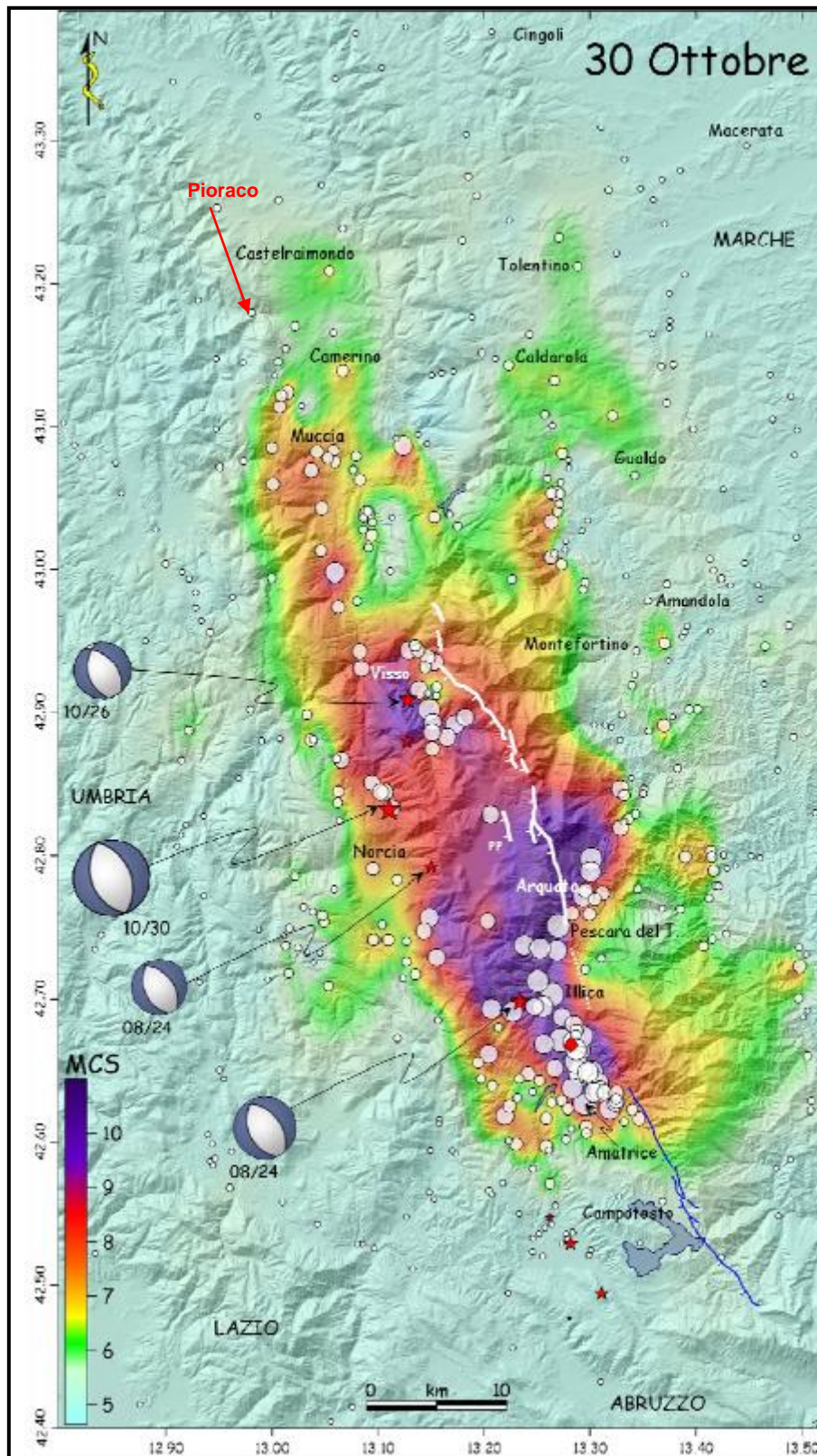


Figura 4 L'immagine è tratta da: Galli P., Castenetto S., Peronace E., 2017. Rapporto sugli effetti macrosismici del terremoto del 30 Ottobre 2016 (Monti Sibillini) in scala MCS. Roma, rapporto congiunto DPC, CNR-IGAG, 17+8 pp.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	14
--	--	----

4 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

4.1 Assetto stratigrafico

4.1.1 Substrato

Nel territorio di Pioraco studiato ai fini della MS affiorano le formazioni mesozoico-terziarie appartenenti alla nota successione umbro-marchigiana (fig. 3).

Nella zona di Pioraco capoluogo affiorano il Calcarea massiccio e la Corniola; nelle località Seppio e Paradiso sono presenti la Formazione dello Schlier ed il substrato torbiditico del Miocene superiore rappresentato dalla Formazione di Camerino.

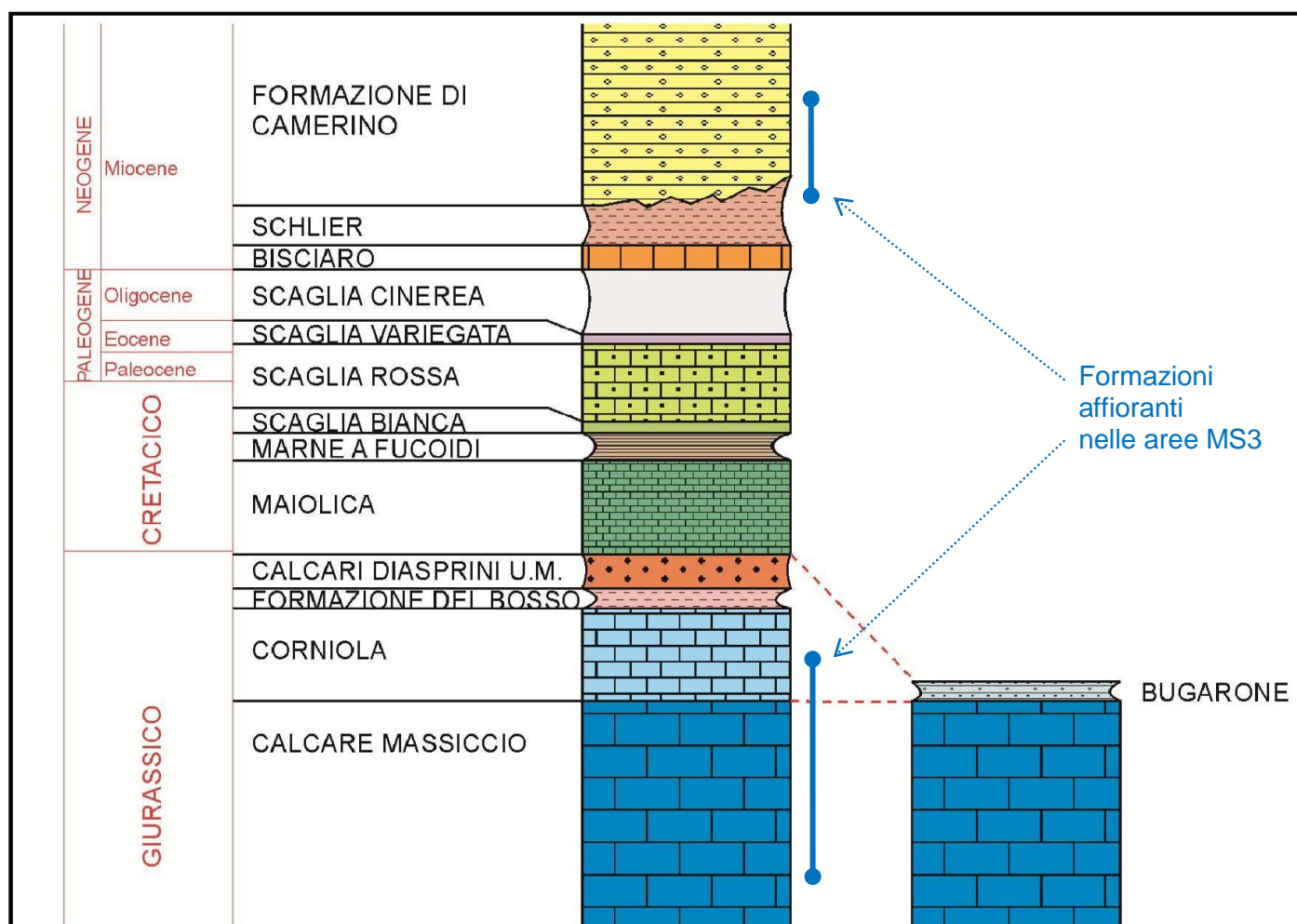


Figura 5 – Schema della successione stratigrafica umbro-marchigiana affiorante nell'intero territorio comunale di Pioraco, con specificazione delle formazioni affioranti nel solo territorio investigato ai fini della MS3.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	15
--	--	----

Calcarea massiccio – MAS - LPS

In corrispondenza del centro abitato di Pioraco è presente il Calcarea massiccio del M. Nerone, alla base di una successione giurassica sia completa, che condensata che composta; denominazione questa riferita alla distinzione nota in letteratura scientifica tra due unità, Calcarea massiccio del Burano e Calcarea massiccio del M. Nerone (Centamore et al., 1971; Jacobacci et al., 1974). Nel sito affiora il membro inferiore (Calcarea massiccio A di Centamore et al., 1971; Calcarea massiccio a ciclotemi di Colacicchi et al., 1969; 1970; Piali, 1971), costituito da biomicriti, biomicruditi, biointraspatiti e intraspatiti, sottili livelli arrossati; gli strati talvolta netti, vanno da medi a spessi a molto spessi. Affiora sulle pareti rocciose che circondano l'abitato di Pioraco. Età: Hettangiano - Carixiano p.p..



Figura 6 Formazione del Calcarea massiccio di Pioraco.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	16
--	--	----

Corniola – COI – LPS

La Corniola è presente in prossimità dell'abitato di Pioraco. La litofacies dominante è rappresentata da calcari micritici beige, organizzati in strati netti medi e spessi, con liste e noduli di selce scura e noduli piritici e da intercalazioni di qualche centimetro di marne argillose grigio-verdastre. Età: Sinemuriano inf. p.p. – Toarciano inf. p.p..



Figura 7 Formazione della Corniola di Pioraco.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	17
--	--	----

Schlier – SCH – ALS

E' costituita da alternanze di marne, marne siltose calcaree e argillose, a volte arenacee, di colore grigio e da calcari marnosi in quantità subordinata (fig. 5); è localmente ricca in fossili, soprattutto gasteropodi; affiora sulla zona circostante il Civico Cimitero. In superficie la formazione è di colore grigio chiaro a causa dell'alterazione, in profondità di colore grigio, grigio scuro. La stratificazione è medio-sottile, marcata solo in superficie dalla diversa resistenza agli elementi erosivi. Lo spessore totale della formazione varia dai 200 ai 230 m in relazione alla difformità del fondo marino. Affiora soltanto in località Paradiso. Età: Langhiano – Messiniano.

Formazione di Camerino

Presente nelle località ubicate sul margine ovest della depressione intrappennica (Seppio, Paradiso e Costa) è rappresentata da una litofacies pelitico-arenacea costituita da preponderanti strati di argille grigie e subordinati livelli di sabbie ocracee. Tale substrato si inquadra geologicamente nell'ambito dei depositi torbiditici sul fianco occidentale della Sinclinale di Camerino, ben nota nella letteratura scientifica, al letto del sovrascorrimento di M. Primo-M. Cavallo. Età: Tortoniano p.p. – Messiniano p.p.

4.1.2 Coperture

Il substrato roccioso è localmente ricoperto da depositi di copertura continentali quaternari costituiti da depositi fluvio-lacustri lungo la Valle del Potenza e dello Scarzito, da un deposito di travertino in corrispondenza del centro storico di Pioraco, da detriti di versante, da conoidi detritiche e alluvionali e da coltri colluviali.

OHlc – MUS e2

Lungo la piana del F. Potenza e lungo quella del Torrente Scarzito, oggi separate da un gradino morfologico di circa 18 m, sono presenti depositi fluvio-lacustri generati quando, durante l'Olocene, i fondivalle da Pioraco a Fiuminata e da Pioraco a circa Sefro erano occupati da due laghi, documentati da fonti storiche fino al 1660.

Questi sono costituiti da argille e limi organici (OH), con spessore fino a 50 m, poggianti su ghiaie sia fluviali che di versante, a loro volta poggianti sul Calcare massiccio e Corniola; danno origine alle zone 2005, 2006, 2013.

SMcc – GW cc – MUS f1

Si tratta di un travertino di acque fredde (Calcareous tufa), sviluppato in un'area di circa 75.000 metri quadrati e spessore fino a 70 metri, in corrispondenza del centro storico di Pioraco. Si riconosce una porzione superiore (spessa fino a 20 m), costituita da sabbie e sabbie limose carbonatiche (SMcc) ed una porzione sottostante costituita da travertino fitoermale e detritico a luoghi cementato (GWcc), dello spessore fino a 50 m. Il deposito di travertino poggia sul Calcare massiccio e origina la zona 2003.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	18
--	--	----

Sono anche presenti ammassi in rilievo senza morfologie caratteristiche. Il deposito nel complesso mostra aggradazione da sud verso nord e con forma pressoché a ventaglio simile a una conoide che si diparte dallo sbocco della valle dello Scarzito. Sono osservabili anche depositi formati dalle acque di percolazione che, sovrassature, ricristallizzano parzialmente o totalmente le porosità primarie. Sono molto abbondanti le strutture cilindriche (manicotti) riconducibili a fusti e rami; raramente sono state rinvenute impronte di foglie o gusci. All'interno di un livello detritico di sabbie fini nocciola sono stati rinvenuti frammenti di laterizi e materiale antropico, riconducibili a tempi storici (fig. 9).

Il travertino di Pioraco presenta una porosità elevata, sia primaria derivante dalle modalità di deposizione del travertino stesso, che secondaria, derivante dal discioglimento di sali più solubili del carbonato di calcio e da una fratturazione indotta da deformazioni, cedimenti o franamenti per effetto della forza di gravità.

Mettendo in relazione le forme elementari riscontrate nel deposito con la morfologia e la geologia del sito, l'ambiente deposizionale del travertino di Pioraco può essere ricondotto ad un ambiente principale di cascata con sub-ambienti associati di cascate e vasche e di sorgente.

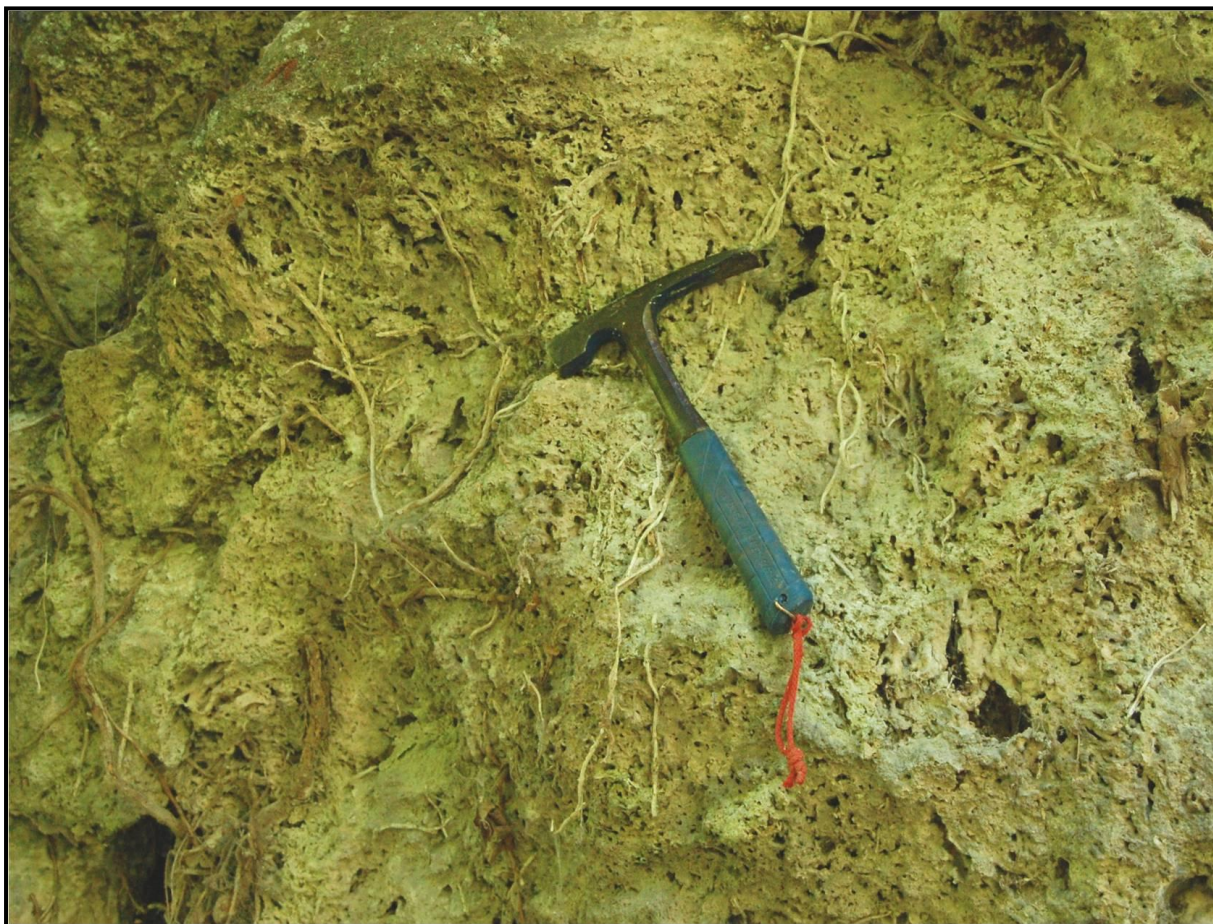


Figura 8 Travertino affiorante nella gola di Pioraco.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	19
--	--	----



Figura 9 Resti antropici inglobati all'interno del travertino.

GW fd – MUS a

Ghiaie pulite con granulometria assortita, anche della dimensione dei blocchi, miscela di ghiaia e sabbie: i ciottoli sono principalmente calcarei e subordinatamente silicei, generalmente monogenici, sono angolosi e sub-angolosi, sono talora in contatto tangente e lungo e completo e talora dispersi. Presentano spessori massimi di 70 m sul fondovalle Scarzito e poggiano sul Calcare massiccio e Corniola dando origine alla zona 2004.

GC ca – MUS bn

Ghiaie sabbiose: i ciottoli sono principalmente calcarei e subordinatamente silicei, prevalentemente monogenici, hanno diametro prevalente distribuito da 0.5 cm a 10-15 cm, sono sub-angolosi e sub-arrotondati, sono in contatto tangente, lungo, completo e talora dispersi. La matrice è sabbiosa e/o limoso-argillosa. Si tratta del deposito di conoide alluvionale presente esclusivamente a San Rocco. Presenta spessore fino a 30 m, poggia

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	20
--	--	----

sulla Corniola e origina la zona 2009.

ML ec – MUS b2

Limi, limi argillosi, argille limose e limi sabbiosi con ciottoli dispersi: i limi inglobano ciottoli calcarei dispersi generalmente sub-angolosi e sub-arrotondati. Si intercalano livelli di ghiaie in abbondante matrice limosa. Si tratta di depositi colluviali dove però predominano le litologie fini presenti esclusivamente e molto limitatamente a Seppio e Paradiso. Presentano spessori fino a 10-20 nell'area MS3, poggiano o sullo Schlier dove originano la zona 2010 o sulla litofacies pelitico-arenacea dove originano la zona 2012.

GC tf – AC bn

Si tratta di ghiaie sabbiose riferibili al Pleistocene medio-sommitale con ciottoli principalmente calcarei e subordinatamente silicei, poligenici, con diametro prevalente distribuito da 1 cm a 10-15 cm, sub-arrotondati ed arrotondati, sono in contatto tangente, lungo, completo. Il deposito è addensato. Si tratta di un piccola area nella sola località Paradiso, dove le stesse alluvioni affiorano diffusamente. Presentano uno spessore fino a 15 m, poggiano sullo Schlier e originano la zona 2011.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	21
--	--	----

4.2 Assetto geologico-strutturale

Le strutture pre-orogeniche, che hanno guidato la fisiografia del Giurassico, sono individuabili in base alla distribuzione delle sequenze giurassiche e dei loro rapporti laterali ed in base talvolta all'evidenza di paleo-faglie giurassiche, probabilmente riattivate durante la tettonica più recente.

La struttura di Monte Primo doveva costituire durante il Giurassico inferiore-medio una zona di "alto strutturale", delimitato da paleo-faglie orientate circa E-W e N-S (in parte invertite con movimento inverso durante la strutturazione neogenica della catena), che lo separavano dalle contigue zone depresse con mare profondo, di "basso strutturale", presenti sia a nord (Monte Castel Santa Maria) che verso ovest (Valle delle Spiante).

Il multilayer sedimentario, che costituisce il territorio di Pioraco, ad elevato contrasto di competenza, è coinvolto in un sistema a pieghe e sovrascorrimenti di età messiniano-pliocenica.

Tra Pioraco e la frazione Seppio è infatti presente il noto sovrascorrimento di M. Primo-M. Cavallo", che in questo territorio presenta un'esposizione esemplare.

Il sovrascorrimento, in corrispondenza di M. Primo ha una direzione NNW-SSE, parallela alla macroanticlinale del tetto che presenta una geometria di tipo box fold, con ampia zona di cerniera variamente articolata in pieghe di ordine minore e faglie. In tale piega il Calcare massiccio è in rapporto di blind-thrust con la sottostante successione pelagica del fianco orientale, da verticale a debolmente rovesciato. Nel footwall, oltre ai termini cretacici delle scaglie sono presenti le Formazioni mioceniche del Bisciario, dello Schlier ed i depositi torbiditici del Bacino di Camerino, su cui insistono le località Seppio e Paradiso.

Nel territorio studiato ai fini della MS, in base ai rilievi di superficie e all'interpretazione delle foto aeree non sono state rinvenute strutture di deformazione, dislocazioni, anomalie geomorfologiche e/o stratigrafiche da associare a faglie attive e capaci; non può essere però esclusa la loro presenza, ad esempio in riferimento alla faglia bordiera della confinante depressione tettonica di Monte Lago nel comune di Sefro, la cui prosecuzione verso nord attraversa il comune di Pioraco. A parere degli scriventi, le evidenze geologiche e geomorfologiche, che esulano dal presente studio in quanto coinvolgono un'area vasta e studi specifici anche con l'esecuzione di trincee paleosismologiche, meriterebbero più attenzione e studi specialistici approfonditi secondo i I.C.M.S. 2008 eseguiti da parte degli enti preposti e dalle Università.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	22
--	--	----

4.3 *Assetto geomorfologico*

Nel territorio del Comune di Pioraco dal punto di vista geologico e fisiografico si individuano principalmente due tipologie di aree, distinguibili per tipo di litotipi affioranti, per assetto geologico-strutturale, per comportamento idrogeologico e per morfologia: una prevalente centrale e occidentale montuosa con substrato calcareo e calcareo-marnoso, in cui si inserisce Pioraco capoluogo; l'altra orientale collinare con substrato pelitico e arenaceo in cui si inseriscono Seppio e Paradiso.

L'area centrale e occidentale è dominata da rilievi montuoso calcarei i più alti dei quali sono M. Primo (1301 m s.l.m.), M. Gualdo (1063 m s.l.m.) e Monte Castel Santa Maria (1239 m s.l.m.); la quota minima è di 440 m circa, in corrispondenza del fondovalle del F. Potenza, in cui l'abitato di Pioraco si sviluppa.

Il fondovalle è bordato da pareti rocciose di Calcarea massiccio e Corniola. Questi ammassi rocciosi presentano, oltre alla stratificazione, discontinuità (faglie, fratture di tensione, di taglio, di clivaggio) con orientazione, spaziatura/frequenza, persistenza, apertura e caratteristiche meccaniche tali da dar luogo a potenziali cinematismi di ribaltamento e crollo, ma anche di scivolamento piano e a cuneo (Hoek & Bray, 1981; Goodman e Bray 1976), con dimensioni del blocco elementare fino all'ordine dei metri cubi. Questi fenomeni sono particolarmente potenziali e pericolosi laddove sono presenti scarpate sub-verticali. Gli stessi sono perimetrali nel PAI come area a pericolosità e rischio molto elevati (P4R4). Sono stati eseguiti negli anni numerosi interventi di consolidamento di queste pareti rocciose interessate da crolli e la valutazione dell'efficacia degli stessi non può essere definita nell'ambito del presente lavoro.

Le località Seppio e Paradiso ed in generale la porzione collinare del territorio sono interessate da molteplici frane per scorrimento e complesse sia quiescenti che in stato di attività, le quali, in base ai dati reperiti, coinvolgono prevalentemente i terreni colluviali della copertura.

Lungo la valle dello Scarzito e lungo quella del F. Potenza in prossimità della Gola di Pioraco sono presenti canaloni con scariche di detrito, impostati sia in roccia che in detrito e generalmente attivi durante importanti eventi meteorici tanto da generare talvolta alla base dei conetti detritici. Questo fenomeno progressivamente negli anni ha diminuito la sua attività in relazione all'incremento sostanziale della vegetazione lungo i versanti.

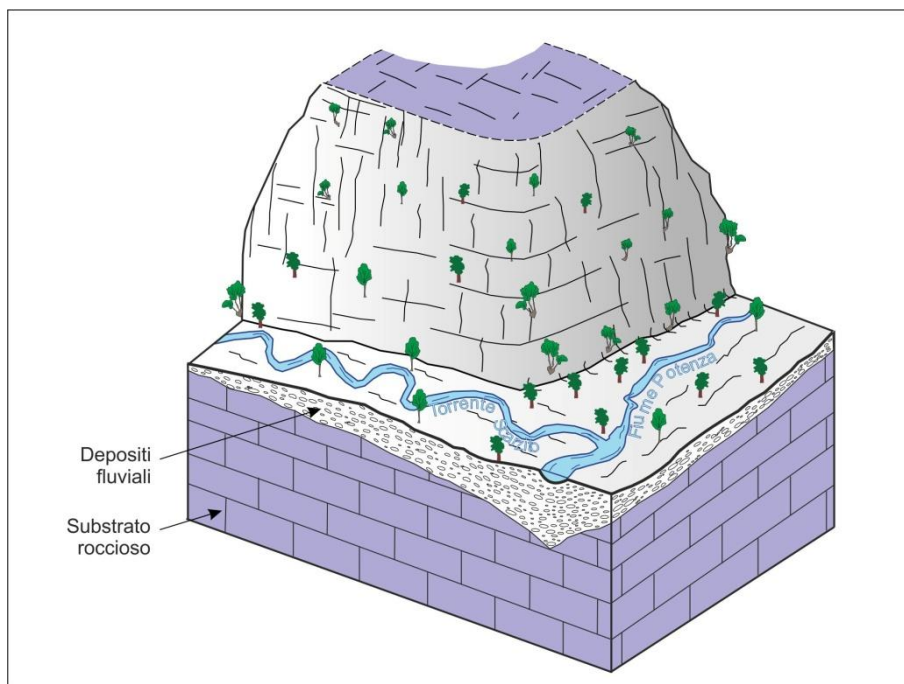
Nel territorio di Pioraco sono presenti numerose grotte prevalentemente carsiche, alcune delle quali di notevole interesse e pregio estetico per la presenza di un ricco e vario concrezionamento. Le grotte conosciute si sviluppano sia nel travertino che nelle rocce calcaree e la loro formazione può essere attribuita a diversi processi, sia carsici che no. Le grotte si aprono per lo più in luoghi scoscesi e di difficile accessibilità, luoghi che presentano spesso notevole impatto panoramico. Allo stato attuale sono conosciute 13 grotte negli affioramenti di calcarea, ma nessuna di esse ha grande estensione. Queste sono in prevalenza impostate su fratture di origine tettonica che nella parte più esterna della montagna sono allentate ed aperte, così da risultare più facilmente soggette ai processi di degradazione superficiale e corrosione carsica. Sono conosciute 6 grotte anche nel travertino.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	23
--	--	----

Sono attribuibili all'Olocene importanti cambiamenti lungo la Valle del Potenza che hanno portato alla formazione del lago di Sefro, alla deposizione del travertino di Pioraco ed alla formazione del lago di Pioraco-Fiuminata.

Dati di sottosuolo (sondaggi geognostici, indagini geofisiche) e l'esecuzione di sezioni geologiche hanno permesso di accertare che le valli a V dello Scarzito e del F. Potenza sono riempite di 70-80 m di detriti e depositi fluvio-lacustri. Prima che i sedimenti colmassero le due valli, queste avevano una morfologia stretta e profonda, con versanti ripidi o talora verticali. In queste condizioni, in analogia a quanto avviene attualmente sulle pareti rocciose a ridosso dell'abitato di Pioraco, potevano aversi crolli di masse rocciose anche di notevoli dimensioni, soprattutto in occasioni di forti terremoti. Attualmente tra il torrente Scarzito ed il fiume Potenza alla confluenza vi è un dislivello di circa 20 m.

In base all'elaborazione di tutti i dati si può affermare che inizialmente il torrente Scarzito ed il fiume Potenza confluivano in prossimità di Pioraco, collegati da un profilo idrodinamico continuo (fig. 10) e graduale (senza salti com'è attualmente).



*Figura 10 Confluenza
Torrente Scarzito-Fiume
Potenza.*

*Fase iniziale senza gradino
morfologico.*

Quindi crolli e colamenti di detrito lungo la valle dello Scarzito, poco sopra l'abitato di Pioraco, hanno ostruito la valle dello Scarzito, di per sé già molto stretta, occludendo il corso d'acqua e creando un lago a monte, il lago di Sefro. Nel contempo si è così generato il salto morfologico (fig. 11) su cui è avvenuta la formazione del travertino di Pioraco in ambiente principale di "cascata". A conferma di ciò nella Rivista Geografica Italiana (1951) Giovanni Maria e Carmelida Villa pubblicano "I laghi estinti di Pioraco e di Sefro nel bacino del fiume Potenza" e descrivono l'esistenza di un affioramento di detriti (oggi mascherati da un muro di sostegno), residuo di un'antica frana, lungo la valle del T. Scarzito, in corrispondenza del punto in cui si trova la rottura di pendenza poco a monte dell'abitato di Pioraco. Da un esame di campagna è possibile osservare che proprio in tale zona, in destra idrografica della valle, è mancante una grossa porzione di parete rocciosa; inoltre la fratturazione della roccia affiorante

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	24
--	--	----

permette una cinematica di movimento per scivolamento e crollo di grossi volumi di roccia.

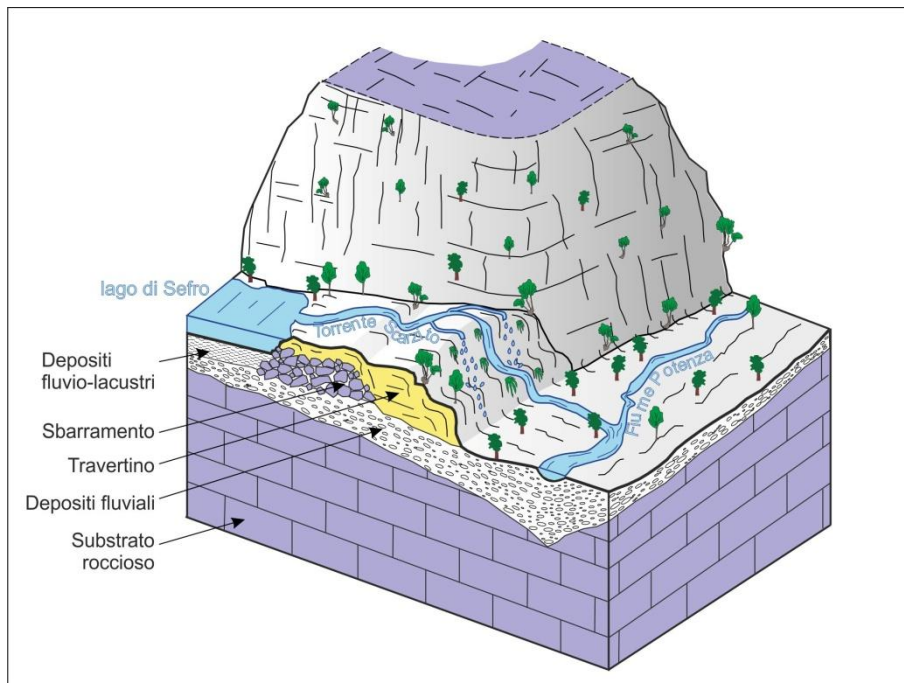


Figura 11 Sbarramento della valle del Torrente Scarzito.

Il gradino morfologico ha creato verso monte il Lago di Sefro, mentre a valle si formava travertino.

Il deposito di travertino ha interferito con il corso del Fiume Potenza deviandolo gradualmente verso nord (presso l'abitato di Pioraco) e creando progressivamente una barriera entro la valle principale (fig. 12).

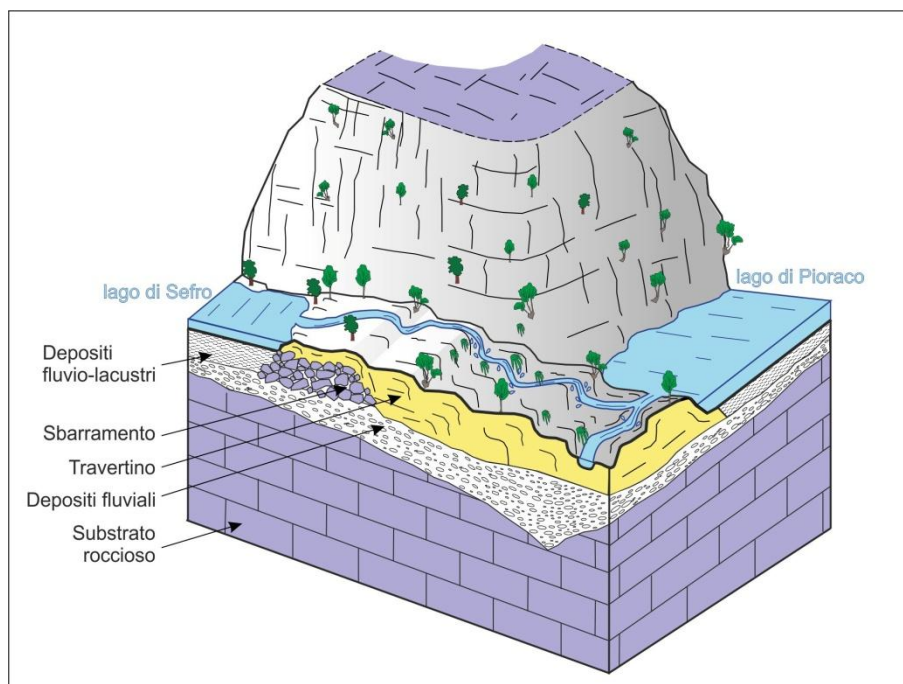


Figura 12 Sbarramento della valle del Potenza.

L'accrescimento del corpo del travertino ha ostacolato il deflusso del F. Potenza, formando il Lago di Pioraco-Fiuminata.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	25
--	--	----

Il rallentamento del deflusso delle acque verso monte ha originato ambienti palustri e lacustri (Lago di Pioraco-Fiuminata) con estensione verso monte fino alla vallata di Fiuminata (simulazione nella foto di fig. 13).

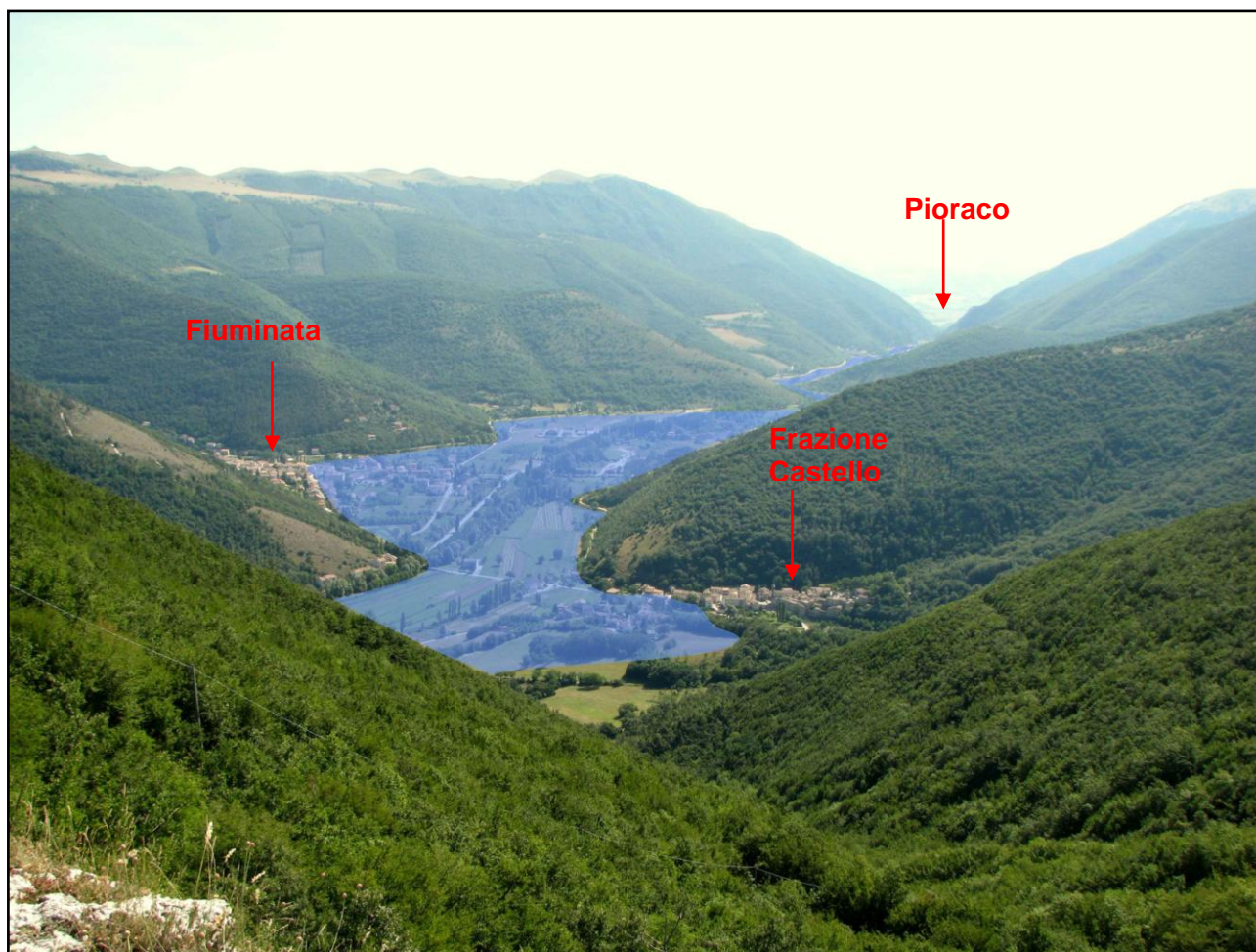


Figura 13 Simulazione del lago di Pioraco-Fiuminata lungo la valle del F. Potenza.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	26
--	--	----

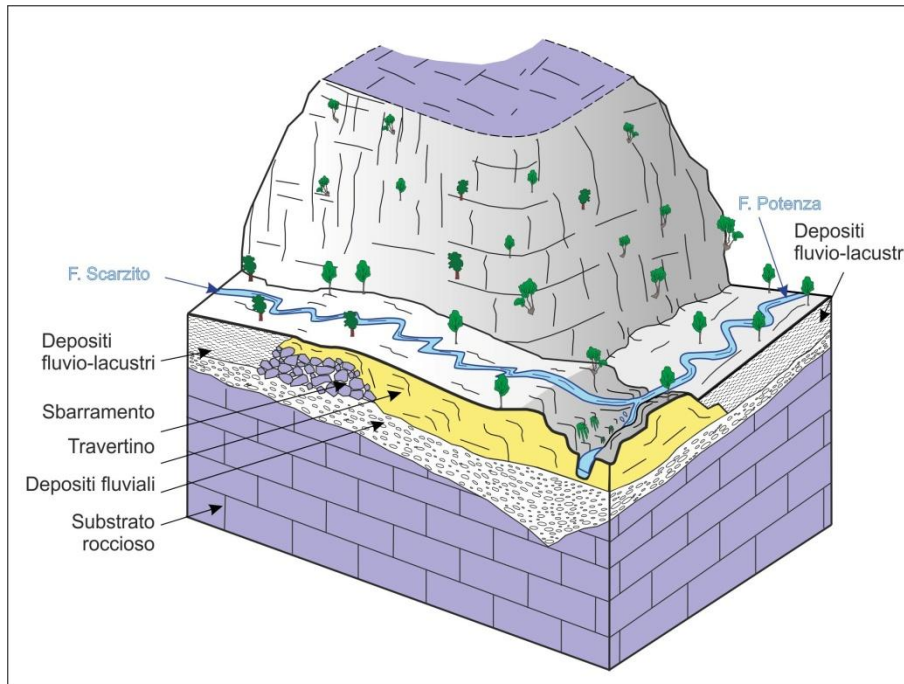


Figura 14 Situazione attuale.

Permane il salto morfologico, mentre gli antichi laghi sono scomparsi, riempiti dai detriti fluvio-lacustri.

Questa evoluzione morfologica ha sicuramente condizionato lo sviluppo dell'abitato di Pioraco, tanto che la parte più antica è ubicata in corrispondenza del deposito di travertino, altimetricamente più elevata e maggiormente al sicuro rispetto alla piana inondabile fluvio-lacustre.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	27
--	--	----

5 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

5.1 *Dati pregressi*

I dati pregressi sono riferiti ai dati di sottosuolo ricercati ed analizzati durante le indagini di livello 1 presso gli archi dell'Ufficio Tecnico Comunale.

Si riferiscono a n. 99 siti puntuali, comprensivi di indagini geognostiche e geofisiche e di n. 3 indagini puntuali di tipo geofisico realizzate durante le indagini di livello 1; gli stessi sono relativi a tutte le zone analizzate nel livello 1.

Detti dati sono informatizzati, collegati al database e consultabili in formato pdf, nella sotto-cartella "Documenti", allegata all'interno della cartella indagini.

Si tratta di:

- n. 32 Sondaggio a carotaggio continuo
- n. 17 Sondaggio a distruzione di nucleo
- n. 17 Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato
- n. 23 Sondaggio a distruzione di nucleo che intercetta il substrato
- n. 8 Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni
- n. 6 Prova penetrometrica in foro (SPT)
- n. 2 Prova penetrometrica statica con punta elettrica (CPTe)
- n. 1 Prova penetrometrica dinamica super pesante
- n. 1 verticale virtuale lungo tomografia elettrica
- n. 6 prove HVSR.

5.2 *Dati acquisiti ex-novo*

Il Piano delle Indagini, concordato con gli Operatori del CentroMS, è stato sviluppato con lo scopo di:

1) individuare e caratterizzare i fenomeni di risonanza sismica potenzialmente rappresentativi di fenomeni di amplificazione del moto sismico;

2) ricostruire il profilo di velocità delle onde S all'interno delle diverse MOPS, cioè definire i valori di Vs da attribuire ai diversi corpi geologici presenti.

1) La stima dei fenomeni di risonanza sismica è stata eseguita attraverso la tecnica basata sulla misura dei rapporti spettrali medi del campo delle vibrazioni ambientali (HVSR).

HVSR - Le misure di microtremore ambientale sono state eseguite per mezzo di un tomografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Per tale scopo viene utilizzato un sismografo 24 bit GEOBOX prodotto dalla ditta Sara Instruments Srl (frequenza di risonanza 0.45 Hz).

Lo strumento (GeoBox – Sara Instrument) è dotato di tre sensori elettrodinamici

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	28
--	--	----

(velocimetri) orientati secondo le direzioni NS, EW e verticalmente, ad alta definizione, alimentato a batterie, senza cavi esterni.

Dalla registrazione del rumore sismico ambientale in campo libero è stata ricavata la curva H/V, secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005), avendo utilizzato i seguenti parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- lisciamento secondo finestra Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 20/40),
- rimozione dei transetti sulla serie temporale degli H/V.

Sono dunque state eseguite n. 32 prove HVSR, l'esito delle quali ha da una parte supportato il modello geologico con valutazione del livello di omogeneità delle MOPS, dall'altra ha permesso di stimare le frequenze di risonanza (Carta delle Frequenze) evidenziando i contrasti di impedenza maggiori con indicazioni di massima sulla profondità dei contrasti stessi. La distanza tra i punti di misura è stata impostata operando un approccio ragionato, in relazione alla complessità e variabilità del modello geologico.

2) Sulla base del modello geologico e dei risultati ottenuti nella fase precedente sono state eseguite prove volte alla determinazione dei profili di velocità delle Vs attraverso l'esecuzione di una prova DH nel sondaggio di nuova esecuzione di n. 11 MASW eseguite in ogni microzona omogenea individuata.

SONDAGGIO - Il sondaggio a carotaggio continuo (P132) è stato eseguito nel capoluogo Pioraco nel sito che garantisce la massima rappresentatività (zona 2003) in rapporto al territorio ed in considerazione della logistica e sicurezza necessaria per l'esecuzione dei lavori. In particolare si sottolinea la difficoltà di scelta di ubicazione dello stesso dovuta da una parte alla presenza di linee interrato (elettriche, acquedotto, fibra ottica, telefonia) dall'altra all'andamento sub-verticale delle pareti rocciose che difficilmente permette il raggiungimento del substrato stesso. Lo stesso sondaggio è stato eseguito secondo le tecniche specificate nel Protocollo ed è stato spinto fino alla profondità di 36 m; sono state eseguite n. 2 prove SPT con prelievo di campioni rimaneggiati, successivamente inviati ai laboratori prescritti. Nell'ambito dello stesso è stato installato un tubo in PVC del diametro di 87 mm ed un chiusino. Per tutti i dettagli si veda la stratigrafia del sondaggio allegata. Data la natura porosa delle unità di travertino attraversate e la presenza localizzata di vuoti le fasi di avanzamento e condizionamento sono risultate particolarmente difficoltose e delicate, richiedendo particolare tempo e attenzione.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	29
--	--	----

MASW

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzate per l'esecuzione delle MASW sono costituite da:

- un sistema di energizzazione per le onde P: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 8 Kg battente verticalmente su piastra circolare in acciaio del diametro di 25 cm posta direttamente sul p.c. per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SV, in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali;
- un sistema di ricezione: costituito da 24 geofoni verticali monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa (peso della massa 12.2 gr) con frequenza propria 4.5 Hz (Masw), ovvero dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche longitudinali prodotte da una specifica sorgente;
- sistema di acquisizione dati: Sismografo Ambrogeo (modello ECHO 2010) con memoria dinamica a 32 bit, dotato di hard disk, in grado di memorizzare i dati acquisiti in formato SEG2., n° 2 cavi sismici telemetrici di 60 m ciascuno, il sistema è in grado di registrare su memoria il segnale proveniente da ciascun canale dal sistema di ricezione;
- un sistema di trigger: consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la mazza colpisce la base di battuta (piastra metallica), consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

Acquisizione:

Lunghezza stendimento ricevitori: 46 m;

n. geofoni: 24; distanza intergeofonica: 2m

n. punti di energizzazione: 6;

offset sorgenti: 4 m, 6m e 10m;

durata acquisizione: 1000/2000 ms e intervallo di campionamento: 0.478 ms

stacking delle energizzazioni.

I dati numerici delle MASW e dell'HVSR in formato txt, sono stati caricati nel software di elaborazione HV-Inv.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	30
--	--	----

6 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE

6.1 *Inversioni congiunte*

Sulla base dei “ Protocolli di acquisizione dati ed elaborazione relativi alle attività di Microzonazione di Livello III nei 140 Comuni di cui all’Ordinanza n. 24 del 12 maggio 2017 della Presidenza del Consiglio dei Ministri” sono state acquisite ed elaborate le misure HVSR (4.2 La pianificazione delle Indagini e l’uso del metodo dei rapporti spettrali HVSR) e Masw (4.3 La determinazione del profilo di Vs: tecnica MASW).

In particolare per le MASW è stato eseguito il picking della curva di dispersione per l’identificazione della curva corrispondente al modo fondamentale e degli eventuali superiori a partire dagli spettri di velocità di Rayleigh. Nell’elaborazione, tale dato è stato sia graficizzato (Fig. 7: Spettro velocità di fase) che tabulato (Tab.3: Curva di dispersione ed intervallo di confidenza).

I risultati ottenuti sono stati documentati depositando i prodotti delle elaborazioni MASW in formato digitale ASCII, includendo i Fogli campagna relativi misure MASW uno per ciascuno stendimento e le letture delle curve di dispersione. I dati originali delle misure effettuate sono stati depositati sia in forma di file ASCII che in formato sismologico standard (SEG-Y, SEG2.)

Allo scopo di determinare i profili di Vs relativi a ciascuna misura sono state eseguite elaborazioni per fasi successive e, a parere degli scriventi, necessarie.

- i) Dapprima sono state eseguite procedure di inversione numerica delle curve di dispersione attraverso i metodi standard (Gradiente); attraverso questa fase il modello geologico già definito è stato confrontato e/o “calibrato” facendo riferimento alle velocità Vs ottenute per gli strati più superficiali ed alle misure HVSR corrispondenti.
- ii) Quindi per ridurre il livello di ambiguità nelle procedure di inversione sono stati posti due vincoli. L’uno, il vincolo del modello geologico, impostando un campo di variabilità dello spessore minimo e massimo dei sismo-strati individuato nella verticale di indagine. L’altro, il vincolo attraverso le procedure di inversione congiunta con le misure HVSR corrispondenti.
- iii) Sono quindi state opportunamente effettuate valutazioni del livello di incertezza che caratterizza il profilo di Vs ottenuto per una singola zona, incertezza legata sia alla mancata univocità del modello di sottosuolo sia alle eventuali variazioni laterali nella stessa microzona, ripetendo la procedura di inversione più volte e collezionando i modelli che producono un analogo livello di adattamento ai dati sperimentali. L’insieme di queste soluzioni e di quelle ottenute dalle altre misure effettuate nella stessa microzona (compresi i risultati del DH) sono state utilizzate per definire i limiti di confidenza associati al profilo di Vs da utilizzare per la modellazione della risposta sismica locale della microzona analizzata (vedi tabella riassuntiva in ogni inversione congiunta Tab.8: Parametri di output medi sulle modellazioni effettuate).

Appare doveroso anche segnalare che, allo scopo di valutare l’influenza dei vincoli suddetti sui risultati dei profili di Vs e di operare consapevolmente nei processi di elaborazione, inizialmente come primo approccio è stato utilizzato il solo vincolo

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	31
--	--	----

dell'inversione congiunta con la HVSR; i profili di Vs ottenuti in molti casi sono risultati incompatibili con il modello geologico e talora fuorvianti. Quanto espresso soltanto per affermare che una individuazione appropriata del modello geologico, anche se soggetta per sua natura ad un margine di incertezza, gioca un ruolo essenziale nella risoluzione e definizione dei profili di Vs.

I valori di Vs dunque sono stati definiti in base ai valori minimi e massimi ottenuti dalle diverse modellazioni di inversioni congiunte delle MASW eseguite nella microzona di interesse. Alcune unità geologiche sono state investigate da MASW e DH; in tali casi i valori di Vs derivano dalla considerazione dei risultati di tutte le prove eseguite, ottenendo tra l'altro una convergenza di risultati.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	32
--	--	----

6.2 Modellazione 1D

6.2.1 Scelta dell'input sismico

Per la definizione dell'input sismico sono stati utilizzati i dati della sismicità dell'area forniti dagli Operatori del CentroMS.

In particolare sono stati utilizzati 7 Accelerogrammi rappresentativi della pericolosità sismica locale (scenari di scuotimento) associata ad eventi con tempi di ritorno di 475 anni e relativi spettri di risposta elastici in pseudo-accelerazione con smorzamento pari al 5% dello smorzamento critico. Gli stessi scuotimenti sismici (accelerogrammi) sono relativi a basamento sismico affiorante ovvero ad un sito di riferimento rigido e superficie topografica orizzontale (Categoria di sottosuolo A e Categoria topografica T1 nelle NTC 2008), con Magnitudo M compresa tra 5 e 6.1 e distanza epicentrale tra 0 Km e 30 Km.

MARCHE1 - PIORACO (475yrs)

Tue Jul 18 11:27:47 CEST 2017

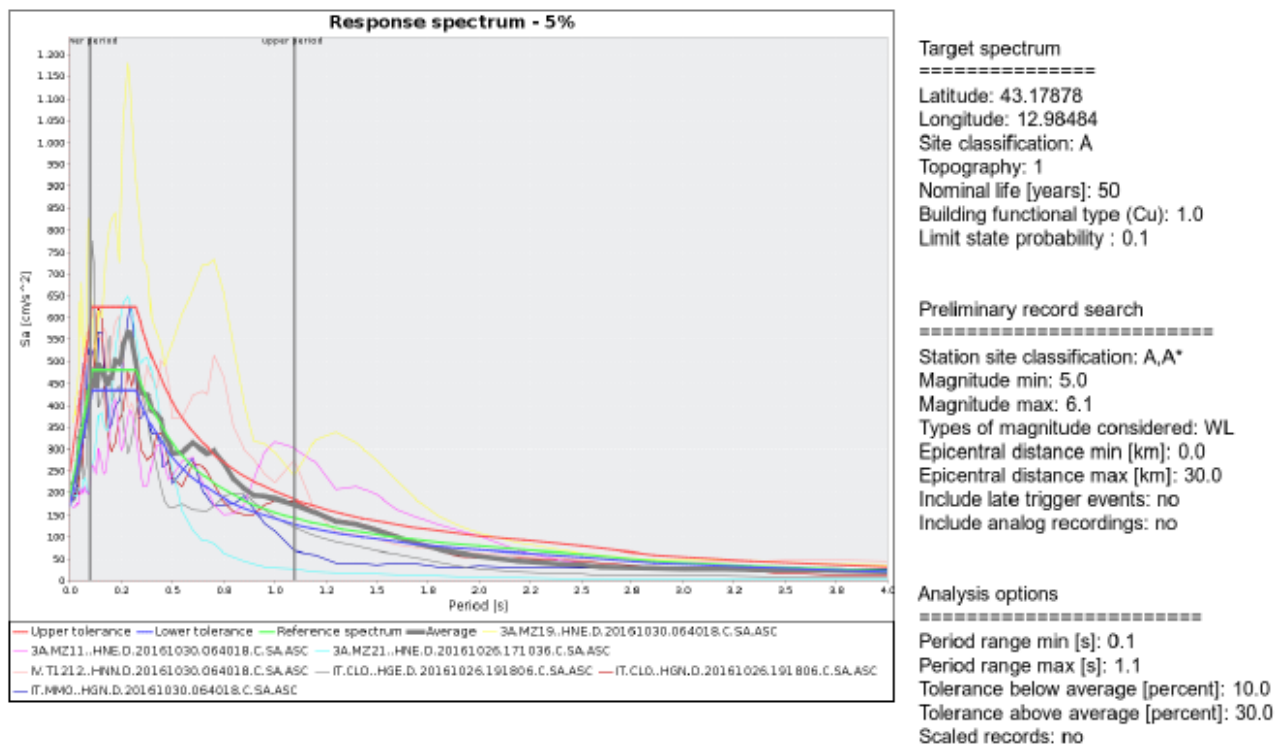


Figura 15 Spettri di risposta elastici degli input sismici forniti dal Centro Microzonazione Sismica.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	33
--	--	----

6.2.2 Simulazioni numeriche

La modellazione del terreno 1D è stata svolta con il software STRATA. Per ogni MOPS si è effettuata la calibrazione con il metodo Linear Elastic, in modo da controllare se la sequenza dei sismostrati e delle relative velocità sia conforme a quanto riscontrato con le prove HVSR che si sono effettuate nella zona considerata.

La calibrazione può avere delle differenze di spessore dei sismostrati rispetto alla MOPS considerata in quanto, per la calibrazione, si è tenuto in conto della reale stratigrafia sotto alla HVSR considerata.

La modellazione della MOPS in Equivalent Linear (EQL) si è effettuata con gli spessori medi e con le velocità medie calibrate.

Nella modellazione Equivalent Linear (EQL) si è tenuto in conto della variazione statistica della velocità, degli spessori degli strati e della profondità del bedrock, il tutto per 100 variazioni per ogni singolo accelerogramma di input, per un totale di 700 scenari.

Type of Analysis

Method: Equivalent Linear (EQL)

Approach: Time Series

Vary the properties

Site Property Variation

Number of realizations: 100

Vary the nonlinear properties

- shear-modulus reduction curve
- damping ratio curve
- damping of the bedrock

Vary the site profile

- shear-wave velocity
- layer thickness
- depth to bedrock

Specify seed number 42

Calculation Parameters

Error tolerance: 1,0 %

Maximum number of iterations: 20

Effective strain ratio: 0,65

Layer Discretization

Maximum frequency: 20 Hz

Wavelength fraction: 0,12

Disable auto-discretization

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	34
--	--	----

La simulazione serve a studiare il comportamento di una struttura (nel significato più ampio del termine) attraverso la sua riproduzione in un ambito accertabile. Nella simulazione nell'elaboratore elettronico si crea un modello matematico formato da equazioni che rappresentano le relazioni tra le componenti della struttura oggetto di studio e il loro legame con il suo funzionamento/comportamento, con l'obiettivo di effettuare esperimenti "virtuali" sul modello matematico assumendo che i risultati di tali esperimenti costituiscano una "riproduzione" sufficientemente accurata del comportamento che avrebbe la struttura stessa.

Questo allo scopo di accrescere la comprensione del suo funzionamento, verificare (o negare) la validità di ipotesi su di esso, raccogliere informazioni per poter formulare possibili previsioni, per implementare meccanismi di controllo del sistema modellato, ecc.

Questa tecnica viene utilizzata per riprodurre e risolvere numericamente un problema in cui sono coinvolte anche variabili aleatorie, e la cui soluzione per via analitica risulta troppo complessa o impossibile (Niederreiter, 1992; James, 1980; Halton, 1970). Inoltre, l'uso della simulazione consente di testare più facilmente e con elevato grado di dettaglio gli effetti di modificazioni nelle variabili di ingresso (ad es. nelle loro descrizioni statistiche) o nella funzione di output.¹

Con il termine di "metodo Monte Carlo" vengono in generale denominate tutte quelle tecniche che adoperano variabili aleatorie artificiali (ovvero generate con un calcolatore) per la risoluzione di problemi (quali il calcolo di quantità o la simulazione di fenomeni).

Spesso i ricercatori si trovano a fronteggiare situazioni in cui hanno bisogno di conoscere la probabilità di un determinato evento condizionato da un numero elevato di variabili che rendono molto difficoltosi i calcoli analitici. In tali situazioni, generalmente si adottano metodi di campionamento simulato (cioè si simula la situazione nella quale si vuole calcolare la probabilità di un certo evento). La simulazione stocastica si attua riproducendo il meccanismo preso in esame; sostituendo la valutazione analitica con l'osservazione empirica del fenomeno e traendo da quest'ultima le informazioni non rilevabili per via analitica. Tuttavia, è accertato che questo non è il metodo più efficace per trovare la soluzione di un problema, in quanto la procedura del campionamento simulato porta ad un risultato sempre influenzato dall'errore statistico.

L'applicazione di questo metodo non è ristretta solamente ai problemi di natura statistica, ma include tutti i casi in cui è possibile trovare un collegamento tra il problema in esame ed il comportamento di un certo sistema aleatorio.²

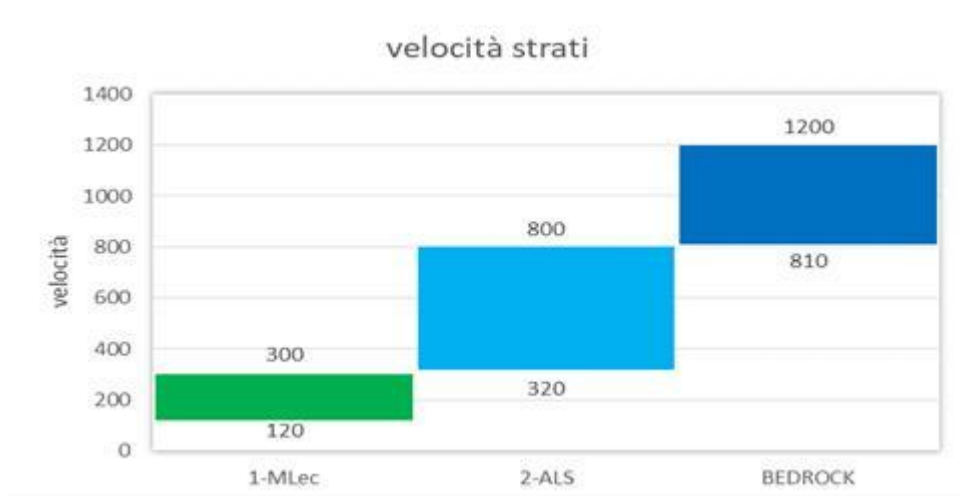
Tale metodo è stato adottato per l'elaborazione del problema del sistema geologico complesso, con l'elaborazione di 100 scenari possibili per ogni accelerogramma (7): ciò comporta un output di 700 file che sono stati trattati in maniera globale, con l'estrazione degli spettri di risposta relativi ad ogni singolo accelerogramma, dai quali è stata fatta la media log-normale e la mediana.

¹ La simulazione Monte Carlo: appunti integrativi - a cura di Ettore Bolisani e Roberto Galvan

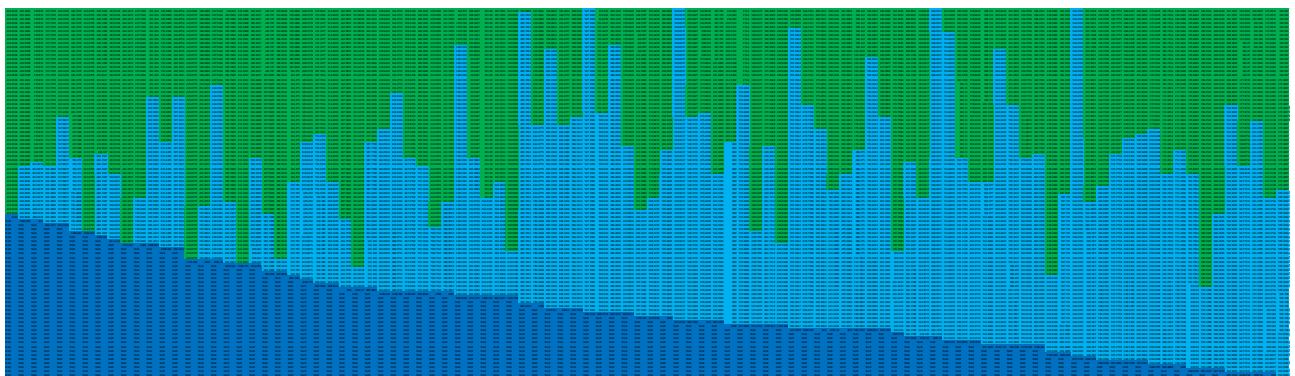
² Casualità Matematica e Metodo Monte Carlo - Nicola De Nitti Matematicamente.it Magazine NUMERO 20 - SETTEMBRE 2013

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	35
--	--	----

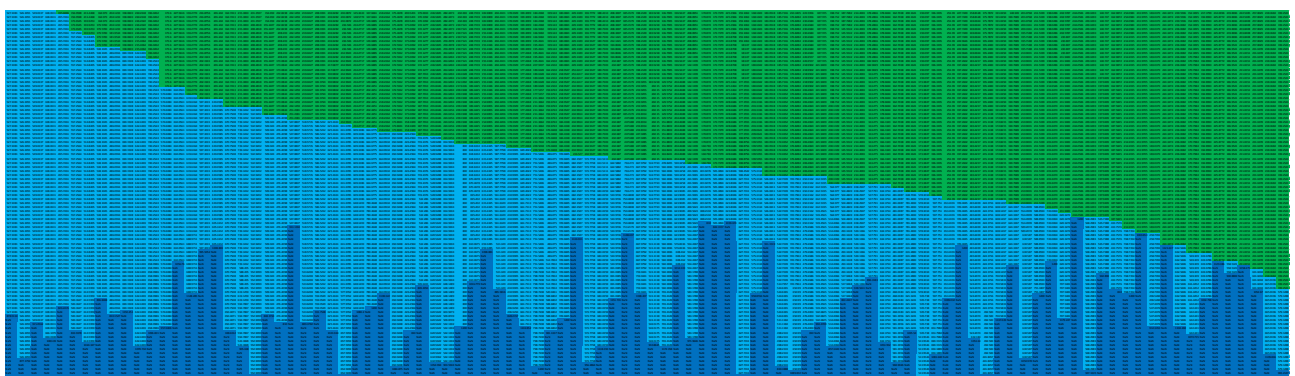
I risultati di tale elaborazione sono stati valutati e controllati per capire se tale risultato fosse coerente con il modello geologico adottato. Tale verifica è stata effettuata per ogni MOPS, sfruttando la funzione del programma STRATA che restituisce la matrice con tutte le velocità dei singoli strati. Ogni strato ha una proprio range di velocità pertanto è possibile correlare la variazione della velocità con la variazione di profondità degli strati. Nel caso di variazioni senza sovrapposizione il diagramma è chiaro e di semplice lettura, come visibile negli esempi seguenti riferiti ad una situazione tipo senza alcun riferimento alla geologia locale:



Infatti per ogni sismostrato, individuato dalla sua specifica velocità, si riesce ad individuare precisamente il modello geologico e il risultato appare di semplice lettura:

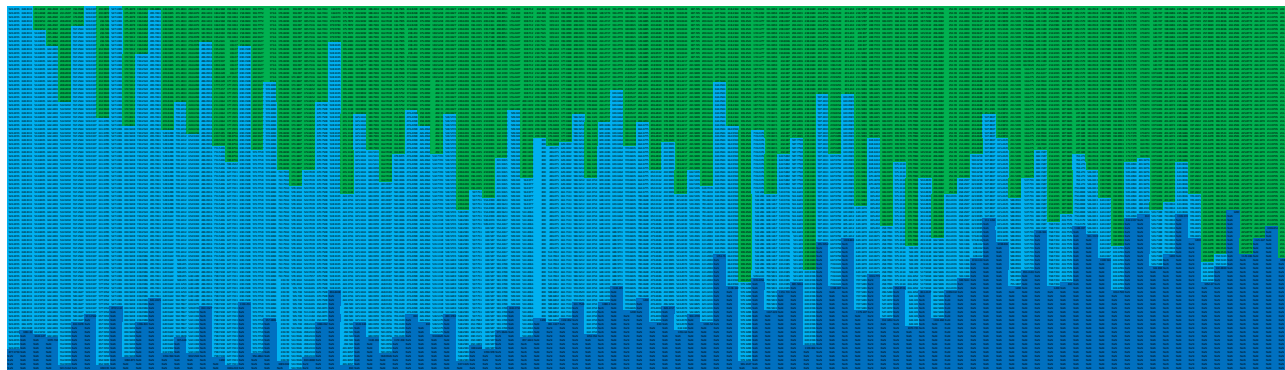


variazione di profondità del bedrock,



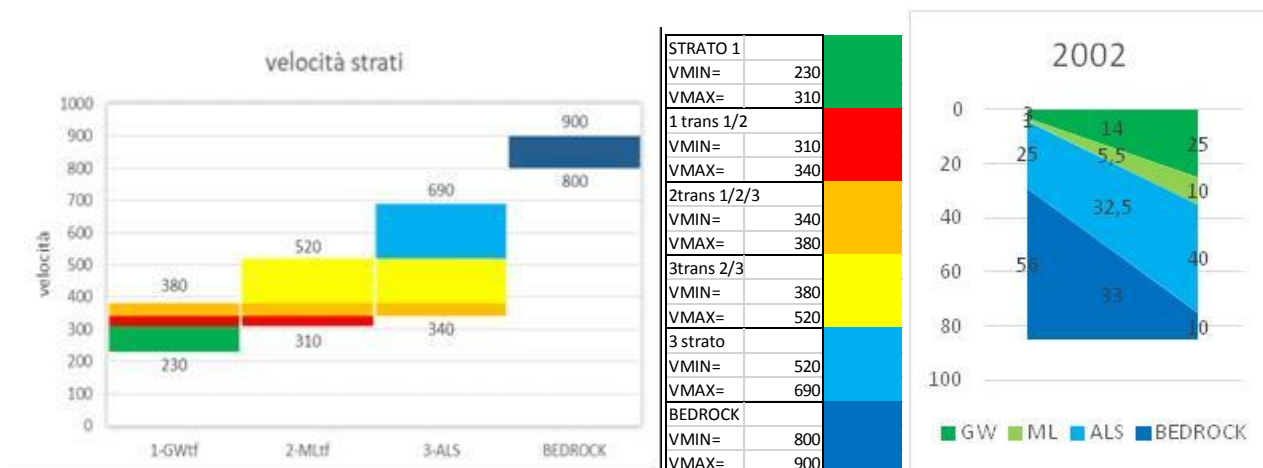
ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	36
--	--	----

di profondità/spessore della copertura,



variazione di spessore dello secondo strato sopra al bedrock.

Ci sono, però, dei casi in cui le velocità non distinguono in maniera univoca i sismostrati, ma ci sono delle zone di sovrapposizione come nel seguente esempio riferito sempre a situazioni tipo:

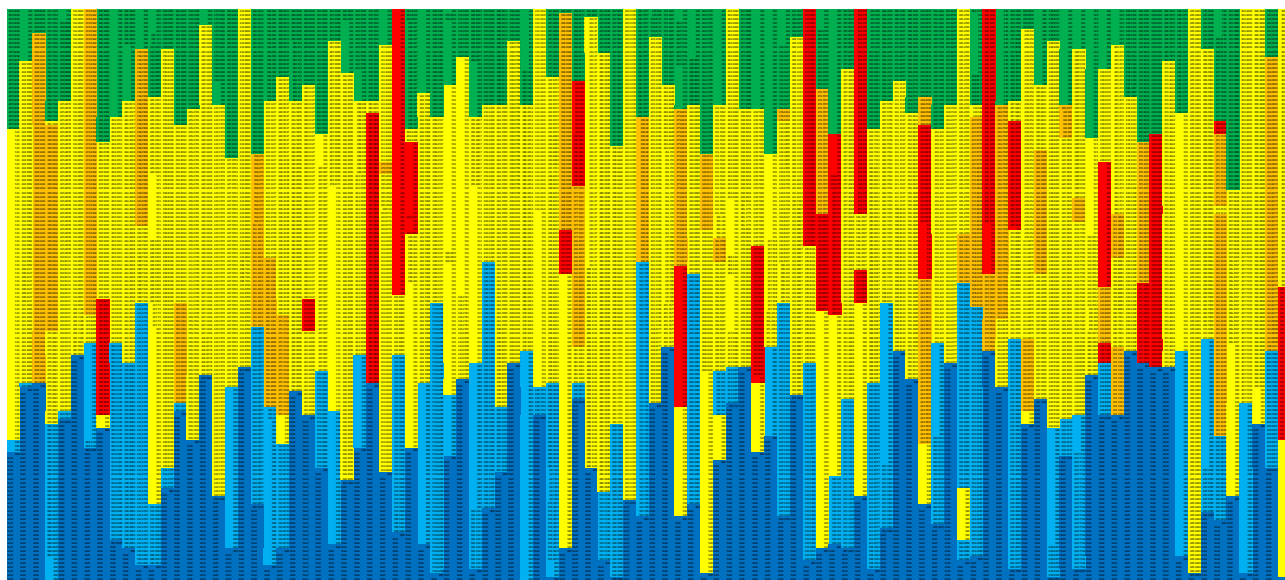


ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	37
--	--	----

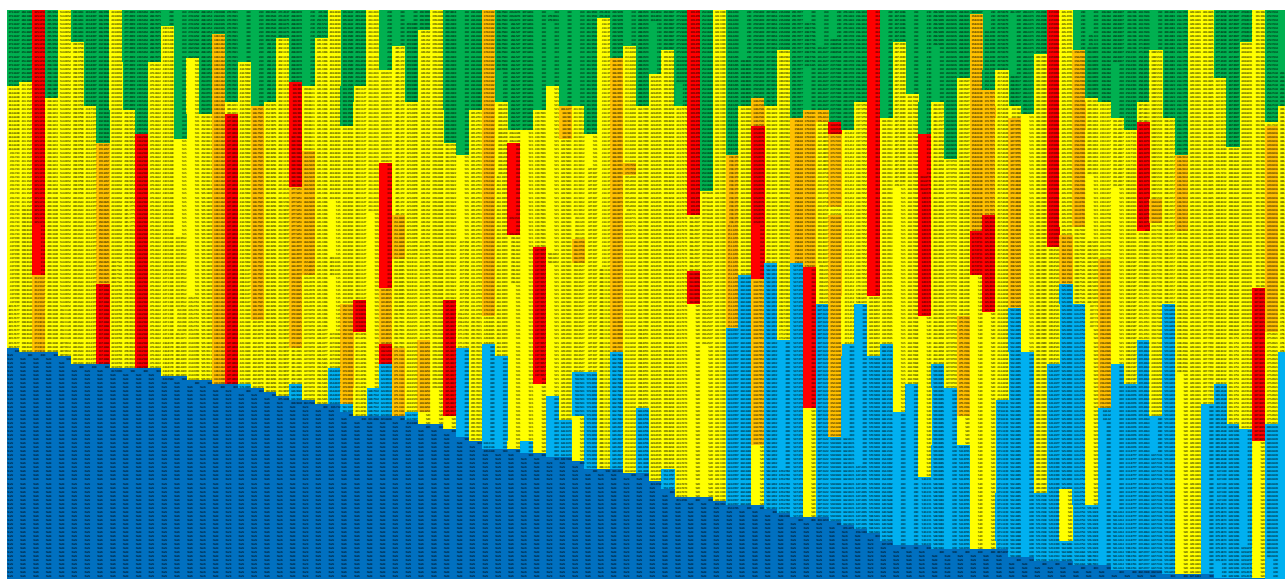
In questo caso, limite, la velocità massima del primo strato (GWtf) è maggiore della velocità minima del secondo (MLtf) e terzo strato (ALS); questo comporta una non perfetta individuazione degli strati, da un punto di vista geologico, ma la reale transizione da un punto di vista dei sismostrati.

Per la modellazione, infatti, gli strati con velocità sovrapposte possono essere indistintamente, nel caso specifico, GMtf, MLtf o ALS (riferite sempre a situazioni tipo, senza riferimento alla geologia locale) rispettivamente con velocità alte o velocità basse; questo comporta, da un punto di vista di modellazione, che in tali range di velocità non sono univocamente individuati gli strati geologici del terreno. Si è diagrammato con colori diversi le zone di passaggio, ovvero le zone dove, da un punto di vista di velocità, non si ha una individuazione certa dello strato.

Dalla elaborazione si ha il seguente schema:

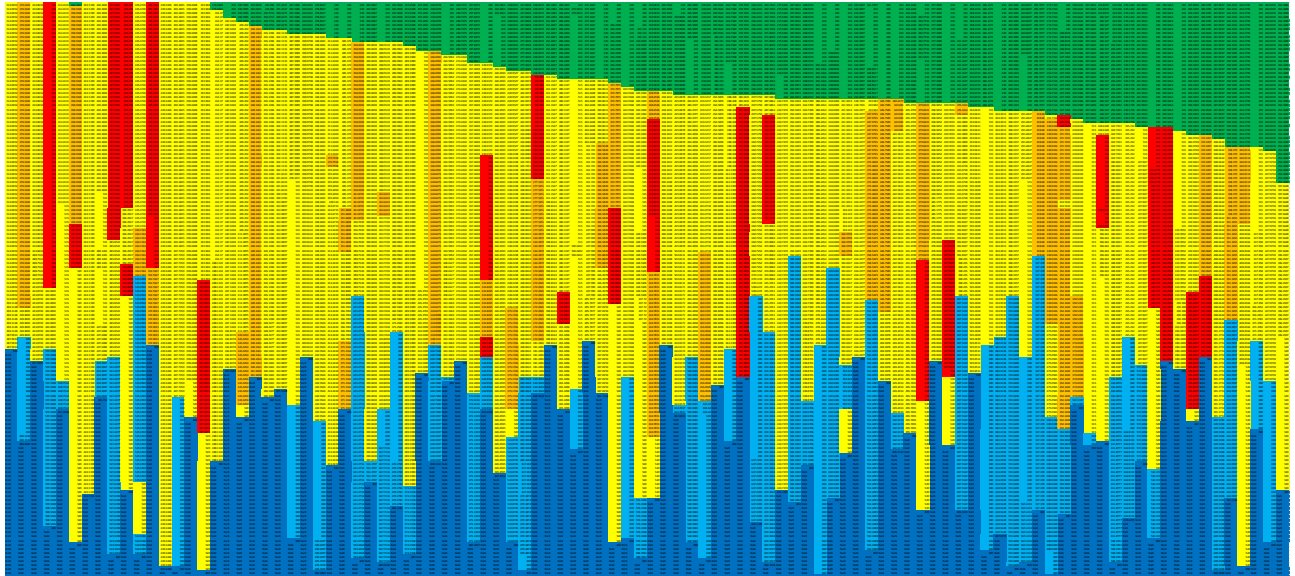


dal quale si può estrarre la variazione di profondità del bedrock:



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	38
--	--	----

la variazione di spessore della copertura fino alla velocità di sovrapposizione;



e dalla elaborazione si possono estrarre tutte le variazioni dei range dei sismostrati, per controllare la coerenza con il modello geologico ipotizzato.

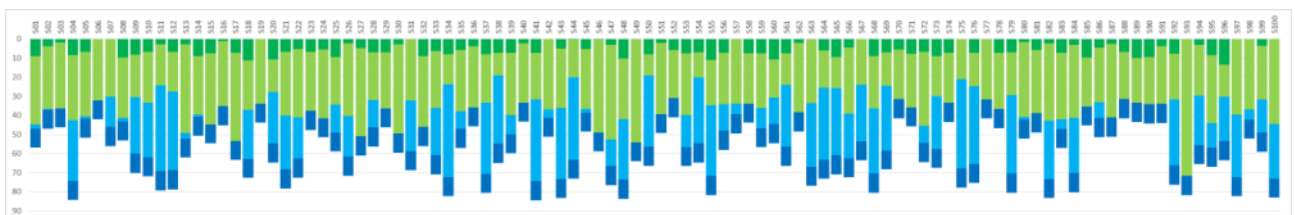
In questi casi, di non perfetta corrispondenza fra velocità e sismostrato, per capire bene se il modello che viene ipotizzato dal programma STRATA con l'elaborazione Monte Carlo corrisponde al modello geologico bisogna analizzare l'output del programma con "login level Higt" per individuare esattamente la collocazione degli strati stessi.

Tale output è complesso in quanto vengono riportate dal programma tutte le iterazioni per tutti gli scenari e per ogni accelerogramma (10/20 iterazioni x 100 scenari x 7 accelerogrammi = 7000/14000 tabelle da scegliere ed elaborare per un totale di 70.000/100.000 righe).

L'estrazione da questa mole di dati della stratigrafia è stato fatto con l'ausilio del programma excel, nel quale si è implementata una routine in visual basic.

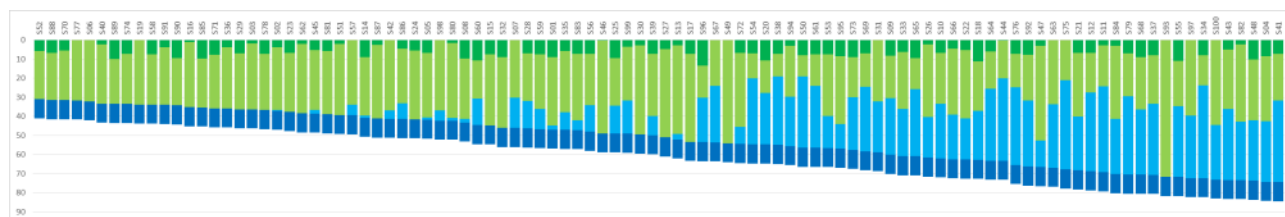
Fatta l'estrazione si possono effettuare le stesse elaborazioni del caso di riconoscimento della stratigrafia attraverso la conoscenza delle velocità.

Spessori/profondità del modello Monte Carlo:

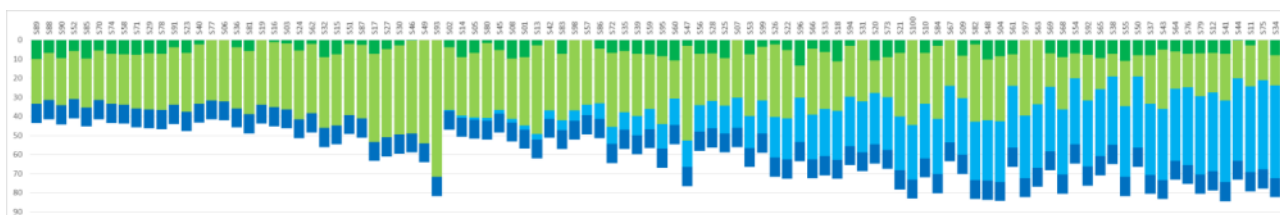
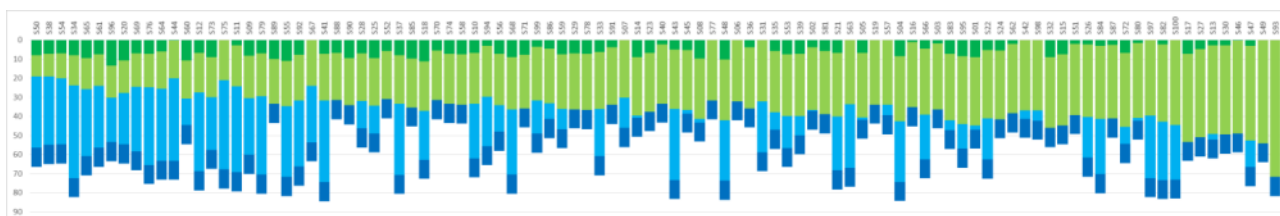
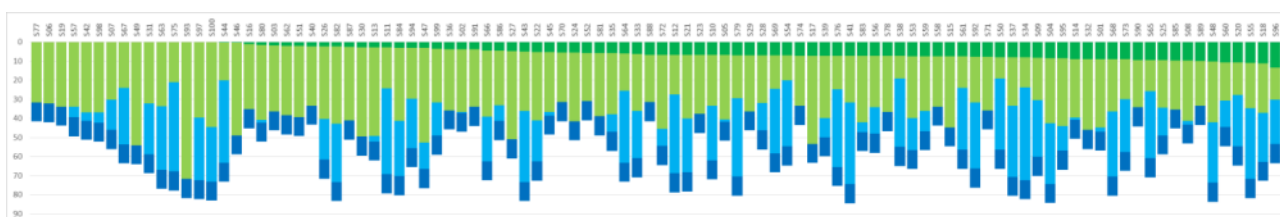


Variazione di profondità del bedrock:

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	39
--	--	----



Variazione di spessore del primo, secondo e terzo strato:



Anche in questo caso la procedura è stata messa in atto per controllare la bontà della modellazione con il metodo Monte Carlo e la sua coerenza con il modello geologico.

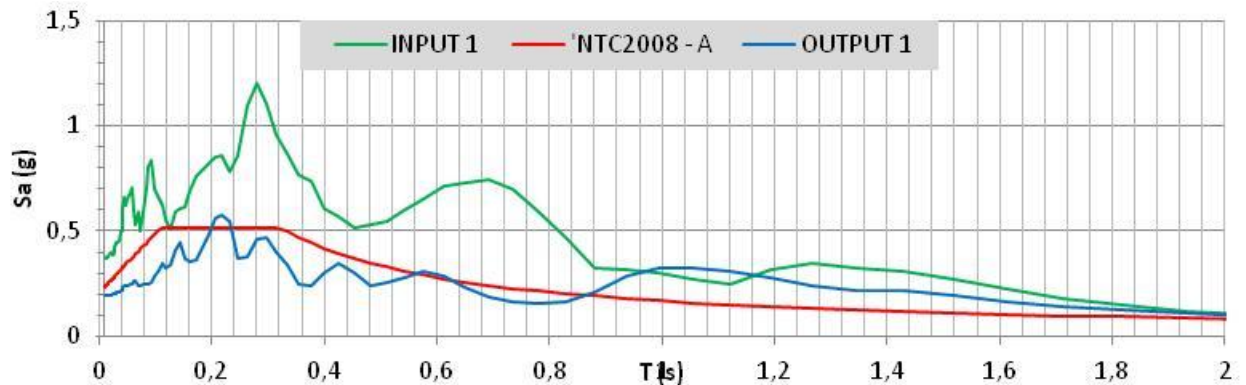
È da notare che esistono delle piccole differenze fra i risultati delle due elaborazioni, in quanto nella prima (con le variazioni di velocità) viene considerata la massima profondità della elaborazione e viene divisa in campi con divisioni imperiali, ovvero in piedi (30,48 cm) fino alla profondità di 20,1168 m (cioè la misura imperiale della catena, ovvero 66 piedi), poi fino alla profondità di 60,3504 m con divisione di 2 piedi (60,96 cm, per altre 66 volte), dopo questa profondità si ha divisione in 5 piedi (152,4 cm).

Nell'esaminare la divisione degli strati nell'output del programma con "loggin level Higt" lo spessore dei singoli livelli all'interno dello strato non sembra avere una divisione fissa e dalla elaborazione delle tabelle non si riescono ad estrapolare le velocità degli strati. Se si va a confrontare i risultati si hanno delle differenze di profondità dovute alla impostazione diversa delle divisioni stesse. Le approssimazioni avvengono nella trasformazione (computing statistics) dal modello elaborato ai risultati tabellati, differenze insignificanti da un punto di vista pratico.

E' stata poi considerata anche la semplice sovrapposizione dell'accelerogramma di input (per tutti i 7 considerati) con quelli di output mediani (per i 100 scenari Monte Carlo), in modo da controllare eventuali problemi.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	40
--	--	----

Infatti dall'analisi dei soli diagrammi di output si notavano dei grossi scostamenti rispetto alla mediana dei 7 e questo poteva sembrare un errore anche dell'accelerogramma di input, ma dal confronto input/output si è visto che, in alcuni casi, la sismostratigrafia del sito è particolarmente sensibile alla eccitazione data dal sisma considerato portando ad una grossa amplificazione, rispetto alla media stessa.



Nel calcolo dell'FA si sono considerati anche i limiti all'84° e 16° percentile (mediana \pm deviazione standard) in modo da capire la bontà della stima mettendo anche in evidenza la semplice variazione percentuale.

Tale esplicitazione è importante per capire e confrontare i valori mediani (50% di probabilità di superamento) con la modellazione 2D e confrontare i risultati di questa modellazione anche con i valori all'84° percentile (16% di probabilità di essere superato), come riportato nell'esempio.

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.26	1.12	1.12
FA 0.1-0.5		
$FA_{16\%} = e^{m_{ln} - s_{ln}}$	$FA_{rif} = e^{m_{ln}}$	$FA_{84\%} = e^{m_{ln} + s_{ln}}$
0.72 (-42.6%)	1.26	2.19 (+74.2%)
FA 0.4-0.8		
$FA_{16\%} = e^{m_{ln} - s_{ln}}$	$FA_{rif} = e^{m_{ln}}$	$FA_{84\%} = e^{m_{ln} + s_{ln}}$
0.60 (-46.7%)	1.12	2.11 (+87.6%)
FA 0.7-1.1		
$FA_{16\%} = e^{m_{ln} - s_{ln}}$	$FA_{rif} = e^{m_{ln}}$	$FA_{84\%} = e^{m_{ln} + s_{ln}}$
0.72 (-35.7%)	1.12	1.74 (+55.4%)

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	41
--	--	----

6.3 Modellazione 2D

L'analisi di risposta sismica condotta mediante l'uso del codice STRATA con un approccio lineare equivalente 1D, non consente di tenere conto di effetti indotti dalla presenza di marcate variazioni laterali nelle proprietà sismiche dei corpi geologici sepolti, né di quelli provocati da morfologie complesse della superficie del terreno. Questi ultimi effetti possono indurre marcate variazioni dello scuotimento anche a piccola scala ovvero all'interno della specifica Microzona Omogenea in Prospettiva Sismica (MOPS), la cui effettiva omogeneità è garantita solo in prima approssimazione, ovvero alla scala della microzonazione sismica. Anche gli esiti prodotti dallo studio di microzonazione sismica di livello III, in quanto finalizzati alla valutazione del livello di pericolosità sismica alla scala dell'abitato, non possono essere considerati sostitutivi di una specifica analisi di risposta sismica locale finalizzata alla progettazione o alla verifica sismica del singolo manufatto. Tuttavia può risultare utile valutare preliminarmente l'entità degli effetti non considerati nella modellazione 1D della risposta sismica mediante l'uso di appositi abachi o modellazioni più avanzate.

A questo scopo vengono esaminati i risultati di una modellazione numerica 2D su una sezione rappresentativa delle condizioni del sottosuolo del territorio indagato in modo da valutare il possibile scostamento dai valori di FA ottenuti nelle diverse MOPS con quelli dedotti in alcuni punti dall'analisi 2D della risposta sismica. Questa analisi è stata condotta dal Centro di Microzonazione Sismica utilizzando un codice agli elementi finiti (LSR_2D prodotto dalla ditta STACEC S.p.A) che implementa l'algoritmo lineare equivalente QUAD4M (Idriss et al., 1994) e seguendo le prescrizioni definite nei protocolli operativi definiti nell'ambito delle attività di microzonazione sismica nell'area dell'Italia Centrale. Dato che si tratta comunque di un'analisi di microzonazione sismica non finalizzata alla progettazione, i dati relativi ai valori di Vs assunti per le diverse formazioni (gruppi_GT) corrispondono alla mediana degli intervalli di variazione assegnati alla formazione considerata. Non è stato fatto alcun tentativo di ottimizzazione in rapporto alle misure disponibili localmente.

In alcuni punti della sezione giudicati rappresentativi degli effetti attesi, sono stati ricavati i fattori di amplificazione (FA) nelle tre fasce di periodo di vibrazione, gli spettri di risposta relativi ai sette accelerogrammi rappresentativi della pericolosità sismica di riferimento (moto di input) e i sette accelerogrammi alla superficie. I valori di FA sono stati confrontati con quelli dedotti per la stessa MOPS dall'analisi 1D per valutarne la relativa congruità.

Il confronto è stato eseguito utilizzando i seguenti criteri:

1. il parametro guida è il valore di FA nell'intervallo 0.1-0.5 s
2. lo scarto tra i valori di FA ottenuti dalla modellazione 1D e quella 2D sia ≥ 0.2

Nel caso in cui i fattori di amplificazione in analisi 2D siano risultati più cautelativi rispetto alla modellazione 1D, sono stati valutati criticamente gli effetti non considerati nella modellazione 1D (bacini sepolti, zone di raccordo, amplificazioni topografiche ecc.) facendo anche il confronto relativo tra le zone con il danneggiamento del costruito e scegliendo quindi il risultato più congruo di volta in volta spiegato nell'ambito delle MOPS.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	42
--	--	----

7 MODELLO DEL SOTTOSUOLO FINALIZZATO ALLA MS

Uno studio di microzonazione sismica di terzo livello prevede la realizzazione di analisi specifiche per la quantificazione della risposta sismica locale.

La campagna di indagini multidisciplinari di esplorazione del sottosuolo (sondaggi DH, MASW, HVSR e dati pregressi) ha permesso la parametrizzazione geofisica delle unità geologico-tecniche individuate. Le sezioni geologiche hanno fornito l'input geometrico per le modellazioni dinamiche e rappresentano una necessaria forma di controllo dei risultati cartografici ed una rappresentazione essenziale per la definizione tridimensionale del modello geologico.

Va anche messo in evidenza che la complessità e variabilità del modello geologico di Pioraco, la scarsità di indagini dirette pregresse in alcune aree e la difficoltà di interpretazione delle indagini geofisiche rapportate al modello stesso, hanno comportato notevole impegno e difficoltà per tutto il lavoro svolto fino ad oggi.

7.1 Unità geologico-tecniche: definizione e parametrizzazione

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle unità geologico-tecniche individuate e che saranno nel seguito trattate nel dettaglio.

	1. Sigla_GEOL	2. Nome formazione	3. Descrizione	4. Tipo_gt
TERRENI DI COPERTURA	MUS f1	Depositi travertinosi	sabbie carbonatiche	SMcc
	MUS a	Detriti di versante	ghiaie sabbise e blocchi	GW fd
	MUS e2	Depositi lacustri	argille e limi organici	OH lc
	MUS bn	Depositi di conoide alluvionale	ghiaie sabbise	GC ca
	MUS b2	Depositi eluvioo-colluviali	limi argillosi e sabbiosi	ML ec
	AC bn	Alluvioni Pleistocene medio-sommitale	ghiaie sabbiose	GC tf
SUBSTRATO	FCIe	Formazione di Camerino: litofacis pelitico arenacea	prevalenti strati pelitici alternati a subordinati strati arenacei	COS
	SCH	Formazione dello Schlier	marne, marne siltose calcaree e argillose	ALS
	COI	Formazione della Corniola	calcari micritici	LPS
	MAS	Formazione del Calcare massiccio	calcari a strati spessi e molto spessi	LPS

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	43
--	--	----

7.1.1 Substrato

LPS – Substrato roccioso

Con LPS si indica un substrato lapideo stratificato (con eventuale copertura o alterazione < 3 m). Comprende le Formazioni del Calcarea massiccio e della Corniola essenzialmente calcaree e stratificate; per una dettagliata descrizione litologica delle singole formazioni si faccia riferimento al par. 4.1.1.

Entrambi i litotipi costituiscono un ammasso roccioso cioè una struttura composta da blocchi di roccia separati da discontinuità. Per discontinuità si intendono tutte le fratture che, in virtù di rappresentare delle superfici di minor resistenza (con resistenza a trazione bassa o nulla), risultano atte a condizionare in modo determinante il comportamento meccanico ed idraulico dell'ammasso roccioso: si includono pertanto le fratture di tensione, di taglio, di clivaggio ed i giunti di strato (come discontinuità sistematiche), o le faglie (come discontinuità singole).

In riferimento alla roccia intatta non si hanno a disposizione parametri meccanici derivanti dai siti d'indagine nel territorio di Pioraco. A titolo indicativo si riportano il peso volume e la resistenza a compressione della roccia intatta derivanti da prove di compressione monoassiale eseguite dagli scriventi su numerosi campioni prelevati nelle vicinanze, da cui sono stati ricavati i seguenti valori medi.

	peso volume γ (t/m ³)	Resistenza a compressione σ_c da c. monoassiale (Kg/cm ²)
Corniola	2,5	500-900
Calcarea massiccio	2,55	900-1100

In particolare detti valori della roccia intatta sono tra i più elevati rispetto agli altri valori disponibili relativi alle altre formazioni della serie umbro-marchigiana

In riferimento alle discontinuità la famiglia a maggiore persistenza e frequenza è rappresentata dalla stratificazione, che presenta spaziatura oscillante mediamente dai 10 ai 100 cm e giacitura chiaramente variabile in dipendenza della regione strutturale di appartenenza. La stratificazione generalmente condiziona l'anisotropia dell'ammasso ed al tempo stesso la spaziatura fra le fratture delle altre famiglie, la quale generalmente varia proporzionalmente allo spessore stesso degli strati, condizionando infine le dimensioni del blocco elementare. Nella maggior parte dei casi il parametro **J_v** Volumetric joint count (Palmstrom, 2005) presenta valori oscillanti intorno a **10-15**, definendo l'ammasso come fratturato.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	44
--	--	----

Va evidenziato che la realizzazione di prove MASW è risultata difficoltosa per problemi logistici poiché sia la Corniola che il Calcere massiccio affiorano su pareti sub-verticali; pertanto la localizzazione della MASW 11 è risultata obbligata viste le difficoltà logistiche dell'area con pareti rocciose verticali: ciò verrà esposto in dettaglio nel paragrafo sulle MOPS.

TIPO_GT	SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	Vs med (m/s)	Vs Min (m/s)	Vs max (m/s)
LPS	MAS	SS	1150	899	1388

ALS - Con ALS si indica alternanze di litotipi stratificati (con eventuale copertura o alterazione < 3 m). Si tratta della Formazione dello Schlier, presente in un'area molto ristretta a Paradiso.

Per quanto riguarda la roccia intatta non si hanno a disposizione parametri meccanici derivanti dai siti d'indagine nel territorio di Pioraco. Si riportano il peso volume e la resistenza a compressione della roccia intatta derivanti da prove di compressione monoassiale eseguite dagli scriventi su alcuni campioni comparabili prelevati nelle vicinanze, da cui sono stati ricavati i seguenti valori medi.

	peso volume γ (t/m ³)	Resistenza a compressione σ_c da c. monoassiale (Kg/cm ²)
Schlier	2,25-2,4	50-300

Questo litotipo costituisce un ammasso roccioso fratturato, in generale con $a \neq b \neq c$, in cui le fratture sistematiche e pervasive e sono costituite da giunti di strato, fratture di tensione, di taglio e clivaggio. Data l'area ristretta e l'esiguità dell'affioramento non è stato possibile eseguire misure geostrutturali.

Data la carenza di spazio materiale per l'esecuzione della prova MASW, i valori di Vs sono stati ottenuti dal altre MASW in cui lo Schlier è presente al di sotto di coperture; MASW 5 in inversione congiunta con HV-P113 e MASW 10 in inversione congiunta con HV-P114. Sono risultati i seguenti valori.

TIPO_GT	SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	Vs med (m/s)	Vs Min (m/s)	Vs max (m/s)
ALS	SCH	SG	510	501	523
ALS	SCH	SS	850	810	910

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	45
--	--	----

COS – Comprende l'associazione pelitico-arenacea della Formazione di Camerino: questa, in riferimento alla classificazione Esu (1977), fa parte dei terreni strutturalmente complessi, cioè i terreni che alla scala dell'elemento di dimensioni adatte per le prove meccaniche, cioè del macroelemento, presentano eterogeneità e discontinuità diverse per forma e caratteristiche. In queste litofacies torbiditiche la complessità è dovuta essenzialmente al processo genetico che ha comportato la presenza alternata e ritmica di componenti (strati) con proprietà meccaniche differenti: componente litoide/semilotoide (arenarie) - componente pelitico-marnosa. Subordinatamente la complessità è dovuta a processi deformativi, di alterazione e diagenetici.

In questo contesto la stratificazione/laminazione delle litofacies torbiditiche, sono le principali e fondamentali strutture che influenzano in modo determinante il comportamento degli ammassi attraversati: rappresentano infatti le principali discontinuità a più alta persistenza e frequenza, direttamente dipendente quest'ultima dalla litologia stessa. E' stato infatti riscontrato che in funzione del rapporto A/P, varia la presenza e spessore degli strati/lamine. Considerando quanto sopra esposto, la Formazione di Camerino rappresenta una formazione complessa fortemente anisotropa, in cui la stratificazione e laminazione chiaramente influenzano il comportamento meccanico della stessa.

Nel contempo considerando che il rapporto A/P è generalmente < 1 , nel complesso possono considerarsi prevalenti le caratteristiche delle peliti nel comportamento geomeccanico, sulle quali non si hanno a disposizione prove di laboratorio.

I valori di Vs sono stati ottenuti dai risultati della MASW 4 in inversione congiunta con HV-P117. Sono risultati i seguenti valori.

TIPO_GT	SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	Vs med (m/s)	Vs Min (m/s)	Vs max (m/s)
COS	FCle	SG	600	354	721

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLES GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	46
---	--	----

7.1.2 Coperture

E' stata eseguita una caratterizzazione geotecnica chiaramente a grande scala poiché la scarsità di dati e la variabilità intrinseca delle unità geologiche in relazione alla genesi, rende difficoltosa la parametrizzazione geotecnica puntuale dei litotipi in questione.

Sono state analizzate ed interpretate le prove in situ disponibili e le prove di laboratorio.

ML ec – MUS b2 - In tale gruppo rientrano i depositi colluviali costituiti da limi, limi argillosi, argille limose e limi sabbiosi. Dalle prove di laboratorio si possono assumere i seguenti parametri ottenuti per le porzioni a carattere maggiormente coesivo.

γ (peso volume)	=	1,81-2,15 t/mc
Cu (coesione non drenata)	=	0,7-1,34 Kg/cm ²
C' (coesione drenata)	=	0,06-0,21 Kg/cm ²
ϕ (angolo di attrito drenato)	=	17,4°-25,4°
poco consistente		

I valori di Vs sono stati ottenuti eseguendo prove MASW 3 in inversione congiunta con HV-P115, da cui sono stati ottenuti i seguenti valori.

TIPO_GT	SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	Vs med (m/s)	Vs Min (m/s)	Vs max (m/s)
ML ec	MUSb2	TC	180	134	223

OHlc – MUS e2 – In tale gruppo rientrano i depositi lacustri costituiti da da argille e limi organici (OH). Non ci sono dati reperiti sulle caratteristiche meccaniche, che possono comunque essere comparate con quelle di analoghi litotipi, presenti nell'adiacente Comune di Fiuminata.

γ (peso volume)	=	1,8-2,0 t/mc
Cu (coesione non drenata)	=	0,07-0,9 Kg/cm ²
C' (coesione drenata)	=	0,1-0,2 Kg/cm ²
ϕ (angolo di attrito drenato)	=	24°
da privo di consistenza a poco consistente		

Per gli OHlc di Pioraco i valori di Vs sono stati ottenuti eseguendo prove MASW 1 e 2 in inversione congiunta rispettivamente con HV-P101 e HV-P102, da cui sono stati ottenuti i seguenti valori.

TIPO_GT	SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	Vs med (m/s)	Vs Min (m/s)	Vs max (m/s)
OH lc	MUSe2	TC	170	106	243

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	47
--	--	----

Per gli OHlc dello Scarzito i valori di Vs sono stati ottenuti eseguendo prove MASW 6 in inversione congiunta con HV-P105, da cui sono stati ottenuti i seguenti valori.

TIPO_GT	SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	Vs med (m/s)	Vs Min (m/s)	Vs max (m/s)
OH lc	MUSE2	TC	250	207	320

SMcc – MUS f1 - Si tratta sabbie e sabbie limose carbonatiche le quali, recentemente indagate da prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (DPSH) hanno fornito i seguenti parametri.

	γ (peso volume)	γ (peso volume saturo)	Dr (densità relativa)	ϕ (angolo di attrito)
Sabbie carbonatiche travertinose	1,5-2 t/mc	1,9-2,2 t/mc	18,5%-49,6%	Min 26.5° Max 28.5° Med 27.4° DS 0,82 COV 0,03

I valori di Vs sono stati ottenuti dalla prova DH ed eseguendo prove MASW 8 in inversione congiunta con HV-P123, da cui sono stati ottenuti i seguenti valori.

Nella tabella seguente sono riportati anche i valori Vs del travertino detritico e fitoermale presente al di sotto delle SMcc.

TIPO_GT	SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	Vs med (m/s)	Vs Min (m/s)	Vs max (m/s)
SM cc	MUSf1	TC	250	182	344
GW cc	MUSf1	TC	400	245	589

GW fd – MUS a – Si tratta di ghiaie pulite con granulometria assortita, anche della dimensione dei blocchi, miscela di ghiaia e sabbie appartenenti ai detriti di versante.

I valori di Vs sono stati ottenuti eseguendo prove MASW 9 in inversione congiunta con HV-P104, da cui sono stati ottenuti i seguenti valori.

TIPO_GT	SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	Vs med (m/s)	Vs Min (m/s)	Vs max (m/s)
GW fd	MUSa	TC	600	223	967

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	48
--	--	----

GC ca – MUS bn – Si tratta di ghiaie sabbiose di conoide alluvionale. I valori di Vs sono stati ottenuti eseguendo prove MASW 7 in inversione congiunta con HV-P110, da cui sono stati ottenuti i seguenti valori.

TIPO_GT	SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	Vs med (m/s)	Vs Min (m/s)	Vs max (m/s)
GC ca	MUSbn	TC	350	298	479

GC tf – AC bn - Si tratta di alluvioni ghiaioso-sabbiose riferibili al Pleistocene medio-sommitale. I valori di Vs sono stati ottenuti eseguendo prove MASW 10 in inversione congiunta con HV-P114, da cui sono stati ottenuti i seguenti valori.

TIPO_GT	SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	Vs med (m/s)	Vs Min (m/s)	Vs max (m/s)
GC tf	AC bn	TC	640	516	777

Dal punto di vista geotecnico le ghiaie sabbiose del gruppo GW fd – GC ca – GC tf (nel complesso ghiaie in matrice sabbiosa o limoso sabbiosa più o meno abbondante e di genesi di versante, di conoide alluvionale, fluviale), in relazione alle differenti genesi, presentano caratteri granulometrici, tessiturali, di forma, arrotondamento, di contatto tra i granuli e di composizione diversi tra loro, ma in virtù dei seppur esigui dati e della conoscenza del sito, si ritiene più realistico fornire dati geotecnici di gruppo piuttosto che dati puntuali non rispondenti alla realtà fisica.

$$\gamma \text{ (peso volume)} = 1,9-2,2 \text{ t/mc}$$

$$\phi \text{ (angolo di attrito)} = 26^{\circ}-36^{\circ}$$

da poco addensate a moderatamente addensate

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	49
--	--	----

7.2 Sezioni geologico-tecniche

Sono state prodotte 5 sezioni geologico-tecniche necessarie per la definizione della carta geologico-technica (CGT), della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) e per la determinazione l'input geometrico e geologico per le modellazioni dinamiche.

Nelle sezioni geologico-tecniche passanti per Pioraco capoluogo è evidenziata l'interfaccia tra il substrato sismico e le coperture, responsabile dei principali effetti di amplificazione dell'input sismico. La geometria del fondovalle roccioso è talmente stretta ed profonda con rapporto $h/L > 0,25$ sia lungo la valle del F. Potenza che lungo la valle del T. Scarzito rientrando quindi nelle valli valutabili in analisi 2D.

Il substrato roccioso è stato caratterizzato attraverso misure geo-strutturali speditive relativamente alla litologia e grado di fatturazione; lo stesso rientra in zone stabili con amplificazioni per pendenza della superficie topografica $> 15^\circ$.

Le coperture possono essere distinte come segue.

I depositi fluvio-lacustri sia nella valle del F. Potenza che del T. Scarzito; in entrambi i casi sono schematizzabili in una componente superiore limosa (OH) ed in una sottostante ghiaiosa talora di versante e talora alluvionale, chiaramente con spessori e caratteristiche sismiche diversificabili; nel complesso i depositi presentano spessori totali oscillanti in un range di 6-75 m.

Il deposito di travertino (Calcareous tufa) che si sviluppa al di sotto del centro storico di Pioraco in un'area di circa 75.000 metri quadrati e spessore fino a 70 metri.

I depositi di versante, presenti lungo la valle dello Scarzito, interpretati come accumulo di debris flow e/o paleo frana di crollo, o marginalmente nelle zone di raccordo tra i versanti rocciosi ed il fondovalle.

Di questi terreni di copertura è stato ipotizzato uno spessore minimo e massimo rappresentativi, attraverso l'esecuzione di sezioni geologiche, attraverso l'analisi di sondaggi geognostici ed attraverso il confronto con i risultati delle misure HVSR.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	50
--	--	----

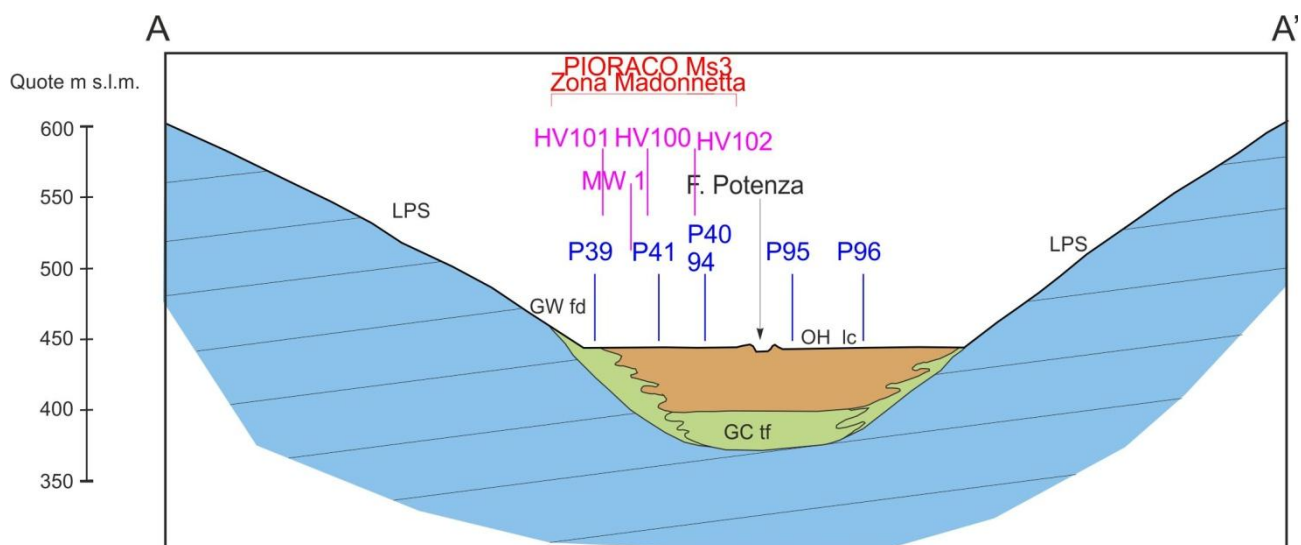


Figura 16 Sezione geologica passante per la valle del F. Potenza, attraverso i depositi fluvio-lacustri.

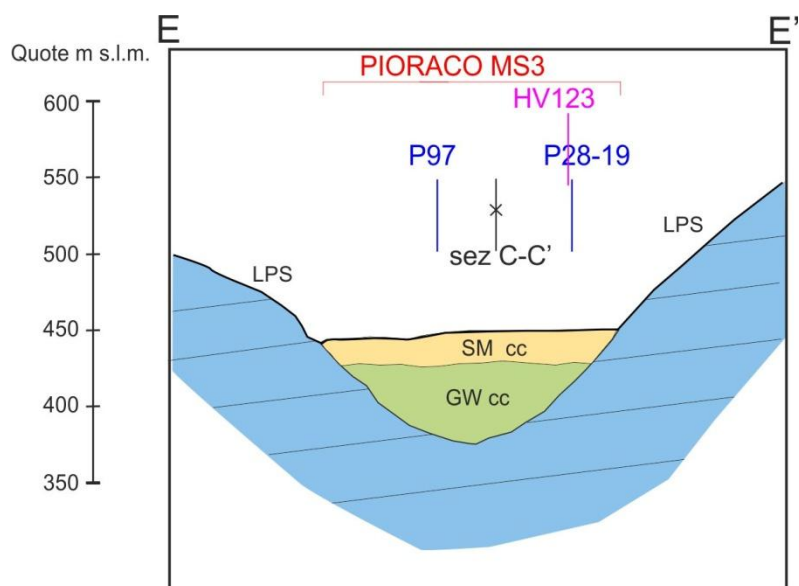


Figura 17 Sezione geologica passante nel centro storico di Pioraco, attraverso il deposito di travertino.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	51
--	--	----

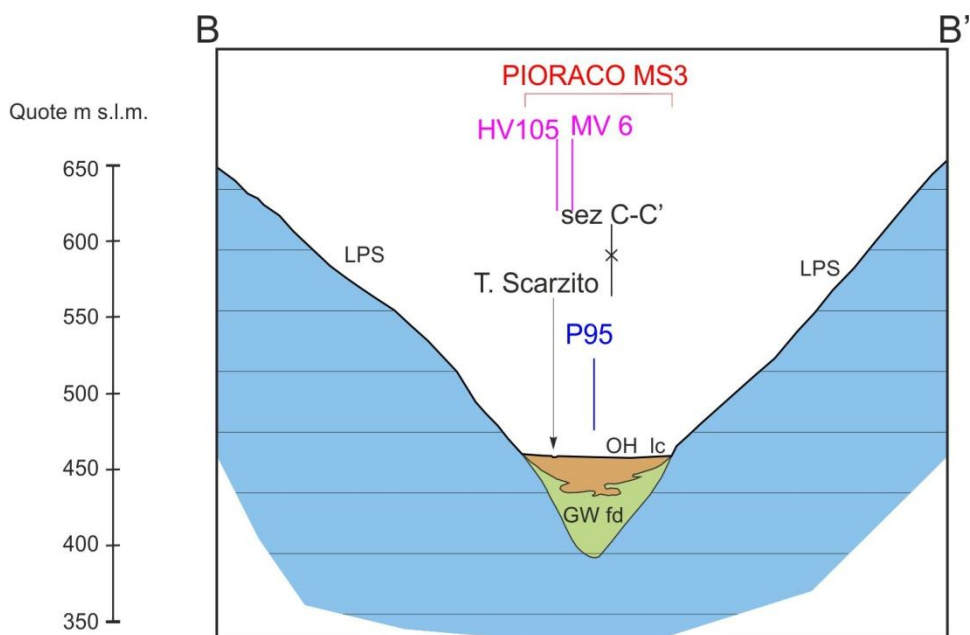


Figura 18 Sezione geologica lungo la valle del T. Scarzito attraverso i depositi fluvio-lacustri.

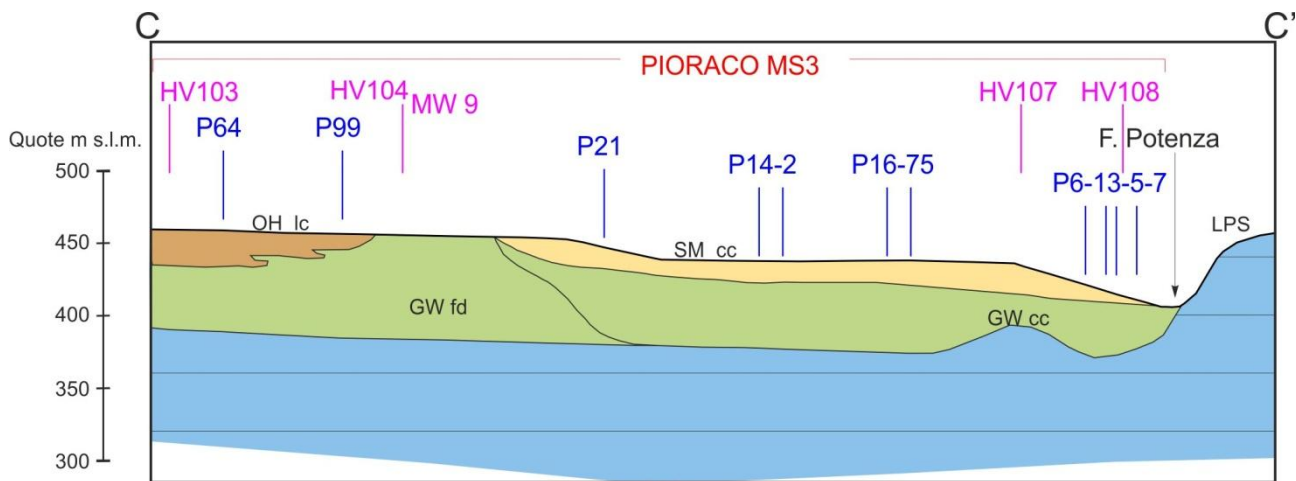


Figura 19 Sezione geologica che collega la valle dello Scarzito con la valle del F. Potenza.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	52
--	--	----

In corrispondenza dell'area MS3 di Seppio il rilievo geologico di superficie unitamente ad alcune misure HVSR e MASW ci induce a considerare che una interfaccia risonante sia posta al passaggio la litofacies pelitico-arenacea della Formazione di Camerino ed il sottostante Schlier.

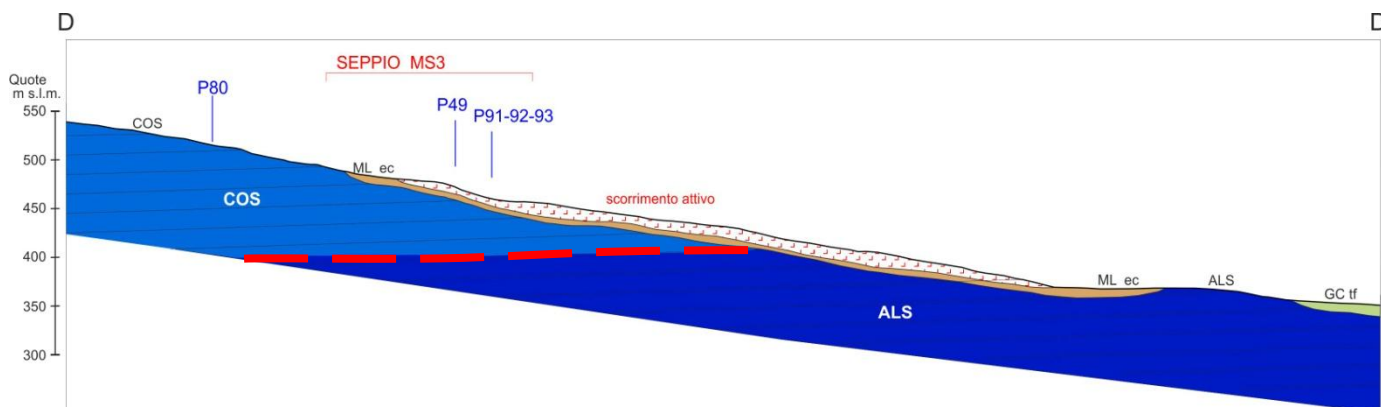


Figura 20 Sezione geologica passante per la frazione Seppio.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	53
--	--	----

7.3 Mops: caratterizzazione

Nella seguente tabella sono sintetizzate le MOPS individuate, con spessore minimo e massimo delle unità geologico-tecniche (tipo_GT), con la profondità del substrato sismico, la suddivisione in terreni di copertura (TC), substrato geologico (SG) e substrato sismico (SS) e le velocità Vs media, minima e massima riscontrate.

COMUNE	MOPS	SPESSORE MIN (m)	SPESSORE MAX (m)	PROFONDITA' BEDROCK MIN (m)	PROFONDITA' BEDROCK MAX (m)	TIPO_GT	SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	Vs med (m/s)	Vs Min (m/s)	Vs max (m/s)
PIORACO	2001	40	80	40	80	COS	FCle	SG	550	403	620
						ALS	SCH	SS	850	810	910
	2002	1	15	1	15	ALS	SCH	SG	510	501	523
						ALS	SCH	SS	850	810	910
	2003	5	20	6	70	SM cc	MUSf1	TC	250	182	344
		1	50			GW cc	MUSf1	TC	400	245	589
						LPS	MAS	SS	1150	899	1388
	2004	5	70	5	70	GW fd	MUSa	TC	600	223	967
						LPS	MAS, COI	SS	1150	899	1388
	2005	40	50	60	70	OH lc	MUSE2	TC	170	106	243
		10	30			GC tf	MUSa	TC	320	289	357
						LPS	MAS, COI	SS	1150	899	1388
	2006	5	25	6	75	OH lc	MUSE2	TC	250	207	320
		1	45			GW fd	MUSa	TC	600	556	647
						LPS	MAS, COI	SS	1150	899	1388
	2009	10	30	10	30	GC ca	MUSbn	TC	350	298	479
						LPS	COI	SS	1150	899	1388
	2010	10	20	11	25	ML ec	MUSb2	TC	180	134	223
		1	15			ALS	SCH	SG	510	501	523
						ALS	SCH	SS	850	810	910
	2011	3	15	3	15	GC tf	AC bn	TC	640	516	777
						ALS	SCH	SS	850	810	910
	2012	3	10	45	85	ML ec	MUSb2	TC	200	197	217
		40	80			COS	FCle	SG	550	403	620
			ALS			SCH	SS	850	810	910	
2013	5	45	6	60	OH lc	MUSE2	TC	170	106	243	
	1	25			GC tf	MUSa	TC	320	289	357	
					LPS	MAS, COI	SS	1150	899	1388	
2014					LPS	MAS, COI	SS	1150	899	1388	

Di seguito si riportano i log stratigrafici delle mops individuate

PIORACO

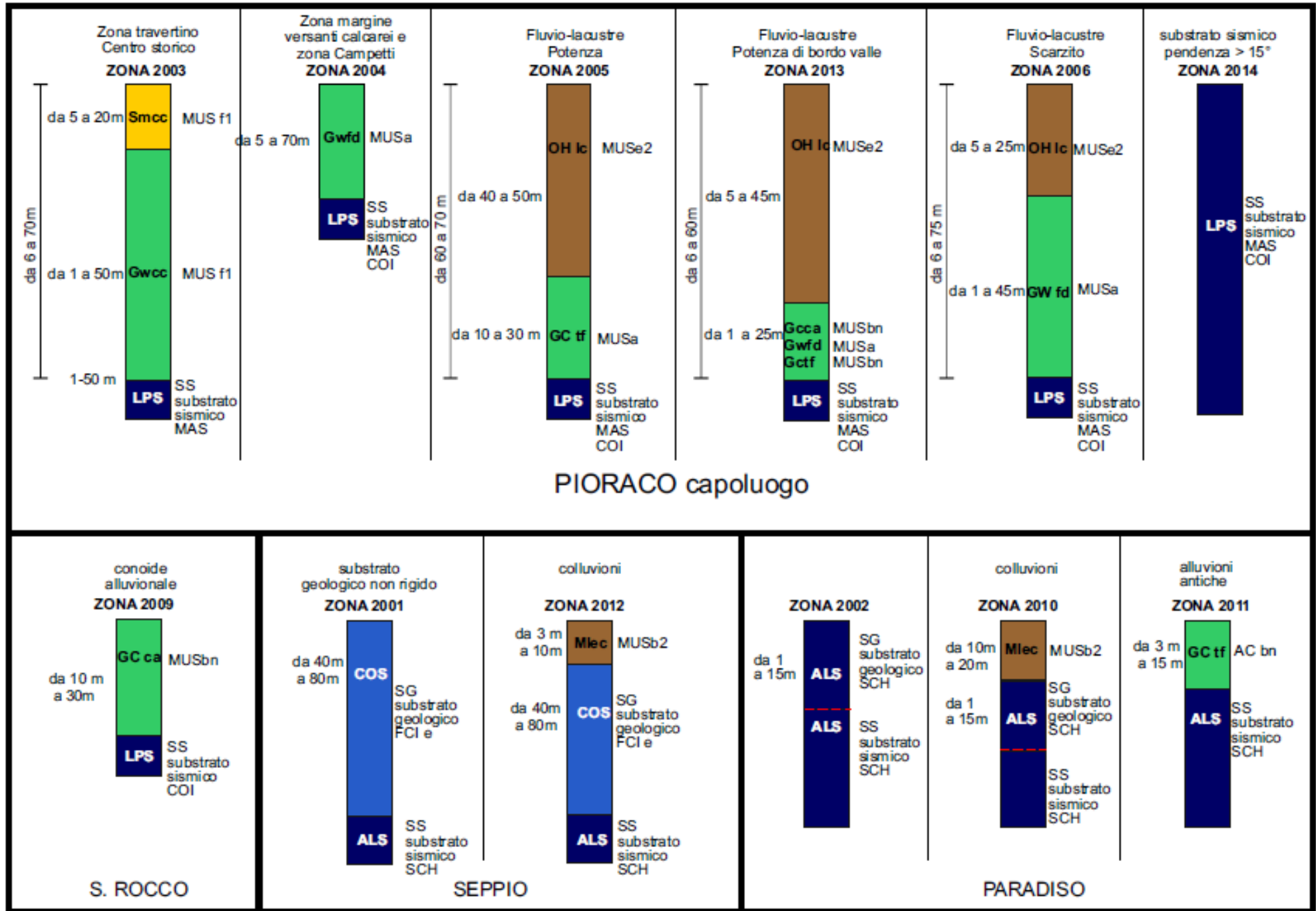


Figura 21 Colonne stratigrafiche rappresentative della microzona di riferimento.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	1
--	--	---

Nella figura seguente sono riportati i risultati della modellazione 2D.

	FA (0.1-0.5 s)	FA (0.4-0.8 s)	FA (0.7-1.1 s)
P39	1.3	1.4	1.3
P40	1.6	2.1	1.6
P41	2.3	3.1	2.0
P42	1.5	1.9	1.6

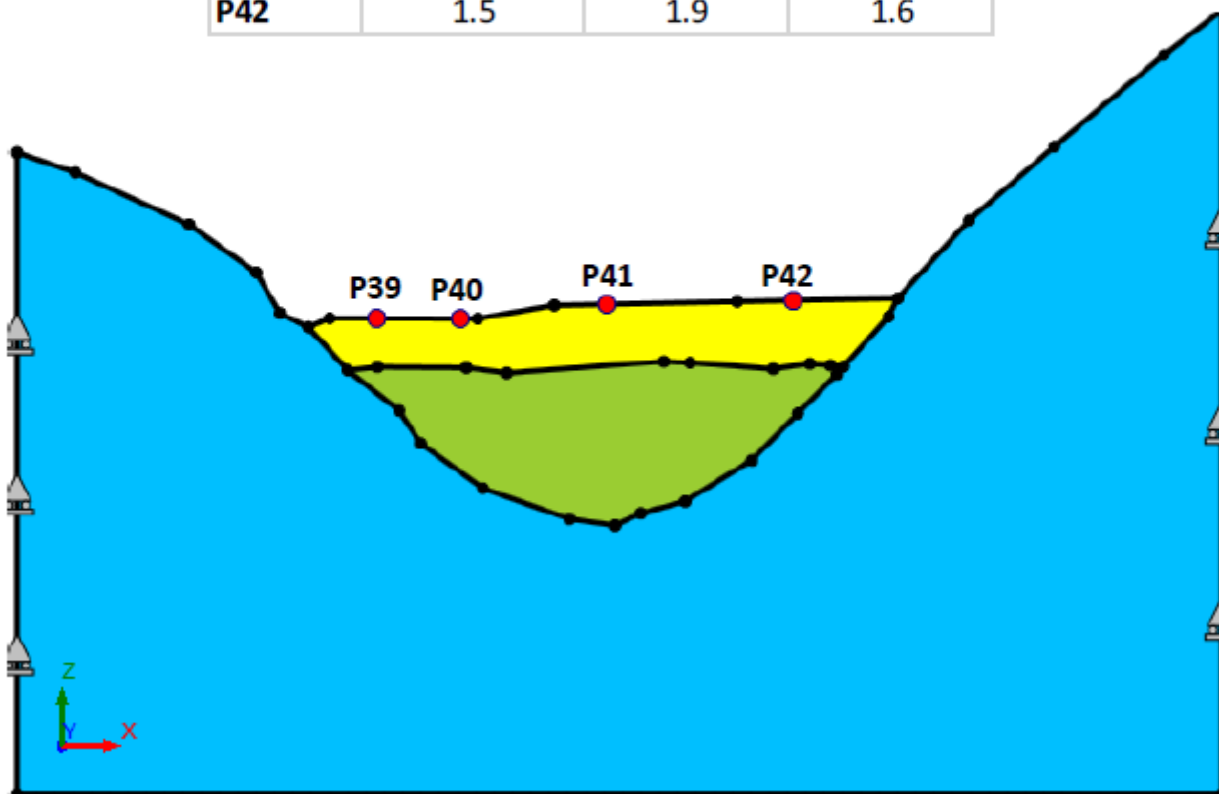


Figura 22 Risultati della modellazione 2D lungo la sezione di verifica E-E'.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	2
--	--	---

Nella seguente tabella è riportato il riepilogo di valori Fa calcolati con analisi 1D nei diversi intervalli di periodo per ogni microzona.

MOPS	FA 01-05	FA 04-08	FA 07-1.1
2001	1.28	1.36	1.24
2002	1.06	1.01	1.01
2003	1.53	1.79	1.78
2004	1.33	1.35	1.24
2005	1.49	1.91	2.09
2006	2.17	1.78	1.45
2009	1.67	1.6	1.36
2010	1.27	1.9	1.93
2011	1.06	1.01	1.01
2012	1.65	1.59	1.38
2013	1.83	2.43	2.47

Di seguito ogni MOPS sarà discussa in dettaglio a seconda dell'appartenenza alle aree stabili, stabili con amplificazione ed instabili.

Per ogni MOPS in particolare verrà riportato un log rappresentativo, i valori di Vs (med, min, max) ottenuti e le prove geofisiche eseguite nella microzona.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	3
--	--	---

7.3.1 Aree stabili suscettibili di amplificazione

7.3.1.1 Zona 2001

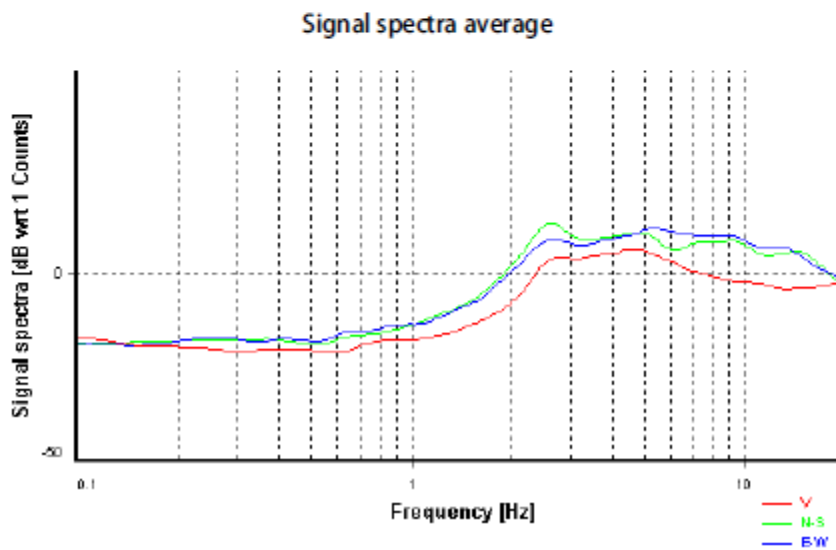
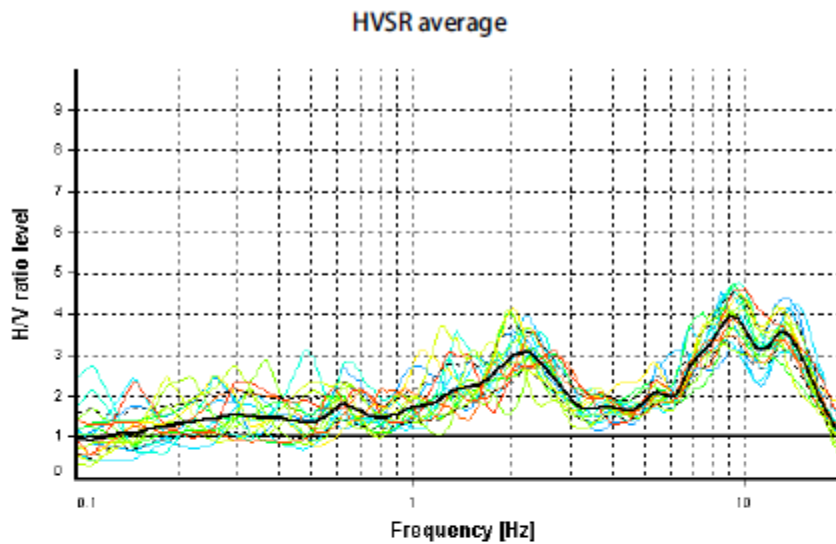
SG su SS – COS su ALS

E' la zona in cui è affiorante o sub-affiorante (con copertura e/o alterazione < 3 m) l'associazione pelitico-arenacea della Formazione di Camerino (FCI e-COS). Questa zona è presente in una limitata porzione delle zone di cresta nel solo nucleo abitato di Seppio.

<p>ZONA 2001</p> <p>da 40m a 80m</p>	<p>Vs (m/s) Vsmed = 550 Vsmin = 403 Vsmax = 620</p>	<p>HVSR HV P117 (EX18)</p>	<p>MASW MW 4</p>
	<p>Vs (m/s) Vsmed = 850 Vsmin = 810 Vsmax = 910</p>		

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	4
--	--	---

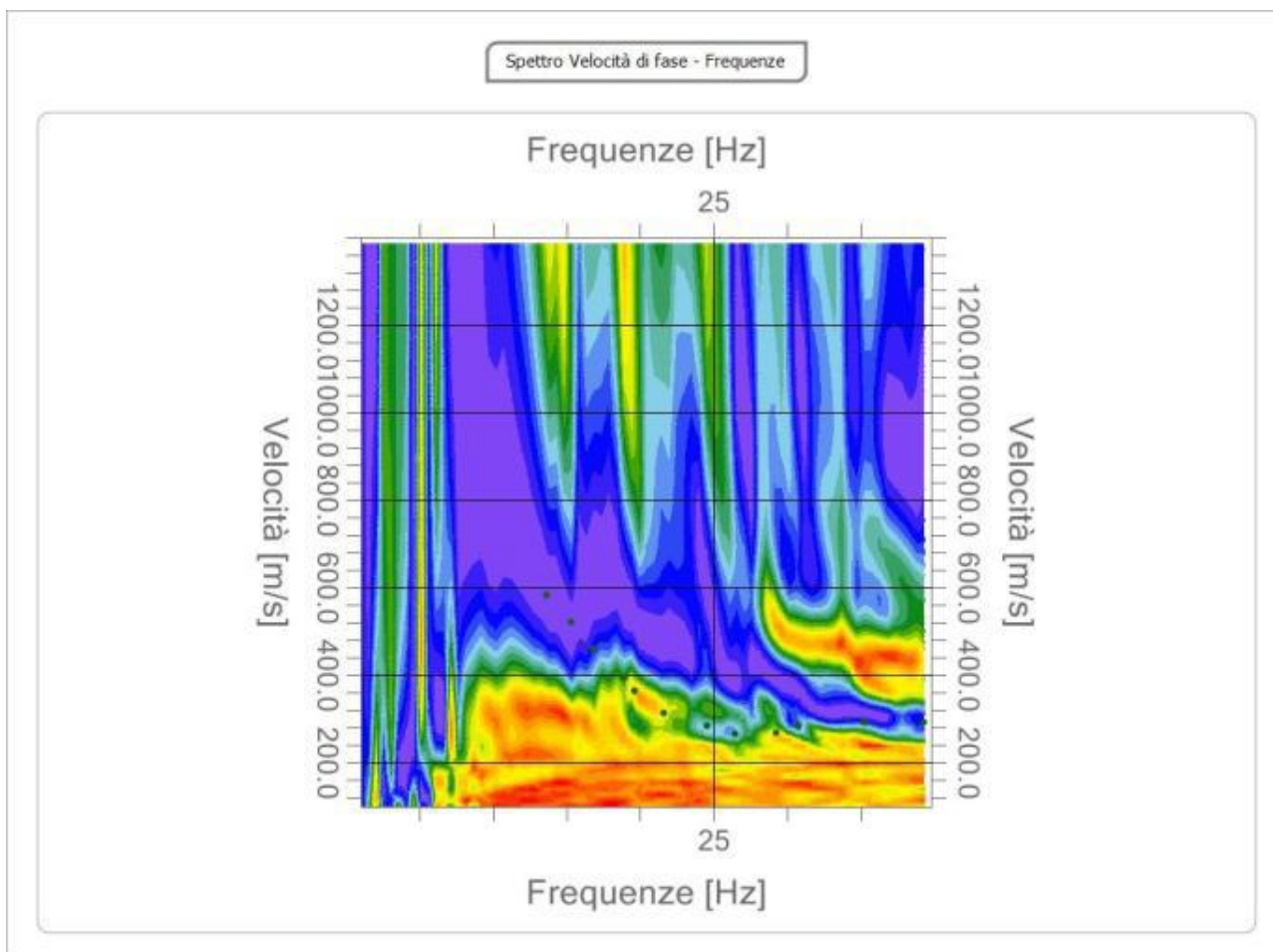
La curve H/V P117 presenta un picco con F0 a 9,6 Hz.



Detto picco può essere associato alla presenza locale di riporto, legato alle abitazioni adiacenti; in riferimento al picco a 2,2 Hz, nonostante possa essere riferito a disturbo, occorre ricordare che in questa area di Seppio spesso le misure HV hanno mostrato queste frequenze e non sempre legate a disturbo, frequenze che possono essere correlate al passaggio tra la litofacies pelitico-arenacea ed il sottostante Schlier, presente a profondità, stimate in base al rilievo geologico e relative sezioni, da 40 a 80 m.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	5
--	--	---

Dalla MASW 4 (L5) eseguita in questa zona è stato ricavato il seguente spettro delle velocità di fase e curva di dispersione con margine di errore pari al 10%.



Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	Std. Dev
13.65	583.16	58.32
15.32	521.77	52.18
16.83	460.37	46.04
18.90	393.63	39.36
19.61	364.27	36.43
21.60	313.55	31.36
24.54	284.19	28.42
26.45	265.50	26.55
29.24	268.17	26.82
30.75	284.19	28.42
35.20	292.20	29.22
39.26	292.20	29.22

Tab.3: Curva di dispersione ed intervallo di confidenza.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	6
--	--	---

L'analisi in inversione congiunta con la HVSR P117 (ex HV 18) eseguita su tre modellazioni ha fornito i seguenti valori.

Spessore min (m)	Spessore max (m)	Profondità min(m)	Profondità max(m)	VP min (m/sec)	VP max(m/sec)	VS min (m/sec)	VS max (m/sec)	Density min (kg/m ³)	Density max (kg/m ³)
5	5	5	5	504	523	251	253	1830	1966
35	45	40	50	1309	1538	540	577	2027	2067
22	30	63	75	1199	1899	558	616	2068	2162
semispazio	-	-	-	2017	2990	935	1118	2074	2176

Tab.8: Parametri di output medi sulle modellazioni effettuate.

Di seguito si riporta come esempio il best fitting della modellazione 3.

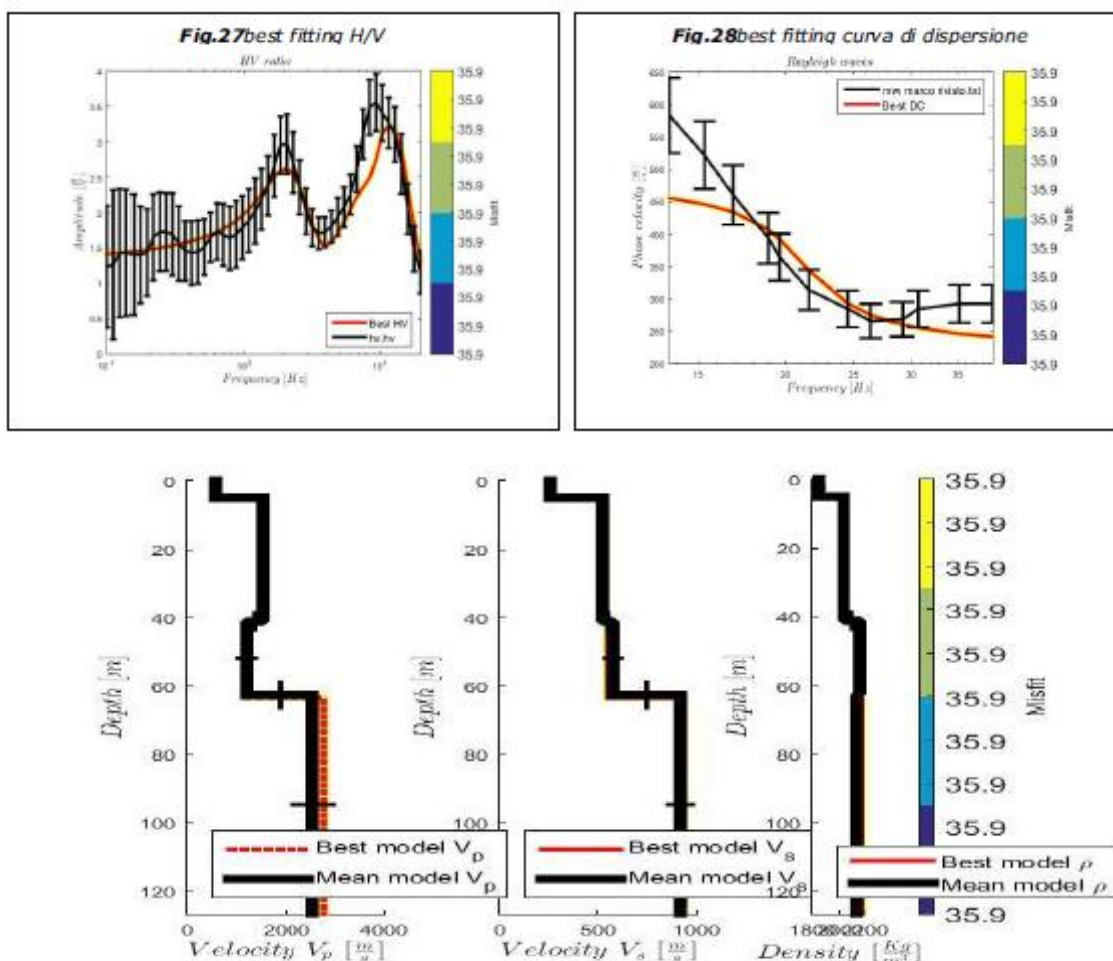


Fig. 29: best fitting velocità P, S e densità calcolati

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	7
--	--	---

Per questa zona le analisi 1 D hanno fornito i seguenti valori.

MOPS	FA 01-05	FA 04-08	FA 07-1.1
2001	1.28	1.36	1.24

L'edificato in questa zona ha subito localmente danni.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	8
--	--	---

7.3.1.2 Zona 2002

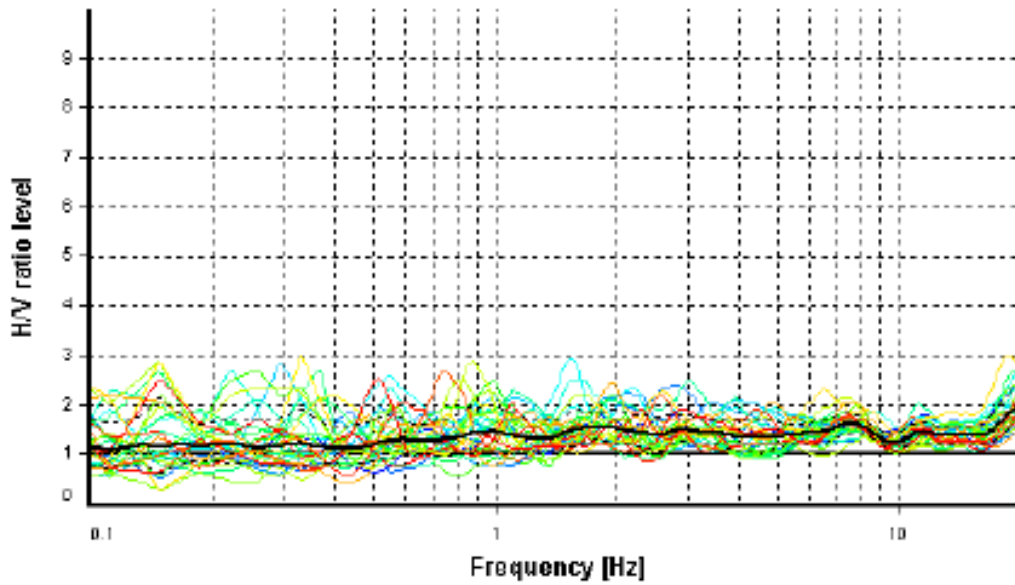
SG su SS – ALS

Si tratta di una piccolissima zona nel margine nord di Paradiso, in cui ricade un'abitazione. E' la zona in cui è affiorante o sub-affiorante (con copertura e/o alterazione < 3 m) la Formazione dello Schlier classificato come ALS. Lo stesso costituisce un ammasso roccioso fratturato, in generale con $a \neq b \neq c$, in cui le fratture sistematiche e pervasive e sono costituite da giunti di strato, fratture di tensione, di taglio e clivaggio.

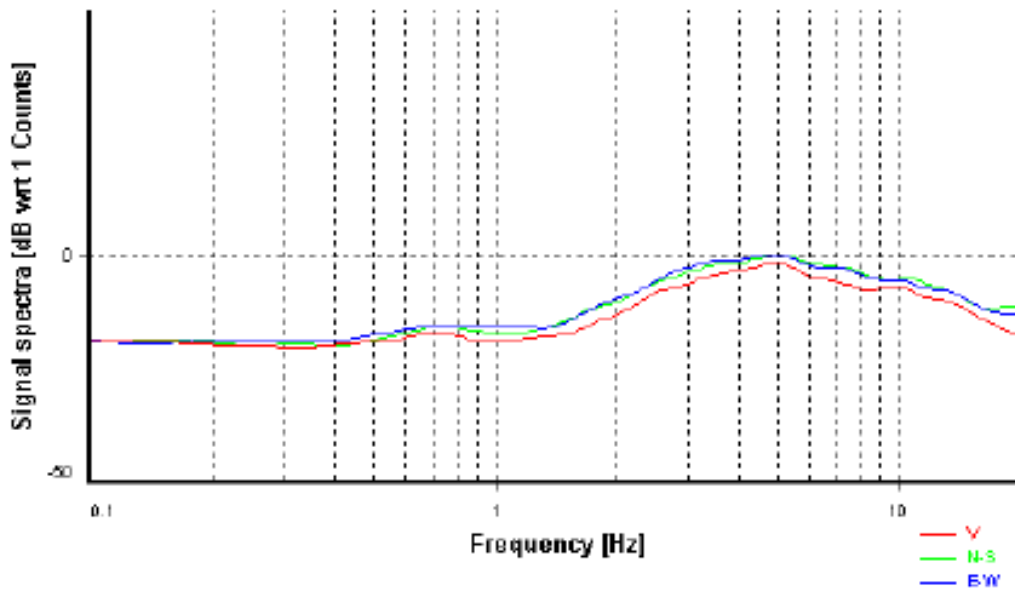
<p>ZONA 2002</p> <p>da 1 a 15m</p>	<p>Vs (m/s) Vsmed = 510 Vsmin = 501 Vsmax = 523</p>	<p>HVSR HV P112 (EX13)</p> <p>MASW</p>
	<p>Vs (m/s) Vsmed = 850 Vsmin = 810 Vsmax = 910</p>	

La prova HVSR eseguita P112 è risultata priva di picco.

HVSR average



Signal spectra average



Come già esposto data la carenza di spazio materiale per l'esecuzione della prova MASW, i valori di V_s sono stati ottenuti da altre MASW in cui lo Schlier è presente al di sotto di coperture; MASW 5 in inversione congiunta con HV-P113 e MASW 10 in inversione congiunta con HV-P114.

Per questa zona le analisi 1 D hanno fornito i seguenti valori.

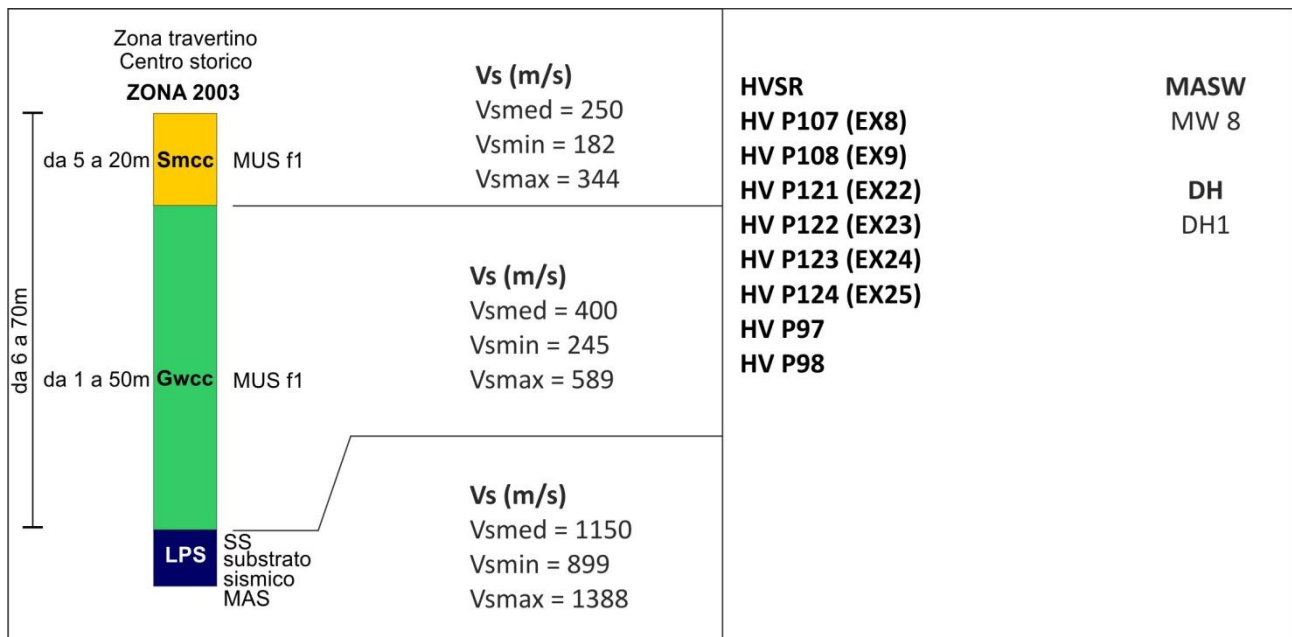
MOPS	FA 01-05	FA 04-08	FA 07-1.1
2002	1.06	1.01	1.01

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	10
--	--	----

7.3.1.3 Zona 2003

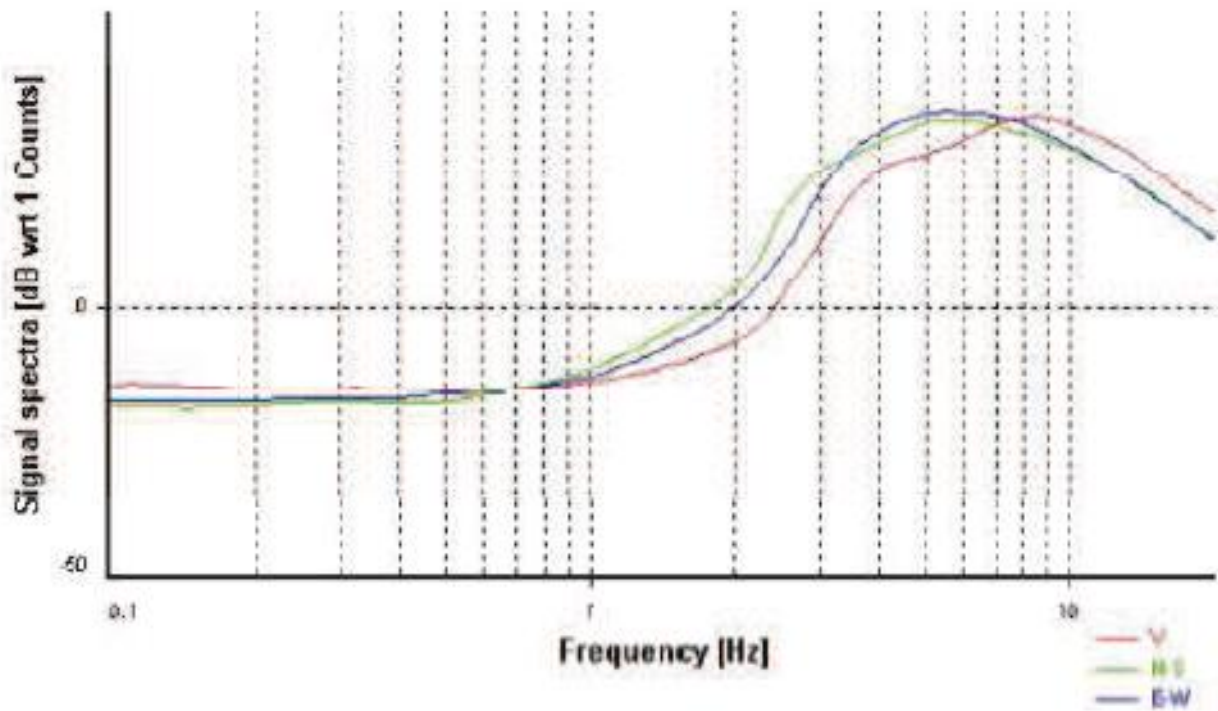
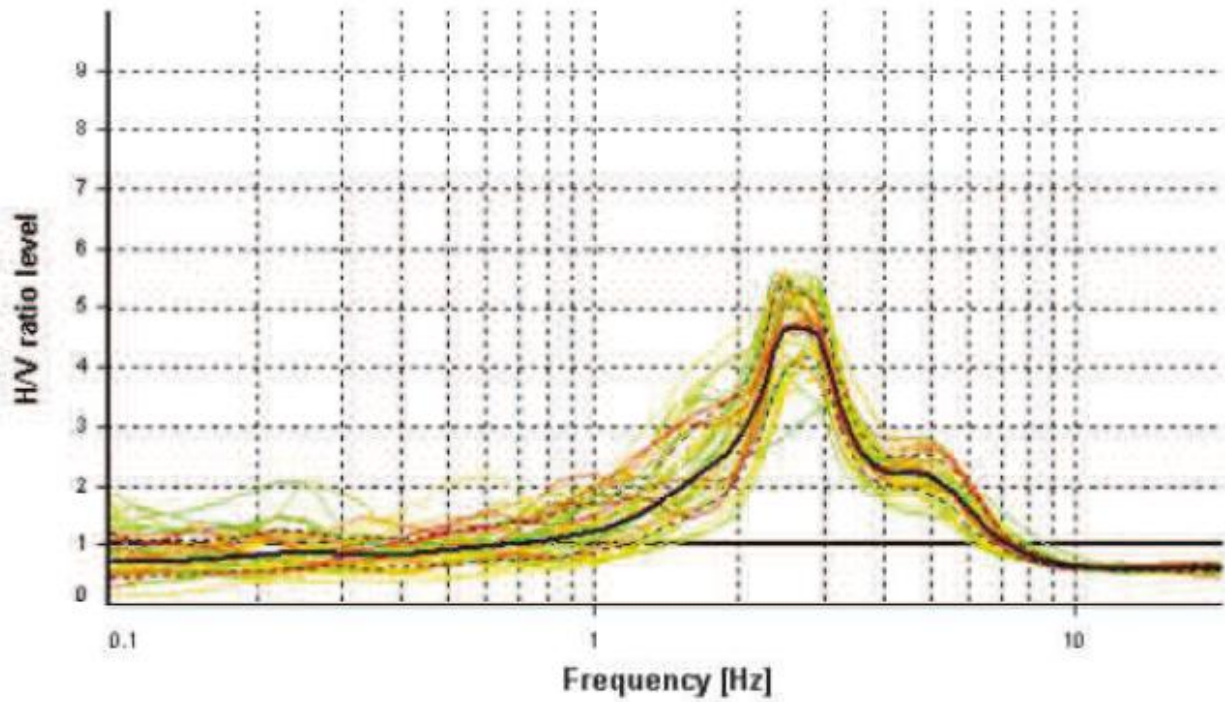
TC su SS – SMcc su GWcc su LPS

Si tratta dei depositi di travertino nel centro storico di Pioraco costituiti da sabbie e sabbie limose carbonatiche (SMcc), poggianti su travertino fitoermale e detritico a luoghi cementato (GWcc), a sua volta poggianti sulla Formazione del Calcere massiccio.



Sono state eseguite diverse misure HVSR nell'ambito di tutta la zona, la maggior parte delle quali ha mostrato frequenze variabili nel range 2,4-3,5 Hz, in relazione al contrasto d'impedenza tra il deposito stesso ed il sottostante Calcere massiccio.

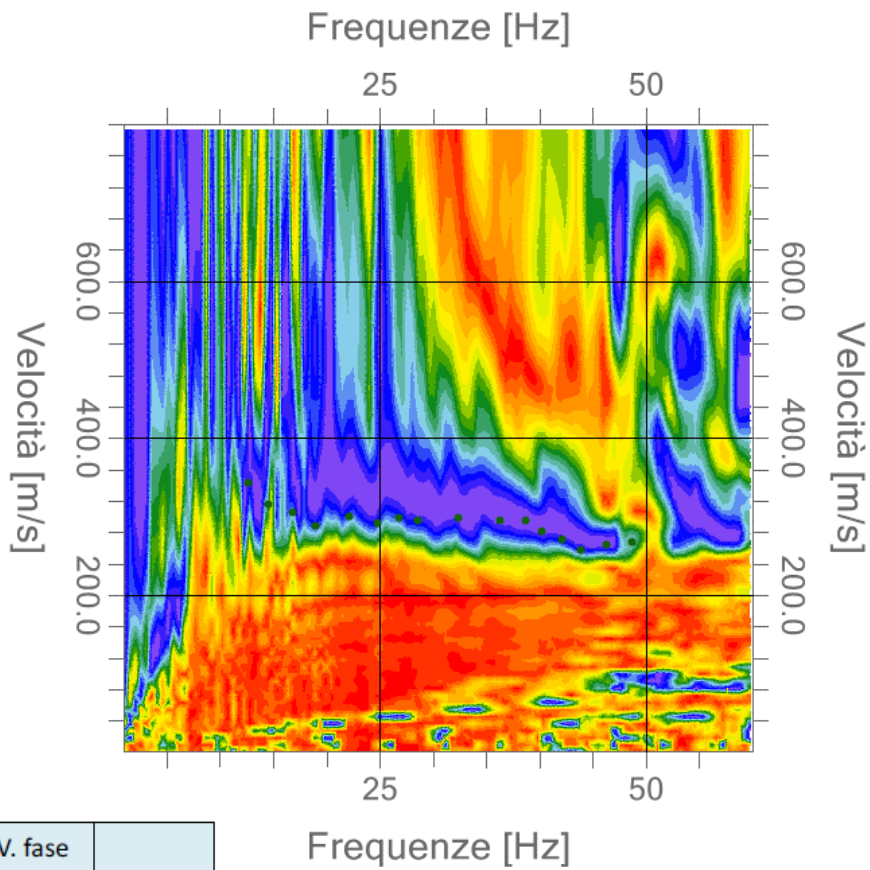
Di seguito è riportato un esempio di un rapporto H/V della zona (P123) con F0=2,6 Hz.



Alcune misure, pur rimarcando frequenze comparabili a quella mostrata, presentano segnali con direzionalità, soprattutto se eseguite in prossimità delle pareti rocciose.

Dalla MASW 8 (L8) eseguita in questa zona sono stati ricavati il seguente spettro delle velocità di fase e la curva di dispersione con margine di errore pari al 10%.

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	Std. Dev
12.71	342.53	55
14.59	316.39	40
16.83	305.19	40
18.98	288.39	35
22.12	299.59	32
24.8	292.12	30
26.77	297.72	25
28.66	295.85	25
32.42	297.72	25
36.27	295.85	25
38.69	295.85	25
40.21	280.92	25
42.09	271.58	20
43.88	256.65	20
46.3	264.11	25
48.9	279.05	25

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	13
--	--	----

L'analisi in inversione congiunta con la HVSR P123 (ex HV 24) eseguita su tre modellazioni ha fornito i seguenti valori.

Spessore min (m)	Spessore max (m)	Profondità min(m)	Profondità max(m)	VP min (m/sec)	VP max(m/sec)	VS min (m/sec)	VS max (m/sec)	Density min (kg/m ³)	Density max (kg/m ³)
1	15	15	15	503	944	299	299	1841	1877
2	20	31	35	973	1384	507	589	1868	2092
31	48	62	83	1116	2296	687	1145	2000	2188
semispazio	-	-	-	1324	2402	751	1490	2003	2184

Di seguito si riporta come esempio il best fitting della modellazione 1.

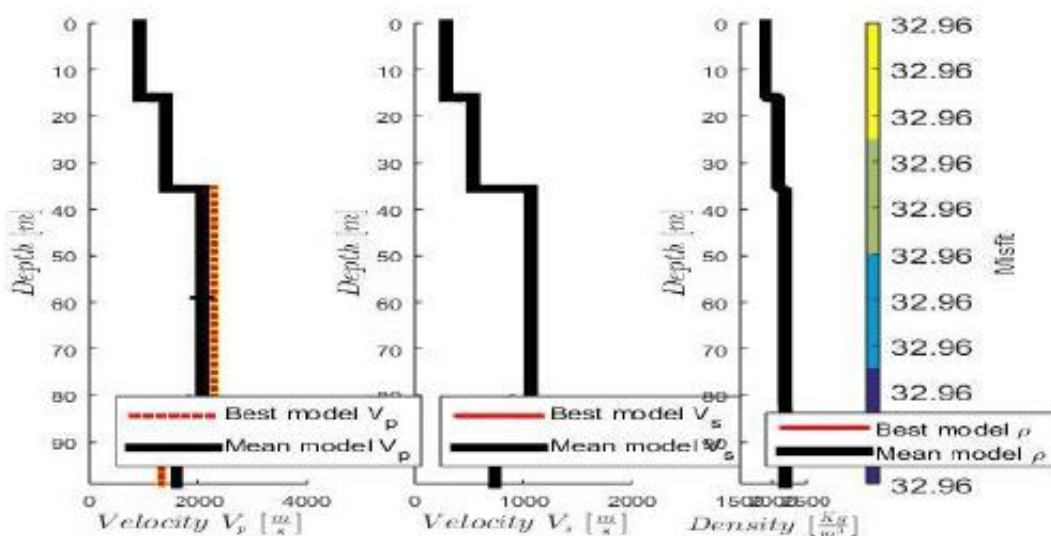
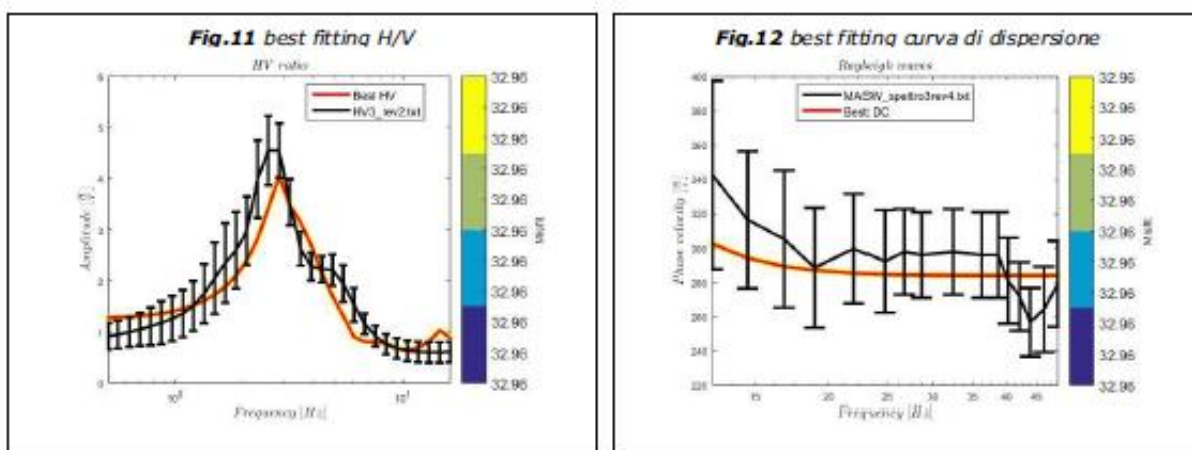
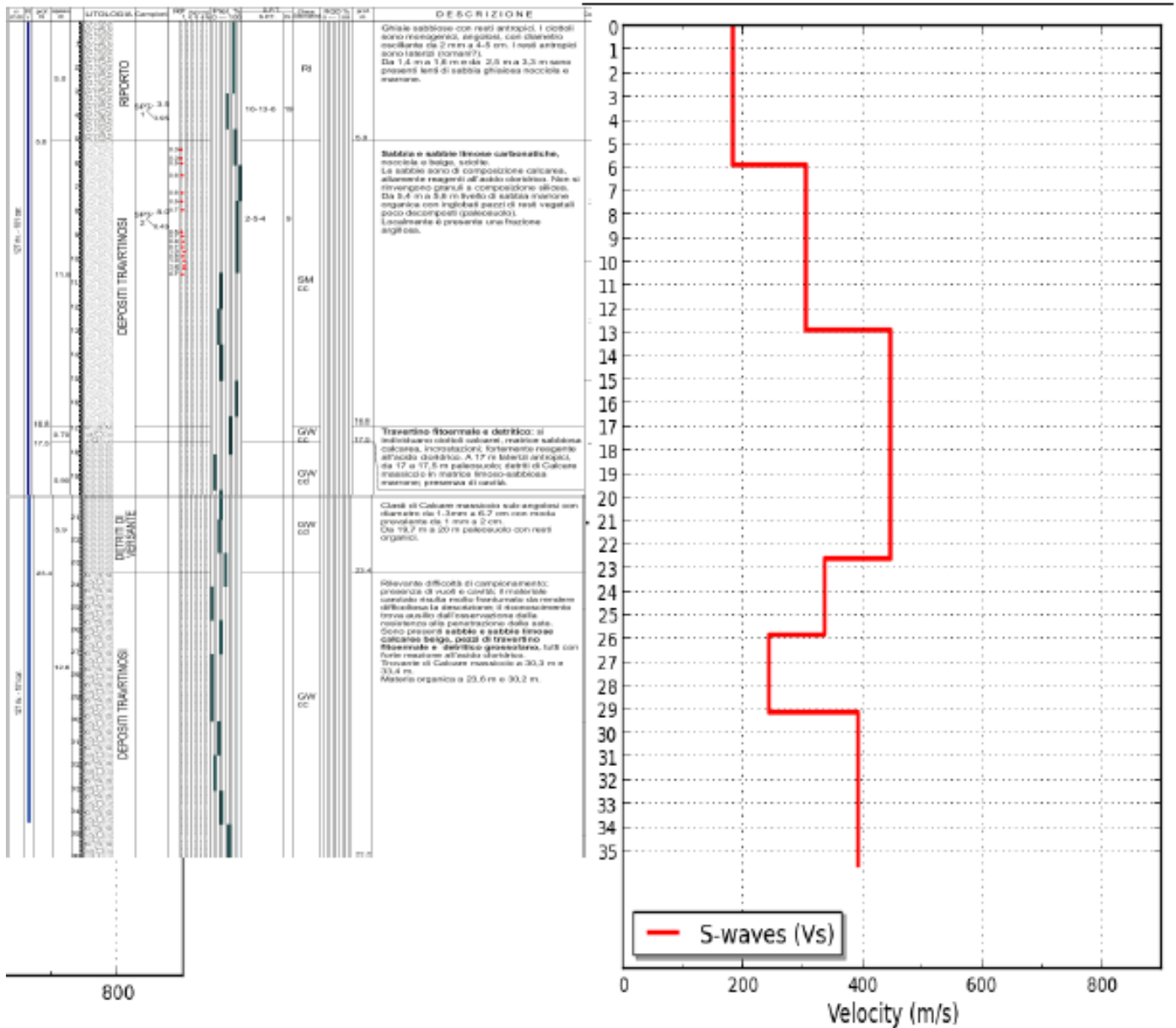


Fig. 13: best fitting velocità P, S e densità calcolati

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	14
--	--	----

I dati ottenuti si correlano abbastanza bene con i risultati della prova DH eseguita proprio in questa zona.

Vs Domocrone:



Vs Domocrone:		
z(m)	h(m)	Vs(m/s)
5.9	5.9	184
12.9	7.0	305
22.6	9.7	447
25.9	3.3	336
29.2	3.3	245
>35.6	>6.5	394

Anche in questo caso risultano due range di velocità, l'uno riferito alle sabbie carbonatiche superiori, l'altro al travertino sottostante. Vi è da dire che all'interno del deposito, data la sua genesi, sono presenti cavità (primarie e secondarie) che, oltretutto, hanno reso difficoltosa sia la perforazione che le fasi di condizionamento del foro di sondaggio. Non solo, il campionamento

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	15
--	--	----

di tali litologie è spesso disturbato in quanto il materiale piuttosto friabile e poroso, difficilmente può essere campionato integro, in special modo sotto falda. Purtroppo il substrato del Calcere massiccio non è stato raggiunto in quanto, date le pareti sub-verticali della roccia, a poca distanza dalle pareti stesse si raggiungono notevoli profondità superiori ai 35 m imposti dal disciplinare.

I valori FA calcolati in analisi 1 D hanno fornito i seguenti risultati:

MOPS	FA 0,1-0,5	FA 0,4-0,8	FA 0,7-1,1
2003	1.53	1.79	1.78

I valori FA calcolati in analisi 2 D hanno fornito i seguenti risultati:

	FA 0,1-0,5	FA 0,4-0,8	FA 0,7-1,1
P39	1.3	1.4	1.3
P40	1.6	2.1	1.6
P41	2.3	3.1	2.0
P42	1.5	1.9	1.6

Considerando come già esposto che l'interfaccia tra le coperture ed il substrato sismico è responsabile dei principali effetti di amplificazione dell'input sismico e che la geometria del fondovalle roccioso è talmente stretta ed profonda risultando meglio valutabile in analisi 2D ($h/L > 0,25$) si adottano i valori di FA risultanti da questa ultima analisi. Ciò anche ai fini cautelativi tanto che in questa zona si sono verificati molti danni con strutture inagibili.

Pertanto per tale zona risulta:

MOPS	FA 0,1-0,5	FA 0,4-0,8	FA 0,7-1,1
2003	2.3	3.1	2.0

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	16
--	--	----

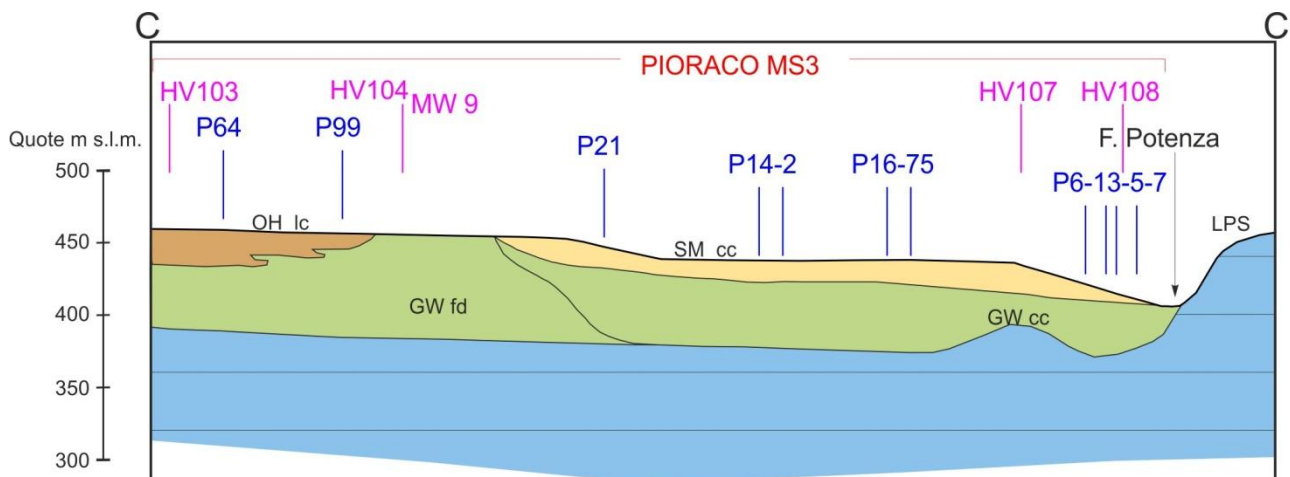
7.3.1.4 Zona 2004

TC su SS – GW fd su LPS

Si tratta di ghiaie pulite con granulometria assortita, anche della dimensione dei blocchi, poggianti sulla Formazione del Calcarea massiccio. Lo spessore delle ghiaie varia da 5 a 70 m.

Questa zona presenta incertezze in quanto mancano dati geognostici; pertanto il modello geologico deriva da osservazioni di campagna, da ricerche storiche, da correlazioni con siti analoghi e dalla ricostruzione della storia geologica di Pioraco durante l'Olocene. In sostanza questa è l'area in cui (secondo quanto descritto in par. 4.3) si sono verificati fenomeni di crollo e scivolamenti di detrito che hanno ostruito la valle dello Scarzito. Con fenomeni di questo tipo con GW si intende un insieme di ghiaie e blocchi monogenici, derivanti tutti dalla stessa roccia madre: il Calcarea massiccio.

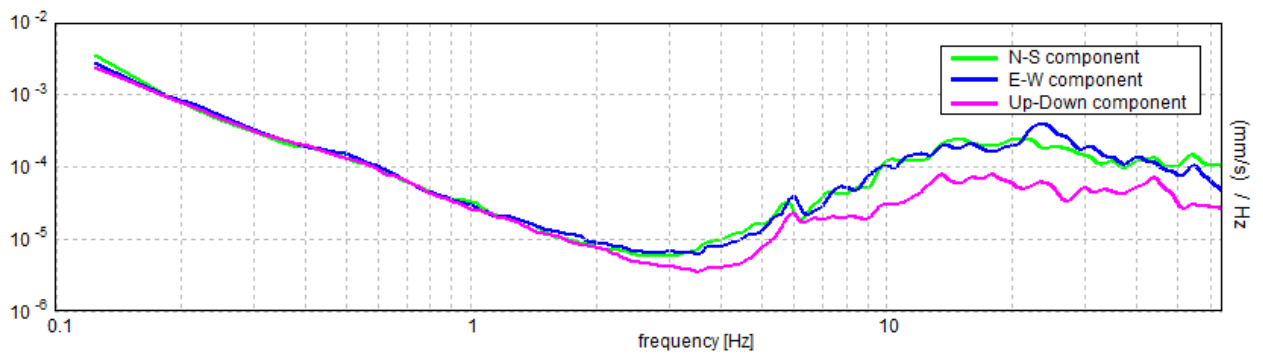
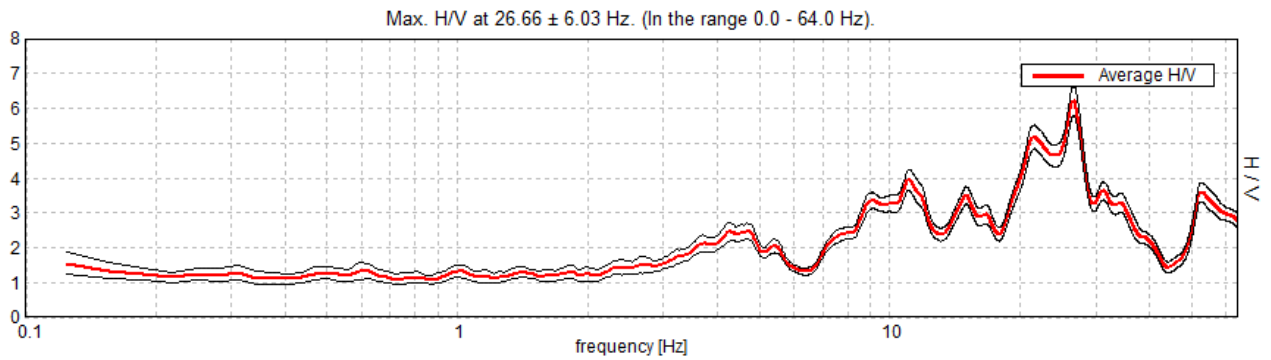
Zona margine versanti calcarei e zona Campetti ZONA 2004 da 5 a 70m Gwfd MUSa	Vs (m/s) Vsmed = 600 Vsmin = 223 Vsmax = 967	HVSR HV P104 (EX5) HV P119 (EX20) HV P120 (EX21)	MASW MW 9
	LPS SS substrato sismico MAS COI	Vs (m/s) Vsmed = 1150 Vsmin = 899 Vsmax = 1388	



Le misure H/V sono state ripetute più volte (sia con Sara che con Tromino) ottenendo

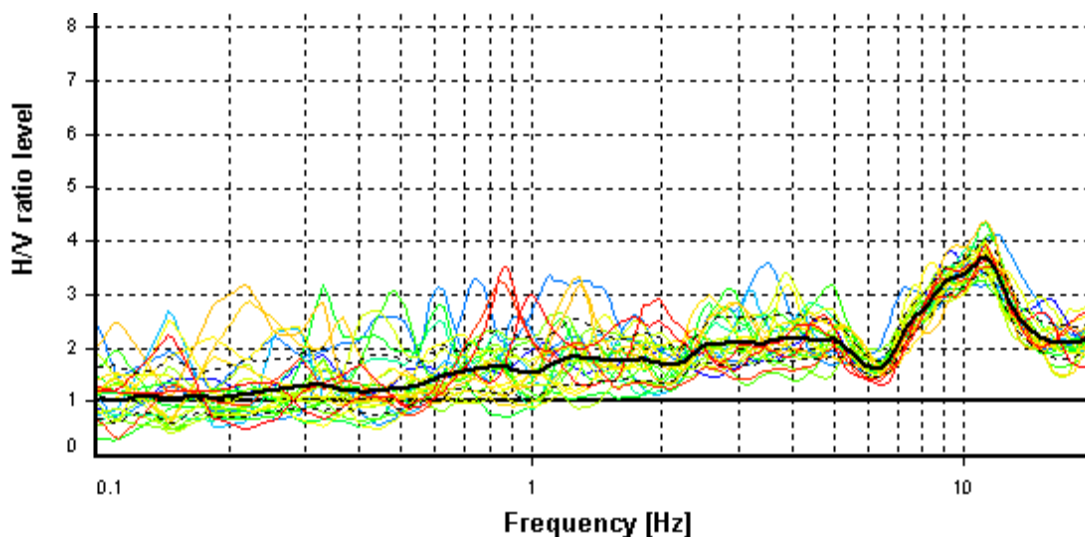
ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	17
--	--	----

sempre lo stesso risultato. Di seguito si riporta l'HVSR – P119.

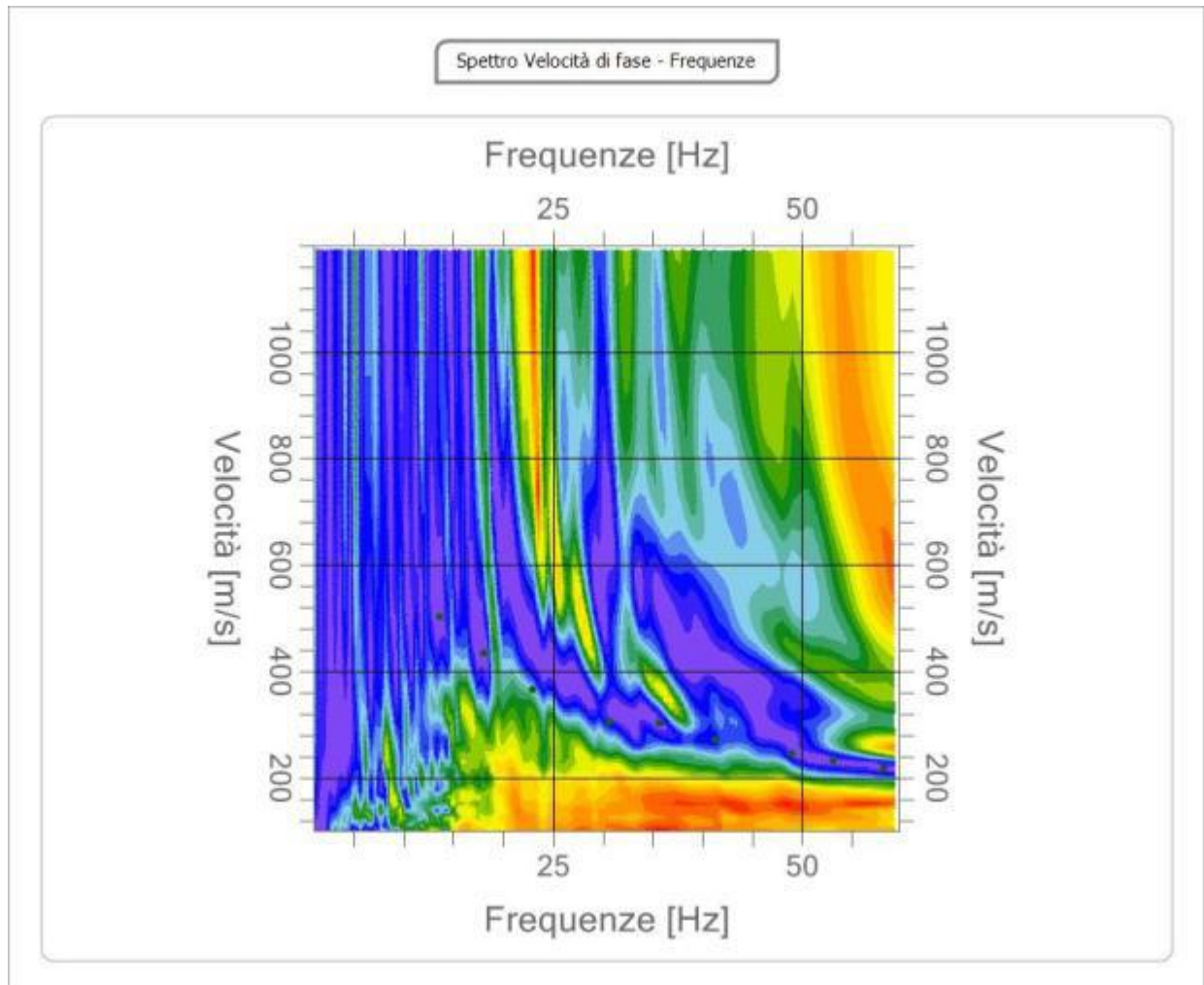


A parte i picchi alle alte frequenze legate a sottili spessori di riporto, si evidenzia un aumento del rapporto H/V a 4-4,5 Hz (considerando entrambe le prove eseguite), ma non riscontra un contrasto netto ed un'ampiezza rilevante.

Di seguito si riporta per confronto l'H/V del P104 eseguita sullo stesso sito.



Dalla MASW 9 (L9) eseguita in questa zona sono stati ricavati il seguente spettro delle velocità di fase e la curva di dispersione con margine di errore pari al 10%.



Freq. [Hz]	V. fase [m/s]
13.60	502.78
18.02	434.48
22.93	366.17
30.62	304.93
35.66	302.57
41.33	271.95
49.02	246.04
53.18	231.91
58.22	217.77

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	19
--	--	----

L'analisi in inversione congiunta con la HVSr P104 (ex HV 5) eseguita su tre modellazioni ha fornito i seguenti valori.

Spessore min (m)	Spessore max (m)	Profondità min(m)	Profondità max(m)	VP min (m/sec)	VP max(m/sec)	VS min (m/sec)	VS max (m/sec)	Density min (kg/m ³)	Density max (kg/m ³)
1	3	2	3	402	518	223	233	1949	1992
2	8	9	11	659	728	419	463	1874	1952
35	47	44	57	1435	1624	834	967	1984	2052
13	29	57	86	1957	2742	836	1171	2093	2128
semispazio	-	-	-	2373	3592	1372	1429	2016	2075

Di seguito si riporta come esempio il best fitting della modellazione 3.

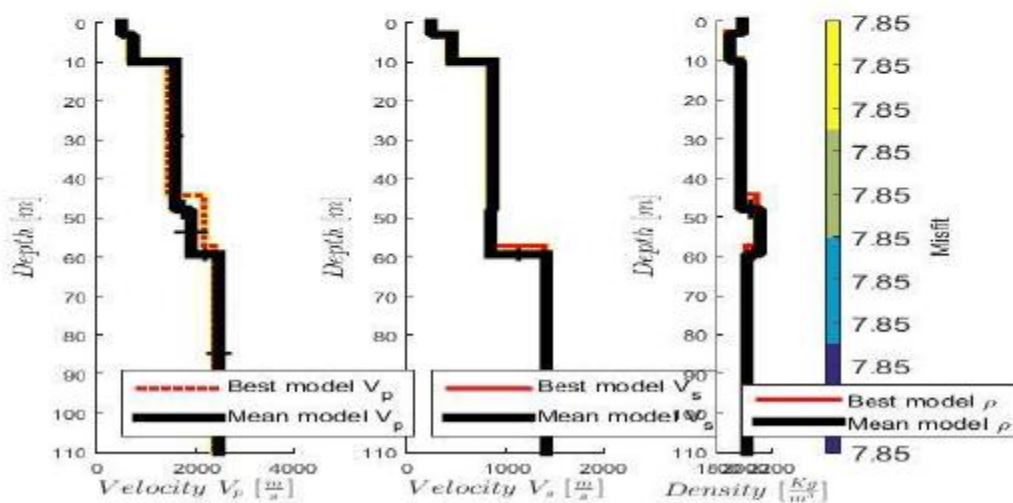
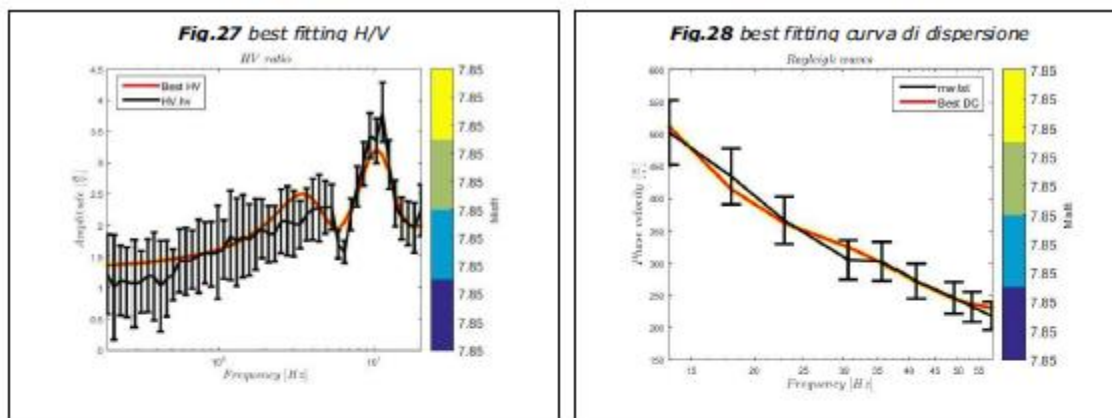


Fig. 29: best fitting velocità P, S e densità calcolati

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	20
--	--	----

Le velocità riscontrate e la curva H/V possono concordare con il modello geologico ipotizzato e quindi con la presenza di detriti e blocchi a velocità sostenuta poiché comunque derivanti dalla stessa roccia madre del Calcarea massiccio di cui è composto il fondo della valle sepolta, con un probabile contatto dai 45 ai 60 m (in considerazione che le prove non sono state eseguite nel depocentro della valle stessa).

I valori FA calcolati in analisi 1 D hanno fornito i seguenti risultati:

MOPS	FA 0,1-0,5	FA 0,4-0,8	FA 0,7-1,1
2004	1.33	1.35	1.24

Diversamente le analisi 2D non hanno interessato tale microzona.

Va specificato che tale area è stata inserita come 30832004 in quanto all'interno di essa, come nelle adiacenti, si verificano periodicamente fenomeni di sprofondamento. Di questa problematica si parlerà in dettaglio nel paragrafo 7.3.3 come tematica che coinvolge appunto diverse zone adiacenti. Nonostante infatti detta area 2004 rientri in una ZA la stessa è stata trattata come zona suscettibile di amplificazione con le relative analisi di RSL.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	21
--	--	----

7.3.1.5 Zona 2005

TC su SS – OH Ic su GC su LPS

Questi sono costituiti da argille e limi organici (OH), con spessore fino a 50 m, poggianti su ghiaie sia fluviali che di versante (con spessore da 10 a 30 m), a loro volta poggianti sul Calcare massiccio e Corniola. Lo spessore totale della copertura o meglio la profondità del substrato sismico varia da 60 a 70 m.

E' l'area centrale della valle del F. Potenza.

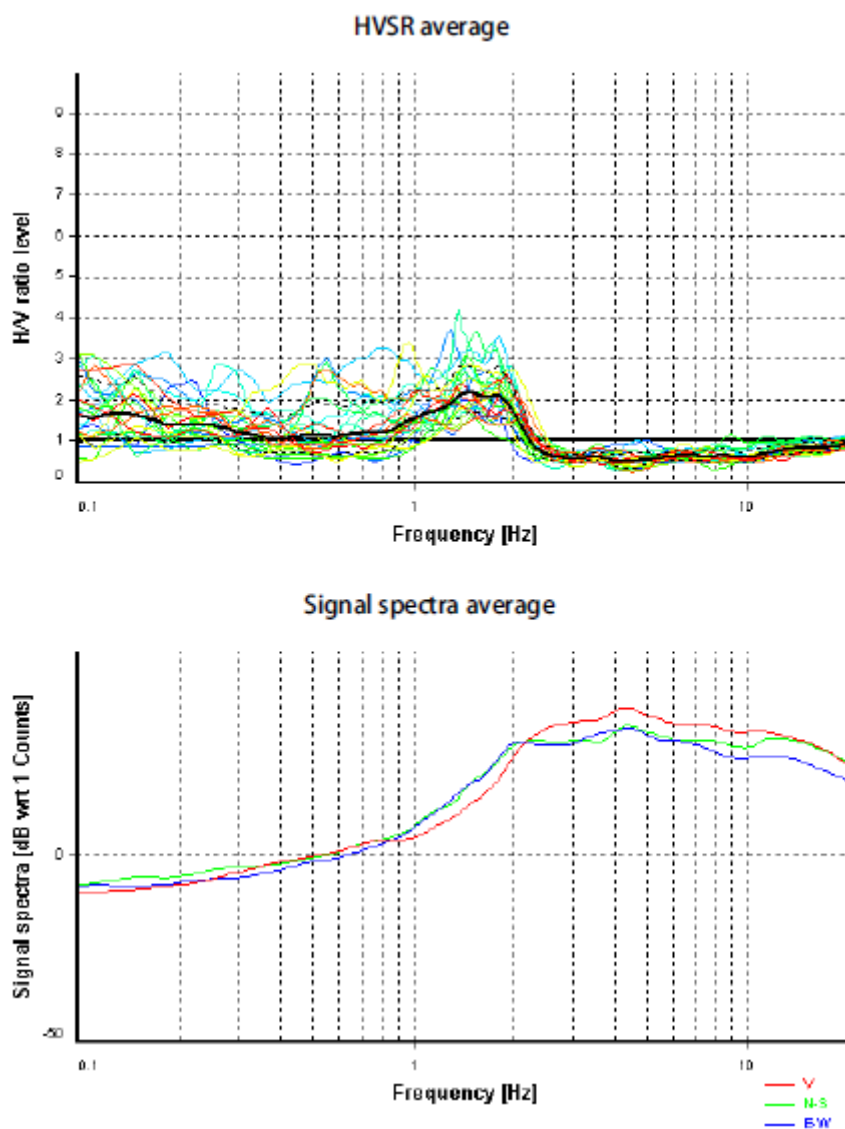
Fluvio-lacustre Potenza ZONA 2005			
da 60 a 70 m da 40 a 50m da 10 a 30 m	OH Ic MUSE2	Vs (m/s) Vsmed = 170 Vsmin = 106 Vsmax = 243	HVSR HV P100 (EX1) HV P102 (EX3) HV P118 (EX19) HV P106 (EX7) HV 94 HV P95 HV P96
	GC tf MUSa	Vs (m/s) Vsmed = 320 Vsmin = 289 Vsmax = 357	
	LPS SS substrato sismico MAS COI	Vs (m/s) Vsmed = 1150 Vsmin = 899 Vsmax = 1388	
			MASW MW 2

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	22
--	--	----

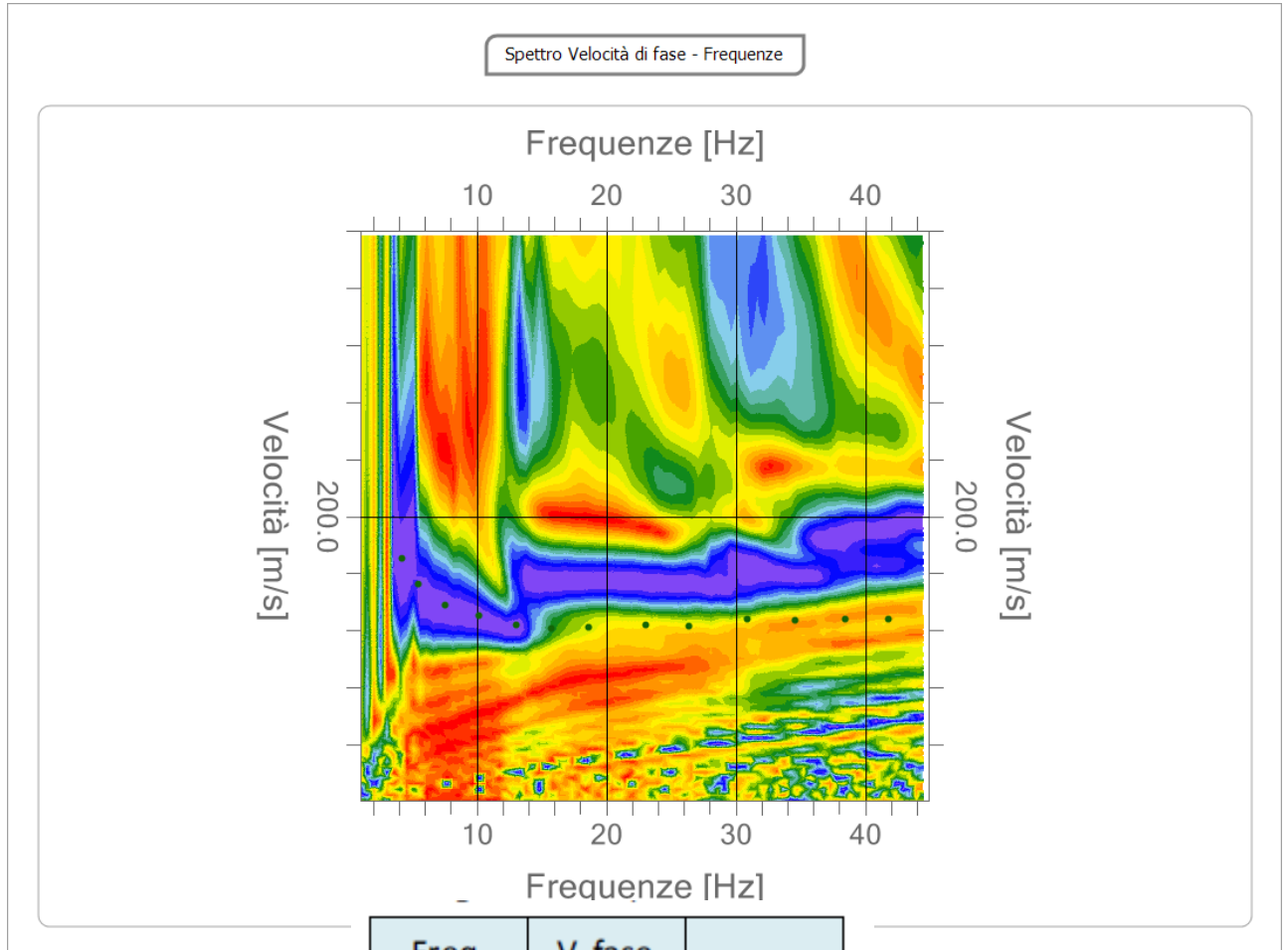
In tale area, come per l'adiacente 2013 (nel complesso zona Madonnetta), sono state riscontrate difficoltà di acquisizione ed elaborazione dei dati geofisici; considerando le caratteristiche dei litotipi presenti, di cui si ha certezza in quanto esplorati negli anni 2000 con diversi sondaggi seguiti dagli scriventi, e date le loro caratteristiche sismo-stratigrafiche (depositi lacustri lenti) si aspettavano curva H/V con picchi ben definiti ed ampi.

Diverse acquisizioni H/V sono state ripetute tre volte (con strumento Tromino e con strumento Geobox della Sara) sia in appoggio su terreno che incassate previo scavo di circa 0,5m, ottenendo sempre gli stessi risultati.

Si riporta come esempio l'elaborazione di una delle acquisizioni del P102; nella cartella contenente i dati originali sono state consegnate tutte le acquisizioni .SAF fatte nello stesso punto.



Dalla MASW 2 (L2) eseguita in questa zona sono stati ricavati il seguente spettro delle velocità di fase e la curva di dispersione con margine di errore pari al 10%.



Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	Std. Dev
4.20	171.02	42.76
5.52	152.23	38.06
7.60	137.70	34.43
10.14	130.87	32.72
13.07	124.03	31.01
15.80	121.47	30.37
18.63	122.32	30.58
23.06	124.03	31.01
26.36	123.18	30.79
30.88	128.30	32.08
34.56	127.45	31.86
38.42	128.30	32.08
41.81	128.30	32.08

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	24
--	--	----

Dunque si rilevano depositi lacustri molto lenti assimilabili a quelli dell'adiacente Fiuminata.

L'analisi in inversione congiunta con la HVSR P102 (ex HV 3) eseguita su tre modellazioni ha fornito i seguenti valori.

Spessore min (m)	Spessore max (m)	Profondità min(m)	Profondità max(m)	VP min (m/sec)	VP max(m/sec)	VS min (m/sec)	VS max (m/sec)	Density min (kg/m ³)	Density max (kg/m ³)
5	5	5	5	795	919	298	299	1821	1997
7	14	12	19	363	375	121	125	1680	1862
7	7	19	26	420	715	152	239	1889	1985
6	9	26	32	451	602	149	187	1917	1985
semispazio	-	-	-	805	1046	320	337	1985	2107

Di seguito si riporta come esempio il best fitting della modellazione 1.

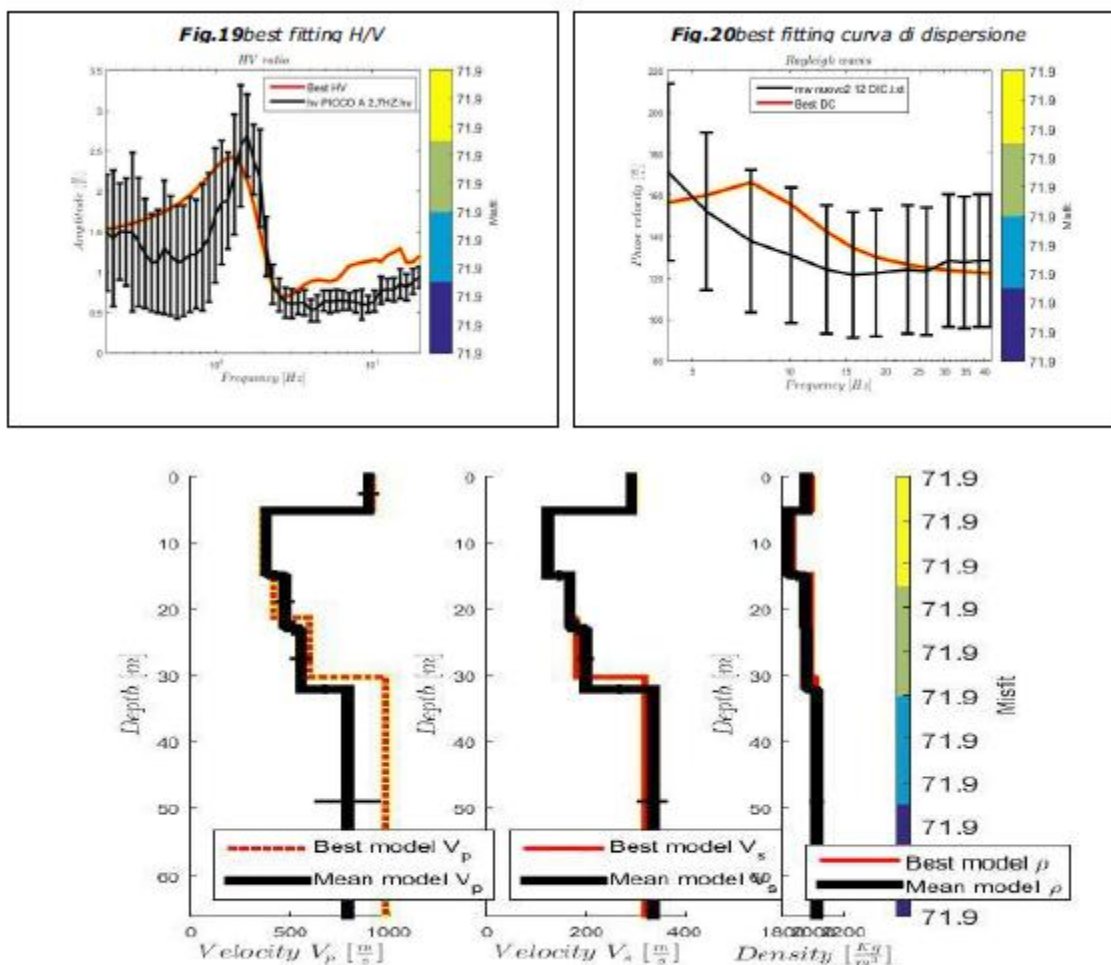


Fig. 21: best fitting velocità P, S e densità calcolati

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	25
--	--	----

Ciò che si riesce a discernere è soltanto il passaggio tra le argille lacustri e le sottostanti ghiaie. Il risultato, nonostante riservi dubbi sul perché non si evidenzi il contrasto con il sottostante substrato sismico, è abbastanza soddisfacente in quanto accoppiato dal risultato del modello geologico, permette di poter stimare un profilo di Vs congruo ed una stima della RSL anche se la stessa, considerando le geometrie coinvolte con rapporto $h/L > 0,25$ andrebbe analizzata con modellazione 2D.

I valori FA calcolati in analisi 1 D hanno fornito i seguenti risultati:

MOPS	FA 0,1-0,5	FA 0,4-0,8	FA 0,7-1,1
2005	1.49	1.91	2.09

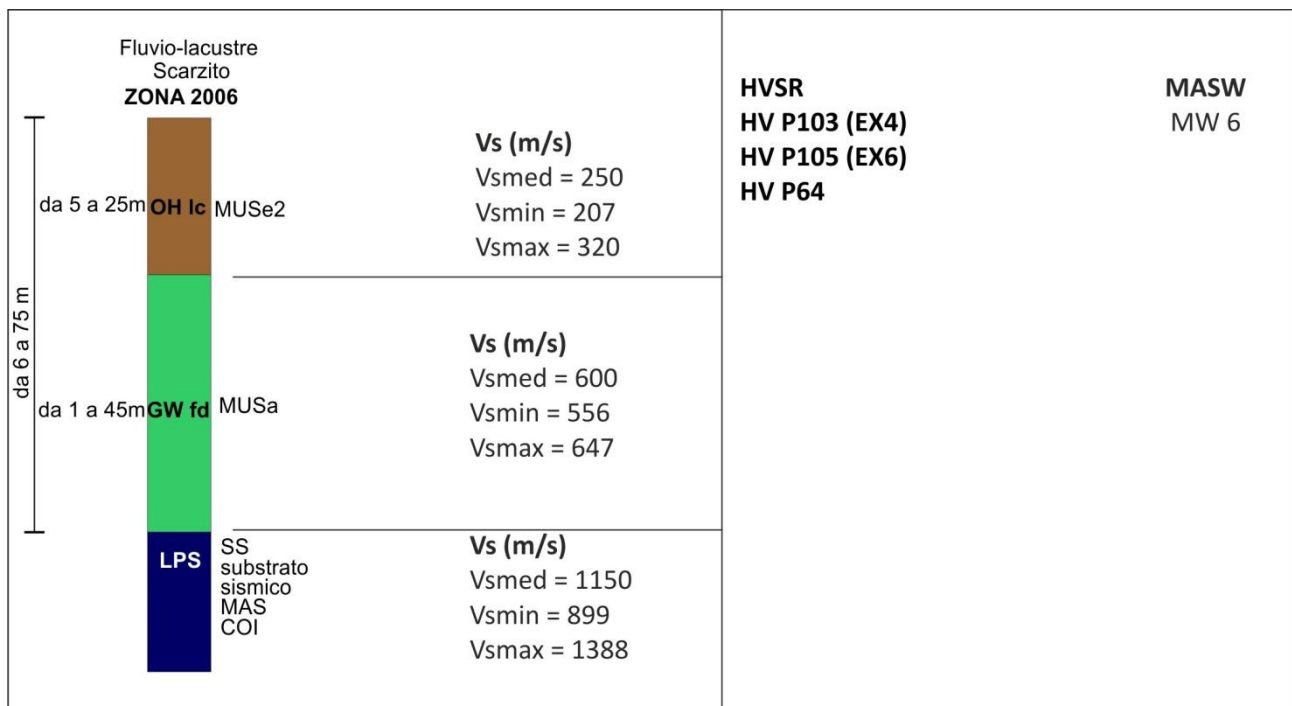
Diversamente le analisi 2D non hanno interessato tale microzona. Nella stessa si sono verificati danni concentrati soprattutto nella seconda fila di abitazioni di zona Madonnetta. Questa area in particolare è segnalata come ZA per cedimenti differenziali di cui si parlerà in dettaglio in par. 7.3.3.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	26
--	--	----

7.3.1.6 Zona 2006

TC su SS – OH lc su GW su LPS

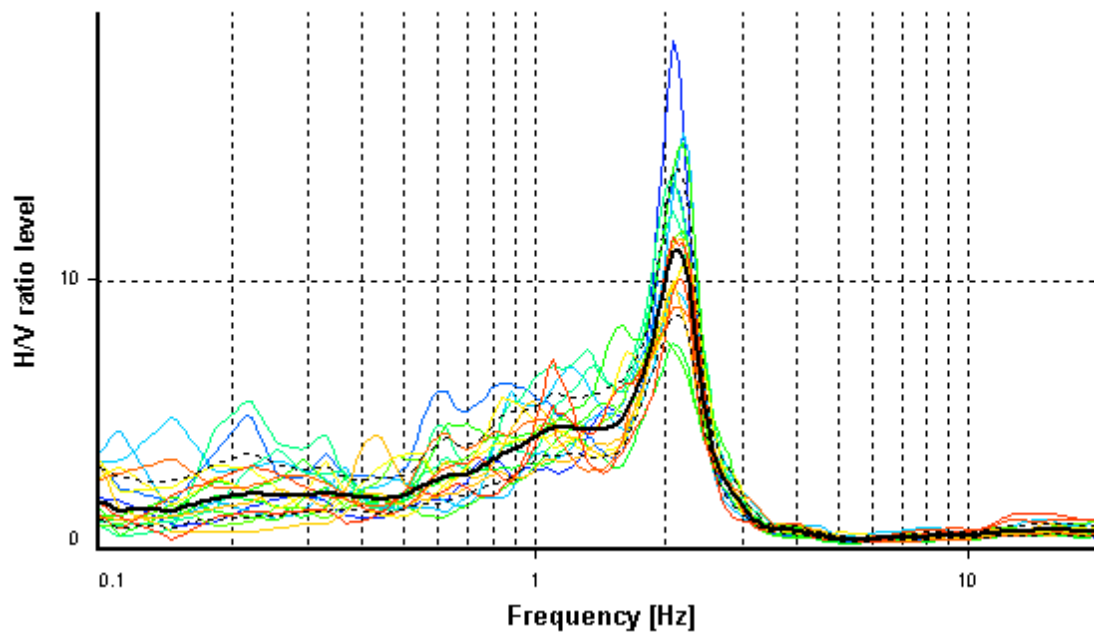
Questi sono costituiti da argille e limi organici (OH), con spessore fino a 25 m, poggianti su ghiaie e blocchi (con spessore da 6 a 75 m), a loro volta poggianti sul Calcare massiccio e Corniola. Lo spessore totale della copertura o meglio la profondità del substrato sismico varia da 6 a 75 m. E' l'area centrale della valle del Torrente Scarzito.



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	27
--	--	----

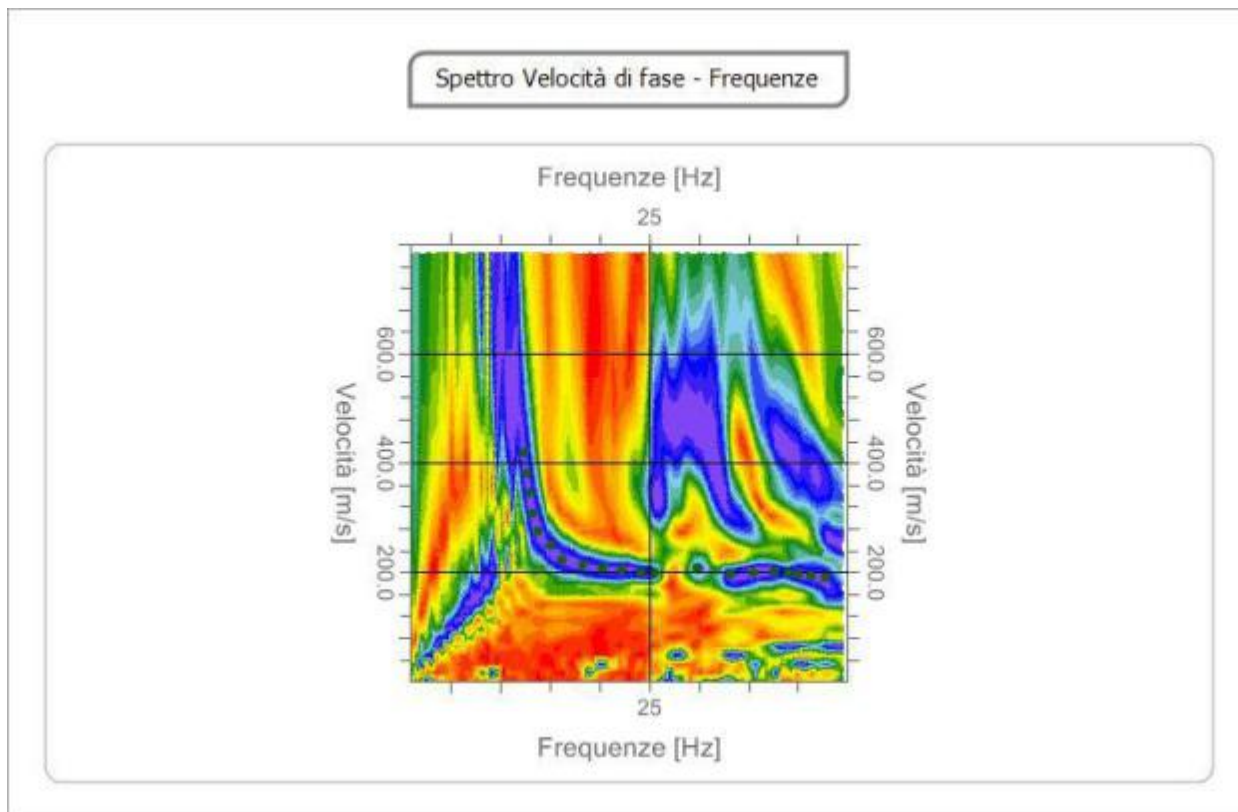
Anche in questa zona mancano dati geognostici di sottosuolo, ma un sondaggio di recente acquisizione ci ha confermato l'ipotesi della presenza di argille lacustri almeno fino a 20m, lo stesso sondaggio ricade in questa area ma non si dispone delle sue precise coordinate.

Una misura H/V del P103 è riportata sotto dove ben si evidenzia un picco a 2,1 HZ e ampiezza 11.



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	28
--	--	----

Dalla MASW 6 (L6) eseguita in questa zona sono stati ricavati il seguente spettro delle velocità di fase e la curva di dispersione con margine di errore pari al 10%.



<i>Freq. [Hz]</i>	<i>V. fase [m/s]</i>	<i>Std. Dev</i>
14.44	466.84	46.68
14.87	416.72	41.67
17.47	363.65	36.36
22.46	337.11	33.71
26.79	313.52	31.35
31.34	310.58	31.06
36.98	295.83	29.58
42.61	292.89	29.29
45.65	292.89	29.29
48.90	292.89	29.29
52.58	284.04	28.40
55.19	281.09	28.11
58.00	275.20	27.52

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	29
--	--	----

L'analisi in inversione congiunta con la HVSr P105 (ex HV 6) eseguita su tre modellazioni ha fornito i seguenti valori.

Spessore min (m)	Spessore max (m)	Profondità min(m)	Profondità max(m)	VP min (m/sec)	VP max(m/sec)	VS min (m/sec)	VS max (m/sec)	Density min (kg/m ³)	Density max (kg/m ³)
3.4	7.2	3.4	7.2	441	634	207	214	1927	1982
8.6	9.9	12.0	17.1	514	523	260	320	2022	2094
29.7	46.3	41.7	63.4	890	1054	556	647	2079	2188
13.7	26.3	65.2	89.7	1678	2418	786	996	2047	2125
semispazio	-	-	-	2055	2699	941	1033	2087	2207

Di seguito si riporta come esempio il best fitting della modellazione 3.

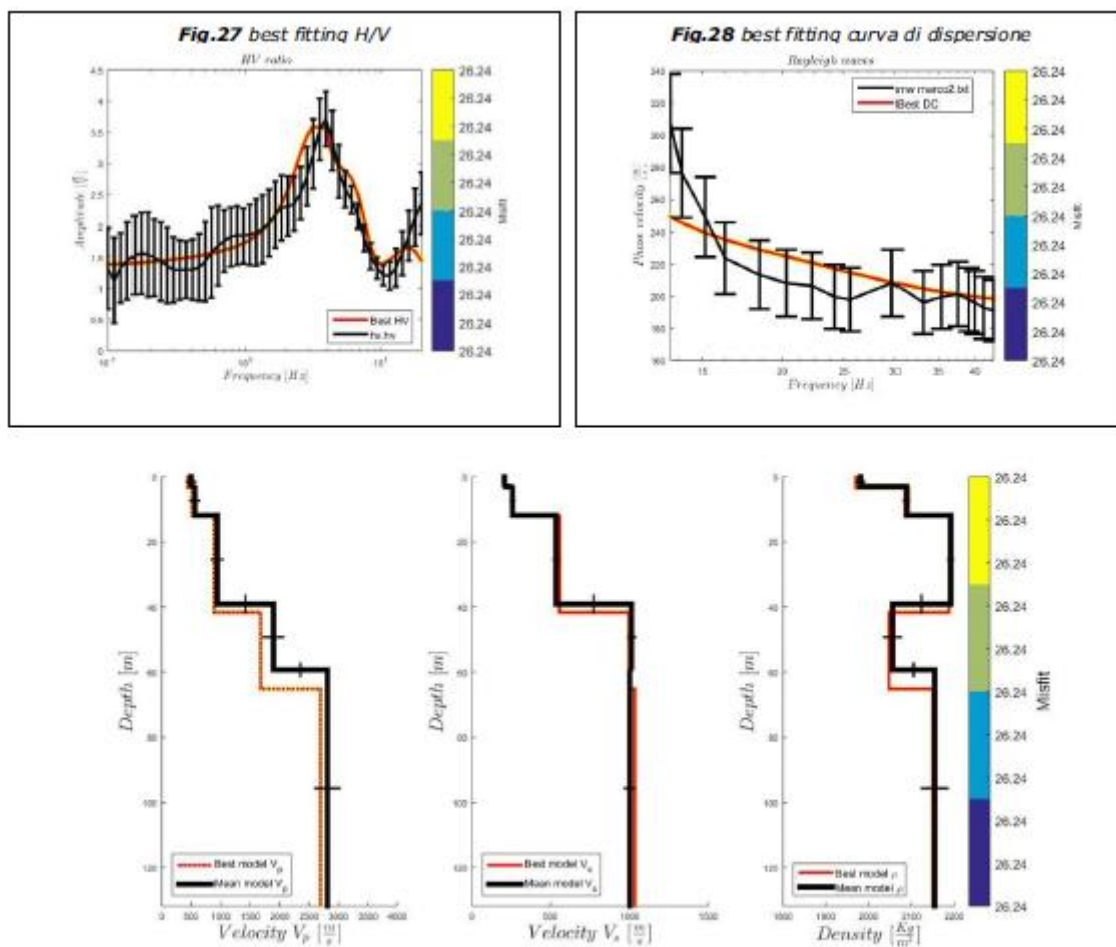
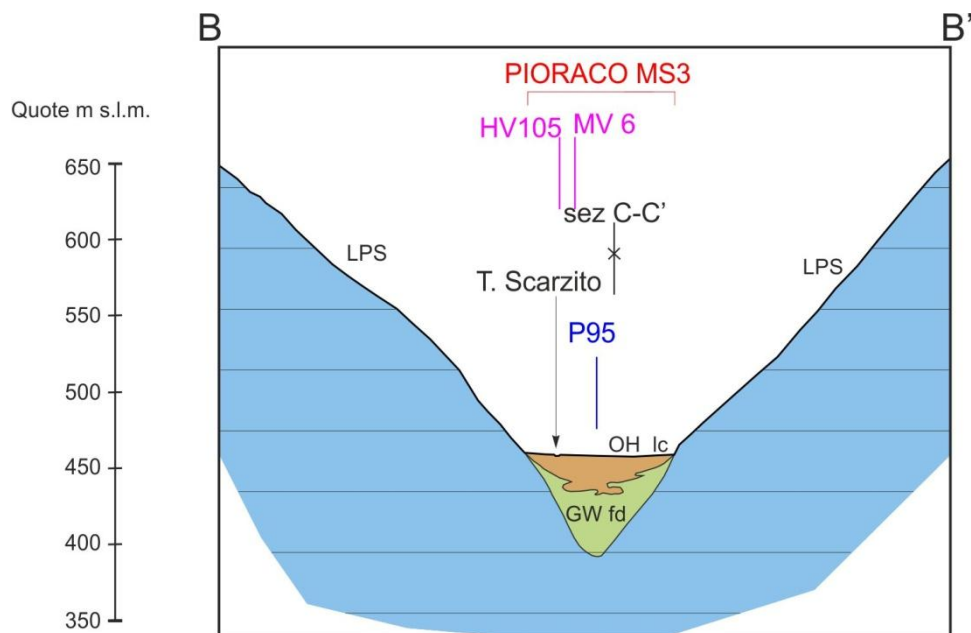


Fig. 29: best fitting velocità P, S e densità calcolati

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	30
--	--	----

Dalle stesse si evidenzia il passaggio dalle OH alle GW al substrato sismico con profondità comparabili alla sezione geologica seguente.



I valori FA calcolati in analisi 1 D hanno fornito i seguenti risultati:

MOPS	FA 0,1-0,5	FA 0,4-0,8	FA 0,7-1,1
2006	2.17	1.78	1.45

Diversamente le analisi 2D non hanno interessato tale microzona. Nella stessa si sono verificati danni limitati a qualche edificio in particolare. Va specificato che tale area è stata inserita come 30802006 in quanto all'interno di essa, come nelle adiacenti, si verificano periodicamente fenomeni di sprofondamento. Di questa problematica si parlerà in dettaglio nel paragrafo 7.3.3 come tematica che coinvolge appunto diverse zone adiacenti. Nonostante infatti detta area 2006 rientri in una ZA la stessa è stata trattata come zona suscettibile di amplificazione con le relative analisi di RSL.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	31
--	--	----

7.3.1.7 Zona 2009

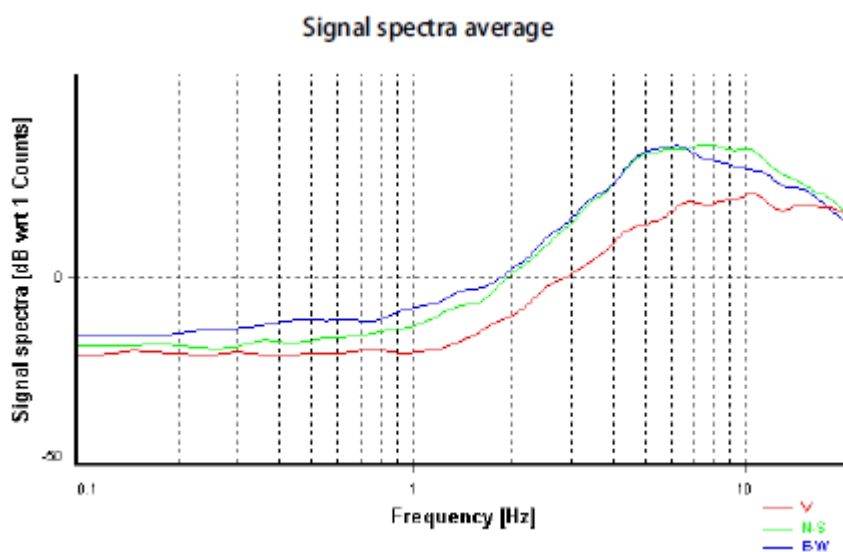
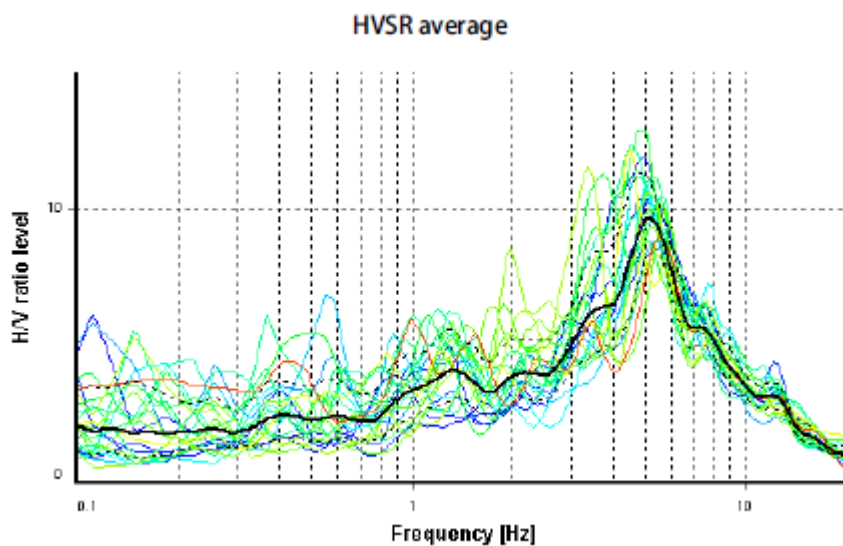
TC su SS – GC ca su LPS

Si tratta di ghiaie sabbiose di conoide alluvionale in località San Rocco, poggianti sul substrato sismico della Corniola.

<p>conoide alluvionale ZONA 2009</p> <p>da 10 m a 30m</p>	<p>Vs (m/s) Vsm_{ed} = 350 Vsm_{in} = 298 Vsm_{ax} = 479</p>	<p>HVSR HV P111 (EX12) HV P110 (EX11)</p> <p>MASW MW 7</p>
	<p>Vs (m/s) Vsm_{ed} = 1150 Vsm_{in} = 899 Vsm_{ax} = 1388</p>	

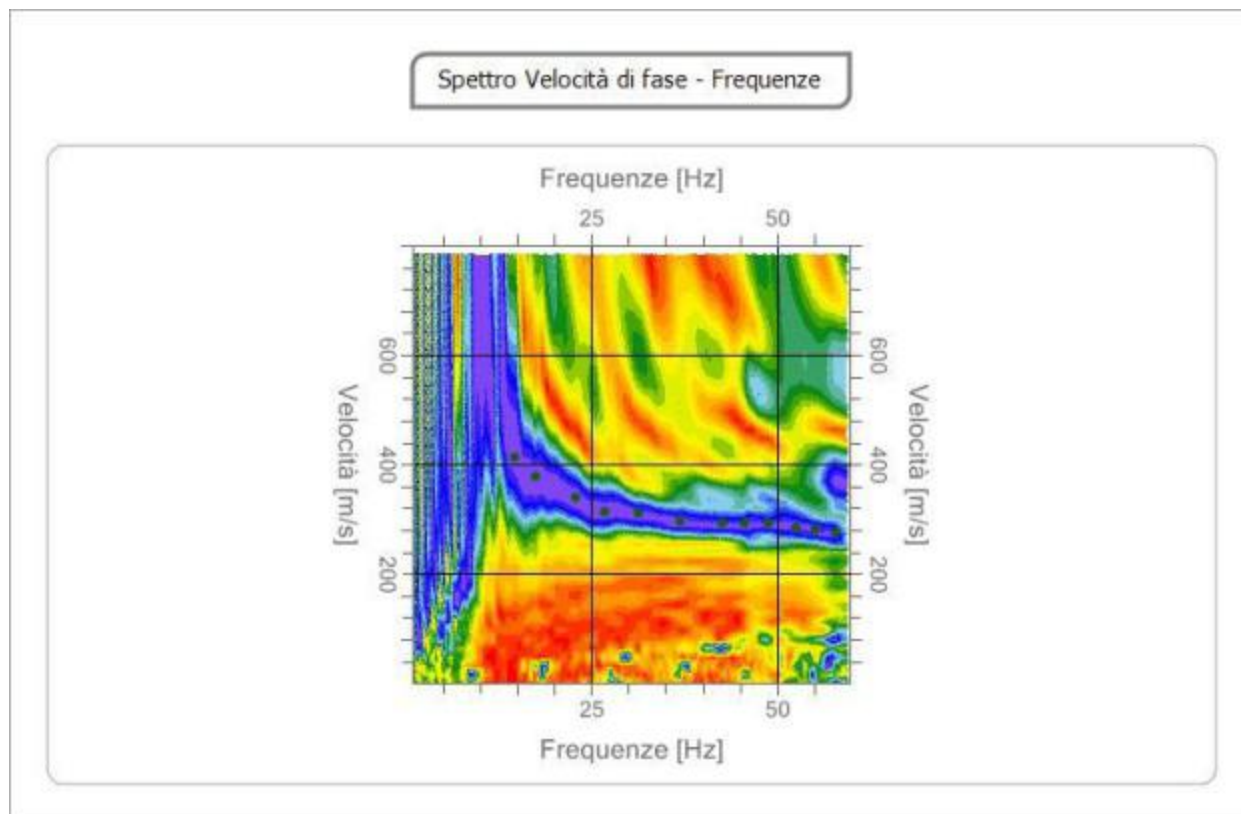
ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	32
--	--	----

Le prove HVSR eseguite presentano picchi con frequenze oscillanti da 4,7 a 5 Hz in relazione allo spessore delle coperture sul substrato sismico. Si riposta la prova P110 dove è evidente il contrasto a 4,99 HZ.



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	33
--	--	----

Dalla MASW 7 (L7) eseguita in questa zona sono stati ricavati il seguente spettro delle velocità di fase e la curva di dispersione con margine di errore pari al 10%.



Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	Std. Dev
14.44	466.84	46.68
14.87	416.72	41.67
17.47	363.65	36.36
22.46	337.11	33.71
26.79	313.52	31.35
31.34	310.58	31.06
36.98	295.83	29.58
42.61	292.89	29.29
45.65	292.89	29.29
48.90	292.89	29.29
52.58	284.04	28.40
55.19	281.09	28.11
58.00	275.20	27.52

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	34
--	--	----

L'analisi in inversione congiunta con la HVSr P104 (ex HV 5) eseguita su tre modellazioni ha fornito i seguenti valori.

Spessore min (m)	Spessore max (m)	Profondità min(m)	Profondità max(m)	VP min (m/sec)	VP max(m/sec)	VS min (m/sec)	VS max (m/sec)	Density min (kg/m ³)	Density max (kg/m ³)
1	7	5	7	597	925	298	301	1881	1965
2	9	10	15	909	1495	321	479	2049	2093
42	44	52	59	2952	3178	900	1016	2016	2126
semispazio	-	-	-	3902	4274	2139	2162	2174	2289

Di seguito si riporta come esempio il best fitting della modellazione 2.

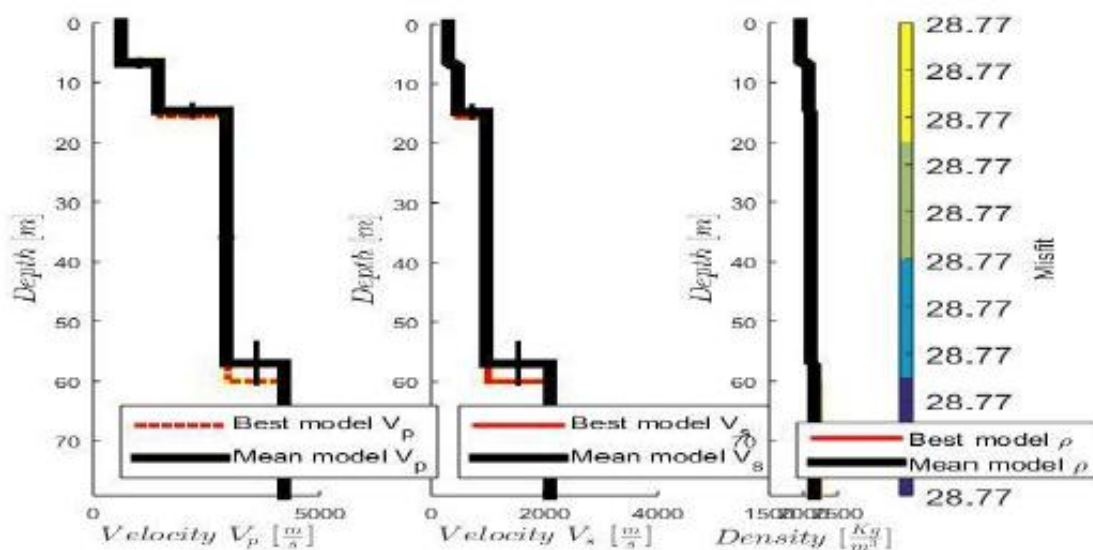
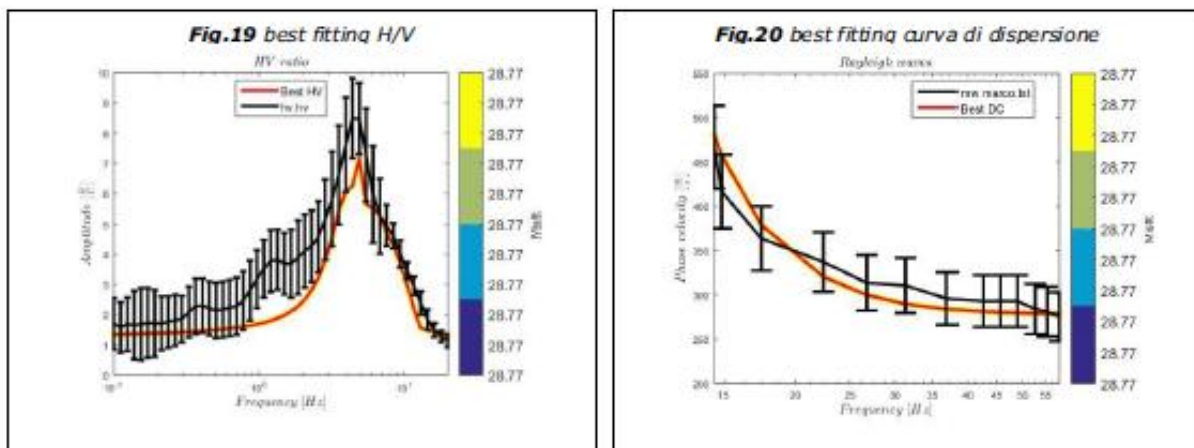


Fig. 21: best fitting velocità P, S e densità calcolati

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	35
--	--	----

I valori FA calcolati in analisi 1 D hanno fornito i seguenti risultati:

MOPS	FA 0,1-0,5	FA 0,4-0,8	FA 0,7-1,1
2009	1.67	1.6	1.36

Diversamente le analisi 2D non hanno interessato tale microzona. I danneggiamenti in questa area sono stati contenuti soprattutto in relazione all'edificato di più recente costruzione.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	36
--	--	----

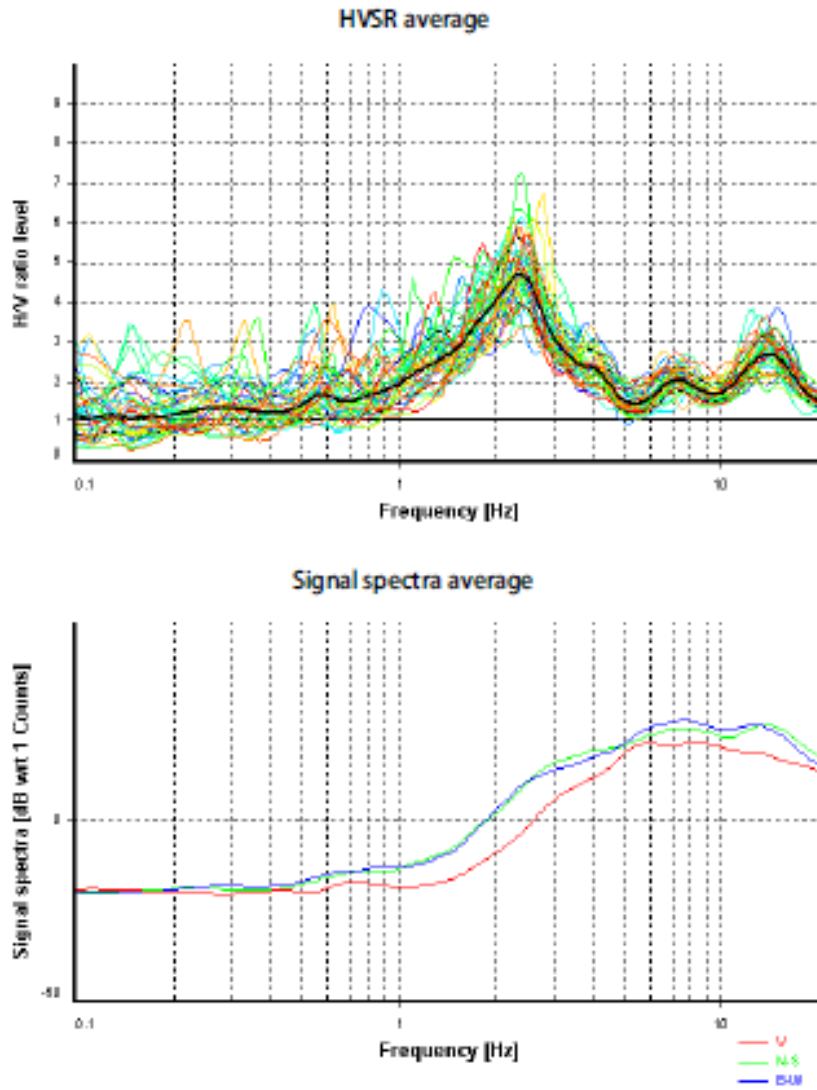
7.3.1.8 Zona 2010

TC su SG su SS – MLec su ALS

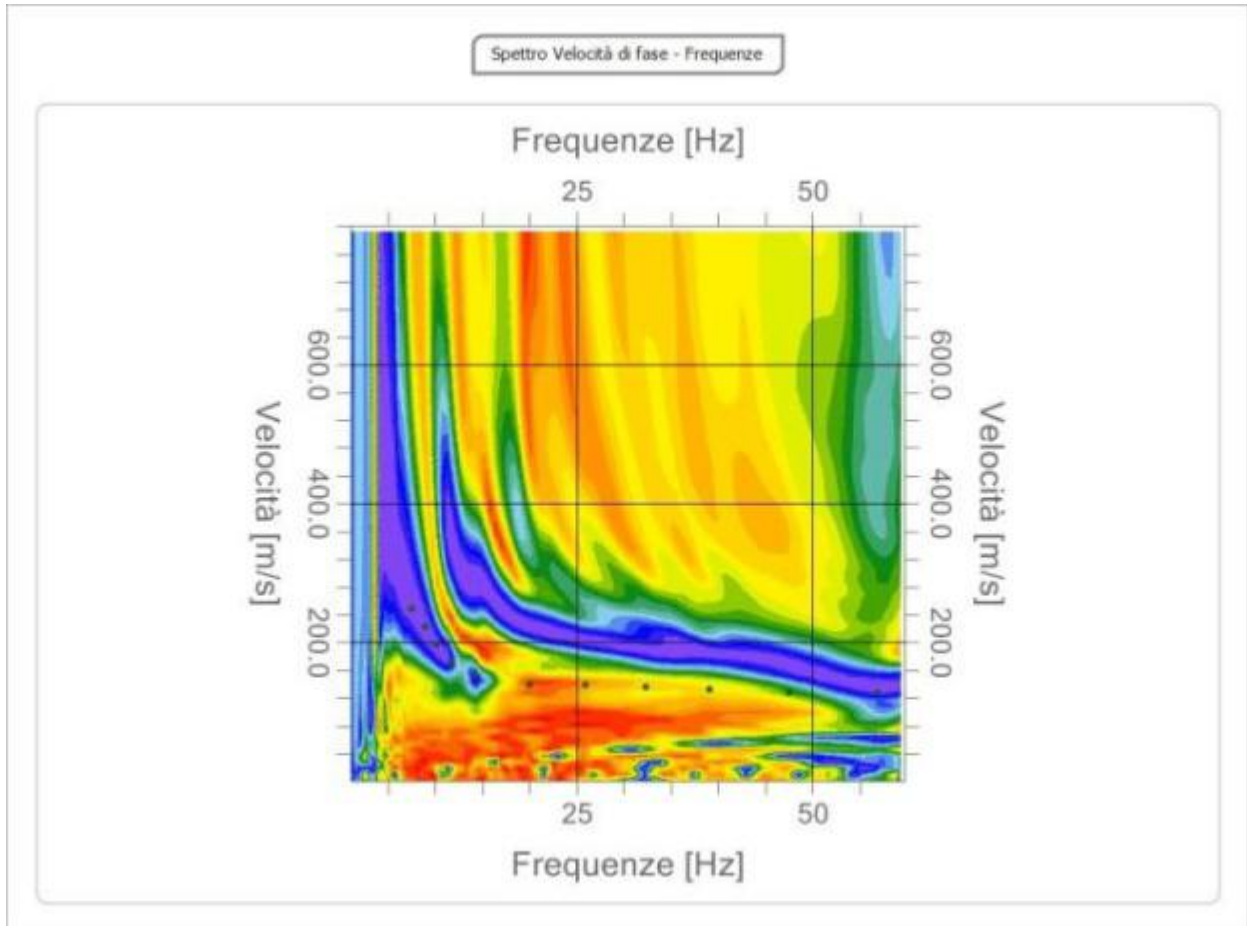
Limi, limi argillosi, argille limose e limi sabbiosi con ciottoli dispersi: poggiano sulla Formazione dello Schlier. E' un'area piccolissima a Paradiso assente di abitazioni.

colluvioni	Vs (m/s) Vsmed = 180 Vsmin = 134 Vsmax = 223	HVSR HV P113 (EX14)	MASW MW 5
ZONA 2010 da 10m a 20m MLec MUSb2	Vs (m/s) Vsmed = 510 Vsmin = 501 Vsmax = 523		
da 1 a 15m ALS SG substrato geologico SCH	Vs (m/s) Vsmed = 850 Vsmin = 810 Vsmax = 910		
SS substrato sismico SCH			

Di seguito si riporta l'acquisizione H/V del P113.



Dalla MASW 5 (L5) eseguita in questa zona sono stati ricavati il seguente spettro delle velocità di fase e la curva di dispersione con margine di errore pari al 10%.



Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	Std. Dev
7.50	248.74	24.87
8.94	222.49	22.25
10.15	196.24	19.62
11.71	169.99	17.00
14.24	153.58	15.36
20.02	138.82	13.88
25.91	138.82	13.88
32.29	135.53	13.55
39.03	132.25	13.23
47.46	127.33	12.73
56.85	127.33	12.73

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	39
--	--	----

L'analisi in inversione congiunta con la HVSR P113 (ex HV 14) eseguita su tre modellazioni ha fornito i seguenti valori.

Spessore min (m)	Spessore max (m)	Profondità min(m)	Profondità max(m)	VP min (m/sec)	VP max(m/sec)	VS min (m/sec)	VS max (m/sec)	Density min (kg/m ³)	Density max (kg/m ³)
1	4	3	4	439	454	134	141	1903	1984
2	18	20	22	412	563	206	223	1938	2046
13	47	35	68	949	1510	501	523	2009	2073
semispazio	-	-	-	975	1427	558	688	2074	2116

Di seguito si riporta come esempio il best fitting della modellazione 2.

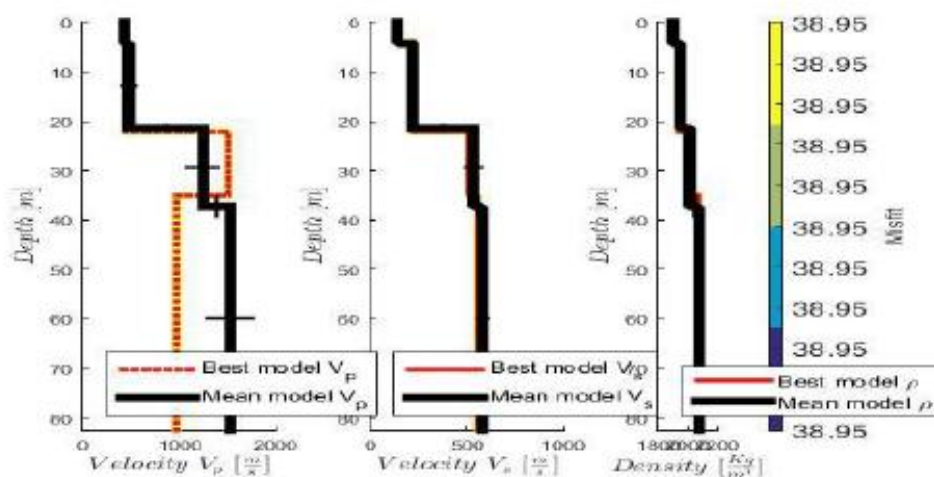
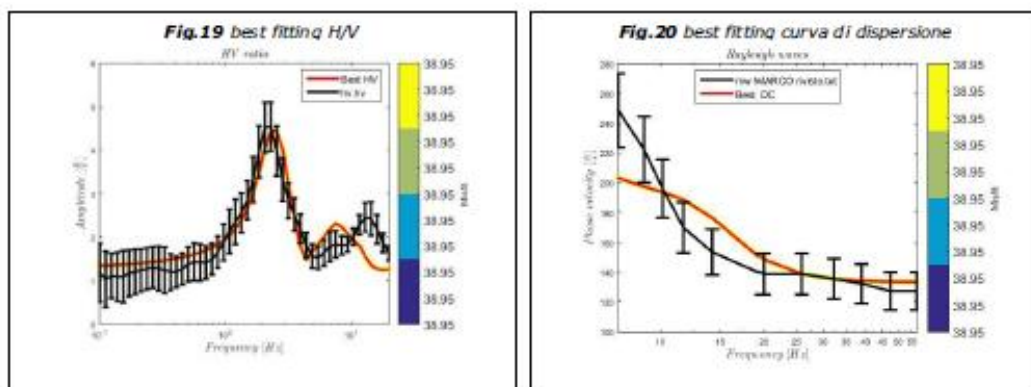


Fig. 21: best fitting velocità P, S e densità calcolati

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	40
--	--	----

I valori FA calcolati in analisi 1 D hanno fornito i seguenti risultati:

MOPS	FA 0,1-0,5	FA 0,4-0,8	FA 0,7-1,1
2010	1.27	1.9	1.93

Diversamente le analisi 2D non hanno interessato tale microzona.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	41
--	--	----

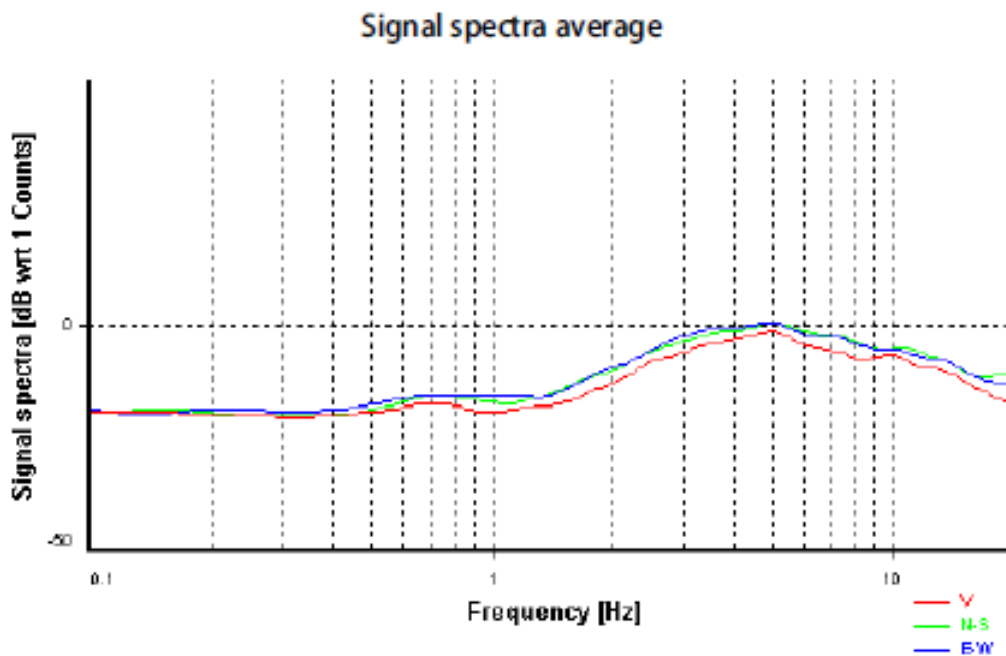
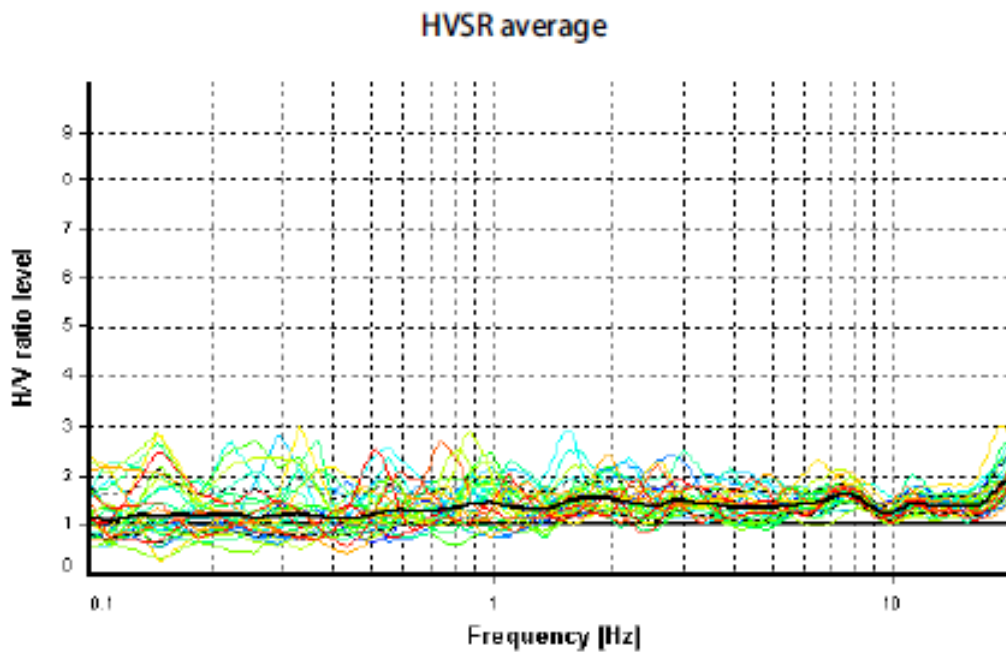
7.3.1.9 Zona 2011

TC su SS – GCtf su ALS

Si tratta di ghiaie sabbiose riferibili al Pleistocene medio-sommitale. Il deposito è addensato. Si tratta di un piccola area nella sola località Paradiso, dove le stesse alluvioni affiorano diffusamente. Presentano uno spessore fino a 15 m e poggiano sullo Schlier.

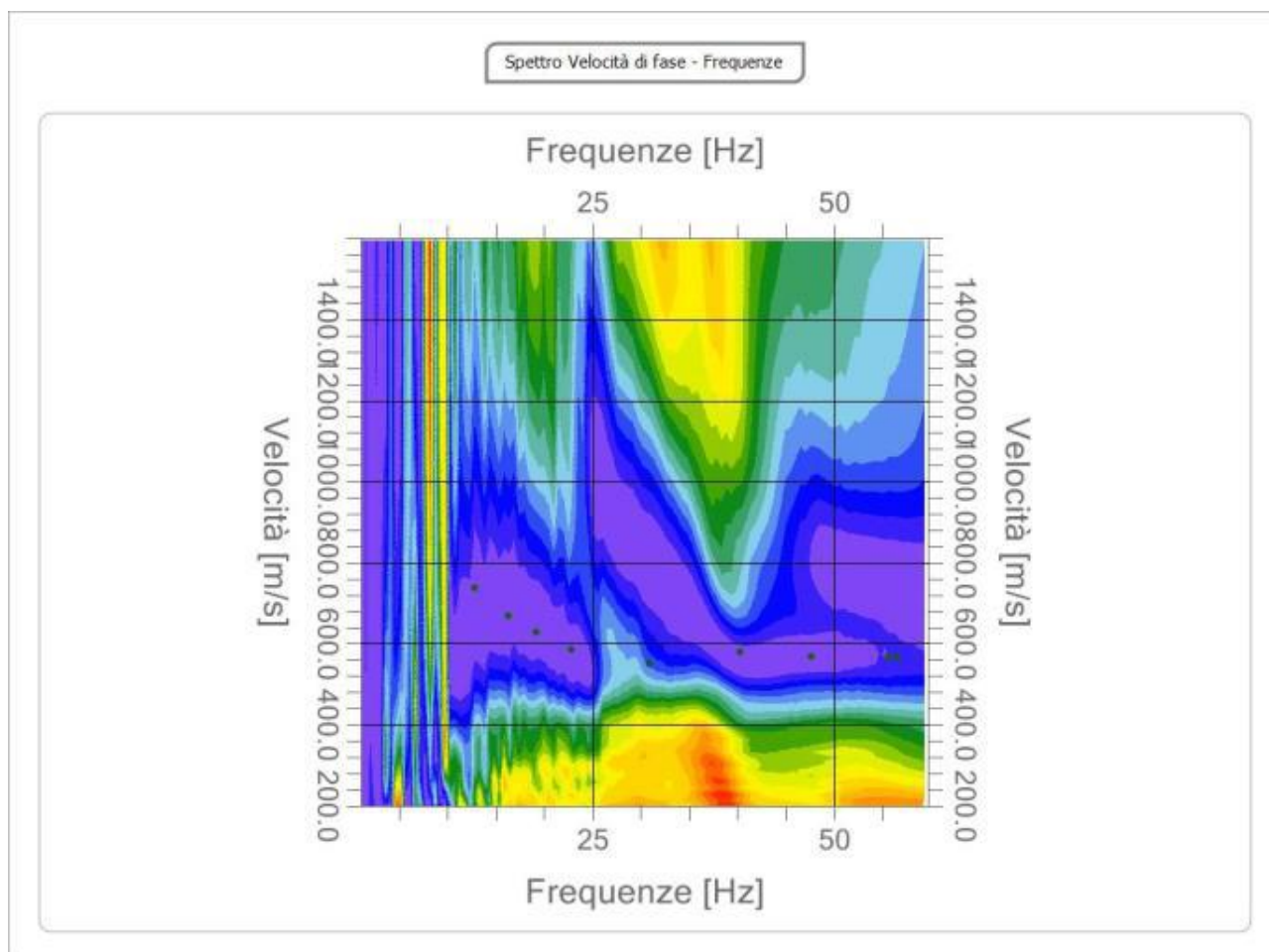
<p>alluvioni antiche</p> <p>ZONA 2011</p> <p>da 3 m a 15 m</p> <p>GC tf AC bn</p> <p>ALS</p> <p>SS substrato sismico SCH</p>	<p>Vs (m/s) Vsmmed = 640 Vsmin = 516 Vsmax = 777</p>	<p>HVSR HV P114 (EX15)</p>	<p>MASW MW 10</p>
<p>Vs (m/s) Vsmmed = 850 Vsmin = 810 Vsmax = 910</p>			

Di seguito si riporta l'acquisizione H/V del P113 dalla quale non si evidenziano picchi di risonanza.



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	43
--	--	----

Dalla MASW 10 (L10) eseguita in questa zona sono stati ricavati il seguente spettro delle velocità di fase e la curva di dispersione con margine di errore pari al 10%.



Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	Std. Dev
12.80	737.58	73.76
16.25	669.81	66.98
19.17	628.34	62.83
22.81	585.01	58.50
30.85	550.72	55.07
40.20	579.87	57.99
47.64	569.59	56.96
55.52	567.97	56.80
56.46	564.45	56.45

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	44
--	--	----

L'analisi in inversione congiunta con la HVSR P113 (ex HV 14) eseguita su tre modellazioni ha fornito i seguenti valori, in cui si evidenzia il passaggio dalle ghiaie allo Schlier (SG) allo Schlier (SS).

Spessore min (m)	Spessore max (m)	Profondità min(m)	Profondità max(m)	VP min (m/sec)	VP max(m/sec)	VS min (m/sec)	VS max (m/sec)	Density min (kg/m ³)	Density max (kg/m ³)
2	4	2	4	870	1123	516	603	1953	2048
2	8	4	12	1056	1294	580	638	1896	2026
18	22	26	30	1628	1921	682	777	2105	2172
13	19	39	49	1629	2550	966	1030	2199	2349
semispazio	-	-	-	1269	1988	766	816	2075	2360

Di seguito si riporta come esempio il best fitting della modellazione 3.

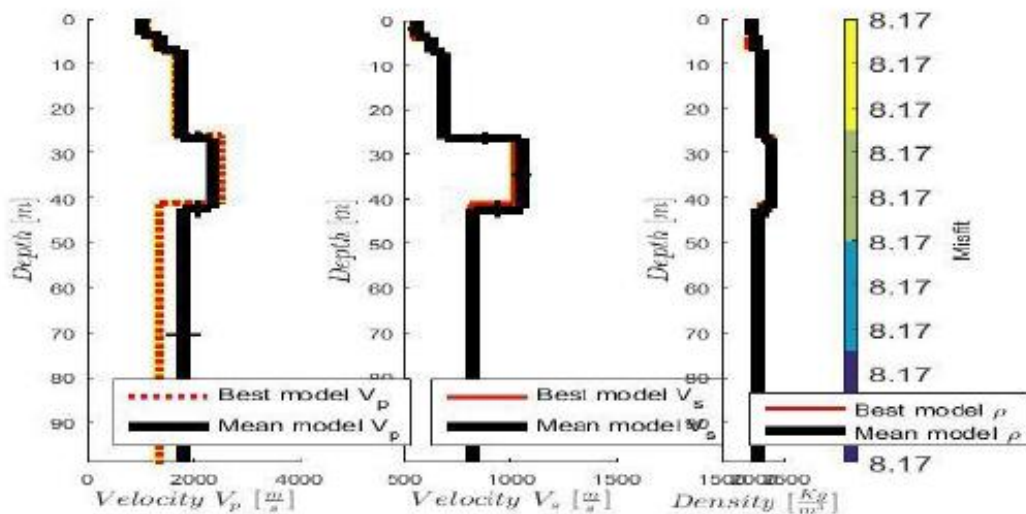
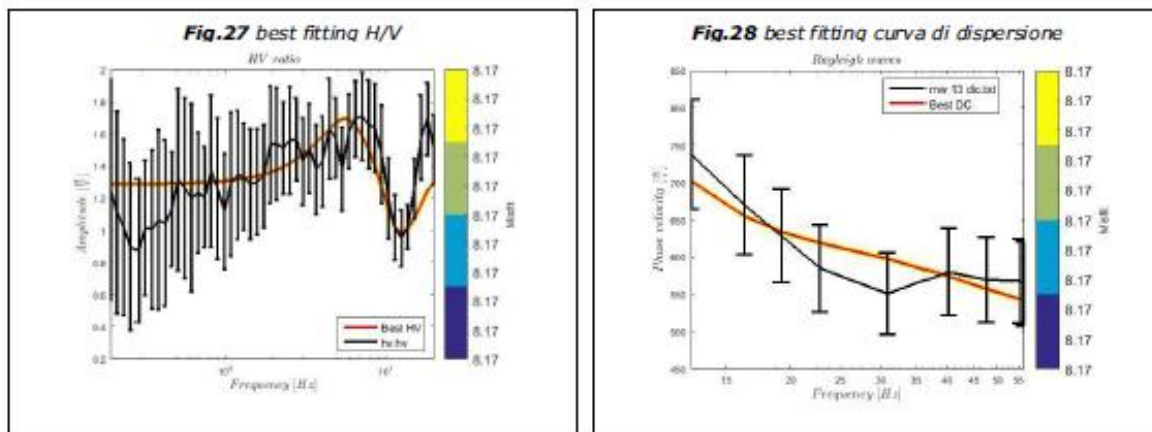


Fig. 29: best fitting velocità P, S e densità calcolati

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	45
--	--	----

I valori FA calcolati in analisi 1 D hanno fornito i seguenti risultati:

MOPS	FA 0,1-0,5	FA 0,4-0,8	FA 0,7-1,1
2011	1.06	1.01	1.01

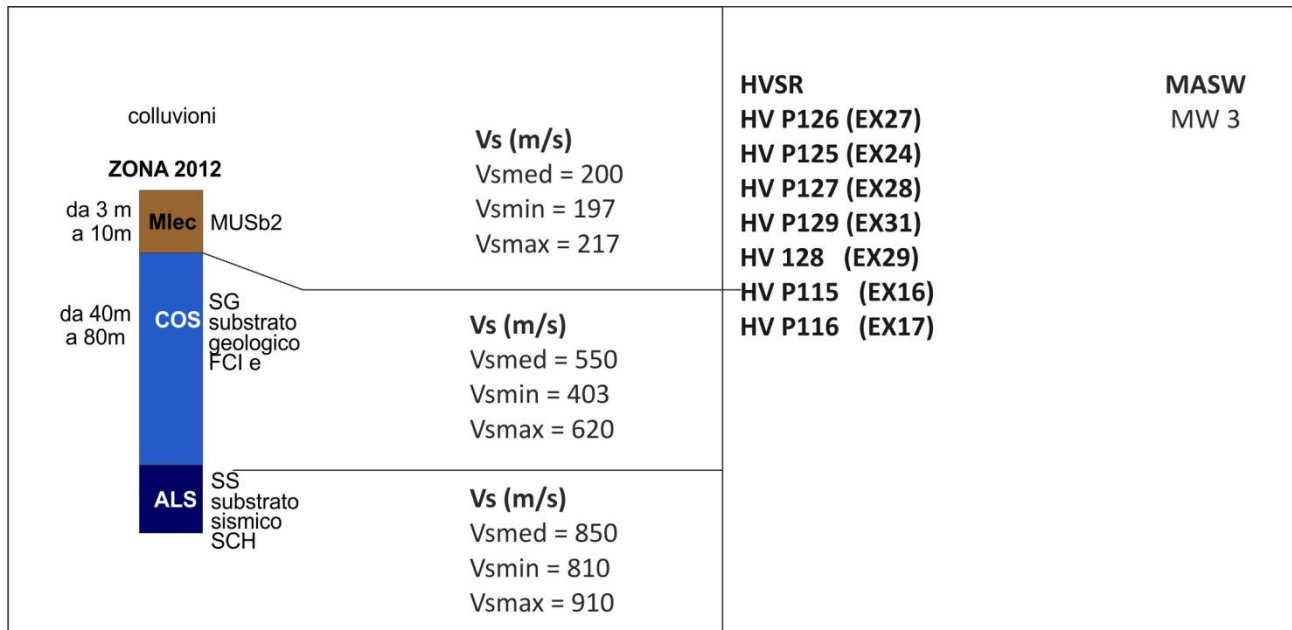
Diversamente le analisi 2D non hanno interessato tale microzona.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	46
--	--	----

7.3.1.10 Zona 2012

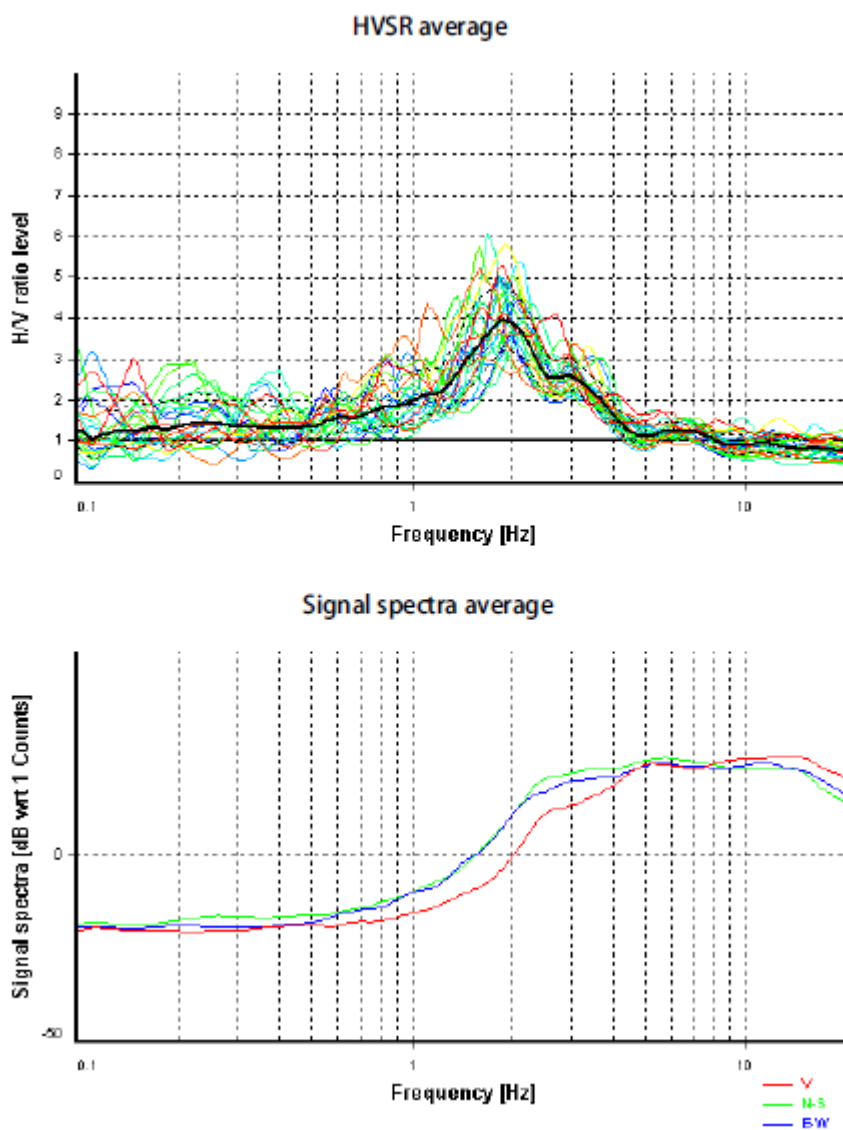
TC su SG su SS – ML ec su COS su ALS

Limi, limi argillosi, argille limose e limi sabbiosi con ciottoli dispersi poggianti sulla litofacies pelitico-arenacea poggiate a sua volta sullo Schlier. E' presente limitatamente a Seppio.



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	47
--	--	----

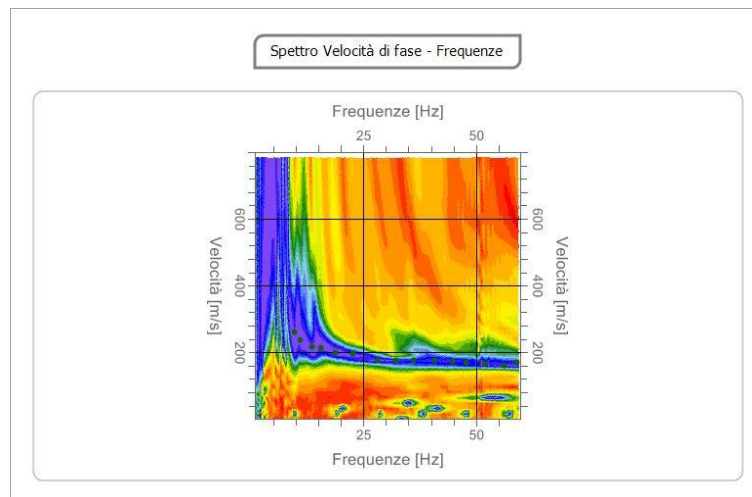
La curve H/V P115 presenta un picco con F0 a 3,3 Hz.



Detto picco a 1,8 Hz, considerando che in base a sondaggi reperiti la copertura è esigua, può essere associato al passaggio tra la litofacies pelitico-arenacea ed il sottostante Schlier, presente a profondità di circa 70 m.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	48
--	--	----

Dalla MASW 3 (L3) eseguita in questa zona è stato ricavato il seguente spettro delle velocità di fase e curva di dispersione con margine di errore pari al 10%.



Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	Std. Dev
9.67	260.45	26.05
10.97	236.87	23.69
13.57	216.23	21.62
15.52	213.28	21.33
18.77	198.54	19.85
22.67	195.59	19.56
28.09	174.95	17.50
32.21	174.95	17.50
36.11	174.95	17.50
40.88	174.95	17.50
44.78	172.00	17.20
47.82	169.06	16.91
51.93	166.11	16.61
56.27	160.21	16.02
59.09	169.06	16.91

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	49
--	--	----

L'analisi in inversione congiunta con la HVSR P115 (ex HV 16) eseguita su tre modellazioni ha fornito i seguenti valori.

Spessore min (m)	Spessore max (m)	Profondità min(m)	Profondità max(m)	VP min (m/sec)	VP max(m/sec)	VS min (m/sec)	VS max (m/sec)	Density min (kg/m ³)	Density max (kg/m ³)
1	10	9	10	402	459	196	217	1902	1985
2	32	38	41	641	858	403	413	1909	2073
23	37	71	78	1753	2156	620	1180	2032	2141
semispazio	-	-	-	2019	2347	813	904	2010	2258

Di seguito si riporta come esempio il best fitting della modellazione 3.

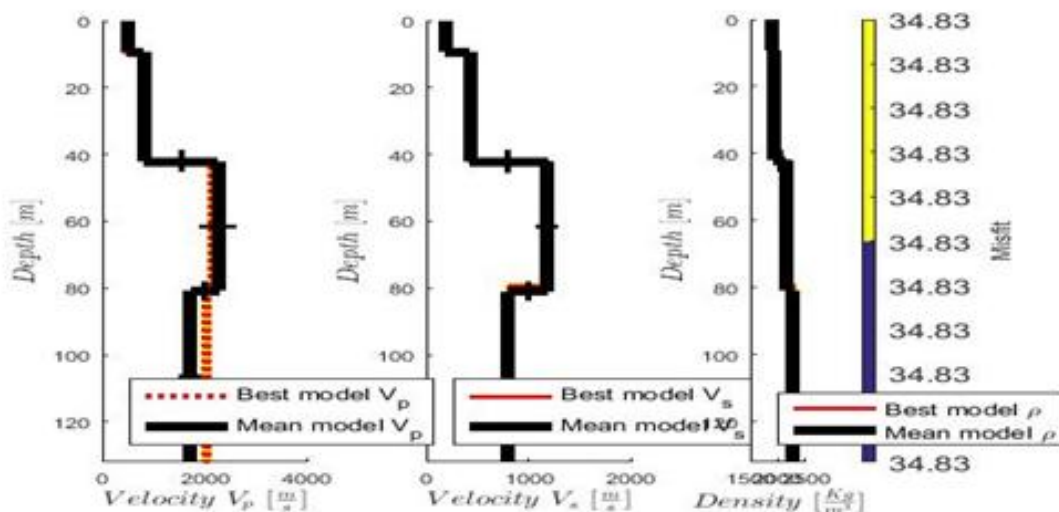
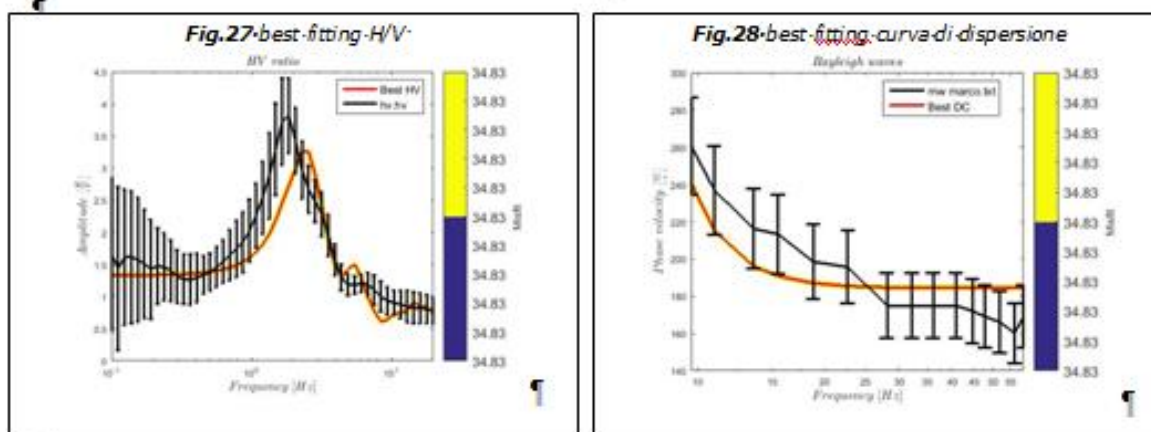


Fig. 29: best fitting velocità-P, S-e densità calcolati

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	50
--	--	----

I valori FA calcolati in analisi 1 D hanno fornito i seguenti risultati:

MOPS	FA 0,1-0,5	FA 0,4-0,8	FA 0,7-1,1
2012	1.65	1.59	1.38

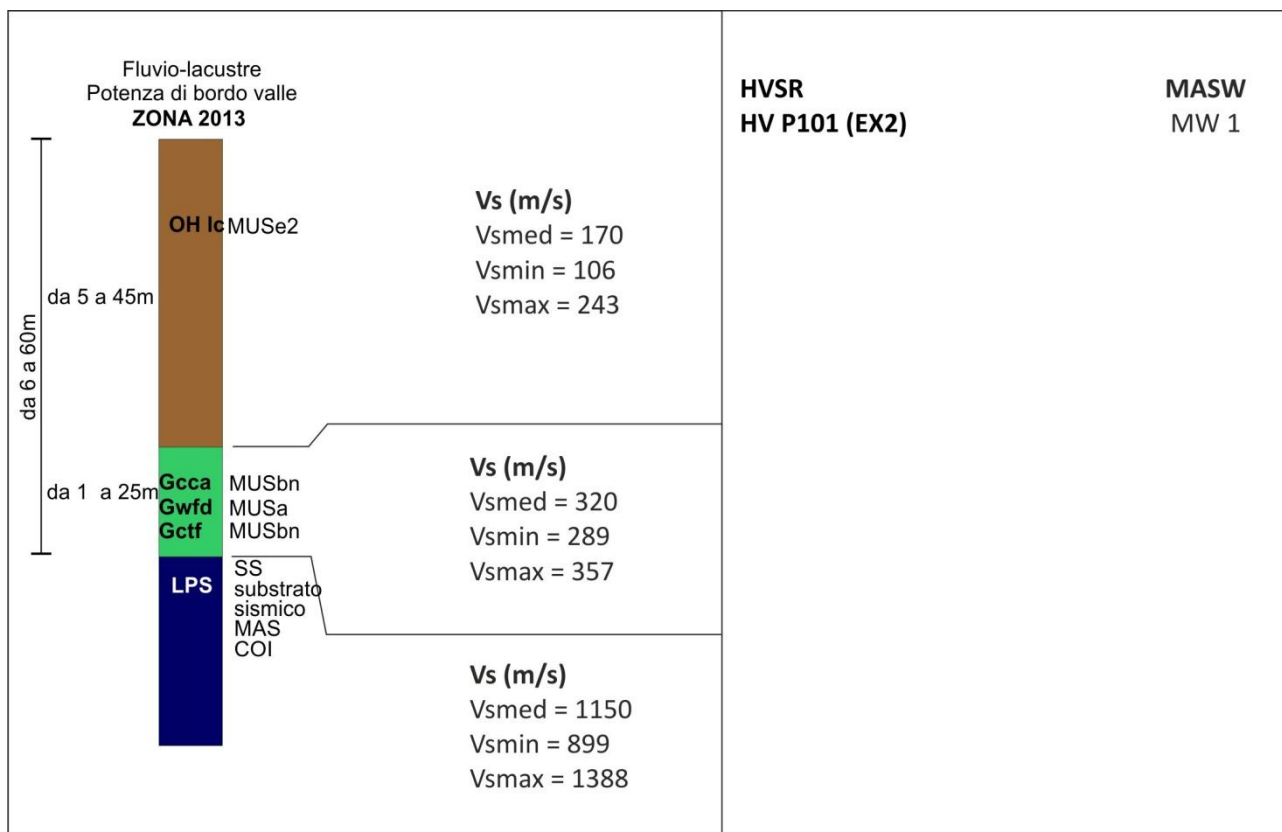
Diversamente le analisi 2D non hanno interessato tale microzona.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	51
--	--	----

7.3.1.11 Zona 2013

TC su SS – OH Ic su GC-GW su LPS

E' la zona ubicata sulla piana fluvio-lacustre del F. Potenza, di margine, di raccordo con il versante roccioso. I depositi sono costituiti da argille e limi organici (OH), con spessore fino a 45 m, poggianti su ghiaie sia fluviali che di versante (con spessore da 1 a 25 m), a loro volta poggianti sul Calcare massiccio e Corniola. Lo spessore totale della copertura o meglio la profondità del substrato sismico varia da 6 a 60 m. La zona è pertanto caratterizzata da estrema variabilità.

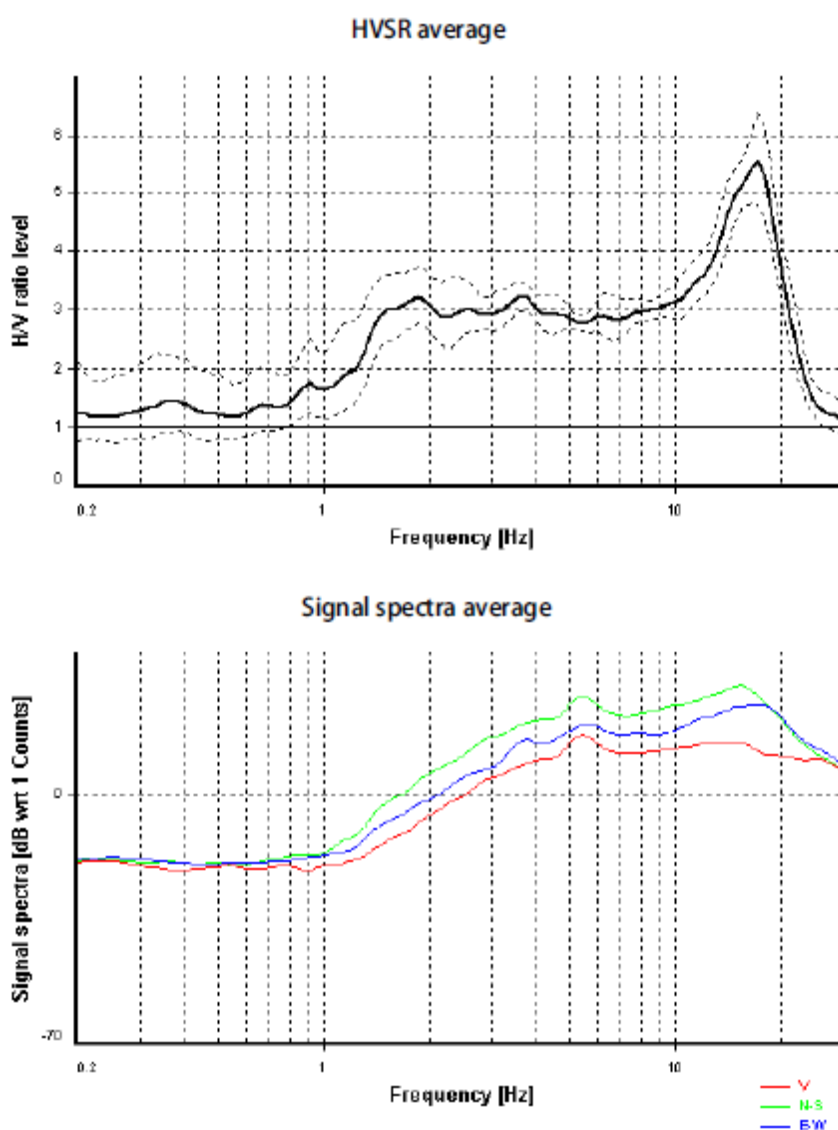


ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	52
--	--	----

In tale area, come per l'adiacente 2005 (nel complesso zona Madonnetta), sono state riscontrate difficoltà di acquisizione ed elaborazione dei dati geofisici; considerando le caratteristiche dei litotipi presenti, di cui si ha certezza in quanto esplorati negli anni 2000 con diversi sondaggi seguiti dagli scriventi, e date le loro caratteristiche sismo-stratigrafiche (depositi lacustri lenti) si aspettavano curva H/V con picchi ben definiti ed ampi.

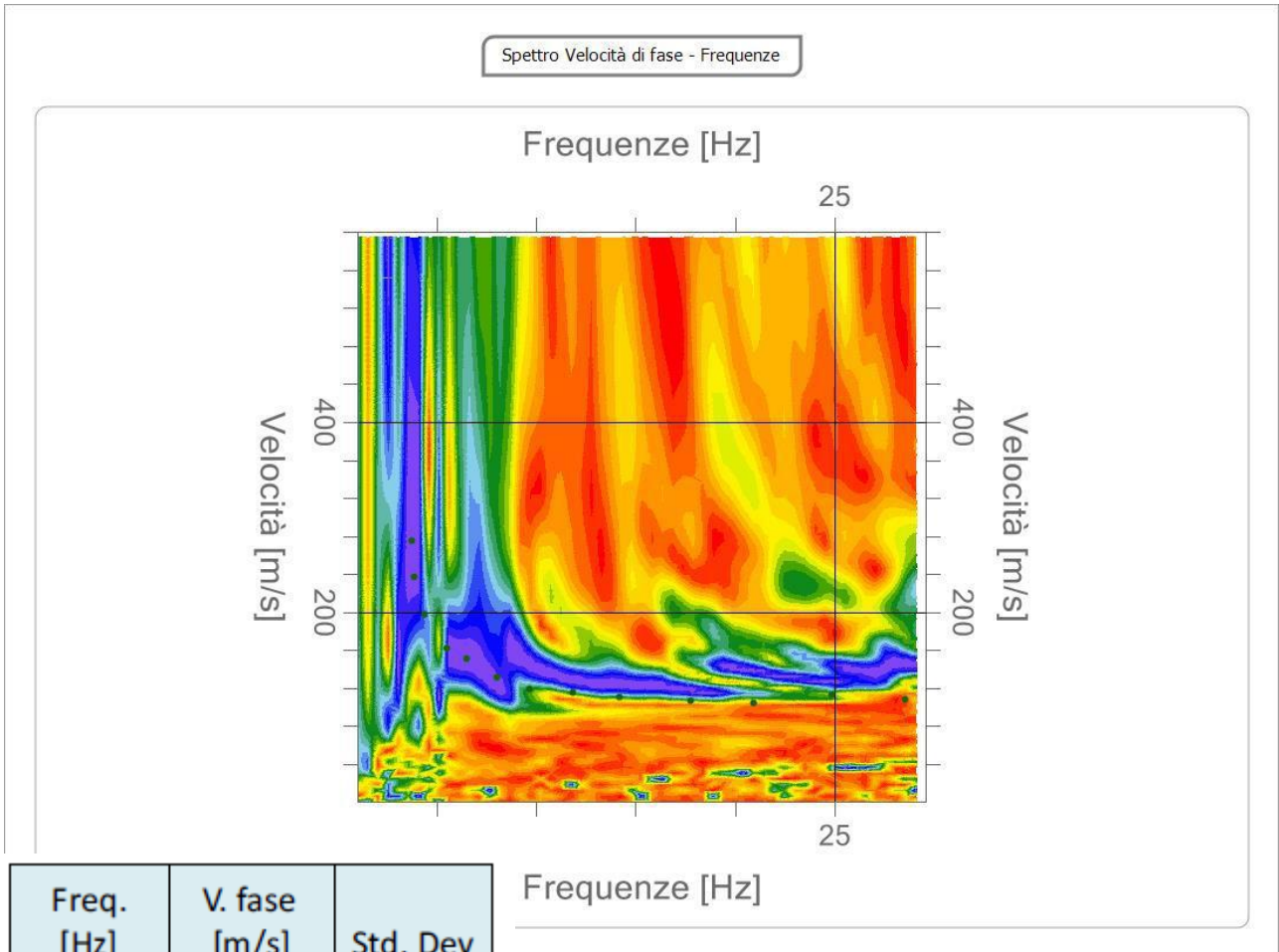
Diverse acquisizioni H/V sono state ripetute tre volte (con strumento Tromino e con strumento Geobox della Sara) sia in appoggio su terreno che incassate previo scavo di circa 0,5m, ottenendo sempre gli stessi risultati.

Si riporta come esempio l'elaborazione di una delle acquisizioni del P101; nella cartella contenente i dati originali sono state consegnate tutte le acquisizioni .SAF fatte nello stesso punto.



Il picco più ampio a 17 Hz può essere riferito al passaggio tra OH e GW.

Dalla MASW 1 (L1) eseguita in questa zona sono stati ricavati il seguente spettro delle velocità di fase e la curva di dispersione con margine di errore pari al 10%.



Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	Std. Dev
3.75	275.29	27.53
3.87	237.16	23.72
4.40	197.80	19.78
5.51	162.13	16.21
6.51	151.06	15.11
8.03	131.38	13.14
9.67	119.08	11.91
11.84	115.39	11.54
14.19	110.47	11.05
17.76	106.78	10.68
20.93	104.32	10.43
24.85	112.93	11.29
28.55	108.01	10.80

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	54
--	--	----

L'analisi in inversione congiunta con la HVSr P101 (ex HV 2) eseguita su tre modellazioni ha fornito i seguenti valori.

Spessore min (m)	Spessore max (m)	Profondità min(m)	Profondità max(m)	VP min (m/sec)	VP max(m/sec)	VS min (m/sec)	VS max (m/sec)	Density min (kg/m ³)	Density max (kg/m ³)
1	7	6	7	302	327	106	114	1834	1941
2	12	15	19	364	379	231	243	1849	1874
12	13	27	31	557	635	351	383	1879	1985
13	19	40	50	460	566	289	357	1756	1777
14	18	58	67	1659	2833	810	1150	1962	2068
semispazio	-	-	-	1405	1545	803	836	1992	2073

Di seguito si riporta come esempio il best fitting della modellazione 1.

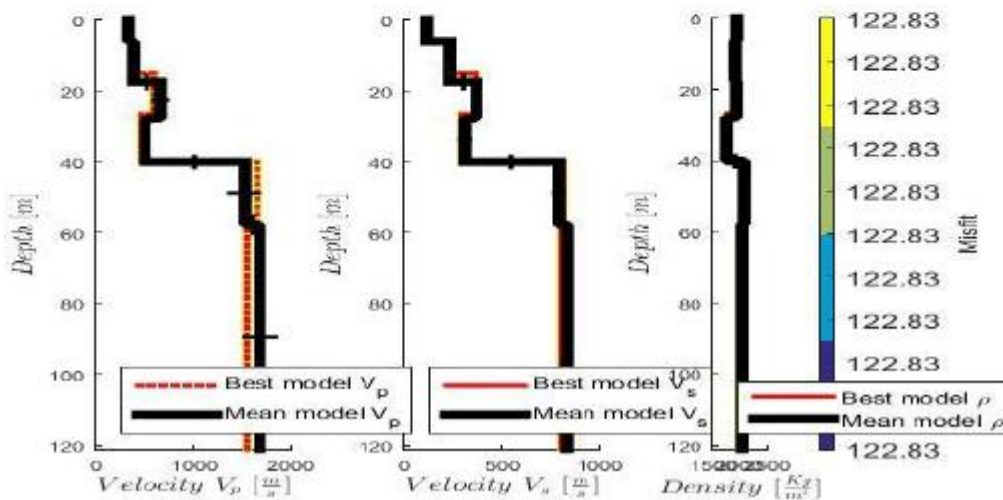
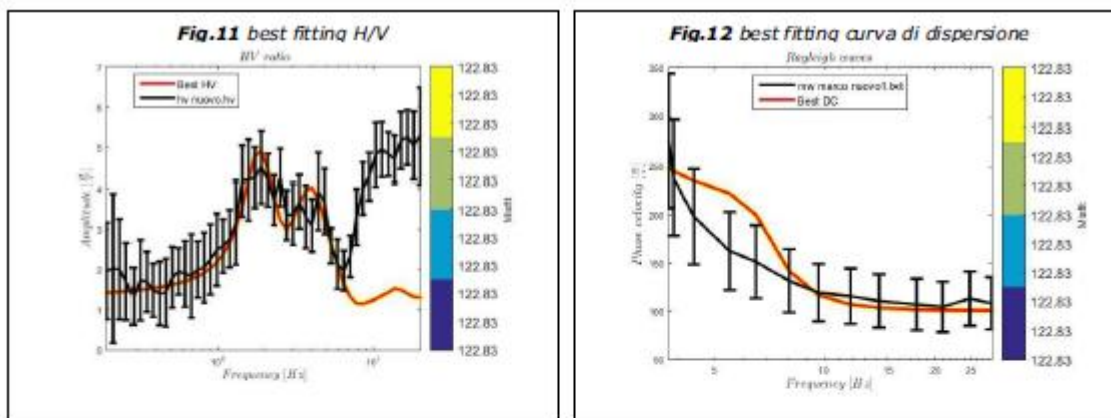
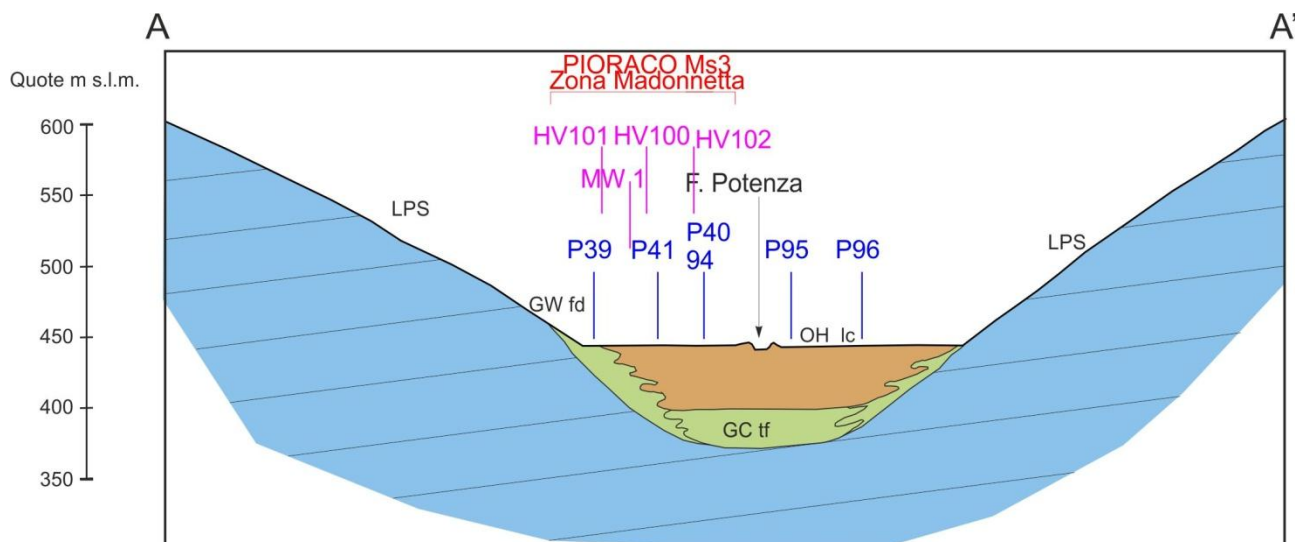


Fig. 13: best fitting velocità P, S e densità calcolati

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	55
--	--	----

Quanto mostrato è il risultato di numerose modellazioni (>3), eseguite con file .SAF di ingresso differenti ed eseguite di volta in volta cercando di migliorare il fitting ma mantenendo il vincolo geologico che per la zona Madonnetta (d'interesse) e, come già esposto, appurato.

Dalle inversioni congiunte alla fine sono state scelte quelle che meglio approssimano il modello geologico con, nel punto delle prove, spessori di OH di circa 5-10 m e GW fino a profondità di circa 40 m fino al contatto con il substrato sismico.



Il risultato è abbastanza soddisfacente in quanto accoppiato al risultato del modello geologico, permette di poter stimare un profilo di Vs congruo ed una stima della RSL anche se la stessa, considerando le geometrie coinvolte con rapporto $h/L > 0,25$ andrebbe analizzata con modellazione 2D.

I valori FA calcolati in analisi 1 D hanno fornito i seguenti risultati, anche se in tale area andrebbero considerati gli effetti bidimensionali.

MOPS	FA 0,1-0,5	FA 0,4-0,8	FA 0,7-1,1
2013	1.83	2.43	2.47


Diversamente le analisi 2D non hanno interessato tale microzona. Nella stessa si sono verificati danni importanti. Questa area in particolare è segnalata come ZA per cedimenti differenziali di cui si parlerà in dettaglio in par. 7.3.3.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	56
--	--	----

7.3.1.12 Zona 2014

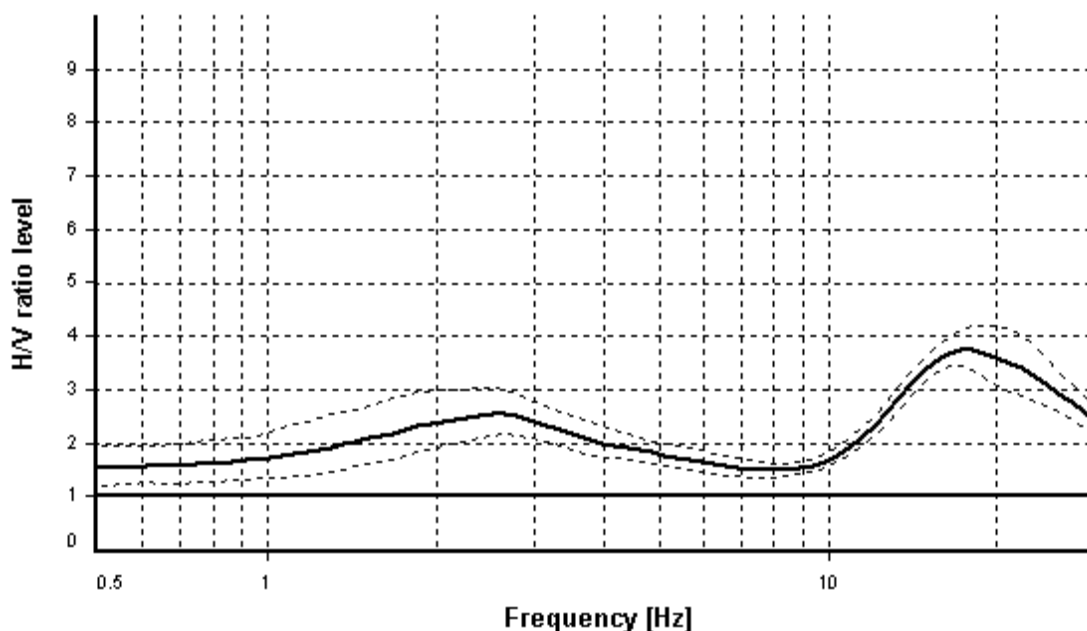
SS

E' la zona in cui è affiorante o sub-affiorante (con copertura e/o alterazione < 3 m) il substrato sismico (LPS) del Calcare massiccio e della Corniola ed in cui la superficie topografia presenta pendenza > 15°. Borda tutto l'abitato di Pioraco.

<p>substrato sismico pendenza > 15° ZONA 2014</p>  <p>LPS SS substrato sismico MAS COI</p> <p>Vs (m/s) Vsmed = 1150 Vsmin = 899 Vsmax = 1388</p>	<p>HVSR HV P131 (EX33)</p>	<p>MASW MW 11</p>
--	--	------------------------------

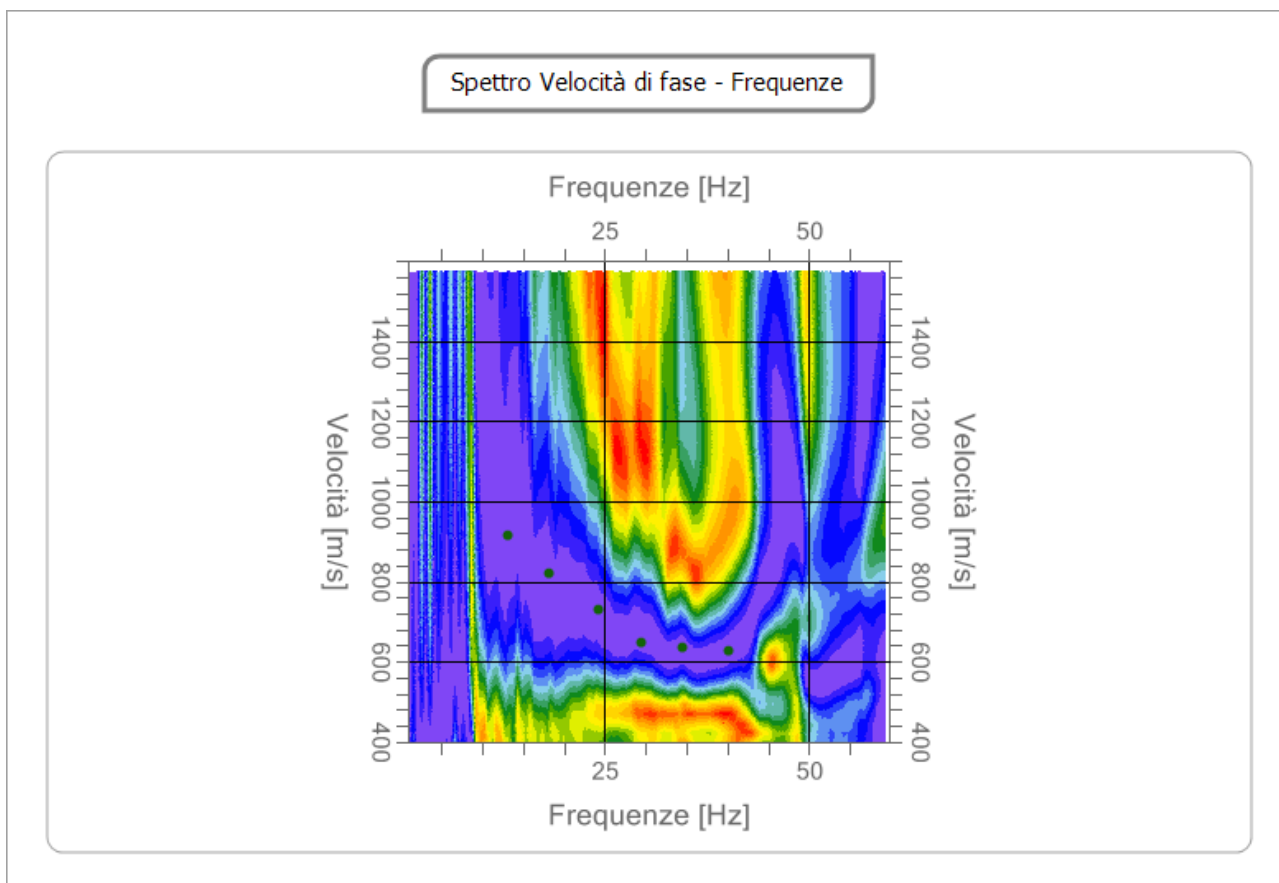
ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	57
--	--	----

La localizzazione della MASW 11 per la caratterizzazione della zona 2014 (substrato sismico con pendenza > 15°) è risultata obbligata viste le difficoltà logistiche dell'area con pareti rocciose verticali; la stessa è stata dunque eseguita in una stretta strada in curva posta in un versante con inevitabile presenza di riporto antropico (scavo a monte e riporto a valle), rilevato nella MW stessa e nella HVP131 (ex33) associata (picco a 18 Hz); al di sotto del riporto si rilevano Vs con valori > 800 m/s a profondità conformi a quanto direttamente visibile in affioramento; d'altra parte la zona 2014 è caratterizzata dalla presenza delle formazioni rocciose principalmente del Calcere massiccio e subordinatamente della Corniola, formazioni queste che presentano le caratteristiche meccaniche migliori di tutta la successione umbro-marchigiana, come verificato anche in indagini che abbiamo eseguito per la realizzazione di gallerie e strade.



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	58
--	--	----

I risultati della MASW 11, anche senza inversione congiunta, come concordato con gli operatori del CentroMS, sono risultati confrontabili con la nota successione dei terreni e con l'esito della HV.



Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		4.44	4.44	1800.0	0.2	No	813.6	498.3
2		5.80	1.36	1800.0	0.2	No	1499.4	918.2
3		12.79	6.99	1800.0	0.2	No	1468.1	899.0
4		19.29	6.50	1800.0	0.2	No	1608.9	985.3
5		27.55	8.26	1800.0	0.2	No	1649.6	1010.2
6		oo	oo	1800.0	0.2	No	2266.8	1388.1

Percentuale di errore 0.085 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.032

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	59
--	--	----

Il valore FA per questa microzona, in relazione alla amplificazione topografica, come indicato nelle Procedure fornite dal CentroMS, risulta pari a 1,2 in accordo alle NTC.

7.3.2 Zone di attenzione per frana ZAfr

Nelle aree MS3 in oggetto sono riportati i fenomeni franosi del PAI e IFFI, per la tracciatura dei quali sono state inevitabilmente integralmente riportati i limiti del P.A.I. e delle frane I.F.F.I..

30113014 - Di particolare importanza sono i fenomeni di crollo dalle pareti rocciose che circondano l'abitato di Pioraco. Gli stessi sono perimetrali nel PAI come area a pericolosità e rischio molto elevati (P4R4). Sono stati eseguiti negli anni numerosi interventi di consolidamento di queste pareti rocciose interessate da crolli e la valutazione dell'efficacia degli stessi non può essere definita nell'ambito del presente lavoro.

30122012-30122001-30322010-30322011-30122011- Le località Seppio e Paradiso sono interessate da porzioni di frane per scorrimento e complesse sia quiescenti che in stato di attività, le quali, in base ai dati reperiti, coinvolgono prevalentemente i terreni colluviali e di versante della copertura.

Inoltre in base a quanto specificato dal CentroMS con e-mail del 14/12/2017 *“Per le instabilità di versante gli studi dovranno essere prodotti in deroga agli Standard 4.0b. In particolare, nelle carte di Microzonazione Sismica di livello 3 o 2/3 non deve essere mappato nessun fattore di amplificazione per le instabilità di versante individuate come ZA nella carta delle MOPS. Sulla carta di Microzonazione Sismica di livello 3 o 2/3, quindi, la zona in frana sarà mappata solo con il retinato della ZA, senza il colore del fattore di amplificazione”*.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	60
--	--	----

7.3.3 Zone di attenzione per cedimenti differenziali

7.3.3.1 Zona 3080 (2005-2013)

La zona con cedimenti differenziali è rappresentata da una parte della piana fluvio-lacustre di Pioraco lungo il F. Potenza (zona Madonnetta e le zone limitrofe) e comprendono le MOPS 2005 e 2013. In tale area, in cui sono presenti limi e argille compressibili, sono in atto da tempo cedimenti di consolidazione tra l'altro già oggetto di studi e di interventi di stabilizzazione. Gli stessi, poiché l'area è posta ai margini della valle, sono differenziali ed hanno portato danni alle strutture esistenti, con la necessaria demolizione di alcuni edifici.

7.3.3.2 Zona 3080 (2006-2004-2013)

In concomitanza della crisi sismica tuttora in corso (2016-2017) all'interno dell'area edificata, che e comprendono le MOPS 2006, 2004 e 2013, si è verificata una subsidenza localizzata del terreno evoluta repentinamente in una piccola voragine, con diametro medio di 2 m e profondità di 2-2,5 m; sprofondamento che ha prodotto danni al manto stradale ed alle infrastrutture presenti ed all'interno del quale si scorge la presenza di ulteriori cavità.

La zona in attuale subsidenza circostante lo sprofondamento, per quanto può essere apprezzato visivamente, presenta un diametro totale almeno di una decina di metri, destando preoccupazione per le abitazioni presenti.



Figura 23 Area in subsidenza con lo sprofondamento localizzato.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	61
--	--	----

Allo stato attuale delle conoscenze, appare chiaro che il dissesto in esame sia pericoloso con conseguenti condizioni di rischio per l'edificato esistente; conoscenze che vanno necessariamente approfondite al fine di poter definire con sufficiente precisione lo sviluppo delle cavità sotterranee.

Sui sinkholes, termine che viene utilizzato per indicare sprofondamenti di ogni genere, oggi sono aperte molte discussioni in ambito scientifico, su quali cavità sia corretto classificare come tali, sul loro meccanismo di formazione ed evoluzione; spesso comunque i sinkholes sono dovuti a processi di dissoluzione che si verificano su rocce o comunque litotipi molto solubili caratterizzati da un'abbondante circolazione d'acqua.

Nel caso in esame risulta che in corrispondenza della piana fluvio-lacustre lungo il T. Scarzito (zona Campetti e circostante) si siano verificati in passato fenomeni localizzati di sprofondamento veloce dei depositi fluvio-lacustri del torrente stesso. Da testimonianze risulta che fenomeni simili avvenivano periodicamente in tutta l'area circostante.

Il modello geologico del sito è stato già illustrato in precedenza per le zone 2003-2004-2006.

Recentemente da parte degli scriventi è stata perlustrata una grotta (ubicata come in planimetria) che si sviluppa all'interno del travertino.

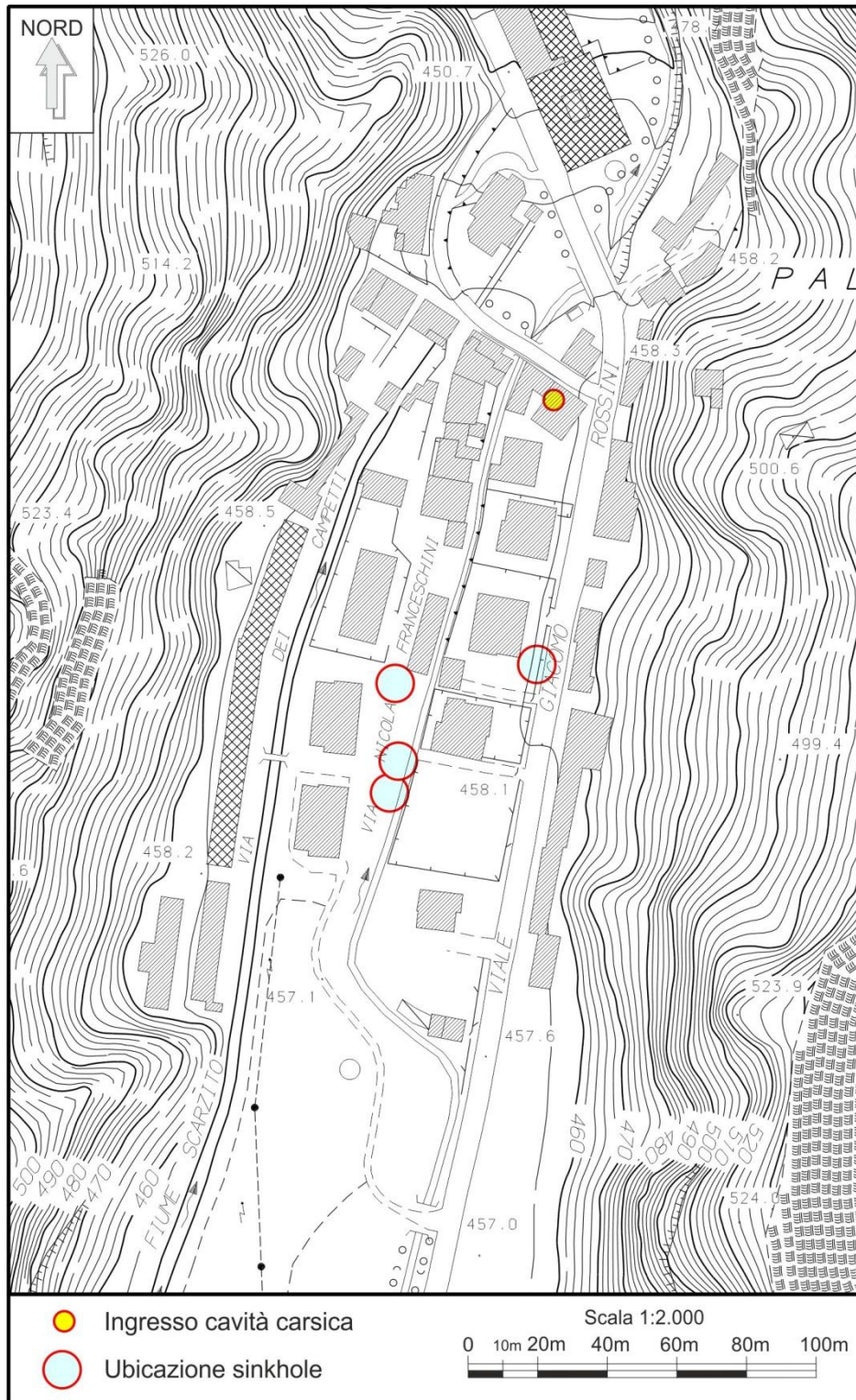


Figura 24 Planimetria in scala 1:2.000 con indicate le localizzazioni dei fenomeni di sprofondamento avvenuti nel recente passato e la localizzazione della cavità carsica recentemente ispezionata.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	63
--	--	----

Detta grotta, accessibile dall'interno di un'abitazione e purtroppo interrata per un buon tratto, presenta un abbondante e suggestivo concrezionamento con stalattiti tubolari e coralloidi; concrezionamento ormai relitto.



Figura 25 Entrata nella cavità attraverso una botola presente all'interno di un edificio e concrezionamento della cavità.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	64
--	--	----

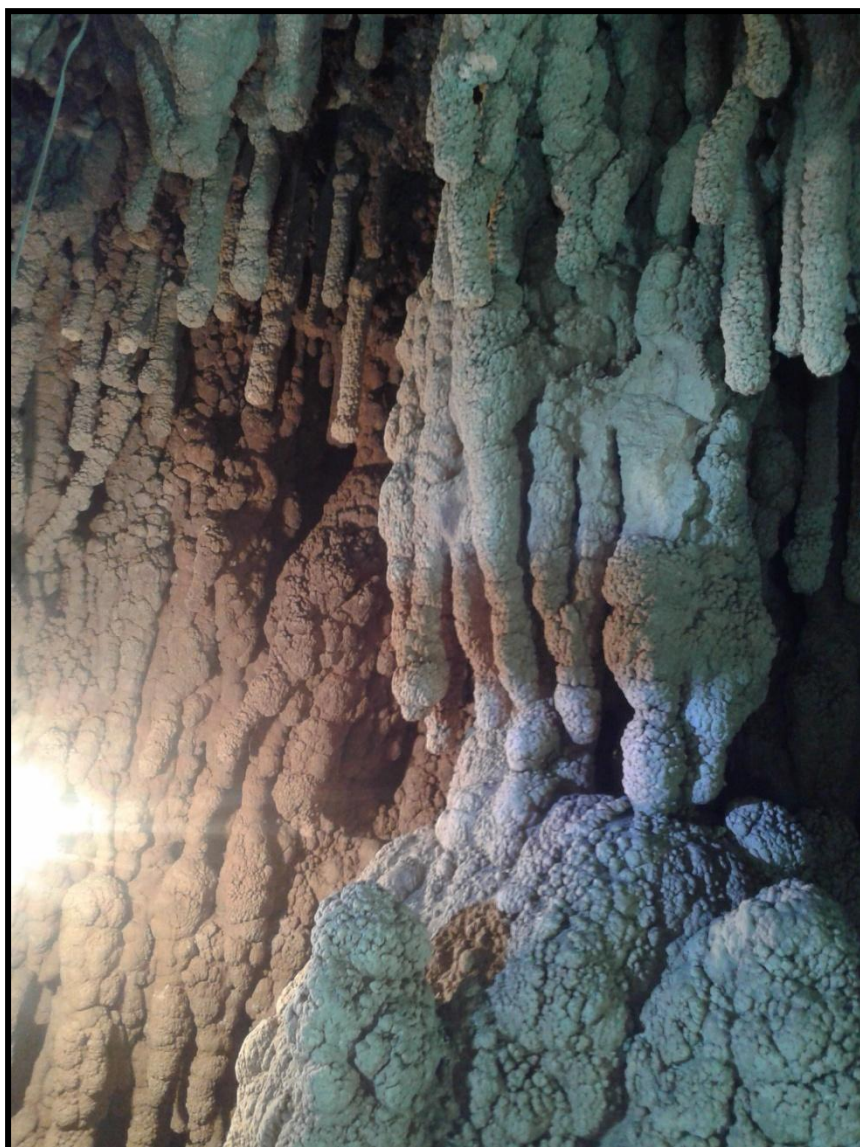


Figura 26 Concrezionamento all'interno della cavità.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	65
--	--	----

Nonostante l'esiguo tratto investigato l'esame eseguito induce ad ipotizzare che la cavità su travertino frammisto a detriti, solo in parte singenetica, sia stata successivamente scavata dalle acque di scorrimento sotterraneo del Torrente Scarzito.

Si può ipotizzare dunque che tali fenomeni di sprofondamento siano legati alla presenza di livelli travertinosi, di litotipi carsificabili, di potenziali cavità e di uno scorrimento sub-superficiale delle acque che possono trovare vie in cui passare con velocità abbastanza sostenuta tanto da provocare l'erosione di materiale e la formazione di canalicoli e di condotti tubolari lungo le linee idrauliche di flusso, con la formazione di vuoti e conseguente sprofondamento.

Questa ipotesi è confortata anche dalla ricostruzione dei soli eventi di sprofondamento avvenuti nel recente passato, in cui la migrazione, fenomeno tipico di questo dissesto, è avvenuta secondo una direttrice circa parallela all'asse fluviale dello Scarzito.

L'ultimo sprofondamento ha poi avuto come causa innescante le recenti sollecitazioni sismiche, potendosi classificare anche come effetto cosismico secondario.

Allo stato attuale mancano dati di sottosuolo necessari per confermare e/o definire con esattezza il modello geologico, la genesi di questi sinkholes e delimitare dettagliatamente l'area suscettibile alla formazione degli stessi, la quale nell'ambito delle indagini di MZS e di adeguamento del P.R.G. al P.T.C. è stata tracciata in base alla difficoltosa ricostruzione del modello geologico e dell'evoluzione morfologica ed alla localizzazione dei fenomeni da testimonianze verbali.

Soltanto conoscenze dettagliate potranno permettere di operare le giuste scelte di pianificazione del territorio e di programmare eventuali interventi di protezione civile.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	66
--	--	----

8 INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Le analisi 1D del presente studio sono di seguito schematizzate.

MOPS	FA 01-05	FA 04-08	FA 07-1.1
2001	1.28	1.36	1.24
2002	1.06	1.01	1.01
2003	1.53	1.79	1.78
2004	1.33	1.35	1.24
2005	1.49	1.91	2.09
2006	2.17	1.78	1.45
2009	1.67	1.6	1.36
2010	1.27	1.9	1.93
2011	1.06	1.01	1.01
2012	1.65	1.59	1.38
2013	1.83	2.43	2.47

Di seguito si riporta il riepilogo delle analisi 2D.

	FA 0,1-0,5	FA 0,4-0,8	FA 0,7-1,1
P173	0.9	1.0	1.1
P174	2.5	1.3	1.2
P175	1.5	1.1	1.1
P176	1.1	1.0	1.0

Considerando quanto esposto in dettaglio per ogni MOPS (cap. 7.3) si riporta il riepilogo dei FA adottati, come frutto di un confronto e di un'analisi ragionata.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	67
--	--	----

Nella seguente tabella è riportato il riepilogo degli Fa nei diversi intervalli di periodo per ogni microzona.

MOPS	FA 01-05	FA 04-08	FA 07-1.1
2001	1.28	1.36	1.24
2002	1.06	1.01	1.01
2003	2.5	1.3	1.2
2004	1.33	1.35	1.24
2005	1.49	1.91	2.09
2006	2.17	1.78	1.45
2009	1.67	1.6	1.36
2010	1.27	1.9	1.93
2011	1.06	1.01	1.01
2012	1.65	1.59	1.38
2013	1.83	2.43	2.47
2014	1.2	1.0	1.0

La maggior parte dell'edificato di Pioraco ricade strutturalmente nel gruppo 0,1-0,5s, subordinatamente 0,4-0,8s. In questi intervalli di periodo le massime amplificazioni si hanno nelle zone 2003-2006-2013-2005. In queste zone d'altra parte le abitazioni hanno subito i danni più importanti.

La zona Madonnetta in particolare (zone 2005-2013) mostra dei massimi Fa per periodi medi e alti (0,4-0,8s e 0,7-1,1s) e, per confronto, le abitazioni a 4-5 piani hanno subito gravi danni.

L'amplificazione è presente, anche se con valori relativamente minori, anche dove affiora il substrato sismico, ma per amplificazione di tipo topografico, come da normativa.

Le principali incertezze riguardanti il presente studio derivano dalla carenza di dati di sottosuolo nei depositi di copertura, dove è ubicata la maggior parte delle località investigate e dalla insufficiente distribuzione sistematica di dette indagini pregresse in tutti i siti.

Considerando la geometria del bacino sepolto caratterizzato da rapporto $h/L > 0,25$ in cui si sviluppa tutto l'abitato di Pioraco, nelle varie microzone, si ritiene che gli effetti 2D siano significativi e che detta analisi andrebbe estesa a tutte le microzone.

Tuttavia, nonostante la peculiare complessità del territorio di Pioraco e le incertezze legate sia alla carenza di dati di sottosuolo e la difficoltà di acquisizione ed interpretazione delle indagini geofisiche rapportate al modello stesso, i risultati finali ottenuti hanno dato valori confrontabili con la realtà fisica indagata.

Nel territorio studiato ai fini della MS, in base ai rilievi di superficie e all'interpretazione

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	68
--	--	----

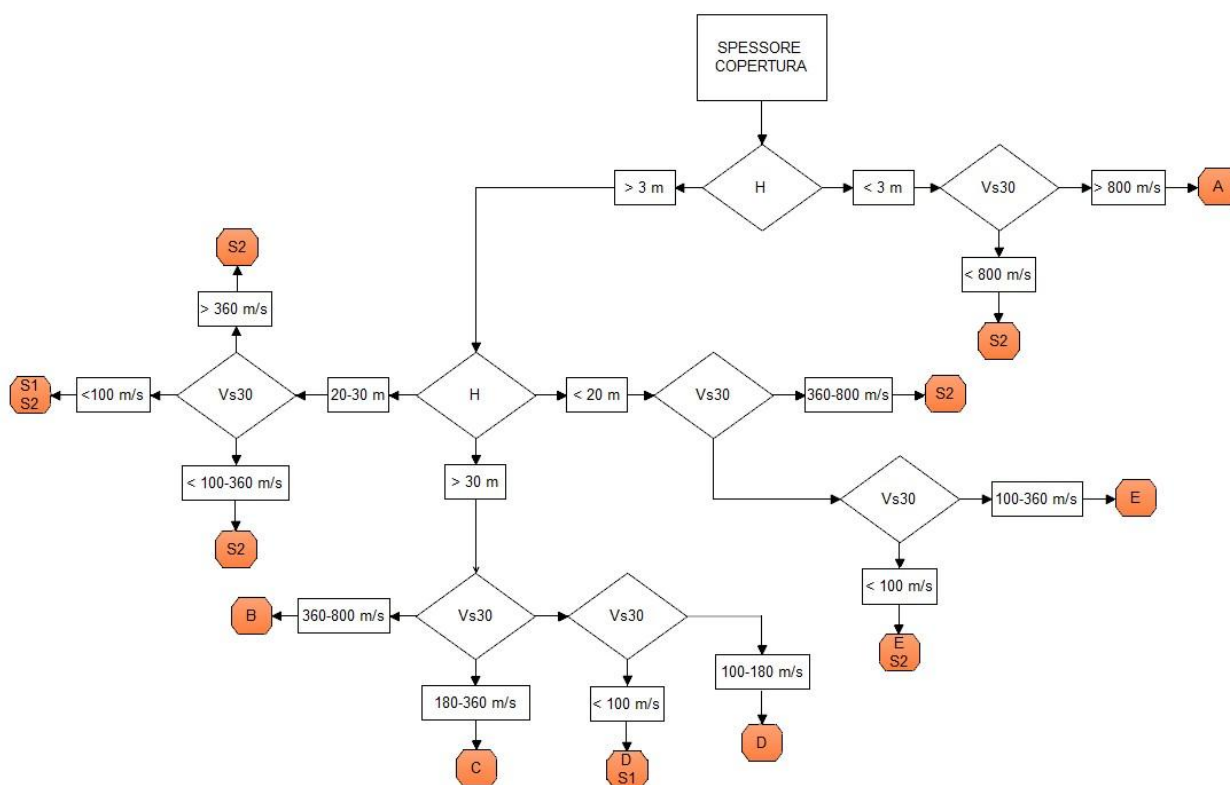
delle foto aeree non sono state rinvenute strutture di deformazione, dislocazioni, anomalie geomorfologiche e/o stratigrafiche da associare a faglie attive e capaci; non può essere però esclusa la loro presenza, ad esempio in riferimento alla faglia bordiera della confinante depressione tettonica di Monte Lago nel comune di Sefro, la cui prosecuzione verso nord attraversa il comune di Pioraco. A parere degli scriventi, le evidenze geologiche e geomorfologiche, che esulano dal presente studio in quanto coinvolgono un'area vasta e studi specifici anche con l'esecuzione di trincee paleosismologiche, meriterebbero più attenzione e studi specialistici approfonditi secondo i I.C.M.S. 2008 eseguiti da parte degli enti preposti e dalle Università.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	69
--	--	----

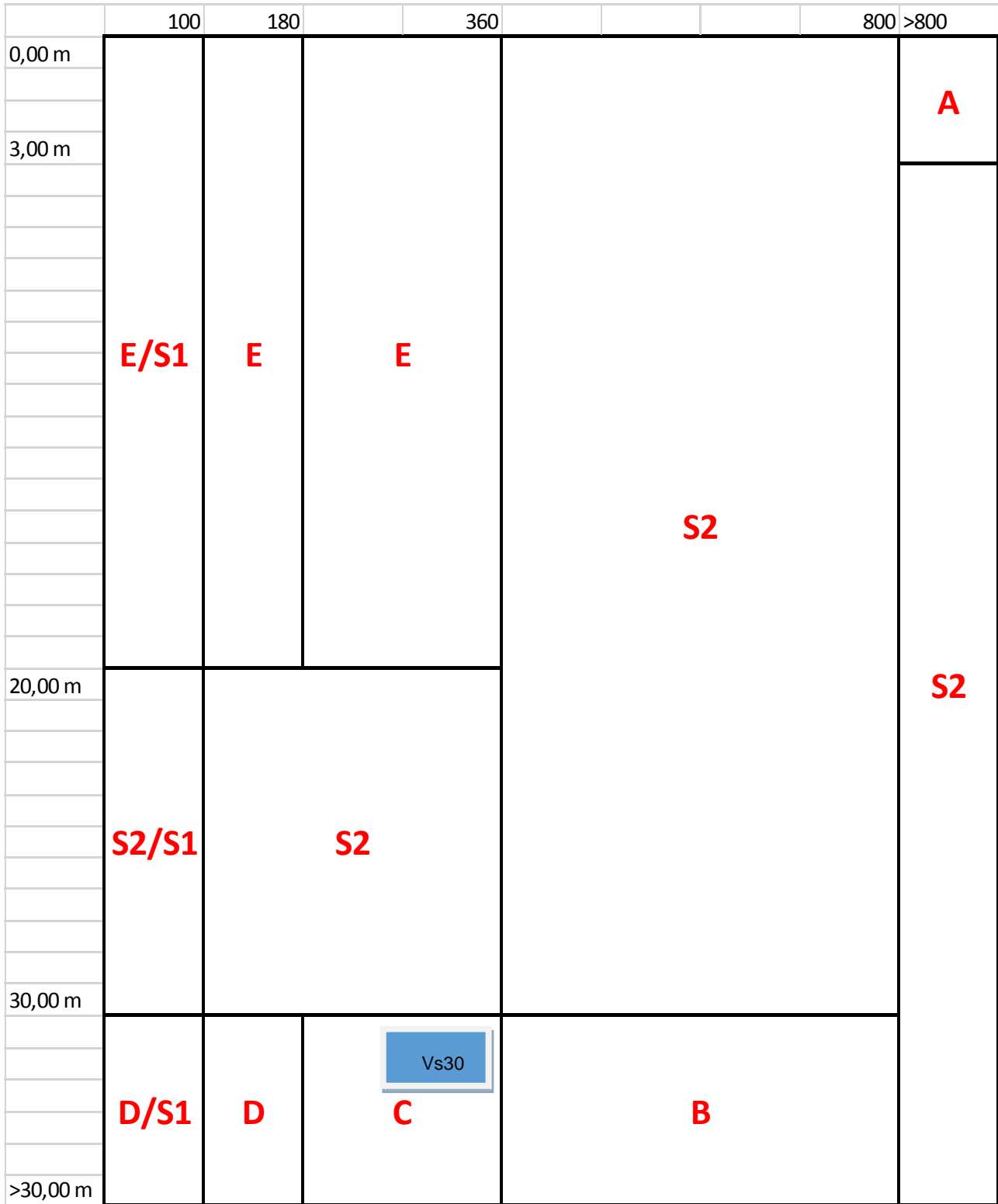
9 CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO

L'assegnazione di una categoria di sottosuolo secondo NTC08 a partire da un valore di V_{s30} è stata eseguita nella MOPS 2003 in cui esiste un profilo di V_s univocamente definito (ovvero solo dove sono state eseguite le prove DH). Detta classe di sottosuolo vale solo per il punto dove questa è stata ricavata e non va intesa come rappresentativa dell'intera MOPS.

Il valore V_{s30} calcolato in corrispondenza della prova DH1 è $V_s=346,6\text{m/sec}$.



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	70
--	--	----



ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	71
--	--	----

10 RISULTATI E LORO PRESENTAZIONE

10.1 *Elaborati cartografici*

Di seguito verranno descritte le carte prodotte: Carta delle Indagini, Carta delle frequenze naturali dei terreni, Carta Geologico Tecnica, Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica e Carte di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3; le stesse sono state realizzate in formato cartaceo e digitale in scala 1:5.000. Sono riportati i dati e la simbologia, per ognuno degli elaborati prodotti, secondo quanto espresso nelle specifiche tecniche degli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4”.

10.1.1 Carta delle indagini

Nella carta delle indagini sono riportate sia quelle pregresse del territorio di Fiuminata sia quelle realizzate ex-novo. Nel geodatabase compilato, utilizzando SoftMS, versione 4.0, software per la compilazione delle tabelle per la Carta delle Indagini, sono presenti, oltre ai n.139 siti puntuali pregressi, n. 33 siti puntuali di nuova acquisizione e n. 11 siti lineari di nuova acquisizione.

La tabella “indagini puntuali” collegata a quella dei siti puntuali e al relativo shapefile Ind_pu contiene n. 99 indagini, distribuite nell’area MS1. Detti dati sono informatizzati, collegati al database e consultabili in formato pdf, nella sotto-cartella documenti, allegata all’interno della cartella indagini. Si tratta di:

La tabella “indagini puntuali” collegata a quella dei siti puntuali e al relativo shapefile Ind_pu contiene n. 99 indagini, costituite da:

- n. 32 Sondaggio a carotaggio continuo
- n. 17 Sondaggio a distruzione di nucleo
- n. 17 Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato
- n. 23 Sondaggio a distruzione di nucleo che intercetta il substrato
- n. 8 Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni
- n. 2 Prova penetrometrica statica con punta elettrica (CPTe)
- n. 1 Prova penetrometrica dinamica super pesante
- n. 3 Stazione microtremore a stazione singola pregressi e n. 3 prove HVSR di nuova acquisizione.

- n. 1 verticale virtuale lungo tomografia elettrica

In particolare da n. 8 siti puntuali sono stati prelevati campioni sottoposti a indagini di laboratorio e sono state eseguite n. 6 prove penetrometriche in foro.

Per i dati di nuova acquisizione si tratta di:

- n. 32 prove HVSR.
- n. 1 sondaggio DH che non intercetta il substrato.

La tabella “indagini lineari” collegata a quella dei siti lineari e al relativo shapefile Ind_In contiene n. 11 indagini MASW.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	72
--	--	----

10.1.2 Carta delle frequenze naturali dei terreni

Tale carta deriva dalla elaborazione delle indagini di sismica passiva (misure HVSR).

Sono state prodotte la Carta delle frequenze naturali dei terreni basata sui valori di F0 (CFF) e relative ampiezze e la Carta delle frequenze naturali dei terreni costruita sui valori di Fr (CFF_R) più rappresentativo, con relativa ampiezza. Tutte le elaborazioni e restituzioni grafiche sono state eseguite secondo quanto espresso in “Predisposizione del modello per l’allestimento cartografico della Carta delle Frequenze Naturali dei Terreni” a cura del CentroMS.

10.1.3 Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica (CGT MS)

La Carta Geologico-Tecnica per la microzonazione sismica è stata redatta sulla base di un’accurata analisi della documentazione esistente (dati stratigrafici, litotecnici e sismici esistenti e di nuova acquisizione) e di un dettagliato ed indispensabile rilievo geologico di campagna, confrontato con la cartografia ufficiale esistente (Carta Geologica Regionale del progetto CARG; Carta Geologica allegata al vigente strumento urbanistico; PAI; progetto IFFI). Nella carta sono riportati:

- Terreni di copertura – Sono stati cartografati per spessore > 3 m e sono stati caratterizzati relativamente alla granulometria/tipologia e relativamente all’ambiente genetico-deposizionale.

- Substrato – E’ stato cartografato il substrato geologico affiorante e sub-affiorante (con copertura e/alterazione < 3 m).

- Elementi tettonico-strutturali e traccia delle sezioni geologiche.

- Elementi geologici ed idrogeologici (profondità del substrato geologico quando raggiunto dal sondaggio, profondità dei sondaggi che non hanno raggiunto il substrato, profondità della falda nelle aree di piana fluvio-lacustre).

- Forme di superficie.

Di seguito si riporta un elenco sintetico di quanto riportato nella cartografia geologico-tecnica allegata.

SUBSTRATO SISMICO

LPS – substrato lapideo stratificato

ALS – alternanza di litotipi stratificati

COS – coesivo sovra consolidato stratificato

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	73
--	--	----

TERRENI DI COPERTURA

ML ec – Limi, limi argillosi, argille limose e limi sabbiosi.

OHlc – Argille e limi organici.

SMcc – Sabbie e sabbie limose carbonatiche.

GW fd – Ghiaie pulite con granulometria assortita, anche della dimensione dei blocchi.

GC ca- ghiaie sabbiose di conoide alluvionale.

GC tf – Ghiaie sabbiose

ELEMENTI TETTONICO STRUTTURALI

Sono riportate le giaciture misurate sugli affioramenti presenti nell'area in esame.

FORME DI SUPERFICIE

In riferimento alle forme di superficie nell'area MS3 In riferimento alle forme di superficie nell'area sono stati individuati i seguenti elementi:

- conoide alluvionale;
- orlo di scarpata morfologica (10-20 m);
- cavità isolata/sinkhole.

[10.1.4 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica \(MOPS\)](#)

Nella Carta delle MOPS viene suddiviso il territorio in microzone qualitativamente omogenee, che in caso di eventi sismici possono avere comportamenti appunto omogenei.

Sono state individuate le seguenti microzone.

b. Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico come effetto della situazione litostratigrafica e/o morfologica locale.

c. Zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio.

Inoltre appare doveroso sottolineare che per la definizione delle MOPS è stato adottato un approccio tendente all'esemplificazione. E' stato cercato di accorpare piuttosto che suddividere litotipi e condizioni assimilabili dal punto di vista geologico-sismico, partendo dal presupposto che un estremo dettaglio nella definizione delle microzone, peraltro spazialmente non definibile in modo corretto, allontani il risultato dalla realtà fisica del territorio. Il substrato ad esempio è stato accorpare in base alla conoscenza della litologia e caratteristiche meccaniche dello stesso ed al relativo comportamento come ammasso roccioso; le coperture sono state accorpare prevalentemente attraverso una lettura delle forme e della genesi, che inevitabilmente si riflette sulla componente litologica e sul comportamento meccanico, evitando di suddividerle in numerose microzone magari per la presenza di qualche lente con composizione di poco differente. Le precedenti microzone 2001-2002-2003 del livello 1 sono state accorpare nei presenti studi di MS3 in 2003 e la 2001-2002 sostituite con altre microzone.

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	74
--	--	----

10.1.5 Carte di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3

Nelle Carte di Microzonazione sismica (MS) di livello 3 l'amplificazione è stata quantificata in termini di parametri $FA_{0,1-0,5s}$, $FA_{0,4-0,8s}$ ed $FA_{0,7-1,1s}$.

Nella seguente tabella è riportato il riepilogo degli F_a adottati nei diversi intervalli di periodo per ogni microzona.

MOPS	FA 01-05	FA 04-08	FA 07-1.1
2001	1.28	1.36	1.24
2002	1.06	1.01	1.01
2003	2.5	1.3	1.2
2004	1.33	1.35	1.24
2005	1.49	1.91	2.09
2006	2.17	1.78	1.45
2009	1.67	1.6	1.36
2010	1.27	1.9	1.93
2011	1.06	1.01	1.01
2012	1.65	1.59	1.38
2013	1.83	2.43	2.47
2014	1.2	1.0	1.0

ATP GEOL. SILVIA PAGGI GEOL. EUGENIO PISTOLESI GEOL. DIMITRI MAZZA GEOL. ANGELO CURATOLO ING. ROBERTO DI GIROLAMO	COMUNE DI PIORACO (MC) MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA	75
--	--	----

11 ALLEGATI

1. Carta delle Indagini in scala 1:5.000
2. Carta delle Frequenze naturali dei terreni in scala 1:5.000
3. Carta Geologico-Tecnica per la microzonazione sismica in scala 1:5.000
4. Sezioni geologico-tecniche in scala 1:5.000
5. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica in scala 1:5.000
6. Carte di Microzonazione sismica (MS) di livello 3 in scala 1:5.000
7. Accelerogrammi calcolati in superficie
8. Spettri di risposta in accelerazione
9. Relazione di modellazione 1D